

**Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011
(PUIL 2011)**

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	xxxix

Bagian 1: Pendahuluan, prinsip fundamental dan definisi

10	Pendahuluan.....	1
	10.1 (1.3) Ketentuan terkait.....	1
	10.2 (1.4) Penamaan, penunjukan dan pemberlakuan	1
	10.3 (1.5) Penafsiran dan penyimpangan.....	1
	10.4 (1.6) Perasuransian.....	2
	10.5 (1.7) Persyaratan peralihan	2
	10.6 (1.8) Penyempurnaan.....	2
11	Ruang lingkup	3
12	Acuan normatif.....	4
13	Prinsip fundamental	5
131	(2.1) Proteksi untuk keselamatan	5
	131.1 (2.1.1) Umum	5
	131.2 (2.1.2) Proteksi terhadap kejut listrik.....	6
	131.3 (2.1.3) Proteksi terhadap efek termal.....	6
	131.4 (2.1.4) Proteksi terhadap arus lebih.....	6
	131.5 (2.1.5) Proteksi terhadap arus gangguan	6
	131.6 (2.1.6) Proteksi terhadap gangguan voltase dan tindakan terhadap pengaruh elektromagnetik	7
	131.7 (2.1.7) Proteksi terhadap pemutusan suplai daya.....	7
	131.8 (2.2) Proteksi perlengkapan dan instalasi listrik.....	7
132	(2.3) Desain	8
	132.1 (2.3.1) Umum	8
	132.2 (2.3.2) Karakteristik suplai yang tersedia.....	8
	132.3 (2.3.3) Sifat kebutuhan listrik	9
	132.4 (2.3.4) Sistem suplai listrik untuk pelayanan keselamatan atau sistem suplai listrik siaga (<i>standby</i>).....	9
	132.5 (2.3.5) Kondisi lingkungan	9
	132.6 (2.3.6) Luas penampang konduktor.....	9

132.7 (2.3.7) Jenis perkawatan dan cara pemasangan	10
132.8 (2.3.8) Perlengkapan proteksi.....	10
132.9 (2.3.9) Kendali darurat.....	10
132.10 (2.3.10) Gawai diskoneksi	10
132.11 (2.3.11) Pencegahan pengaruh timbal-balik yang merugikan	11
132.12 (2.3.12) Akses ke perlengkapan listrik.....	11
132.13 Dokumentasi untuk instalasi listrik.....	11
133 (2.4) Pemilihan perlengkapan listrik	11
133.1 (2.4.1) Umum	11
133.2 (2.4.2) Karakteristik	11
133.3 (2.4.3) Kondisi instalasi	12
133.4 (2.4.4) Pencegahan efek berbahaya.....	12
134 (2.5) Pemasangan dan verifikasi instalasi listrik	13
134.1 (2.5.1) Pemasangan.....	13
134.2 (2.5.8) Verifikasi awal	16
134.3 (2.5.8.6) Verifikasi periodik.....	16
134.4 (2.6) Pemeliharaan.....	16
14 Istilah dan definisi.....	17

**Bagian 2:
Desain instalasi listrik**

2.1 Persyaratan umum.....	46
2.1.1 Ketentuan umum.....	46
2.1.2 Ketentuan desain instalasi listrik.....	46
2.2 Susunan umum, kendali dan proteksi.....	47
2.2.1 Umum	47
2.2.2 Ukuran dan jenis kabel dan konduktor.....	47
2.2.3 Drop voltase	48
2.2.4 Batas suhu	48
2.2.5 Sambungan konduktor paralel.....	49
2.2.6 Arus pengenalan gawai pengendali.....	49
2.2.7 Arus pengenalan dan jenis gawai proteksi.....	49
2.2.8 Arus pengenalan gawai proteksi.....	50
2.2.9 Pembatas arus gangguan	51
2.3 Cara perhitungan kebutuhan maksimum di sirkit utama dan sirkit cabang.....	52
2.3.1 Cara menentukan kebutuhan maksimum	52

2.3.2	Perhitungan kebutuhan maksimum di sirkit utama dan sirkit cabang.....	53
2.3.3	Penentuan kebutuhan maksimum dengan penaksiran	60
2.3.4	Penentuan kebutuhan maksimum sirkit utama dan sirkit cabang dengan cara pengukuran atau pembatasan.....	60
2.3.5	Kebutuhan maksimum sirkit akhir.....	60
2.3.6	Sirkit akhir terpisah yang diperlukan.....	62
2.4	Jumlah titik beban dalam tiap sirkit akhir	62
2.4.1	Jumlah titik beban maksimum dalam tiap sirkit akhir	62
2.4.2	Jumlah titik per sirkit akhir sirkit akhir untuk aplikasi khusus dalam instalasi bukan rumah.....	70
2.5	Sirkit masuk	70
2.5.1	Penampang minimum	70
2.5.2	Sistem perkawatan.....	70
2.6	Susunan sirkit cabang dan sirkit akhir	71
2.6.1	Titik awal dari sirkit cabang dan sirkit akhir.....	71
2.6.2	Penampang minimum sirkit	71
2.6.3	Penurunan KHA di sirkit cabang.....	71
2.6.4	Penurunan KHA di sirkit akhir.....	72
2.7	Konduktor netral bersama	73
2.7.1	Sirkit utama dan sirkit cabang.....	73
2.7.2	Sirkit akhir	73
2.8	Pengendalian sirkit yang netralnya dibumikan langsung	73
2.8.1	Sakelar utama	73
2.8.2	Sakelar tambahan	75
2.8.3	Penyambungan sakelar utama	77
2.9	Proteksi sirkit yang netralnya dibumikan langsung	77
2.9.1	Sirkit cabang dan sirkit akhir.....	77
2.9.2	Sirkit kendali.....	77
2.9.3	Sekering di konduktor netral.....	77
2.10	Pengendalian dan proteksi sirkit yang netralnya dibumikan tidak langsung.....	78
2.11	Perlengkapan pengendalian api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi darurat dan lift.....	78
2.11.1	Umum	78
2.11.2	Perlengkapan penting	78
2.11.3	Sakelar utama	79
2.11.4	Susunan.....	79

2.11.5 Pemberian tanda	82
2.11.6 Sistem perkawatan	82
2.11.7 Pemisahan	82
2.11.8 Persyaratan tambahan bagi motor pompa kebakaran	83
2.12 Sakelar dan pemutus sirkit	84
2.12.1 Operasi.....	84
2.12.2 Sakelar di konduktor netral	84
2.13 Lokasi dan pencapaian PHBK.....	85
2.13.1 Lokasi PHBK	85
2.13.2 Pencapaian PHBK.....	88
2.13.3 Jalan masuk ke dalam selungkup PHBK	89
2.13.4 Jalan keluar dari daerah PHBK	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.3-1 Kebutuhan maksimum instalasi rumah tunggal dan rumah ganda.....	54
Tabel 2.3-2 Kebutuhan maksimum instalasi bukan rumah	57
Tabel 2.4-1 Jumlah titik sambung untuk sirkit akhir untuk penggunaan tunggal dalam instalasi rumah.....	64
Tabel 2.4-4 Jumlah titik sambung untuk satu buah sirkit akhir untuk penggunaan tunggal dalam instalasi bukan rumah	65
Tabel 2.4-3 Pembebanan dan jumlah titik sambung pada sirkit akhir beban campuran dalam instalasi rumah.....	67
Tabel 2.4-4 Pembebanan dan jumlah titik sambung tiap sirkit akhir beban campuran dalam instalasi bukan rumah	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Suplai untuk perlengkapan pengendalian api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift	80
--	----

**Bagian 3:
Asesmen karakteristik umum**

30 Asesmen karakteristik umum	95
31 Kebutuhan, suplai dan struktur.....	95
311 Kebutuhan maksimum dan keragaman	95
312 Susunan konduktor dan pembumian sistem.....	95
312.1 Susunan konduktor penghantar arus tergantung pada jenis arus	95
312.2 Jenis pembumian sistem	97

313	Suplai.....	113
313.1	Umum	113
313.2	Suplai untuk pelayanan keselamatan dan sistem siaga.....	113
314	Pembagian instalasi.....	113
32	Klasifikasi pengaruh luar	114
33	Kompabilitas	114
33.1	Kompabilitas karakteristik.....	114
33.2	Kompatibilitas elektromagnetik.....	114
34	Kemampupeliharaan.....	114
35	Pelayanan keselamatan.....	115
35.1	Umum	115
35.2	Klasifikasi.....	115
36	Kontinuitas pelayanan.....	115

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	– Fase tunggal 2-kawat	96
Gambar 2	– Fase tunggal 3-kawat	96
Gambar 3	– Dwifase 3-kawat.....	96
Gambar 4	– Trifase 3-kawat.....	96
Gambar 5	– Trifase 4-kawat.....	96
Gambar 6	– 2-kawat	97
Gambar 7	– 3-kawat	97
Gambar 31A1	– Sistem TN-S dengan konduktor netral dan konduktor proteksi terpisah pada seluruh sistem.....	98
Gambar 31A2	– Sistem TN-S dengan konduktor lin dibumikan dan konduktor proteksi terpisah pada seluruh sistem	99
Gambar 31A3	– Sistem TN-S dengan konduktor proteksi dibumikan dan tanpa konduktor netral didistribusikan, di seluruh sistem.....	101
Gambar 31B1	– Sistem TN-C-S trifase, 4-kawat, dengan PEN terpisah menjadi PE dan N di tempat lain pada instalasi.....	101
Gambar 31B2	– Sistem TN-C-S trifase, 4-kawat dengan PEN terpisah menjadi PE dan N di awal instalasi (lazim di Indonesia)	101
Gambar 31B3	– Sistem TN-C-S – fase tunggal, 2-kawat dengan PEN terpisah menjadi PE dan N di awal instalasi.....	102
Gambar 31C	– Sistem TN-C dengan fungsi konduktor netral dan konduktor proteksi digabungkan dalam konduktor tunggal di seluruh sistem	104

SNI 0225:2011

Gambar 31D – Sistem multisumber TN-C-S dengan konduktor proteksi dan konduktor netral terpisah ke perlengkapan pemanfaat listrik 104

Gambar 31E – Sistem multisumber TN dengan konduktor proteksi dan tanpa konduktor netral di seluruh sistem untuk beban 2- atau 3-fase 105

Gambar 31F1 – Sistem TT dengan konduktor netral dan konduktor proteksi terpisah di seluruh instalasi 106

Gambar 31F2 – Sistem TT dengan konduktor proteksi dibumikan dan tanpa konduktor netral didistribusikan, di seluruh instalasi 107

Gambar 31G1 – Sistem IT dengan semua BKT diinterkoneksi dengan konduktor proteksi yang secara kolektif dibumikan 107

Gambar 31G2 – Sistem IT dengan BKT dibumikan dalam kelompok atau secara individual 107

Gambar 31H - Sistem a.s. TN-S 108

Gambar 31J - Sistem a.s. TN-C 109

Gambar 31K - Sistem a.s. TN-C-S 110

Gambar 31L - Sistem a.s. TT 111

Gambar 31M - Sistem a.s. IT 112

**Bagian 4-41:
Proteksi untuk keselamatan –
Proteksi terhadap kejut listrik**

410.1 Ruang lingkup 116

410.2 Acuan normatif 116

410.3 Persyaratan umum 117

411 Tindakan proteksi: diskoneksi otomatis suplai 118

 411.1 Umum 118

 411.2 Persyaratan untuk proteksi dasar 118

 411.3 Persyaratan untuk proteksi gangguan 119

 411.4 Sistem TN 120

 411.5 Sistem TT 122

 411.6 Sistem IT 123

 411.7 Voltase ekstra rendah fungsional (FELV) 125

412 Tindakan proteksi: insulasi dobel atau diperkuat 126

 412.1 Umum 126

 412.2 Persyaratan untuk proteksi dasar dan proteksi gangguan 126

413 Tindakan proteksi: separasi listrik	129
413.1 Umum	129
413.2 Persyaratan untuk proteksi dasar	129
413.3 Persyaratan untuk proteksi gangguan	129
414 Tindakan proteksi: voltase ekstra rendah yang diberikan oleh SELV dan PELV...	130
414.1 Umum	130
414.2 Persyaratan untuk proteksi dasar dan proteksi gangguan	130
414.3 Sumber untuk SELV dan PELV	130
414.4 Persyaratan untuk sirkit SELV dan PELV	131
415 Proteksi tambahan	132
415.1 Proteksi tambahan: GPAS.....	132
415.2 Proteksi tambahan: ikatan ekuipotensial proteksi suplemen	132
Lampiran A (normatif) - Ketentuan untuk proteksi dasar	134
Lampiran B (normatif) - Rintangan dan penempatan di luar jangkauan.....	136
Lampiran C (normatif) - Tindakan proteksi untuk penerapan hanya jika instalasi dikendalikan atau disupervisi personel terampil atau terlatih	138
Lampiran D - Ketentuan umum bagi proteksi dari sentuh tak langsung.....	141
Lampiran E - Penggunaan Gawai Proteksi Arus Sisa (GPAS)	143
Lampiran F - Rekomendasi pemilihan sistem TT, TN dan IT.....	145
Lampiran G - Kode IP	146
Bibliografi.....	149
DAFTAR TABEL	
Tabel 41.1 - Waktu diskoneksi	120
Tabel G-1 Elemen kode IP	147
DAFTAR GAMBAR	
Gambar B.1 – Zone jangkauan tangan	137
Gambar E.1 – Pemasangan GPAS pada sistem TN-C-S	144
Gambar E.2 – Pemasangan GPAS pada sistem TT.....	144

**Bagian 4-42:
 Proteksi untuk keselamatan –
 Proteksi terhadap efek termal**

420.1 (3.23.1) Ruang lingkup.....	150
420.2 Acuan normatif.....	150
421 (3.23.2) Proteksi terhadap kebakaran	151
422 Tindakan untuk proteksi terhadap kebakaran.....	152
422.1 Umum	152
422.2 Kondisi evakuasi saat darurat.....	152
422.3 Sifat bahan yang diproses atau disimpan	153
422.4 Bahan konstruksi mudah terbakar	155
422.5 Struktur penyebar kebakaran	155
423 (3.23.3) Proteksi terhadap luka bakar.....	155
424 (3.23.4) Proteksi terhadap panas lebih.....	156
424.1 (3.23.4.1) Sistem pemanas udara paksa	156
424.2 (3.23.4.2) Peranti yang menghasilkan air panas atau uap panas	156

DAFTAR TABEL

Tabel 42A - Batas suhu dalam pelayanan normal untuk bagian terakses perlengkapan dalam jangkauan tangan	155
---	-----

**Bagian 4-43:
 Proteksi untuk keselamatan –
 Proteksi terhadap arus lebih**

430.1 (3.24.1) Ruang lingkup.....	157
430.2 Acuan normatif.....	157
430.3 Persyaratan Umum	158
431 (3.24.2) Persyaratan menurut sifat sirkit.....	158
431.1 (3.24.2.1) Proteksi konduktor lin	158
431.2 (3.24.2.2) Proteksi konduktor netral.....	159
431.3 (3.24.2.3) Diskoneksi dan rekoneksi konduktor netral pada sistem multifase.....	160
432 (3.24.3) Sifat gawai proteksi.....	160
432.1 Gawai proteksi terhadap beban lebih dan arus hubung pendek	160
432.2 (3.24.3.2) Gawai yang memastikan proteksi hanya terhadap arus beban lebih	160
432.3 (3.24.3.3) Gawai yang memastikan proteksi hanya terhadap arus hubung	

pendek.....	160
432.4 Karakteristik gawai proteksi.....	161
433 (3.24.4) Proteksi terhadap arus beban lebih.....	161
433.1 (3.24.4.2) Koordinasi antara konduktor dan gawai proteksi beban lebih (GPBL).....	161
433.2 (3.24.4.3) Penempatan GPBL.....	161
433.3 (3.24.4.4) Peniadaan GPBL.....	162
433.4 (3.24.4.7) Proteksi beban lebih konduktor paralel.....	163
434 (3.24.5) Proteksi terhadap arus hubung pendek.....	163
434.1 (3.24.5.2) Penentuan arus hubung pendek prospektif.....	164
434.2 (3.24.5.3) Penempatan gawai proteksi hubung pendek (GPHP).....	164
434.3 (3.24.5.4) Peniadaan GPHP.....	164
434.4 (3.24.5.5) Proteksi hubung pendek konduktor paralel.....	165
434.5 (3.24.5.6) Karakteristik GPHP.....	165
435 (3.24.6) Koordinasi proteksi beban lebih dan hubung pendek.....	167
435.1 (3.24.6.1) Proteksi dilakukan oleh satu gawai.....	167
435.2 (3.24.5.2) Proteksi dilakukan oleh gawai terpisah.....	167
436 (3.24.7) Pembatasan arus lebih oleh karakteristik suplai.....	167
Lampiran A (informatif) - Proteksi konduktor paralel terhadap beban lebih.....	168
Lampiran B (informatif) - Kondisi 1 dan 2 Ayat 433.....	174
Lampiran C (informatif) - Penempatan atau peniadaan GPBL.....	175
Lampiran D (informatif) - Penempatan atau peniadaan GPHP.....	178

DAFTAR TABEL

Tabel 43A – Nilai k untuk konduktor.....	166
--	-----

DAFTAR GAMBAR

Gambar A.1 – Sirkuit dengan GPBL tunggal disediakan untuk setiap m konduktor paralel.....	170
Gambar A.2 – Sirkuit dengan GPBL tunggal disediakan untuk m konduktor paralel.....	171
Gambar A.3 – Aliran arus pada awal gangguan.....	172
Gambar A.4 – Aliran arus sesudah operasi gawai proteksi cs.....	172
Gambar A.5 – lustrasi gawai proteksi terhubung.....	173
Gambar B.1 – Ilustrasi kondisi 1 dan 2 Ayat 433.1.....	174
Gambar C.1 – GPBL (P_2) tidak di awal sirkit cabang (B) (mengacu pada 433.2.2a)...	175
Gambar C.2 – GPBL (P_2) dipasang tidak lebih 3 m dari awal sirkit cabang (B)	

(mengacu pada 433.2.2 b))	176
Gambar C.3 – Ilustrasi kasus jika proteksi beban lebih boleh ditiadakan (mengacu pada 433.3.1a), b) dan d))	176
Gambar C.4 – Ilustrasi kasus jika proteksi beban lebih boleh ditiadakan dalam sistem IT	177
Gambar D.1 – Perubahan terbatas posisi GPHP (P_2) pada sirkit cabang (mengacu pada 434.2.1)	178
Gambar D.2 – GPHP P_2 dipasang di titik pada sisi suplai awal sirkit cabang (mengacu pada 434.2.2 a))	179
Gambar D.3 – Situasi jika GPHP boleh ditiadakan untuk beberapa penerapan (mengacu pada 434.3)	180

**Bagian 4-44:
Proteksi untuk keselamatan –
Proteksi terhadap gangguan voltase dan gangguan elektromagnetik**

440.1 Ruang lingkup	181
440.2 Acuan normatif	181
441 (Kosong)	182
442 Proteksi instalasi voltase rendah (VR) terhadap voltase lebih temporer karena gangguan bumi pada sistem voltase menengah (VM) dan karena gangguan pada sistem VR	182
442.1 Lingkup penerapan.....	182
442.2 Voltase lebih pada sistem VR selama gangguan bumi VM.....	184
442.3 Voltase stres frekuensi daya dalam hal hilang kontak konduktor netral pada sistem TN dan TT	187
442.4 Voltase stres frekuensi daya saat gangguan bumi pada sistem IT dengan netral terdistribusi	187
442.5 Voltase stres frekuensi daya saat hubung pendek antara konduktor lin dan konduktor netral.....	187
443 Proteksi terhadap voltase lebih asal atmosfer atau karena penyakelaran.....	187
443.1 Umum	187
443.2 Klasifikasi voltase ketahanan impuls (kategori voltase lebih)	188
443.3 Susunan untuk kendali voltase lebih.....	189
443.4 Voltase ketahanan impuls perlengkapan yang disyaratkan	191

444	Tindakan terhadap pengaruh elektromagnetik	192
444.1	Umum	192
444.2	Kosong.....	192
444.3	Definisi	192
444.4	Pengurangan interferens elektromagnetik (<i>electromagnetic interference</i> – <i>EMI</i>)	193
444.5	Pembumian dan ikatan ekuipotensial	208
444.6	Pemisahan sirkit.....	213
444.7	Sistem manajemen kabel	213
445	Proteksi terhadap voltase kurang.....	218
445.1	Persyaratan umum.....	218
	Lampiran A (informatif) - Catatan penjelasan mengenai 442.1 dan 442.2.....	220
	Lampiran B (informatif) - Pedoman untuk kendali voltase lebih oleh GPS yang diterapkan pada lin udara	222
	Lampiran C (normatif) - Penentuan panjang konvensional, <i>d</i>	223
	Bibliografi.....	325

DAFTAR TABEL

Tabel 44.A1	Voltase stres frekuensi daya dan voltase gangguan frekuensi daya pada sistem VR.....	185
Tabel 44.A2	Voltase stres frekuensi daya yang diizinkan.....	186
Tabel 44.B	Voltase ketahanan impuls pengenalan perlengkapan yang disyaratkan Bibliografi	191
Tabel B.1 –	Kemungkinan berbeda untuk sistem IT (dengan memperhitungkan gangguan pertama dalam instalasi VR).....	222

DAFTAR GAMBAR

Gambar 44.A1	Sketsa skematik representatif untuk hubungan ke bumi yang mungkin pada gardu distribusi dan instalasi VR dan terjadinya voltase lebih dalam hal gangguan.....	184
Gambar 44.A2	Voltase gangguan yang dapat ditoleransi karena gangguan bumi pada sistem VM	186
Gambar 44.R1	Konduktor pintas untuk perkuatan skrin untuk memberikan sistem ikatan ekuipotensial bersama	194

Gambar 44.R2	Contoh konduktor pengganti atau ikatan ekuipotensial pintas pada sistem TT	195
Gambar 44.R3A	Penghindaran arus konduktor netral pada struktur terikat dengan menggunakan sistem TN-S dari awal suplai publik sampai dengan sirkit akhir di dalam bangunan.	196
Gambar 44.R3B	Penghindaran arus konduktor netral pada struktur terikat dengan menggunakan sistem TN-S di sisi hilir transformator suplai privat pelanggan	197
Gambar 44.R4	Sistem TN-C-S di dalam instalasi bangunan yang sudah ada.....	198
Gambar 44.R5	Sistem TT di dalam instalasi bangunan.....	199
Gambar 44.R6	Sistem IT di dalam instalasi bangunan.....	200
Gambar 44.R7A	Suplai daya multisumber TN dengan multihubungan tak sesuai antara PEN dan bumi	201
Gambar 44.R7B	Suplai daya multisumber TN pada instalasi dengan hubungan ke bumi titik bintang pada satu dan titik yang sama	202
Gambar 44.R8	Suplai daya multisumber TT pada instalasi dengan hubungan ke bumi titik bintang pada satu dan titik yang sama	203
Gambar 44.R9A	Suplai daya alternatif trifase dengan sakelar 4 kutub.....	204
Gambar 44.R9B	Arus netral mengalir dalam suplai daya alternatif trifase dengan sakelar 3 kutub yang tak sesuai	204
Gambar 44.R9C	Suplai daya alternatif fase tunggal dengan sakelar 2 kutub	205
Gambar 44.R10	Kabel berarmor dan pipa logam memasuki bangunan (contoh)	206
Gambar 44.R11	Ilustrasi tindakan dalam bangunan yang sudah ada.....	207
Gambar 44.R12	Elektrode bumi terinterkoneksi.....	208
Gambar 44.R13	Contoh konduktor proteksi pada jaringan bintang	209
Gambar 44.R14	Contoh jaringan bintang ikatan multijala.....	210
Gambar 44.R15	Contoh jaringan bintang ikatan jala bersama	211
Gambar 44.R16	Contoh jaringan ikatan ekuipotensial dalam struktur tanpa sistem proteksi petir.....	211
Gambar 44.17A	Pemisahan antara kabel daya dan TI untuk panjang rute kabel ≤ 35 m	214
Gambar 44.17B	Pemisahan antara kabel daya dan TI untuk panjang rute kabel > 35 m	215
Gambar 44.R18	Pemisahan kabel pada sistem perkawatan	215
Gambar 44.R19	Susunan kabel dalam rak kabel logam.....	216
Gambar 44.R20	Kontinuitas komponen sistem logam.....	217

Gambar 44.R21 Lokasi kabel di dalam elemen konstruksi logam	218
Gambar 44.R22 Hubungan bagian logam	218
Gambar 44.Q – Contoh cara menerapkan d_1 , d_2 dan d_3 untuk penentuan d	224

**Bagian 5-51:
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik –
Persyaratan umum**

510 Pendahuluan.....	226
510.1 Ruang lingkup	226
510.2 Acuan normatif	226
510.3 Umum	228
511 Kesesuaian dengan standar.....	228
512 Kondisi operasional dan pengaruh eksternal.....	228
512.1 Kondisi operasional	228
512.2 Pengaruh eksternal	228
513 Kemungkinan dapat diakses	247
513.1 Umum	247
514 Identifikasi.....	247
514.1 Umum	247
514.2 Sistem perkawatan.....	247
514.3 Identifikasi untuk konduktor netral dan proteksi	247
514.4 Gawai proteksi.....	247
514.5 Gambar	247
515 Pencegahan terhadap pengaruh merusak bersama.....	248
 Lampiran A (Lampiran A IEC 60364-3) (informatif) - Daftar ringkasan dari pengaruh eksternal	 249
Lampiran B (Lampiran B IEC 60364-3)(informatif) - Interdependensi dari suhu udara, kelembapan udara relatif dan kelembapan udara absolut.....	 250
Lampiran C (Lampiran C dari IEC 60364-3) (normatif) - Klasifikasi untuk kondisi mekanikal.....	 260
Lampiran D (Lampiran D dari IEC 60364-3) (normatif)-Klasifikasi untuk lingkungan- makro.....	 262
Lampiran E (informatif) - Arus konduktor proteksi untuk perlengkapan yang diizinkan.	263
 Kepustakaan.....	 266

DAFTAR TABEL

Tabel 51A – Karakteristik pengaruh eksternal	230
--	-----

DAFTAR GAMBAR

Gambar C.1 – Spektrum respons kejut model (spektrum respons kejut urutan pertama “maksima”)	261
---	-----

**Bagian 5-52:
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik –
Sistem perkawatan**

520	Pendahuluan.....	267
520.1	Ruang lingkup	267
520.2	Acuan normatif	267
520.3	Umum.....	268
521	Jenis sistem perkawatan	268
522	Pemilihan dan pemasangan sistem perkawatan berkaitan dengan pengaruh eksternal	276
522.1	Suhu ambien (AA)	276
522.2	Sumber bahang (<i>heat</i>) eksternal	276
522.3	Keberadaan air (AD).....	276
522.4	Keberadaan benda asing padat (AE).....	277
522.5	Keberadaan zat korosif atau polusi (AF).....	277
522.6	Tumbukan (AG).....	277
522.7	Vibrasi (AH).....	277
522.8	Stres mekanis lain (AJ).....	278
522.9	Keberadaan flora dan/atau pertumbuhan jamur (AK).....	278
522.10	Keberadaan fauna (AL)	278
522.11	Radiasi matahari (AN)	279
522.12	Efek seismik (AP)	279
522.13	Angin (AR).....	279
522.14	Sifat bahan yang diproses atau disimpan (BE)	279
522.15	Desain bangunan (CB)	279
523	Kapasitas hantar arus (KHA).....	279
524	Luas penampang konduktor.....	282
525	Drop voltase dalam instalasi pelanggan	283
526	Hubungan listrik	283

527	Pemilihan dan pemasangan sistem perkawatan untuk meminimalkan rambatan api.....	283
528	Kedekatan sistem perkawatan ke instalasi lain	285
	528.1 Kedekatan ke instalasi listrik.....	285
	528.2 Kedekatan dengan instalasi nonlistrik.....	285
529	Pemilihan dan pemasangan sistem perkawatan berkaitan dengan kemampuan pemeliharaan, termasuk pembersihan	286
5210	Identifikasi kabel dengan warna	286
	5210.1 Ketentuan umum.....	286
	5210.2 Penggunaan warna loreng hijau-kuning	286
	5210.3 Penggunaan warna biru	287
	Lampiran A (normatif)- Kapasitas hantar arus (KHA)	288
	Lampiran B (informatif) - Contoh metode penyederhanaan tabel Ayat 523	312
	Lampiran C (informatif) - Rumus yang menyatakan KHA.....	315
	Lampiran D (informatif) - Efek arus harmonik pada sistem trifase yang seimbang	318
	Lampiran E (normatif) - Jarak maksimum penyangga kabel dan radius belokan maksimum kabel	320
	Lampiran F (informatif) - Pedoman batas dimensi konduktor bulat.....	322
DAFTAR TABEL		
Tabel 52-1	Pemilihan sistem perkawatan.....	269
Tabel 52-2	Pemasangan sistem perkawatan	269
Tabel 52-3	Contoh metode instalasi yang memberikan pedoman untuk memperoleh KHA	270
Tabel 52-4	Suhu operasi maksimum untuk jenis insulasi	280
Tabel 52-5	Luas penampang minimum konduktor.....	282
Tabel A.52-1	Daftar metode instalasi acuan yang membentuk dasar tabel KHA.....	292
Tabel A.52-2	KHA dalam ampere untuk metode instalasi dalam Tabel A.52-1 – Insulasi PVC/dua konduktor berbeban/tembaga atau aluminium – Suhu konduktor: 70 °C/Suhu ambien: 30 °C di udara, 20 °C dalam tanah.....	294
Tabel A.52-3	KHA dalam ampere untuk metode instalasi dalam Tabel A.52-1 – Insulasi XLPE atau EPR/dua konduktor berbeban/tembaga atau aluminium – Suhu konduktor: 90 °C/Suhu ambien: 30 °C di udara, 20 °C dalam tanah	295

Tabel A.52-4 KHA dalam ampere untuk metode instalasi dalam Tabel A.52-1 – Insulasi PVC/tiga konduktor berbeban/ tembaga atau aluminium – Suhu konduktor: 70 °C/Suhu ambien: 30 °C di udara, 20 °C dalam tanah.....	296
Tabel A.52-5 KHA dalam ampere untuk metode instalasi dalam Tabel A.52-1 – Insulasi XLPE atau EPR/tiga konduktor berbeban/ tembaga atau aluminium – Suhu konduktor: 90 °C/Suhu ambien: 30 °C di udara, 20 °C dalam tanah.....	297
Tabel A.52-6 KHA dalam ampere untuk metode instalasi C Tabel A.52-1 – Insulasi mineral/konduktor tembaga dan selubung – Selubung PVC atau polos terkena sentuhan (lihat Catatan 2) Suhu selubung logam: 70 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C.....	298
Tabel A.52-7 KHA dalam ampere untuk metode instalasi C Tabel A.52-1 – Insulasi mineral/konduktor tembaga dan selubung – Polos tidak terkena sentuhan atau tidak kontak dengan bahan yang mudah terbakar Suhu selubung logam: 105 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C.....	299
Tabel A.52-8 KHA dalam ampere untuk metode instalasi E, F dan G Tabel A.52-1 – Insulasi mineral/Konduktor tembaga dan selubung/ Selubung PVC atau polos terkena sentuhan (lihat Catatan 2) Suhu selubung logam: 70 °C /Suhu ambien acuan: 30 °C.....	300
Tabel A.52-9 KHA dalam ampere untuk metode instalasi E, F dan G Tabel A.52-1 – Insulasi mineral/Konduktor tembaga dan selubung/ Polos tidak terkena sentuhan (lihat Catatan 2) Suhu selubung logam: 105 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C.....	301
Tabel A.52-10 KHA dalam ampere untuk metode instalasi E, F dan G Tabel A.52-1 – Insulasi PVC/Konduktor tembaga Suhu konduktor: 70 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C.....	302
Tabel A.52-11 KHA dalam ampere untuk metode instalasi E, F dan G Tabel A.52-1 – Insulasi PVC/Konduktor aluminium Suhu konduktor: 70 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C.....	303
Tabel A.52-12 KHA dalam ampere untuk metode instalasi E, F dan G Tabel A.52-1 – Insulasi XLPE atau EPR/Konduktor tembaga Suhu konduktor: 90 °C /Suhu ambien acuan: 30 °C.....	304
Tabel A.52-13 KHA dalam ampere untuk metode instalasi E, F dan G Tabel A.52-1 – Insulasi XLPE atau EPR/Konduktor aluminium Suhu konduktor: 90 °C /Suhu ambien acuan: 30 °C.....	305
Tabel A.52-14 Faktor koreksi untuk suhu udara ambien selain 30 °C yang diterapkan pada KHA kabel di udara.....	306
Tabel A.52-15 Faktor koreksi untuk suhu tanah ambien selain 20 °C yang diterapkan pada KHA kabel dalam talang dalam tanah.....	306

Tabel A.52-16	Faktor koreksi untuk kabel dalam talang tertanam untuk resistivitas termal tanah selain 2,5 K· m/W yang diterapkan pada KHA untuk metode acuan D	306
Tabel A.52-17	Faktor reduksi untuk kelompok lebih dari satu sirkit atau lebih dari satu kabel multiinti yang digunakan dengan KHA Tabel A.52-2 hingga A.52-13	307
Tabel A.52-18	Faktor reduksi untuk lebih dari satu sirkit, kabel diletakkan langsung dalam tanah – Metode instalasi D dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-5 – Kabel inti tunggal atau multiinti Tabel A.52-19 Faktor reduksi untuk lebih dari satu sirkit, kabel diletakkan dalam talang dalam tanah – Metode instalasi D dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-5	307
Tabel A.52-20	Faktor reduksi untuk kelompok lebih dari satu kabel multiinti yang diterapkan pada peringkat acuan untuk kabel multiinti di udara bebas – Metode instalasi E dalam Tabel A.52-8 hingga A.52-13.....	308
Tabel A.52-21	Faktor reduksi untuk kelompok lebih dari satu sirkit kabel inti tunggal (Catatan 2) yang diterapkan pada peringkat acuan untuk satu sirkit kabel inti tunggal di udara bebas – Metode instalasi F dalam Tabel A.52-8 hingga A.52-13.....	310
Tabel B.52-1	KHA dalam ampere	311
Tabel B.52-2	KHA (dalam ampere)	312
Tabel B.52-3	Faktor reduksi untuk kelompok beberapa sirkit atau beberapa kabel multiinti (yang digunakan dengan KHA Tabel B.52-1).....	313
Tabel C.52-1	Tabel koefisien dan eksponen	314
Tabel D.52-1	Faktor reduksi untuk arus harmonik dalam kabel 4-inti dan 5-inti.....	319
Tabel E.52.1	Jarak penyangga untuk kabel nonarmor pada posisi yang dapat diakses Kunci R radius belokan internal	320
Tabel E.52.2	Radius belokan minimum yang direkomendasikan pada suhu kabel (20 ± 10) °C.....	321
Tabel F.52.1	Diameter maksimum konduktor tembaga bulat – padat, pilin nonkompak dan fleksibel	321
Tabel F.52.2	Diameter maksimum dan minimum konduktor tembaga, aluminium, paduan aluminium, pilin bulat kompak.....	324
Tabel F.52.3	Diameter maksimum dan minimum konduktor aluminium bulat padat .	335
DAFTAR GAMBAR		
Gambar E.52-1	– Definisi radius belokan internal	321

**Bagian 5-53:
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik –
Isolasi, penyakelaran dan kendali**

530	Pendahuluan.....	326
530.1	Ruang lingkup	326
530.2	Acuan normatif.....	326
530.3	Persyaratan umum dan bersama	327
531	(6.7.2) Gawai untuk proteksi dari sentuh tak langsung dengan diskoneksi otomatis suplai.....	327
531.1	(6.7.2.1) GPAL (Gawai Proteksi Arus Lebih)	327
531.2	(6.7.2.2) GPAS (Gawai Proteksi Arus Sisa).....	328
531.3	(6.7.2.3) Gawai monitor insulasi	329
532	(6.7.3) Gawai untuk proteksi terhadap efek termal	329
533	(6.7.4) Gawai untuk proteksi terhadap arus lebih	330
533.1	(6.7.4.1) Persyaratan umum	330
533.2	(6.7.4.2) Pemilihan gawai untuk proteksi sistem perkawatan terhadap beban lebih	330
533.3	(6.7.4.3) Pemilihan gawai untuk proteksi sistem perkawatan terhadap hubung pendek	330
534	Gawai untuk proteksi terhadap voltase lebih	331
534.1	Umum.....	331
534.2	Pemilihan dan pemasangan GPS pada instalasi bangunan.....	331
535	(6.7.5) Koordinasi berbagai gawai proteksi.....	339
535.1	Diskriminasi antara GPAL.....	339
535.2	(6.7.5.1) Gabungan GPAS dengan GPAL	340
535.3	(6.7.5.2) Diskriminasi (selektifitas) antara GPAS	340
536	Isolasi dan penyakelaran.....	340
536.0	Pendahuluan.....	340
536.1	Umum	340
536.2	Isolasi.....	341
536.3	Penyakelaran off untuk pemeliharaan mekanis	343
536.4	Penyakelaran darurat.....	344
536.5	Penyakelaran fungsional (kendali).....	346

Lampiran A (informatif) - Pemasangan GPS pada sistem TN	348
Lampiran B (informatif) - Pemasangan GPS pada sistem TT	349
Lampiran C (informatif) - Pemasangan GPS pada sistem IT	351
Lampiran D (informatif) - Pemasangan GPS diuji kelas I, II dan III, misalnya pada sistem TN-C-S	352
Bibliografi	353

**Bagian 5-54:
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik –
Susunan pembumian, konduktor proteksi dan
konduktor ikatan proteksi**

541 Umum	354
541.1 Ruang lingkup	354
541.2 Acuan normatif	354
541.3 Definisi	355
542 (3.18) Susunan pembumian	355
542.1 (3.18.1) Persyaratan umum	355
542.2 (3.18.2) Elektrode bumi	355
542.3 Konduktor pembumian	360
542.4 Terminal pembumian utama	361
543 Konduktor proteksi	361
543.1 Luas penampang minimum	361
543.2 Jenis konduktor proteksi	363
543.3 Kontinuitas listrik konduktor proteksi	364
543.4 Tidak diterapkan	364
543.5 Tidak diterapkan	364
543.6 Susunan konduktor proteksi	364
543.7 Konduktor proteksi diperkuat untuk arus konduktor proteksi melampaui 10 mA	364
544 Konduktor ikatan proteksi (konduktor ikatan ekuipotensial)	364
544.1 Konduktor ikatan proteksi untuk hubungan ke terminal pembumian utama	364
544.2 Konduktor ikatan proteksi untuk ikatan suplemen	364

Lampiran A (normatif) - Metode untuk mendapatkan faktor <i>k</i> dalam 543.1.2 (lihat juga IEC 60724 dan IEC 60949)	365
Lampiran B (informatif) - Gambar susunan pembumian, konduktor proteksi dan konduktor ikatan proteksi	368
Bibliografi	371

DAFTAR TABEL

Tabel 54.1 – Ukuran minimum biasa untuk elektrode bumi dari bahan yang biasa digunakan dari titik pandang korosi dan kuat mekanis jika ditanam dalam tanah	356
Tabel A.54.1 – Nilai parameter untuk berbagai bahan yang berbeda	365
Tabel A.54.2 – Nilai <i>k</i> untuk konduktor proteksi berinsulasi yang tidak tergabung dalam berkas kabel atau tidak dibundel dengan berkas kabel lain	366
Tabel A.54.3 – Nilai <i>k</i> untuk konduktor proteksi polos yang kontak dengan penutup kabel tetapi tidak dibundel dengan berkas kabel lain	366
Tabel A.54.4 – Nilai <i>k</i> untuk konduktor proteksi sebagai inti yang tergabung dalam suatu kabel atau dibundel dengan berkas kabel lain atau berkas konduktor berinsulasi	366
Tabel A.54.5 – Nilai <i>k</i> untuk konduktor proteksi sebagai lapisan logam suatu kabel misalnya armor, selubung logam, konduktor konsentris dsb	367
Tabel A.54.6 – Nilai <i>k</i> untuk konduktor polos tanpa risiko kerusakan pada Sembarang bahan di dekatnya karena suhu yang ditunjukkan	367

DAFTAR GAMBAR

Gambar B.54.1 Susunan pembumian, konduktor proteksi dan konduktor ikatan proteksi	358
--	-----

**Bagian 5-55:
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik –
Perlengkapan lain**

550 Pendahuluan.....	372
550.1 Ruang lingkup	372
550.2 Acuan normatif	372
550.3 Definisi	373

551	Set pembangkit voltase rendah	374
551.1	Ruang lingkup	374
551.2	Persyaratan umum	375
551.3	Tindakan proteksi: voltase ekstra rendah yang diberikan oleh SELV dan PELV	375
551.4	Proteksi gangguan (proteksi terhadap sentuh tak langsung)	376
551.5	Proteksi terhadap arus lebih	377
551.6	Persyaratan tambahan untuk instalasi dimana set pembangkit memberikan suplai sebagai alternatif tersakelar ke suplai normal pada instalasi	378
551.7	Persyaratan tambahan untuk instalasi jika set pembangkit dapat beroperasi paralel dengan sumber lain termasuk sistem untuk distribusi listrik ke publik	378
551.8	Persyaratan untuk instalasi yang dilengkapi baterai stasioner	379
556	Pelayanan keselamatan	380
556.1	Persyaratan umum	380
556.2	Suplai ke pemanfaat listrik	380
556.3	Persyaratan khusus	380
556.4	PHBK	380
556.5	Sistem suplai listrik	381
556.6	Sistem perkawatan	382
556.7	Sirkuit pencahayaan keselamatan	383
559	Luminer dan instalasi pencahayaan	383
559.1	Ruang lingkup	383
559.3	Definisi	384
559.4	Persyaratan umum untuk instalasi	384
559.5	Proteksi terhadap efek termal	384
559.6	Sistem perkawatan	384
559.7	Perlengkapan kendali lampu independen, misalnya ballas	385
559.8	Kapasitor kompensasi	385
559.9	Proteksi terhadap kejut listrik untuk gerai pameran untuk luminer	385
559.10	Efek stroboskopik	385

**Bagian 5-510:
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik –
Perlengkapan listrik**

510.1	Persyaratan umum.....	386
510.1.1	Syarat umum.....	386
510.1.2	Proteksi dari gejala api.....	386
510.1.3	Perlengkapan.....	386
510.1.4	Bagian aktif.....	386
510.1.5	Proteksi terhadap voltase sentuh.....	386
510.1.6	Proteksi terhadap voltase lebih.....	387
510.1.7	Proteksi gagang.....	387
510.1.8	Pelayanan.....	387
510.1.9	Pemberian tanda.....	387
510.2	Perkawatan perlengkapan listrik.....	387
510.2.1	Kabel fleksibel.....	387
510.3	Armatur pencahayaan, fitting lampu, lampu dan roset.....	388
510.3.1	Proteksi terhadap sentuh langsung dan tak langsung.....	388
510.3.2	Pembumian.....	388
510.3.3	Persyaratan dalam keadaan khusus.....	389
510.3.4	Syarat kotak sambung dan kap armatur.....	390
510.3.5	Penunjang armatur.....	390
510.3.6	Perkawatan armatur.....	390
510.3.7	Konstruksi.....	392
510.3.8	Fiting lampu dengan sakelar.....	392
510.3.9	<i>void</i>	393
510.3.10	Lampu dan perlengkapan bantu.....	393
510.3.11	Lampu tabung gas.....	393
510.3.12	Roset.....	395
510.4	Tusuk kontak dan kotak kontak.....	395
510.4.1	Konstruksi tusuk kontak.....	395
510.4.2	Persyaratan yang berkaitan dengan keadaan lingkungan.....	396
510.4.3	Penyambungan BKT perlengkapan listrik melalui tusuk kontak dan kotak kontak.....	397
510.4.4	Penempatan kotak kontak.....	398
510.5	Motor, sirkit dan kendali.....	398
510.5.1	Persyarat umum.....	398

510.5.2	Keadaan lingkungan	400
510.5.3	Sirkuit motor	400
510.5.4	Proteksi beban lebih	400
510.5.5	Proteksi hubung pendek sirkit motor.....	402
510.5.6	Proteksi hubung pendek sirkit cabang	403
510.5.7	Kendali	406
510.5.8	Sarana pemutus	407
510.5.9	Pencegahan terhadap sentuh langsung	407
510.5.10	Pembumian	408
510.6	Generator.....	408
510.7	Peranti portabel.....	409
510.7.1	Kabel penghubung pada terminal	409
510.7.2	Pembumian	409
510.8	Transformator dan gardu transformator.....	409
510.8.1	Umum.....	418
510.8.2	Persyaratan khusus yang dapat berlaku pada bermacam-macam transformator	412
510.8.3	Persyaratan untuk kubu transformator.....	413
510.9	Akumulator.....	414
510.9.1	Ruang lingkup dan definisi.....	414
510.9.2	Perkawatan	414
510.9.3	Penyekatan dan insulasi.....	414
510.9.4	Rak dan baki	415
510.9.5	Ruang akumulator	415
510.9.6	Pengisi akumulator	416
510.9.7	Pemberian tanda	416
510.10	Kapasitor.....	416
510.10.1	Instalasi	416
510.10.2	Konduktor.....	417
510.10.3	Pemasangan	418
510.10.4	Pembumian dan perlindungan	418
510.10.5	Pemberian tanda	418
510.11	Resistor dan reaktor.....	418
510.12	Peranti pemanas.....	419
510.13	Perlengkapan pemanas induksi dan dielektrik.....	421
510.14	Pemanfaat listrik dengan penggerak elektromekanis	424

SNI 0225:2011

510.15	Mesin las listrik.....	425
510.16	Mesin perkakas.....	428
510.17	Perlengkapan sinar X.....	429
510.18	Lampu busur.....	432

DAFTAR TABEL

Tabel 510.3-1	Jarak bebas minimum konduktor telanjang terhadap bumi (massa) pada voltase 250 V ke atas dalam sistem lampu tabung gas.....	402
Tabel 510.5-1	Penempatan unsur pengindera proteksi beban lebih	409
Tabel 510.15-1	Daur tugas mesin las listrik	434

DAFTAR GAMBAR

Gambar 510.4-1	Contoh penyambungan BKT perlengkapan listrik melalui tusuk kontak dan kotak kontak	406
Gambar 510.5-1	407
Gambar 510.5-2	Contoh pada 510.5.6.2	413

**Bagian 5-511:
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik –
Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK)
serta komponennya**

511.1	Ruang lingkup	433
511.2	Ketentuan umum.....	433
511.2.1	Penataan PHBK.....	433
511.2.2	Ruang pelayanan dan ruang bebas sekitar PHBK	434
511.2.3	Penandaan	435
511.2.4	Pemasangan sakelar masuk dan proteksi sirkit keluar.....	436
511.2.5	Pengelompokan perlengkapan sirkit	438
511.2.6	Penempatan sekering, sakelar, dan rel.....	438
511.2.7	Pembebanan yang berlebihan	439
511.2.8	Bahan.....	447
511.2.9	Jarak minimum antar bagian yang telanjang	440
511.2.10	Pembebanan yang berlebihan	440
511.2.11	Bahan	440
511.2.12	Penempatan	440
511.2.13	Pembumian.....	440

511.3	Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK) tertutup.....	440
511.3.1	Umum.....	440
511.3.2	PHBK tertutup pasangan dalam.....	441
511.3.3	PHBK tertutup pasangan luar.....	441
511.4	Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK) terbuka.....	441
511.4.1	Syarat umum.....	441
511.4.2	PHBK terbuka pasangan dalam.....	442
511.4.3	PHBK terbuka pasangan luar.....	443
511.5	Lemari hubung bagi, kotak hubung bagi dan meja hubung bagi.....	443
511.5.1	Bentuk.....	443
511.5.2	Pemasangan.....	443
511.5.3	Konstruksi lemari dan panelnya.....	444
511.6	Komponen yang dipasang pada PHBK.....	444
511.6.1	Syarat umum.....	444
511.6.2	Instrumen ukur dan indikator.....	444
511.6.3	Konduktor rel.....	445
511.6.4	Komponen gawai kendali.....	445
511.6.5	Terminal dan sepatu kabel.....	445

DAFTAR TABEL

Tabel 511.6-1	Daftar pembebanan konduktor yang dibolehkan untuk tembaga penampang persegi.....	446
Tabel 511.6-2	Daftar pembebanan konduktor yang dibolehkan untuk aluminium penampang persegi.....	447

DAFTAR GAMBAR

Gambar 511.2-1	Ruang pelayanan.....	435
Gambar 511.2-2a	Contoh gambar bagan untuk 511.2.4.1 dan 511.2.4.2.....	436
Gambar 511.2-2b	Contoh gambar bagan untuk 511.2.4.1 dan 511.2.4.2.....	436
Gambar 511.2-3a	Contoh gambar bagan untuk 511.2.4.3.....	437
Gambar 511.2-3b	Contoh gambar bagan untuk 511.2.4.3.....	438
Gambar 511.2-5a	Contoh gambar bagan untuk 511.2.7.1.....	439
Gambar 511.2-5b	Contoh gambar bagan untuk 511.2.7.2.....	439

**Bagian 6:
Verifikasi**

6.1 Ruang lingkup	448
6.2 Acuan normatif.....	448
6.3 Istilah dan definisi.....	449
6.3.1 Verifikasi awal	449
61.1 Umum	449
61.2 Inspeksi	450
61.3 Pengujian.....	451
61.3.1 Umum.....	451
61.3.2 Kontinuitas konduktor	451
61.3.3 Resistans insulasi instalasi listrik.....	451
61.3.4 Proteksi dengan SELV, PELV atau dengan separasi listrik	452
61.3.5 Resistans/impedans insulasi lantai dan dinding.....	453
61.3.6 Proteksi dengan diskoneksi otomatis suplai.....	453
61.3.7 Proteksi tambahan.....	455
61.3.8 Uji polaritas.....	456
61.3.9 Pemeriksaan urutan fase	456
61.3.10 Uji fungsi	456
61.3.11 Verifikasi drop voltase	456
61.4 Pelaporan untuk verifikasi awal	456
62 Verifikasi periodik.....	457
62.1 Umum.....	457
62.2 Kecepatan verifikasi periodik.....	458
62.3 Pelaporan verifikasi periodik.....	458
Lampiran A (informatif) - Metode untuk mengukur resistans/impedans insulasi lantai dan dinding terhadap bumi atau terhadap konduktor proteksi	460
Lampiran B (informatif) - Metode B1, B2 dan B3	463
Lampiran C (informatif) - Pedoman untuk penerapan persyaratan Ayat 61 – Verifikasi awal	466
Lampiran D (informatif) - Contoh diagram yang sesuai untuk evaluasi drop voltase	469
Lampiran E (informatif) - Rekomendasi untuk perlengkapan listrik digunakan ulang dalam instalasi listrik	470

Lampiran F (informatif) - Uraian instalasi untuk verifikasi	471
Lampiran G (informatif) - Formulir untuk inspeksi instalasi listrik (lihat contoh dalam Ayat G.2)	474
Lampiran H (informatif) - Laporan untuk verifikasi	480
Bibliografi	482
DAFTAR TABEL	
Tabel 6A Nilai minimum resistans insulasi	452
Tabel H.1 – Contoh lembaran untuk rincian sirkit dan skedul hasil pengujian	480
DAFTAR GAMBAR	
Gambar A.1 – Elektrode uji 1	461
Gambar A.2 – Elektrode uji 2	462
Gambar B.1 – Pengukuran resistans elektrode bumi	463
Gambar B.2 – Pengukuran impedans lingkaran gangguan dengan drop voltase	464
Gambar B.3 – Pengukuran resistans lingkaran bumi dengan klem arus	465

**Bagian 7:
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik –
Konduktor dan pemasangannya**

7.1 Umum	483
7.1.1 Persyaratan umum konduktor	483
7.1.2 Kabel	483
7.1.3 Kabel tanah	484
7.1.4 Kabel udara berinsulasi.....	484
7.1.5 Konduktor jenis lain.....	484
7.2 Identifikasi konduktor dengan warna	484
7.3 Pembebanan konduktor	484
7.3.1 Pembebanan terus menerus kabel instalasi dengan insulasi tunggal	484
7.3.2 Pembebanan terus menerus kabel instalasi dengan insulasi dan selubung PVC dan kabel fleksibel	484
7.3.3 void	485
7.3.4 Pembebanan terus menerus kabel tanah berinsulasi PVC.....	485

7.4	Pembebanan konduktor dalam keadaan khusus	486
7.4.1	Definisi	486
7.4.2	Perhitungan pembebanan singkat dan intermiten	486
7.5	Proteksi arus lebih.....	487
7.5.1	Ketentuan umum.....	487
7.6	Proteksi konduktor dari kerusakan karena suhu yang sangat tinggi atau sangat rendah.....	488
7.7	Proteksi sirkit listrik.....	488
7.7.1	Sirkit pencahayaan.....	488
7.8	Insulator, conduit dan lengkapannya	488
7.8.1	Umum	488
7.8.2	Insulator.....	488
7.8.3	Konduit.....	489
7.8.4	Pemasangan insulator	490
7.8.5	Pemasangan conduit	490
7.9	Jalur konduktor.....	492
7.9.1	Umum	492
7.9.2	Jenis jalur konduktor	492
7.9.3	Penggunaan.....	492
7.9.4	Syarat umum.....	492
7.9.5	Syarat perancangan.....	493
7.10	Syarat umum pemasangan konduktor (sampai dengan 1.000 volt)	493
7.11	Sambungan dan hubungan	495
7.11.1	Umum.....	495
7.11.2	Sambungan kabel dan kabel tanah.....	496
7.11.3	Cara menghubungkan	497
7.11.4	Hubungan kabel instalasi permanen dengan perlengkapan listrik.....	498
7.11.5	Penutupan ujung kabel tanah yang terbuka	498
7.12	Instalasi dalam bangunan	498
7.12.1	Kabel rumah tanpa selubung	499
7.12.2	Kabel instalasi berselubung	499
7.12.3	Pemasangan kabel instalasi pipih.....	500
7.12.4	Konduktor telanjang.....	500
7.12.5	Pemasangan kabel instalasi yang fleksibel.....	500
7.12.6	Pemasangan kabel fleksibel	501
7.13	Pemasangan konduktor dalam conduit	501

7.14 Pemasangan kabel tanah.....	502
7.14.1 Umum.....	502
7.14.2 Persilangan dan pendekatan kabel tanah dengan kabel tanah instalasi telekomunikasi.....	503
7.14.3 Persilangan dan pendekatan kabel tanah dengan jalan kereta rel dan jalan raya	504
7.14.4 Persilangan dan pendekatan kabel tanah dengan saluran air dan bangunan pengairan.....	504
7.14.5 Pendekatan kabel tanah dengan instalasi listrik di atas tanah	505
7.14.6 Kabel tanah yang keluar dari tanah.....	505

DAFTAR TABEL

Tabel 7.1 – 1 Luas penampang nominal kabel dan kabel tanah	506
Tabel 7.1 – 3 Daftar konstruksi kabel instalasi	507
Tabel 7.1 – 4 Daftar konstruksi kabel fleksibel untuk dihubungkan dengan peralatan listrik yang dapat dipindah-pindahkan atau bergerak	512
Tabel 7.1 – 5 Daftar konstruksi dan penggunaan kabel tanah berinsulasi dan berselubung termoplastik	516
Tabel 7.1-6 Kabel udara	520
Tabel 7.3-1 KHA terus menerus yang diperbolehkan dan proteksi untuk kabel instalasi inti tunggal berinsulasi PVC pada suhu ambien 30 °C dan suhu konduktor maksimum 70 °C	521
Tabel 7.3-2 Faktor koreksi untuk KHA terus menerus untuk kabel instalasi inti tunggal berinsulasi karet/PVC pada suhu ambien 30 °C dengan suhu konduktor maksimum 70 °C	522
Tabel 7.3-3 Faktor koreksi untuk KHA terus menerus untuk kabel instalasi tunggal berinsulasi terbuat dari bahan khusus tahan panas pada suhu ambien di atas 55 °C	522
Tabel 7.3-4 KHA terus menerus yang diperbolehkan untuk kabel instalasi berinsulasi dan berselubung PVC, serta kabel fleksibel dengan voltase pengenal 230/400 (300) volt dan 300/500 (400) volt pada suhu ambien 30 °C, dengan suhu konduktor maksimum 70 °C	523

Tabel 7.3-5a KHA terus menerus untuk kabel tanah inti tunggal, berkonduktor tembaga, berinsulasi dan berselubung PVC, dipasang pada sistem a.s. dengan voltase kerja maksimum 1,8 kV; serta untuk kabel tanah 2-inti, 3-inti dan 4-inti berkonduktor tembaga, berinsulasi dan berselubung PVC yang dipasang pada sistem a.b. trifase dengan voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV), pada suhu ambien 30 °C 524

Tabel 7.3-5b KHA terus menerus untuk kabel tanah inti tunggal, Berkonduktor aluminium, berinsulasi dan berselubung PVC, dipasang pada sistem arus searah dengan voltase kerja maksimum 1,8 kV; serta untuk kabel tanah 2-inti, 3-inti dan 4-inti berkonduktor aluminium, berinsulasi dan berselubung PVC yang dipasang pada sistem arus trifase dengan voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV), pada suhu ambien 30 °C 525

Tabel 7.3-7a KHA terus menerus untuk tiga kabel tanah inti tunggal, berkonduktor tembaga, berinsulasi dan berselubung PVC, dengan voltase pengenal 0,6/1 kV yang dipasang sejajar pada suatu sistem trifase pada suhu ambien 30 °C 526

Tabel 7.3-7b KHA terus menerus untuk tiga kabel tanah inti tunggal,berkonduktor aluminium berinsulasi dan berselubung PVC, dengan voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV) yang dipasang sejajar pada suatu sistem trifase pada suhu ambien 30 °C 527

Tabel 7.3-8a KHA terus menerus untuk tiga kabel tanah inti tunggal, berkonduktor tembaga berinsulasi dan berselubung PVC, tidak berperisai, dengan voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV) yang dipasang terikat membentuk suatu sistem trifase, pada suhu ambien 30 °C 527

Tabel 7.3-8b KHA terus menerus untuk tiga kabel tanah inti tunggal, berkonduktor aluminium berinsulasi dan berselubung PVC, tidak berperisai, dengan voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV) yang dipasang terikat (trefoil) membentuk suatu sistem trifase, pada suhu ambien 30 °C 528

Tabel 7.3-9a KHA terus menerus untuk tiga kabel tanah, berkonduktor tembaga berinsulasi XLPE, berpelindung bebat tembaga serta berselubung PVC dengan voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV) yang dipasang sejajar pada suatu sistem trifase pada suhu ambien 30 °C atau suhu tanah 30 °C . 529

Tabel 7.3-12a	KHA terus menerus kabel pilin udara berkonduktor aluminium atau tembaga, berinsulasi XLPE atau PVC dengan voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV), untuk saluran voltase rendah dan saluran pelayanan, pada suhu ambien maksimum 30°C	530
Tabel 7.3-13	Faktor koreksi untuk KHA kabel tanah berkonduktor tembaga atau aluminium berinsulasi dan berselubung PVC dengan voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV), lebih dari 4-inti, dengan luas penampang nominal konduktor 1,5 mm ² sampai dengan 10 mm ²	531
Tabel 7.3-14	Faktor koreksi untuk KHA terus-menerus dari kabel tanah yang ditanam dalam tanah yang mempunyai resistans panas-jenis lain dari 100 °C cm/W	532
Tabel 7.3-15a	Faktor koreksi untuk KHA kabel tanah berinsulasi PVC voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV) yang ditanam dalam tanah dengan suhu ambien selain dari 30 °C	533
Tabel 7.3-15b	Faktor koreksi untuk kabel XLPE dengan suhu ambien selain dari 30 °C	533
Tabel 7.3-16a	Faktor koreksi untuk KHA dari kabel tanah yang ditanam sejajar dalam tanah dengan jarak 7 cm untuk kabel tanah inti tunggal (arus searah) dan multiinti (trifase)	533
Tabel 7.3-16b	Faktor koreksi untuk KHA kabel tanah berinti tiga sebagaimana termaksud dalam Tabel 7.3-10a sampai dengan 7.3-11b dempet, berjarak 7 cm dan berjarak 25 cm dalam tanah	533
Tabel 7.3-17	Faktor koreksi untuk KHA kabel tanah yang ditanam dalam tanah, untuk kabel tanah inti tunggal pada sistem a.b.	534
Tabel 7.3-18	Faktor koreksi untuk KHA kabel tanah yang dipasang di udara dengan suhu ambien lain dari 30 °C	534
Tabel 7.3-19	Faktor koreksi terhadap Tabel 7.3-5a sampai dengan 7.3-11b perhitungan KHA untuk kabel berinsulasi dan berselubung PVC multiinti dan inti tunggal (sistem arus searah) atau kabel berinsulasi XLPE, berpelindung bebat tembaga tanpa perisai baja dan berselubung PVC berinti tiga yang dipasang di udara pada sistem arus trifase	535

Tabel 7.3-20 Faktor koreksi terhadap Tabel 7.3-7a sampai dengan 7.3-9b untuk perhitungan KHA kabel tanah inti tunggal, berinsulasi dan berselubung PVC atau berinsulasi XLPE, berpelindung bebat tembaga atau lilitan kawat tembaga dan berpelindung PVC yang dipasang di udara pada sistem arus trifase 537

Tabel 7.3-29 Faktor koreksi untuk KHA terus-menerus dari kabel tanah yang ditanam di dalam tanah dengan resistans-panas-jenis berbeda dengan 100 °C cm/W. Faktor koreksi terhadap Tabel 7.3-10 sampai dengan 7.3.11. Faktor koreksi yang dipakai adalah hasil perkalian faktor A dan faktor B 539

Tabel 7.3-30 Faktor koreksi untuk KHA terus-menerus dari kabel tanah yang dipasang langsung di dalam tanah pada suhu ambien selain dari 30 °C 540

Tabel 7.3-31 Faktor koreksi untuk KHA terus-menerus dari beberapa kabel tanah inti tunggal pada sistem arus searah dan dari yang multiinti pada sistem arus trifase yang dipasang langsung di dalam tanah bersama-sama (jarak antara 2 kabel tanah berdekatan minimum 7 cm) 540

Tabel 7.3-32 Daftar faktor koreksi untuk KHA terus-menerus dari beberapa kabel tanah inti tunggal pada sistem arus trifase yang dipasang langsung di dalam tanah bersama-sama 540

Tabel 7.3-34 Faktor koreksi untuk KHA terus-menerus dari beberapa kabel tanah inti tunggal pada sistem arus searah dan kabel tanah multiinti pada sistem arus trifase; koreksi terhadap Tabel 7.3-22a sampai dengan 7.3-23b ... 541

Tabel 7.3-35 Faktor koreksi untuk KHA terus-menerus kabel tanah inti tunggal pada sistem arus trifase, koreksi terhadap Tabel 7.3-25a sampai dengan 7.3-28b 543

Tabel 7.3- 40 Resistans konduktor (kabel) instalasi magun pada suhu 20 °C (R_{20}) .. 545

Tabel 7.6-1 Konduktor dengan bahan insulasi, pembebanan dan pemasangannya harus memperhatikan suhu batas yang diperbolehkan 546

Tabel 7.8-1 Diameter dalam minimum conduit listrik untuk pemasangan kabel rumah berinsulasi PVC (NYA) 547

Tabel 7.16-1 Luas penampang nominal terkecil kabel udara 547

Bagian 8:
Ketentuan untuk berbagai ruang dan instalasi khusus

8.1 Ruang lingkup	548
8.2 Ruang kerja listrik	548
8.2.2 Perlindungan	548
8.2.3 Instalasi	549
8.3 Ruang kerja listrik terkunci	549
8.3.1 Umum	550
8.4 Ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik	550
8.4.1 Umum	550
8.4.2 Instalasi	550
8.5 Ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan	551
8.5.1 Umum	551
8.5.2 Klasifikasi ruang	551
8.5.3 Kelompok perlengkapan	552
8.5.4 Penggunaan dan penandaan	552
8.5.5 Pemilihan perlengkapan listrik	552
8.5.6 Perlengkapan yang digunakan dalam setiap zone	553
8.5.7 Proteksi dari pembusuran yang membahayakan	554
8.5.8 Ekuipotensial	554
8.5.9 Sistem perkawatan	554
8.5.10 Sistem kabel	555
8.5.11 Sistem konduit untuk selungkup tahan api	556
8.5.12 Tanda	557
8.6 Ruang lembab termasuk ruang pendingin	551
8.6.1 Ruang lembab	551
8.6.2 Ruang pendingin	558
8.7 Ruang sangat panas	559
8.8 Ruang berdebu	559
8.8.1 Definisi	561
8.8.2 Ruang berdebu merujuk ke IEC 61241-1-2, 61241-2-1 dan 61241-2-2	561
8.9 Ruang dengan gas, bahan atau debu yang korosif	561

8.10 Ruang radiasi.....	561
8.10.1 Ruang sinar X.....	561
8.10.2 Ruang radiasi tinggi.....	561
8.10.3 Ruang mikroskop elektron.....	562
8.10.4 Sel radioaktif.....	562
8.10.5 Ruang gamma.....	562
8.10.6 Ruang linac (linear accelerator).....	563
8.10.7 Ruang neutron.....	563
8.11 Perusahaan kasar.....	563
8.11.1 Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBKK).....	563
8.11.2 Konduktor.....	563
8.11.3 Peranti lain.....	563
8.12 Pekerjaan dalam ketel uap, tangki dan bejana logam lainnya.....	563
8.12.1 Batas voltase dan pembumian.....	564
8.12.2 Konduktor.....	564
8.13 Peluncur, dok, galangan kapal dan sebagainya.....	564
8.14 Derek dan lift listrik.....	564
8.14.1 Pencegahan bahaya voltase sentuh.....	564
8.14.2 Instalasi.....	564
8.14.3 Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK).....	565
8.15 Instalasi rumah dan gedung khusus.....	565
8.15.1 Umum.....	565
8.16 Gedung pertunjukan, gedung pertemuan, musium, pasar, toko dan gedung umum lainnya.....	566
8.16.1 Umum.....	566
8.16.2 Konduktor.....	566
8.16.3 Pencahayaan ruang.....	566
8.16.4 Pencahayaan darurat.....	568
8.16.5 Perlengkapan listrik.....	569
8.17 Instalasi listrik desa.....	570
8.17.1 Umum.....	570
8.17.2 Instalasi-rumah sederhana di desa.....	570
8.17.3 Sambungan Rumah Desa (SRD).....	571
8.18 Instalasi sementara.....	572
8.18.1 Umum.....	572
8.18.2 Konduktor.....	572

8.18.3	Pencahayaan pesta.....	573
8.19	Instalasi semi permanen	573
8.20	Instalasi dalam masa pekerjaan pembangunan	573
8.21	Instalasi generator (genset) darurat	573
8.21.1	Umum	573
8.21.2	Syarat bangunan/ruang	574
8.21.3	Generator darurat.....	575
8.22	Instalasi pencahayaan darurat	580
8.22.1	Ruang lingkup	580
8.22.2	Persyaratan pokok	580
8.22.3	Jenis pencahayaan	580
8.22.4	Jenis sistem	581
8.22.5	Sistem instalasi listrik	581
8.22.6	Sumber daya darurat.....	582
8.22.7	Sistem kendali.....	584
8.23	Instalasi listrik di dalam kamar mandi.....	585
8.23.1	Umum	585
8.23.2	Klasifikasi zone.....	585
8.23.3	Proteksi dari kejut listrik.....	586
8.23.4	Ikatan ekuipotensi suplement	586
8.23.5	Penerapan tindakan proteksi dari kejut listrik.....	586
8.23.6	Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik.....	586
8.23.7	Perkawatan	586
8.23.8	Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK)	587
8.23.9	Perlengkapan lain yang dipasang.....	587
8.24	Instalasi ruang terbuka.....	588
8.24.1	Umum	588
8.24.2	Konduktor.....	588
8.25	Kolam renang dan kolam lainnya	589
8.25.1	Umum	589
8.25.2	Klasifikasi	590
8.25.3	Proteksi untuk keselamatan.....	590
8.25.4	Persyaratan khusus untuk setiap zone	593
8.25.5	Pengaruh luar.....	593
8.25.6	Perkawatan	594
8.25.7	Perlengkapan listrik untuk air mancur.....	595

8.26	Pencahayaan tanda dan pencahayaan bentuk.....	597
8.26.1	Umum.....	597
8.26.2	Pencahayaan tanda dan pencahayaan bentuk voltase rendah.....	599
8.26.3	Pencahayaan tanda dan pencahayaan bentuk voltase menengah	599
8.27	Fasilitas Pelayanan Kesehatan	601
8.27.1	Ruang lingkup dan klasifikasi ruang	601
8.27.2	Cara perkawatan dan perlengkapan.....	605
8.27.3	Tindakan proteksi	607
8.27.4	Tindakan proteksi terhadap bahaya ledakan dan kebakaran	611
8.27.5	Catu Daya Pengganti Khusus (CDPK).....	615
8.27.6	Menguji instalasi.....	618
8.28	Jenis ruang khusus	619

DAFTAR TABEL

Tabel 8.5-5	Hubungan antara kelas suhu perlengkapan, suhu permukaan dan suhu penyalan	553
Tabel 8.25-1	Persyaratan proteksi utama penerapan tindakan proteksi sesuai Zone . 596s	
Tabel 8.25-2	Pemilihan dan pemasangan perlengkapan sesuai zone	597
Tabel 8.27-1	Klasifikasi ruang medis penggolongan jenis ruangan	603
Tabel 8.27-2	Ruang Fasilitas Pelayanan Kesehatan	604
Tabel 8.28	Jenis perusahaan, jenis ruang dan kategori	620

DAFTAR GAMBAR

Gambar 8.23-1	Klasifikasi zone dalam kamar mandi (tampak atas)	588
Gambar 8.23-2	Klasifikasi zone dalam kamar mandi (tampak samping)	589
Gambar 8.25-1	Klasifikasi zone kolam renang di bawah muka tanah	591
Gambar 8.25-2	Klasifikasi zone kolam renang di atas muka tanah	591
Gambar 8.25-3	Contoh untuk dimensi zone dengan partisi setinggi minimum 2,5 m .	594
Gambar 8.25-4	Contoh untuk penentuan zone pada air mancur	594
Gambar 8.27-1	Contoh instalasi ruang operasi dengan ekuipotensiensial	613
Gambar 8.27-2	Contoh ekuipotensiensial di ruang operasi	614
Gambar 8.27-3	Daerah (zone) rawan di ruang operasi yang menggunakan anestetik mampu bakar berupa campuran gas anestetik dan bahan pembersih	615
Gambar 8.27-4	Contoh sistem distribusi instalasi listrik pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan	617

Bagian 9 Pengusahaan instalasi listrik

9.1 Ruang lingkup	627
9.2 Izin	627
9.3 Pelaporan	627
9.4 Proteksi pemasangan instalasi listrik	627
9.4.1 Pencegahan bahaya kebakaran	627
9.4.2 Perlengkapan listrik yang diperbaiki atau diganti	627
9.4.3 Pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik	628
9.4.4 Pemasangan gambar instalasi	628
9.4.5 Pemasangan papan dan tanda peringatan	628
9.4.6 Pemasangan instrumen ukur dan gawai kendali	629
9.5 Pemasangan instalasi listrik	629
9.5.1 Persyaratan umum	629
9.5.2 Perancang, pemasang dan pemeriksa atau penguji instalasi listrik	629
9.5.3 Tenaga kerja	629
9.5.4 Tempat kerja pemasangan instalasi listrik	629
9.5.5 Pemasangan rambu bahaya dan papan pemberitahuan	630
9.5.6 Pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik	630
9.5.7 Uji coba instalasi listrik	630
9.5.8 Wewenang dan tanggung jawab	631
9.6 Pengaturan instalasi bangunan bertingkat	631
9.7 Pemasangan kabel tanah	631
9.8 Pemasangan konduktor udara voltase rendah (TR) dan voltase menengah (TM)	632
9.9 Keselamatan dalam pekerjaan	632
9.9.1 Memasuki ruang kerja listrik	632
9.9.2 Bekerja pada keadaan tidak bervoltase	632
9.9.3 Bekerja pada keadaan bervoltase	634
9.9.4 Bekerja di dekat instalasi yang bervoltase	634
9.10 Pelayanan	635
9.10.1 Pelayanan	635
9.10.2 Petugas pelayanan	636
9.10.3 Ruang bebas	636
9.10.4 Pengusahaan instalasi besar (di atas 200 kVA)	636
9.10.5 Cara membebaskan voltase	636
9.10.6 Mengamankan keadaan tidak bervoltase	637

9.10.7	Cara memulihkan voltase	637
9.11	Hal yang tidak dibenarkan dalam pelayanan	637
9.12	Pemeliharaan	638
9.12.1	Ketentuan	638
9.12.2	Gejala kerusakan	638
9.12.3	Pencahayaan di tempat perlengkapan listrik	639
9.12.4	Pengingat	639
9.12.5	Rambu peringatan	639
9.13	Pemeliharaan ruang dan instalasi khusus	639
9.13.1	Ruang dengan bahaya ledakan	639
9.13.2	Bahan mudah terbakar	639
9.13.3	Instalasi darurat	639
9.13.4	Instalasi sementara	639

DAFTAR TABEL

Tabel 9.9-1	Jarak aman minimum	635
-------------	--------------------------	-----

Prakata

Peraturan instalasi listrik yang pertama kali digunakan sebagai pedoman beberapa instansi yang berkaitan dengan instalasi listrik adalah AVE (*Algemeene Voorschriften voor Electrische sterkstroom instalaties*) yang diterbitkan sebagai Norma N 2004 oleh Dewan Normalisasi Pemerintah Hindia Belanda. Kemudian AVE N 2004 ini diterjemahkan ke dalam bahasa Indonesia dan diterbitkan pada tahun 1964 sebagai Norma Indonesia N16 yang kemudian dikenal sebagai Peraturan Umum Instalasi Listrik 1964 disingkat PUIL 1964, yang merupakan penerbitan pertama, dan PUIL 1977, 1987 dan 2000 adalah penerbitan PUIL yang kedua, ketiga dan keempat yang merupakan hasil penyempurnaan atau revisi PUIL sebelumnya. Jika dalam penerbitan PUIL 1964, 1977 dan 1987 nama buku ini adalah Peraturan Umum Instalasi Listrik, maka pada penerbitan tahun 2000, namanya menjadi Persyaratan Umum Instalasi Listrik dengan tetap mempertahankan singkatannya yang sama yaitu PUIL. Penggantian “Peraturan” menjadi “Persyaratan” dianggap lebih tepat karena pada perkataan “peraturan” terkait pengertian adanya kewajiban untuk mematuhi ketentuannya dan jika tidak maka berlaku suatu sanksi. Sebagaimana diketahui sejak AVE sampai PUIL 1987 pengertian tersebut di atas tidak diberlakukan sebab isinya selain mengandung hal hal yang dapat dijadikan peraturan juga mengandung anjuran, rekomendasi ataupun keterangan atau persyaratan teknis yang dapat dijadikan pedoman dalam pelaksanaan pekerjaan instalasi listrik.

Sejak dilakukannya penyempurnaan PUIL 1964 (sejak PUIL 1977), publikasi atau terbitan standar IEC (*International Electrotechnical Commission*) khususnya IEC 60364 menjadi salah satu acuan utama, di samping standar Internasional lainnya. Dalam terbitan PUIL 2009, usaha untuk lebih mengacu IEC ke dalam PUIL terus dilakukan. Bahkan PUIL 2009 telah mengadopsi IEC 60364 termasuk cara penomorannya dengan beberapa modifikasi untuk menyesuaikan dengan kemanfaatan atau kecocokan dengan keadaan di Indonesia, walaupun masih ada beberapa Bagian PUIL 2009 yang mengacu pada PUIL 2000.

PUIL 2009 merupakan hasil revisi dari PUIL 2000 dan Amandemennya, yang dilaksanakan oleh Panitia Teknis Instalasi dan Keandalan Ketenagalistrikan (PTIK), yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional Nomor 32/KEP/BSN/1/2006 dan Keputusan Direktur Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi Nomor 01/PJK-DITTEK/II/2009.

Anggota Panitia Teknis tersebut merupakan wakil dari pemangku kepentingan instalasi ketenagalistrikan.

Bagian 1 tentang Pendahuluan, prinsip fundamental dan definisi serta Bagian 3 tentang Asesmen karakteristik umum merupakan adopsi dari IEC 60364-1 edisi 5.0 tahun 2005 dengan modifikasi yang sebagian besar diambil dari PUIL 2000. Definisi diusahakan mengacu pada IEV (*International Electrotechnical Vocabulary*), kecuali beberapa definisi yang masih mengacu pada PUIL 2000.

Bagian 2 merupakan revisi dari Bagian 4 PUIL 2000.

Bagian 4-41 tentang Proteksi untuk keselamatan – Proteksi terhadap kejut listrik merupakan adopsi dari IEC 60364-4-41 edisi 5.0 tahun 2005 dengan beberapa modifikasi.

Bagian 4-42 tentang Proteksi untuk keselamatan – Proteksi terhadap efek termal merupakan adopsi dari IEC 60364-4-42 edisi 2.0 tahun 2001 dengan beberapa modifikasi.

SNI 0225:2011

Bagian 4-43 tentang Proteksi untuk keselamatan – Proteksi terhadap arus lebih merupakan adopsi dari IEC 60364-4-43 edisi 3.0 tahun 2008 dengan beberapa modifikasi.

Bagian 4-44 tentang Proteksi untuk keselamatan – Proteksi terhadap gangguan voltase dan gangguan elektromagnetik merupakan adopsi dari IEC 60364-4-44 edisi 2.0 tahun 2007 dengan beberapa modifikasi.

Bagian 5-51 tentang Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik – Persyaratan umum merupakan adopsi dari IEC 60364-5-51 edisi 5.0 tahun 2005 dengan beberapa modifikasi.

Bagian 5-52 tentang Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik – Sistem perkawatan merupakan adopsi IEC 60364-5-52 edisi 2.0 tahun 2001 dengan beberapa modifikasi.

Bagian 5-53 tentang Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik – Isolasi, penyakelaran dan kendali merupakan adopsi dari IEC 60364-5-53 edisi 3.1 tahun 2002 dengan beberapa modifikasi.

Bagian 5-54 tentang Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik – Susunan pembumian, konduktor proteksi dan konduktor ikatan proteksi merupakan adopsi IEC 60364-5-54 edisi 2.0 tahun 2002 dengan beberapa modifikasi.

Bagian 5-55 tentang Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik – Perlengkapan lain merupakan adopsi dari IEC 60364-5-55 edisi 1.2 tahun 2008 dengan beberapa modifikasi.

Bagian 5-510 merupakan revisi dari Bagian 5 PUIL 2000.

Bagian 5-511 merupakan revisi dari Bagian 6 PUIL 2000.

Bagian 6 tentang Verifikasi merupakan adopsi dari IEC 60364-6 edisi 1.0 tahun 2006 dengan beberapa modifikasi.

Bagian 7 merupakan revisi dari Bagian 7 PUIL 2000.

Bagian 8 merupakan revisi dari Bagian 8 PUIL 2000.

Bagian 9 merupakan revisi dari Bagian 9 PUIL 2000.

PUIL 2009 berlaku untuk instalasi listrik dalam bangunan dan sekitarnya untuk voltase rendah sampai 1000 volt a.b dan 1500 volt a.s..

PUIL 2009 dilengkapi pula dengan indeks dan lampiran lainnya pada akhir buku, yang umumnya mengacu pada PUIL 2000.

Untuk memudahkan identifikasi, maka ayat, subayat, tabel, catatan atau lampiran yang merupakan modifikasi diberi tanda MOD. Selain itu untuk memudahkan penelusuran, maka nomor ayat atau subayat PUIL 2000 disertakan dalam tanda kurung.

Pada PUIL 2009 banyak istilah baru yang digunakan, terutama agar makna yang spesifik dari suatu istilah tidak akan menimbulkan kebingungan atau mempunyai arti ganda. Istilah baru diusahakan mengacu pada Kamus Besar Bahasa Indonesia terbitan termutakhir.

Untuk menampung perkembangan di bidang instalasi listrik misalnya karena adanya ketentuan baru dalam IEC yang dipandang penting untuk dimasukkan dalam PUIL, atau karena adanya saran, tanggapan dari masyarakat pengguna PUIL, maka dikandung maksud untuk sewaktu- waktu menerbitkan Amandemen PUIL 2009, seperti yang dilakukan pada penerbitan Amandemen 1 PUIL 2000. Untuk menangani hal tersebut maka semua usulan untuk mengubah, menambah dan/atau menyempurnakan PUIL 2009 dapat diajukan kepada instansi yang berwenang.

Instansi yang berwenang saat ini adalah Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Direktorat Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi, dengan alamat:
Jl. H.R. Rasuna Said Blok X-2, Kav. 07-08, Kuningan, Jakarta 12950.

PUIL 2009 ini tidak mungkin terwujud tanpa kerja keras dari seluruh anggota PTIK dan pihak terkait lainnya yang telah memberikan berbagai macam bantuan baik dalam bentuk tenaga, pikiran maupun dana sehingga PUIL 2009 dapat diterbitkan dalam bentuknya yang sekarang. Atas segala bantuan tersebut PTIK mengucapkan terima kasih sebesar besarnya.

Jakarta, Agustus 2009
Panitia Teknis Instalasi dan Keandalan Ketenagalistrikan

Bagian 1: Pendahuluan, prinsip fundamental dan definisi

CATATAN 1 Bagian 1 merupakan revisi gabungan Bagian 1 dan Bagian 2 PUIL 2000.

CATATAN 2 Bagian 1 merupakan adopsi dari Ayat 11 sampai dengan 20 IEC 60364-1:2005 beserta Cor 1 dengan modifikasi. Modifikasi dapat berupa penambahan, perubahan atau pengurangan. Ayat, subayat, tabel, catatan atau lampiran yang merupakan modifikasi diberi tanda MOD.

Untuk memudahkan penelusuran, maka nomor ayat atau subayat PUIL 2000 disertakan dalam tanda kurung.

CATATAN 3 Ayat 14 Istilah dan definisi mengacu pada IEV (International Electrotechnical Vocabulary) ditambah istilah dan definisi dari PUIL 2000 (termasuk revisinya).

10 MOD Pendahuluan

10.1 MOD (1.3) Ketentuan terkait

Di samping PUIL ini, harus pula diperhatikan ketentuan terkait dalam peraturan perundang-undangan yang berlaku, antara lain:

- a) Undang-undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja, beserta Peraturan Pelaksanaannya;
- b) Undang-undang Nomor 15 Tahun 1985 tentang Ketenagalistrikan, beserta Peraturan Pelaksanaannya;
- c) Undang-undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup beserta Peraturan Pelaksanaannya;
- d) Undang-undang Nomor 18 Tahun 1999 tentang Jasa Konstruksi beserta Peraturan Pelaksanaannya;
- e) Undang-undang Nomor 22 Tahun 1999 tentang Pemerintah Daerah beserta Peraturan Pelaksanaannya ;

10.2 MOD (1.4) Penamaan, penunjukan dan pemberlakuan

10.2.1 MOD (1.4.1) Penamaan

Persyaratan ini secara lengkap bernama Persyaratan Umum Instalasi Listrik Tahun 2009, disingkat PUIL 2009, untuk selanjutnya dalam standar ini disebut PUIL.

10.2.2 MOD (1.4.2) Penunjukan

Penunjukan persyaratan dalam PUIL dilakukan dengan menyebut nomornya, yang dapat didahului oleh Bagian, Ayat atau Subayat.

10.2.3 MOD (1.4.3) Pemberlakuan

PUIL diberlakukan untuk seluruh wilayah Republik Indonesia.

10.3 MOD (1.5) Penafsiran dan penyimpangan

10.3.1 MOD (1.5.1) Penafsiran

10.3.1.1 MOD (1.5.1.1) Instansi yang berwenang memberlakukan PUIL, dan/atau mengubah, menambah dan atau menyempurnakannya, bertanggung jawab atas terselenggaranya semua persyaratan di dalamnya.

10.3.1.2 MOD (1.5.1.2) Tanggung jawab atas perancangan dan pemasangan instalasi listrik berada pada masing-masing perancang, pelaksana dan supervisi konstruksi.

10.3.1.3 MOD (1.5.1.3) Perbedaan penafsiran, baik tentang persyaratan dalam PUIL maupun penjelasannya, akan diputuskan oleh instansi yang berwenang dan bisa memperhatikan pendapat Panitia Teknis terkait.

10.3.2 MOD (1.5.2) Penyimpangan

Dalam hal khusus, instansi yang berwenang dapat menyetujui penyimpangan dari persyaratan dalam PUIL dan bisa memperhatikan pendapat Panitia Teknis terkait.

10.4 MOD (1.6) Perasuransian

PUIL dapat digunakan untuk keperluan perasuransian.

10.5 MOD (1.7) Persyaratan peralihan

10.5.1 MOD (1.7.1.1) Instalasi yang terpasang sebelum PUIL berlaku, sedapat-dapatnya disesuaikan dengan PUIL dalam waktu singkat.

10.5.2 MOD (1.7.1.2) Desain instalasi yang telah disahkan sebelum PUIL berlaku, harus ditinjau kembali dan disesuaikan dengan PUIL.

10.6 MOD (1.8) Penyempurnaan

10.6.1 MOD (1.8.1) Usulan untuk mengubah, menambah dan/atau menyempurnakan PUIL 2009 dapat diajukan kepada instansi yang berwenang.

Instansi yang berwenang saat ini adalah Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Direktorat Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi, dengan alamat:
Jl. H.R. Rasuna Said Blok X-2, Kav. 07-08, Kuningan, Jakarta 12950.

10.6.2 MOD (1.8.2) Usul perubahan, penambahan dan/atau penyempurnaan PUIL oleh instansi berwenang diajukan sebagai usul revisi atau amandemen kepada Panitia Teknis yang menangani PUIL.

10.6.3 MOD (1.8.3) Setelah usul revisi atau amandemen tersebut pada 10.6.2 disahkan dan diberlakukan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN), persyaratan lama yang bersangkutan tidak berlaku lagi.

11 Ruang lingkup

PUIL memberikan persyaratan untuk desain, pemasangan dan verifikasi instalasi listrik. Persyaratan ini dimaksudkan untuk menetapkan keselamatan manusia, ternak dan harta benda terhadap bahaya dan kerusakan yang dapat timbul pada pemakaian secara wajar instalasi listrik dan untuk menetapkan fungsi yang tepat dari instalasi tersebut.

11.1 PUIL berlaku untuk desain, pemasangan dan verifikasi instalasi listrik sebagai berikut:

- a) kompleks (*premises*) perumahan;
- b) kompleks komersial;
- c) kompleks publik;
- d) kompleks industri;
- e) kompleks pertanian dan perkebunan;
- f) bangunan prafabrikasi;
- g) karavan, lokasi karavan dan lokasi serupa;
- h) lokasi pembangunan, pameran, bazar dan instalasi lain untuk keperluan temporer;
- i) marina;
- j) instalasi pencahayaan eksternal dan serupa (namun lihat 11.3e));
- k) lokasi medik;
- l) unit portabel (*mobile*) atau dapat diangkut;
- m) sistem fotovoltaik;
- n) set pembangkit voltase rendah.

CATATAN "Kompleks" mencakup kawasan dan semua fasilitas termasuk bangunan di atasnya.

11.2 MOD PUIL mencakup:

- a) sirkit yang disuplai pada voltase nominal sampai dengan 1000 V a.b. atau 1500 V a.s. Untuk a.b., frekuensi yang diperhitungkan dalam standar ini adalah 50 Hz dan 400 Hz. Penggunaan frekuensi lain untuk keperluan khusus dimungkinkan.
- b) sirkit, selain dari perkawatan internal aparatus, yang beroperasi pada voltase melebihi 1000 V dan didapatkan dari instalasi yang mempunyai voltase tidak melebihi 1000 V a.b., misalnya lampu luah (*discharge lighting*), presipitator elektrostatis (*electrostatic precipitator*);
- c) sistem perkawatan dan kabel yang tidak secara spesifik dicakup oleh standar peranti;
- d) semua instalasi pelanggan di luar bangunan;
- e) perkawatan magun (*fixed*) untuk teknologi informasi dan komunikasi, sinyal, kendali dan serupa (tidak termasuk perkawatan internal aparatus);
- f) perluasan atau perubahan instalasi dan juga bagian instalasi lama yang dipengaruhi oleh perluasan atau perubahan.

CATATAN Persyaratan PUIL dimaksudkan berlaku untuk instalasi listrik secara umum, tapi dalam hal tertentu, mungkin perlu ditambah dengan persyaratan atau rekomendasi standar SNI/IEC lain (misalnya untuk instalasi pada atmosfer gas ledak, instalasi jaringan voltase rendah milik pelanggan dsb.).

11.3 PUIL tidak berlaku untuk:

- a) perlengkapan traksi listrik, termasuk perlengkapan gelinding (*rolling stock*) dan sinyal;
- b) perlengkapan listrik kendaraan bermotor, kecuali yang dicakup dalam Bagian 8, jika ada.
- c) instalasi listrik dalam kapal dan anjungan lepas pantai portabel dan magun;
- d) instalasi listrik dalam pesawat udara;
- e) instalasi pencahayaan jalan umum yang merupakan grid daya publik;
- f) instalasi pada tambang dan tempat penggalian;
- g) perlengkapan supresi interferens radio, kecuali jika mempengaruhi keselamatan instalasi;
- h) pagar listrik;
- i) sistem proteksi petir eksternal untuk bangunan (LPS);
CATATAN Fenomena atmosfer dicakup dalam PUIL, tapi hanya sejauh yang terkait dengan efek pada instalasi listrik (misalnya yang berkaitan dengan pemilihan gawai proteksi surja)
- j) aspek tertentu instalasi lift;
- k) perlengkapan listrik pada mesin;

11.4 MOD PUIL tidak dimaksudkan untuk berlaku pada:

- sistem untuk distribusi energi ke publik, atau
- pembangkitan dan transmisi daya untuk sistem tersebut.

CATATAN Menurut IEC 61936 yang menetapkan persyaratan umum untuk desain dan pemasangan instalasi daya listrik dengan voltase nominal di atas 1 kV a.b. dan frekuensi nominal sampai dengan 60 Hz, sistem proteksi dan pemantauan voltase rendah a.b. sebaiknya sesuai dengan PUIL.

11.5 Perlengkapan listrik terkait sejauh hanya mencakup pemilihan dan penerapan instalasi.

Hal ini juga berlaku untuk rakitan perlengkapan listrik yang memenuhi standar relevan.

12 MOD Acuan normatif

Dokumen acuan berikut sangat diperlukan untuk penerapan Bagian 1 dan Bagian 3. Untuk acuan bertahun, hanya berlaku edisi yang disebutkan. Untuk acuan tak bertahun, berlaku edisi termutakhir dokumen acuan (termasuk setiap amandemen).

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60050(691), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 691: Tariffs for electricity*

IEC 60050-826, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 826: Electrical installation*

IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-42, *Electrical installations of buildings – Part 4-42: Protection for safety – Protection against thermal effects*

IEC 60364-4-43, *Electrical installations of buildings – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent*

IEC 60364-4-44, *Electrical installations of buildings – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-5-51, *Electrical installations of building – Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment – Common rules*

IEC 60364-5-52, *Electrical installations of building – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

IEC 60364-5-53:2001, *Electrical installations of building – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

IEC 60364-5-54, *Electrical installations of building – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors*

IEC 60364-5-55:2001, *Electrical installations of building – Part 5-55: Selection and erection of electrical equipment – Other equipment*

IEC 60445, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals and of terminations of certain designated conductors including general rules for an alphanumeric system*

IEC 60446, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of conductors by colours or numerals*

IEC 60617-DB:2001, *Graphical symbols for diagrams*

IEC 60721 (all parts), *Classification of environmental conditions*

13 MOD Prinsip fundamental

131 (2.1) Proteksi untuk keselamatan

131.1 (2.1.1) Umum

(2.1.1.1) Persyaratan yang dinyatakan dalam 131.2 hingga 131.7 dimaksudkan untuk memastikan keselamatan manusia dan ternak serta keamanan harta benda dari bahaya dan kerusakan yang dapat timbul oleh penggunaan instalasi listrik secara wajar. Persyaratan untuk memastikan keselamatan ternak dapat diterapkan pada lokasi yang dimaksudkan untuk kandang ternak.

CATATAN Pada instalasi listrik bahaya berikut dapat timbul, yaitu:

- a) arus kejut listrik;
- b) suhu berlebihan yang mungkin mengakibatkan kebakaran, luka bakar atau efek cedera lain;
- c) penyulutan atmosfer ledak yang potensial;
- d) voltase kurang, voltase lebih dan pengaruh electromagnetik yang mungkin menyebabkan cedera atau kerusakan;
- e) pemutusan suplai daya dan/atau pemutusan pelayanan keselamatan;
- f) busur api listrik, yang mungkin menyebabkan efek menyilaukan, tekanan yang berlebihan atau gas racun;
- g) gerakan mekanis perlengkapan yang digerakkan listrik.

131.2 (2.1.2) Proteksi terhadap kejut listrik

131.2.1 (2.1.2.1) Proteksi dasar (proteksi terhadap sentuh langsung)

CATATAN Untuk instalasi voltase rendah, sistem dan perlengkapan, proteksi dasar umumnya berkaitan dengan proteksi terhadap sentuh langsung.

Proteksi harus disediakan terhadap bahaya yang dapat timbul karena sentuh dengan bagian aktif instalasi oleh manusia atau ternak.

Proteksi dapat dicapai dengan salah satu metode berikut:

- mencegah mengalirnya arus melalui badan manusia atau ternak;
- membatasi arus yang dapat mengalir melalui badan ke nilai yang tidak berbahaya.

131.2.2 (2.1.2.2) Proteksi gangguan (proteksi terhadap sentuh tak langsung)

CATATAN Untuk instalasi voltase rendah, sistem dan perlengkapan, proteksi gangguan umumnya berkaitan dengan proteksi terhadap sentuh tak langsung, terutama berkaitan dengan kegagalan insulasi dasar.

Proteksi harus disediakan terhadap bahaya yang dapat timbul karena sentuh dengan bagian konduktif terbuka (BKT) instalasi oleh manusia atau ternak.

Proteksi dapat dicapai dengan salah satu metode berikut:

- mencegah mengalirnya arus gangguan melalui badan manusia atau ternak;
- membatasi besarnya arus gangguan yang dapat mengalir melalui badan ke nilai yang tidak membahayakan;
- membatasi durasi arus gangguan yang dapat mengalir melalui badan hingga periode waktu yang tidak membahayakan.

131.3 (2.1.3) Proteksi terhadap efek termal

(2.1.3.1) Instalasi listrik harus disusun sedemikian untuk meminimalkan risiko kerusakan atau tersulutnya bahan yang mudah terbakar karena tingginya suhu atau busur api listrik. Demikian pula tidak boleh ada risiko luka bakar pada manusia maupun ternak selama perlengkapan listrik beroperasi secara normal.

131.4 (2.1.4) Proteksi terhadap arus lebih

(2.1.4.1) Manusia atau ternak harus diproteksi dari cedera, dan harta benda harus diproteksi dari kerusakan karena suhu yang berlebihan atau stres elektromekanis karena arus lebih yang mungkin timbul pada konduktor.

Proteksi ini dapat dicapai dengan membatasi arus lebih ke nilai atau durasi yang aman.

131.5 (2.1.5) Proteksi terhadap arus gangguan

(2.1.5.1) Konduktor, selain konduktor aktif, dan bagian lain yang dimaksudkan untuk menghantarkan arus gangguan harus mampu menghantarkan arus tersebut tanpa menimbulkan suhu yang berlebihan. Perlengkapan listrik, termasuk konduktor harus dilengkapi dengan proteksi mekanis terhadap stres elektromekanis arus gangguan jika perlu, untuk mencegah cedera atau kerusakan pada manusia, ternak dan harta benda.

Konduktor aktif harus diproteksi terhadap arus lebih yang timbul dari gangguan dengan metode dalam 131.4.

CATATAN Perhatian khusus sebaiknya diberikan pada arus konduktor PE dan konduktor pembumian.

131.6 (2.1.6) Proteksi terhadap gangguan voltase dan tindakan terhadap pengaruh elektromagnetik

131.6.1 (2.1.6.1) Manusia dan ternak harus diproteksi dari cedera dan harta benda harus diproteksi dari setiap efek yang berbahaya akibat adanya gangguan antara bagian aktif sirkit yang disuplai pada voltase yang berbeda.

131.6.2 (2.1.6.2) Manusia dan ternak harus diproteksi dari cedera dan harta benda harus diproteksi dari kerusakan akibat adanya voltase lebih sedemikian seperti yang berasal dari peristiwa atmosfer atau dari penyakelaran.

CATATAN Untuk proteksi terhadap sambaran petir langsung, lihat seri IEC 62305.

131.6.3 (2.1.6.3) Manusia dan ternak harus diproteksi dari cedera dan harta benda harus diproteksi dari kerusakan akibat adanya voltase kurang dan setiap pemulihan voltase sesudah itu.

131.6.4 (2.1.6.4) Instalasi harus mempunyai tingkat imunitas yang memadai terhadap gangguan elektromagnetik sedemikian sehingga berfungsi secara benar pada lingkungan yang ditentukan. Desain instalasi harus mempertimbangkan emisi elektromagnetik terantisipasi, yang ditimbulkan oleh instalasi atau perlengkapan terpasang, yang harus sesuai untuk pemanfaat listrik yang digunakan pada, atau dihubungkan dengan instalasi.

131.7 (2.1.7) Proteksi terhadap pemutusan suplai daya

Jika bahaya atau kerusakan diperkirakan timbul karena pemutusan suplai, tindakan pencegahan yang sesuai harus dilakukan pada instalasi atau perlengkapan terpasang.

131.8 MOD (2.2) Proteksi perlengkapan dan instalasi listrik

131.8.1 MOD (2.2.1) Perlengkapan listrik

131.8.1.1 MOD (2.2.1.1) Pada setiap perlengkapan listrik harus tercantum dengan jelas:

- a) nama pembuat dan atau merek dagang;
- b) daya, voltase, dan/atau arus pengenal;
- c) data teknis lain seperti disyaratkan SNI atau standar yang relevan.

131.8.1.2 MOD (2.2.1.2) Perlengkapan listrik hanya boleh dipasang pada instalasi jika memenuhi persyaratan dalam PUIL dan/atau standar yang berlaku.

131.8.1.3 MOD (2.2.1.3) Setiap perlengkapan listrik tidak boleh dibebani melebihi kemampuannya.

131.8.2 MOD (2.2.2) Instalasi listrik

131.8.2.1 MOD (2.2.2.1) Instalasi yang baru dipasang atau mengalami perubahan harus diperiksa dan diuji dulu sesuai dengan ketentuan mengenai :

- a) resistans insulasi (61.3.3);
- b) pengujian sistem proteksi dengan diskoneksi otomatis suplai (61.3.6);
- c) pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik (Bagian 6 dan 9.5.6).

131.8.2. 2 MOD (2.2.2.2) Instalasi listrik yang sudah memenuhi semua ketentuan tersebut dalam 131.8.2.1 dapat dioperasikan setelah mendapat izin atau pengesahan dari instansi/lembaga yang berwenang yang menyatakan laik operasi dengan syarat tidak boleh dibebani melebihi kemampuannya.

132 (2.3) Desain

132.1 (2.3.1) Umum

(2.3.1.1) Dalam desain instalasi listrik, faktor berikut harus diperhitungkan untuk memberikan:

- proteksi manusia, ternak dan harta benda sesuai dengan 131;
- fungsi yang tepat dari instalasi listrik sesuai dengan maksud penggunaannya.

Informasi yang disyaratkan sebagai dasar desain disebutkan dalam 132.2 hingga 132.5. Persyaratan yang harus dipenuhi oleh desain dinyatakan dalam 132.6 hingga 132.12.

132.2 (2.3.2) Karakteristik suplai yang tersedia

Ketika mendesain instalasi listrik sesuai dengan PUIL, perlu untuk mengetahui karakteristik suplai. Informasi relevan dari operator jaringan diperlukan untuk mendesain instalasi yang aman sesuai PUIL. Karakteristik suplai daya sebaiknya dicantumkan dalam dokumentasi untuk memperlihatkan kesesuaian dengan PUIL. Jika operator jaringan merubah karakteristik suplai daya, hal ini akan mempengaruhi keselamatan instalasi.

132.2.1 (2.3.2.1) Sifat arus: arus bolak-balik (a.b.) dan/atau arus searah (a.s.).

132.2.2 (2.3.2.2) Fungsi konduktor:

- untuk a.b.: konduktor lin; konduktor netral; konduktor proteksi.
- untuk a.s.: konduktor lin; konduktor titik tengah; konduktor proteksi.

CATATAN Fungsi beberapa konduktor dapat digabungkan dalam konduktor tunggal.

132.2.3 MOD (2.3.2.3) Nilai dan toleransi:

- voltase dan toleransi voltase;
- pemutusan voltase, fluktuasi voltase dan kedip voltase;
- frekuensi dan toleransi frekuensi;
- arus maksimum yang diizinkan;
- impedans lingkaran gangguan bumi di hulu awal instalasi;
- arus hubung pendek prospektif.

Untuk voltase dan frekuensi standar, lihat IEC 60038 (SNI 04-0227-2003) dan IEC 60196 (SNI 04-1922-2002).

132.2.4 (2.3.2.4) Ketentuan proteksi yang inheren pada suplai, misalnya pembumian sistem atau pembumian titik tengah.

132.2.5 (2.3.2.5) Persyaratan khusus dari perusahaan suplai listrik.

132.3 (2.3.3) Sifat kebutuhan listrik

(2.3.3.1) Jumlah dan jenis sirkit yang diperlukan untuk pencahayaan, pemanasan, daya, kendali, sinyal, teknologi informasi dan telekomunikasi dan lain-lain harus ditentukan oleh:

- lokasi titik kebutuhan listrik;
- beban yang diperkirakan pada berbagai sirkit;
- variasi harian dan tahunan kebutuhan listrik;
- setiap kondisi khusus seperti harmonik;
- persyaratan untuk kendali, sinyal, teknologi informasi dan telekomunikasi dan lain-lain;
- kebutuhan listrik akan datang yang diantisipasi, jika ditentukan.

132.4 (2.3.4) Sistem suplai listrik untuk pelayanan keselamatan atau sistem suplai listrik siaga (*standby*)

- Sumber suplai (sifat, karakteristik).
- Sirkit yang disuplai oleh sumber listrik untuk pelayanan keselamatan atau sumber listrik siaga

132.5 MOD (2.3.5) Kondisi lingkungan

(2.3.5.1) Dalam menetapkan kondisi lingkungan penggunaan perlengkapan instalasi, perlu diperhitungkan beberapa faktor dan parameter lingkungan terkait, dan dipilih tingkat keparahan akibat parameter lingkungan tersebut. Faktor dan parameter lingkungan tersebut, antara lain:

- a) kondisi iklim : dingin/panas, kelembaban, tekanan, gerakan media sekeliling, penguapan, radiasi dan air selain dari hujan;
- b) kondisi biologis : flora dan fauna seperti jamur dan rayap;
- c) bahan kimia aktif : garam, sulfur dioksida, hidrogen sulfid, nitrogen oksida, ozon, amonia, klor, hidrogen klorida, hidrogen flor dan hidrokarbon organik;
- d) bahan mekanis aktif : pasir, debu, debu melayang, sedimen debu, lumpur dan jelaga;
- e) cairan pengotor : berbagai minyak, cairan pendingin, gemuk, bahan bakar dan air baterai;
- f) kondisi mekanis : getaran, jatuh bebas, benturan, gerakan berputar, deviasi sudut, percepatan, beban statis dan roboh;
- g) gangguan listrik dan elektromagnet: medan magnet, medan listrik, harmonik, tegangan sinyal, variasi tegangan dan frekuensi, dan tegangan induksi dan transien.

CATATAN Desain instalasi listrik harus memperhitungkan kondisi lingkungan yang akan mengenainya, lihat Bagian 5-51 dan IEC 60721.

132.6 (2.3.6) Luas penampang konduktor

(2.3.6.4) Luas penampang konduktor harus ditentukan untuk kondisi operasi normal dan untuk kondisi gangguan sesuai dengan:

- a) suhu maksimum yang diizinkan;
- b) drop voltase yang diizinkan;
- c) stres elektromagnetik yang mungkin terjadi karena arus gangguan bumi dan hubung pendek;
- d) stres mekanis lain yang mungkin mengenai konduktor;

SNI 0225:2011

- e) impedans maksimum berkaitan dengan berfungsinya proteksi hubung pendek;
- f) metode instalasi.

CATATAN Butir-butir di atas terutama memperhatikan keselamatan instalasi listrik. Luas penampang yang lebih besar dari yang diperlukan untuk keselamatan mungkin dikehendaki untuk operasi yang ekonomis.

132.6.1 MOD (2.3.6.1) Ukuran konduktor dinyatakan dalam satuan metrik.

132.6.2 MOD (2.3.6.2) Jika bahan konduktor tidak dijelaskan dalam PUIL, yang dimaksudkan adalah konduktor tembaga.

132.6.3 MOD (2.3.6.3) Jika digunakan konduktor nontembaga, ukurannya harus disesuaikan dengan kapasitas hantar arus (KHA) nya.

132.7 (2.3.7) Jenis perkawatan dan cara pemasangan

(2.3.7.1) Pada pemilihan jenis perkawatan dan metode instalasi, hal berikut harus diperhitungkan:

- sifat lokasi;
- sifat dinding atau bagian lain bangunan yang menyangga perkawatan;
- dapat teraksesnya perkawatan oleh manusia atau ternak;
- voltase;
- stres elektromekanik yang mungkin terjadi karena arus gangguan bumi dan hubung pendek;
- interferens elektromagnetik;
- stres lain yang mungkin mengenai perkawatan itu selama pemasangan instalasi listrik atau waktu pelayanan.

132.8 (2.3.8) Perlengkapan proteksi

Karakteristik perlengkapan proteksi harus ditentukan berdasarkan fungsinya, misalnya dapat merupakan proteksi terhadap efek:

- arus lebih (beban lebih, hubung pendek);
- arus gangguan bumi;
- voltase lebih;
- voltase kurang atau tak bervoltase.

Gawai proteksi harus beroperasi pada nilai arus, voltase dan waktu yang sesuai berkaitan dengan karakteristik sirkit dan kemungkinan terjadinya bahaya.

132.9 (2.3.9) Kendali darurat

(2.3.9.1) Bila dalam keadaan bahaya diperlukan pemutusan suplai dengan segera, gawai pemutus harus dipasang sedemikian sehingga dengan mudah dapat dikenali dan dioperasikan dengan efektif dan cepat.

132.10 (2.3.10) Gawai diskoneksi

(2.3.10.1) Gawai diskoneksi harus disediakan untuk memungkinkan penyakelaran dan/atau isolasi instalasi listrik, sirkit atau bagian individu apparatus, yang diperlukan untuk operasi, inspeksi dan deteksi gangguan, pengujian, pemeliharaan dan perbaikan.

132.11 (2.3.11) Pencegahan pengaruh timbal-balik yang merugikan

Instalasi listrik harus disusun sedemikian sehingga tidak akan terjadi pengaruh timbal-balik yang merugikan antara instalasi listrik dan instalasi nonlistrik.

132.12 (2.3.12) Akses ke perlengkapan listrik

132.12.1 MOD (2.3.12.1) Perlengkapan listrik harus disusun sedemikian sehingga terpenuhi keperluan:

- ruangan yang memadai untuk pemasangan awal dan penggantian setiap jenis individu perlengkapan listrik;
- akses untuk operasi, inspeksi dan deteksi gangguan, pengujian, pemeliharaan, dan perbaikan.

132.12.2 MOD (2.3.13) Ruang kerja di sekitar perlengkapan listrik

132.12.2.1 MOD (2.3.13.1) Ruang kerja di sekitar perlengkapan listrik dan akses ke ruang tersebut harus cukup luas dan terpelihara agar pelayanan kepada dan pemeliharaan perlengkapan listrik dapat dilakukan dengan mudah dan aman. Dalam hubungan ini, bagian yang perlu diperhatikan adalah:

- a) ruang pelayanan depan;
- b) jalan dan pintu masuk ke ruang pelayanan;
- c) ruang kerja ;
- d) ruang bebas;
- e) pencahayaan;
- f) ruang di atas kepala.

CATATAN Uraian lengkap butir a) hingga f) tersebut di atas terdapat pada Bagian 5-510, 5-511, 8, dan 9.

132.12.2.2 MOD (2.3.13.2) Pada bagian yang berpotensi akan timbulnya bahaya atau kemungkinan kesalahan kerja harus dipasang petunjuk operasi atau petunjuk pelaksanaan atau papan peringatan baik berupa simbol, gambar, huruf, angka atau sarana lain yang dapat mencegah timbulnya bahaya atau terjadinya kesalahan kerja.

132.13 Dokumentasi untuk instalasi listrik

Setiap instalasi listrik harus dilengkapi dengan dokumentasi yang memadai.

133 (2.4) Pemilihan perlengkapan listrik**133.1 MOD (2.4.1) Umum**

(2.4.1.1) Setiap jenis perlengkapan listrik yang digunakan dalam instalasi listrik harus memenuhi standar SNI/IEC dan/atau standar lain yang berlaku. Jika tidak ada standar yang dapat diterapkan, maka jenis perlengkapan terkait harus dipilih dengan kesepakatan khusus antara orang yang menentukan spesifikasi instalasi dan instalatur.

133.2 (2.4.2) Karakteristik

(2.4.2.1) Setiap jenis perlengkapan listrik yang dipilih harus mempunyai karakteristik yang sesuai dengan nilai dan kondisi yang mendasari desain instalasi listrik (lihat 132), dan khususnya harus memenuhi persyaratan berikut.

133.2.1 (2.4.2.2) Voltase

Perlengkapan listrik harus mampu terhadap voltase kondisi tunak (*steady-state*) maksimum (nilai efektif a.b.) yang mungkin diterapkan, dan voltase lebih yang mungkin terjadi.

CATATAN Untuk perlengkapan tertentu, perlu diperhitungkan voltase terendah yang mungkin terjadi.

133.2.2 (2.4.2.3) Arus

Semua perlengkapan listrik harus dipilih dengan memperhatikan arus kondisi tunak maksimum (nilai efektif a.b.) yang terjadi pada pelayanan normal, dan dengan mengingat pula arus yang mungkin terjadi pada kondisi abnormal dan periode arus tersebut diperkirakan mengalir (misalnya waktu operasi gawai proteksi, bila ada).

133.2.3 (2.4.2.4) Frekuensi

Jika frekuensi berpengaruh pada karakteristik perlengkapan listrik, frekuensi pengenal dari perlengkapan itu harus sesuai dengan frekuensi yang mungkin terjadi dalam sirkit itu.

133.2.4 MOD (2.4.2.5) Faktor beban

Semua perlengkapan listrik yang dipilih berdasarkan karakteristik dayanya, harus sesuai dengan tugas yang dibebankan kepada perlengkapan tersebut, dengan memperhitungkan kondisi pelayanan desain, lihat IEV 691-10-02 (lihat 14 Istilah dan definisi).

133.3 (2.4.3) Kondisi instalasi

133.3.1 MOD Semua perlengkapan listrik harus dipilih sedemikian sehingga mampu dengan aman menahan stres dan karakteristik kondisi lingkungan lokasinya (lihat 132.5) dan yang mungkin mengenainya. Namun, apabila suatu jenis perlengkapan yang menurut desainnya tidak memiliki sifat yang sesuai dengan lokasinya, perlengkapan itu mungkin masih bisa digunakan dengan syarat dilengkapi proteksi tambahan yang memadai sebagai bagian dari instalasi listrik yang lengkap.

133.3.2 MOD Dalam memilih perlengkapan instalasi listrik harus diperhatikan hal berikut:

- a) kesesuaian dengan maksud pemasangan dan penggunaannya;
- b) kekuatan dan keawetannya, termasuk bagian yang dimaksudkan untuk melindungi perlengkapan lain;
- c) keadaan dan resistans insulasinya;
- d) pengaruh suhu, baik pada keadaan normal maupun tidak normal;
- e) pengaruh api;
- f) pengaruh kelembaban.

133.4 (2.4.4) Pencegahan efek berbahaya

Semua perlengkapan listrik harus dipilih sedemikian sehingga tidak akan menyebabkan efek berbahaya pada perlengkapan lain atau mengganggu suplai selama pelayanan normal, termasuk operasi penyakelaran.

Dalam konteks ini, faktor-faktor yang dapat berpengaruh, termasuk antara lain :

- faktor daya;
- arus bandang (*inrush current*);
- beban asimetris;
- harmonik.
- voltase lebih transien yang ditimbulkan oleh perlengkapan dalam instalasi.

134 (2.5) Pemasangan dan verifikasi instalasi listrik

134.1 (2.5.1) Pemasangan

134.1.1 (2.5.1.1) Pengerjaan yang baik oleh personel yang kompeten dan bahan yang tepat harus digunakan pada pemasangan instalasi listrik. Perlengkapan listrik harus dipasang sesuai dengan petunjuk yang disediakan oleh pabrikan perlengkapan.

134.1.1.1 MOD (2.5.1.2) Pengawatan harus dilakukan sehingga bebas dari hubung pendek dan hubung bumi.

134.1.1.2 MOD (2.5.1.3) Perlengkapan listrik yang dipasang harus bermutu laik pasang dan/atau memenuhi persyaratan standar.

134.1.1.3 MOD (2.5.1.5) Perlengkapan listrik harus dirawat dengan baik untuk mencegah kemungkinan menurunnya mutu perlengkapan listrik akibat proses tertentu dalam masa penyimpanan, persiapan, pelaksanaan pekerjaan dan masa penggunaan.

134.1.1.4 MOD (2.5.3.1) Jika tidak ada ketentuan lain, perlengkapan listrik tidak boleh ditempatkan di:

- daerah lembab atau basah;
- ruang yang mengandung gas, uap, debu, cairan, atau zat lain yang dapat merusakkan perlengkapan listrik;
- ruang yang suhunya melampaui batas normal (lihat Bagian 8).

134.1.1.5 MOD (2.5.3.2) Selama masa pembangunan, perlengkapan listrik yang hanya boleh dipasang di ruang kering harus dilindungi terhadap cuaca untuk mencegah perlengkapan tersebut mengalami kerusakan yang permanen (lihat Bagian 8).

134.1.1.6 MOD (2.5.3.3) Perlengkapan listrik harus dipasang dengan rapi dan dengan cara yang baik dan tepat.

134.1.1.7 MOD (2.5.3.4) Perlengkapan listrik harus dipasang kokoh pada tempatnya sehingga letaknya tidak berubah oleh gangguan mekanis.

134.1.1.8 MOD (2.5.3.5) Semua peranti listrik yang dihubungkan pada instalasi harus dipasang dan ditempatkan secara aman dan, jika perlu, dilindungi agar tidak menimbulkan bahaya.

134.1.2 (2.5.1.4) Karakteristik tertentu dari perlengkapan listrik seperti tersebut dalam 133, tidak boleh memburuk selama pemasangannya.

134.1.3 Konduktor harus diidentifikasi sesuai IEC 60446. Bila identifikasi terminal diperlukan, terminal harus diidentifikasi sesuai IEC 60445.

134.1.4 Hubungan antara konduktor serta antara konduktor dan perlengkapan listrik lain harus dilakukan sedemikian sehingga dipastikan kontak yang aman dan andal.

134.1.5 Semua perlengkapan listrik harus dipasang sedemikian sehingga kondisi disipasi bahang yang didesain tidak terganggu.

134.1.6 Semua perlengkapan listrik yang mungkin menyebabkan suhu tinggi atau busur api listrik harus ditempatkan atau dilindungi sedemikian sehingga meminimalkan risiko penyulutan bahan yang mudah terbakar. Bila suhu setiap bagian terbuka perlengkapan listrik

mungkin menyebabkan luka pada manusia, bagian tersebut harus ditempatkan atau dilindungi sedemikian sehingga tercegah kontak yang tak disengaja dengannya.

134.1.7 Bila diperlukan untuk keperluan keselamatan, harus disediakan tanda atau catatan peringatan yang sesuai.

134.1.8 Bila instalasi dipasang dengan menggunakan bahan, penemuan atau metode baru yang mengakibatkan deviasi dari PUIL, tingkat keselamatan instalasi yang dihasilkan tidak boleh kurang dari yang diperoleh karena kesesuaian dengan PUIL.

134.1.9 Dalam hal penambahan atau perubahan pada instalasi yang ada, harus ditentukan bahwa peringkat dan kondisi perlengkapan yang ada, yang harus menghantarkan setiap beban tambahan, adalah memadai untuk keadaan yang diubah. Selanjutnya, pembumian dan susunan ikatan harus memadai, jika diperlukan untuk tindakan proteksi yang diterapkan untuk keselamatan dari penambahan atau perubahan.

134.1.10 MOD (2.5.2) Penandaan dan polaritas

134.1.10.1 MOD (2.5.2.1) Setiap sirkit suplai, rel atau sirkit cabang pada titik sumbernya harus ditandai dengan jelas maksud penggunaannya dengan tanda yang cukup awet terhadap pengaruh cuaca sekitarnya. Penandaan yang demikian itu diperlukan pula bagi setiap sarana pemutus untuk motor dan peranti listrik. Penandaan tidak diperlukan apabila maksud penggunaannya sudah jelas dari penempatannya.

134.1.10.2 MOD (2.5.2.2) Konduktor proteksi dan konduktor netral harus bisa diidentifikasi dengan warna.

134.1.10.3 MOD (2.5.2.3) Sakelar dipasang sehingga kedudukan kontak semua tuas sakelar atau tombol sakelar dalam satu instalasi sebaiknya seragam arahnya, misalnya akan menghubungkan jika tuasnya didorong ke atas atau tombolnya ditekan.

134.1.10.4 MOD (2.5.2.4) Fiting lampu jenis Edison harus dipasang dengan cara menghubungkan kontak dasarnya pada konduktor fase, dan kontak luarnya pada konduktor netral (lihat juga Bagian 5-510).

134.1.10.5 MOD (2.5.2.5) Sekering jenis D (*Diased*) harus dipasang dengan kontak luarnya menghubungkan pada konduktor yang menuju ke beban.

134.1.10.6 MOD (2.5.2.6) Kotak kontak fase tunggal, baik yang berkutub dua maupun tiga harus dipasang sehingga kutub netralnya ada di sebelah kanan atau di sebelah bawah kutub voltase.

134.1.11 MOD (2.5.4) Sambungan listrik

134.1.11.1 MOD (2.5.4.1) Semua sambungan listrik harus baik dan bebas dari gaya tarik.

134.1.11.2 MOD (2.5.4.2) Sambungan antara konduktor serta antara konduktor dan perlengkapan listrik yang lain harus dibuat sedemikian sehingga terjamin kontak yang aman dan andal.

134.1.11.3 MOD (2.5.4.3) Gawai penyambung seperti terminal tekan, penyambung puntir tekan, atau penyambung dengan solder harus sesuai dengan bahan konduktor yang disambunginya dan harus dipasang dengan baik (lihat juga 2.5.4.4).

134.1.11.4 MOD (2.5.4.4) Dua konduktor logam yang tidak sejenis (seperti tembaga dan aluminium atau tembaga berlapis aluminium) tidak boleh disatukan dalam terminal atau penyambung puntir kecuali jika alat penyambung itu cocok untuk maksud dan keadaan penggunaannya.

134.1.11. MOD 5 (2.5.4.5) Sambungan konduktor pada terminal harus terjamin kebaikannya dan tidak merusakkan konduktor. Menyambung kabel fleksibel harus menggunakan sambungan tekan (termasuk jenis sekrup), sambungan solder atau sambungan puntir. Sepatu kabel harus disambungkan dengan mur baut secara baik.

134.1.11.6 MOD (2.5.4.6) Sambungan puntir hanya dapat dilaksanakan:

- a) dengan menggunakan kotak sambung dengan pita insulasi dan/atau lasdop;
- b) pada konduktor kabel berpenampang maksimum 2,50 mm²; dan
- c) minimum sebanyak tiga puntiran.

Sambungan puntir tidak boleh dilakukan pada konduktor pembumian.

134.1.11.7 MOD (2.5.4.7) Bahan yang digunakan seperti solder, fluks, dan pasta harus terbuat dari jenis yang tidak berakibat buruk terhadap instalasi dan perlengkapan listrik.

134.1.12 MOD (2.5.5) Bagian aktif

134.1.12.1 MOD (2.5.5.1) Jika tidak ditentukan lain, bagian aktif perlengkapan listrik yang beroperasi pada voltase di atas 50 V harus dilindungi dari sentuhan dengan selungkup yang sesuai, atau dengan salah satu cara di bawah ini :

- a) menempatkannya dalam ruang atau selungkup yang hanya boleh dimasuki oleh orang yang berwenang;
- b) menempatkannya di belakang pagar atau kisi yang hanya boleh dimasuki oleh orang yang berwenang;
- c) menempatkannya di balkon, serambi atau panggung yang hanya boleh dimasuki oleh orang yang berwenang;
- d) menempatkannya pada ketinggian sekurang-kurangnya 2,5 m di atas lantai.

134.1.12.2 MOD (2.5.5.2) Perlengkapan listrik yang terdapat di tempat yang rawan kerusakan fisik harus dilengkapi dengan selungkup atau pelindung yang kuat, dan ditempatkan sehingga perlengkapan listrik tercegah dari kerusakan.

134.1.12.3 MOD (2.5.5.3) Pintu masuk ke ruang dan ke tempat terlindung yang tidak tercakup dalam 134.1.12.1 dan 134.1.12.2 di atas, yang di dalamnya terdapat bagian aktif terbuka, harus diberi tanda peringatan yang jelas.

134.1.13 MOD (2.5.6) Bagian yang menimbulkan latu (percikan api)

134.1.13.1 MOD (2.5.6.1) Bagian perlengkapan listrik yang pada waktu operasi normal mengeluarkan atau menimbulkan latu, busur api, atau logam leleh, harus diberi selungkup kecuali jika terpisah atau terisolasi dari bahan yang mudah menyala atau terbakar.

134.1.13.2 MOD (2.5.6.2) Semua perlengkapan listrik yang dapat menimbulkan suhu tinggi, latu atau busur api harus ditempatkan atau dilindungi sedemikian sehingga terhindar dari risiko kebakaran dari bahan yang mudah terbakar. Bila bagian perlengkapan listrik bersuhu tinggi itu terbuka, sehingga mungkin mencederai manusia, maka bagian tersebut harus ditempatkan atau dilindungi sehingga sentuhan yang tak disengaja dengan bagian tersebut dapat dicegah.

134.2 (2.5.8) Verifikasi awal

134.2.1 MOD (2.5.8.1) Instalasi listrik harus diverifikasi (diperiksa dan diuji) sebelum dioperasikan dan/atau setelah mengalami perubahan penting untuk membuktikan bahwa pekerjaan pemasangan telah dilaksanakan sebagaimana semestinya sesuai dengan PUIL dan/atau standar lain yang berlaku.

134.2.2 MOD (2.5.8.2) Instalasi dalam pabrik atau bengkel, instalasi dengan 100 titik beban atau lebih, dan instalasi dengan daya lebih dari 5 kW, sebaiknya keadaan resistans insulasinya diperiksa secara berkala, dan jika resistans insulasinya tidak memenuhi ketentuan atau terlihat adanya gejala penurunan, instalasi itu harus diperbaiki.

134.2.3 MOD (2.5.7) Nilai resistans insulasi instalasi

134.2.3.1 MOD (2.5.7.1) Dalam keadaan normal, instalasi harus mempunyai resistans insulasi yang memadai.

134.2.3.2 MOD (2.5.7.2) Nilai resistans insulasi semua perlengkapan dalam keadaan tidak dibumikan, baik resistans insulasi antara konduktor yang satu dan konduktor yang lain, maupun antara konduktor dan bumi, harus sekurang-kurangnya seperti dijelaskan dalam 61.3.3.

134.2.3.3 MOD (2.5.8.3) Pengukuran resistans insulasi harus dilakukan dengan gawai khusus yang baik dan telah ditera.

134.2.3.4 MOD (2.5.8.4) Resistans insulasi harus diuji dengan cara seperti dijelaskan dalam 61.3.3.

134.2.3.5 MOD (2.5.8.5) Pada sistem IT harus dipasang gawai untuk memantau keadaan insulasi instalasi (gawai monitor insulasi, lihat 411.6.3.1).

134.3 (2.5.8.6) Verifikasi periodik

Direkomendasikan bahwa setiap instalasi listrik dikenai verifikasi periodik.

134.4 MOD (2.6) Pemeliharaan

134.4.1 MOD (2.6.1) Ruang lingkup

134.4.1.1 MOD (2.6.1.1) Pemeliharaan instalasi listrik meliputi program pemeriksaan, perawatan, perbaikan, dan pengujian ulang berdasarkan petunjuk pemeliharaan yang telah ditentukan.

134.4.1.2 MOD (2.6.1.2) Pemeliharaan tersebut pada 134.4.1.1 dimaksudkan agar instalasi selalu baik dan bersih serta penggunaan dan perbaikannya dengan mudah dan aman sehingga instalasi berfungsi dengan baik sesuai dengan yang diharapkan.

134.4.2 MOD (2.6.2) Ketentuan dasar

Untuk memelihara dan memperoleh instalasi seperti tersebut pada 134.4.1.2 harus diikuti petunjuk pemeliharaan seperti dalam Bagian 9.

14 MOD Istilah dan definisi**A****aparatus**

gawai atau rakitan gawai yang dapat digunakan sebagai unit independen untuk fungsi spesifik

apparatus

IEV 151-11-22 MOD

area akses terbatas

area yang hanya dapat dimasuki personel terampil dan personel terlatih di bidang listrik

restricted access area

IEV 826-18-04

armatur (untuk pencahayaan)

luminer tanpa lampu (lihat definisi luminer)

PUIL 2000

arus beban lebih (suatu sirkit listrik)

arus lebih yang terjadi dalam suatu sirkit listrik yang tidak disebabkan oleh hubung pendek atau gangguan bumi

overload current (of a circuit)

IEV 826-11-15

arus bocor

arus listrik di suatu lintasan konduktif yang tak diinginkan pada kondisi operasi normal

leakage current

IEV 826-11-20

arus desain (suatu sirkit listrik)

arus listrik yang dimaksudkan untuk dihantarkan oleh sirkit listrik dalam operasi normal

design current (of an electric circuit)

IEV 826-11-10

arus gangguan

arus yang mengalir melalui suatu titik tertentu gangguan akibat gangguan insulasi

fault current

IEV 826-11-11

arus hubung pendek

arus listrik dalam suatu hubung pendek tertentu

short-circuit current

IEV 826-11-16

arus konduktor proteksi

arus listrik yang timbul dalam suatu konduktor proteksi, seperti arus bocor atau arus listrik akibat gangguan insulasi

protective conductor current

IEV 826-11-21

arus lebih

arus listrik yang melebihi nilai pengenalnya

CATATAN Untuk konduktor, arus pengenal dianggap sama dengan KHA.

overcurrent
IEV 826-11-14

arus nonoperasi konvensional (suatu gawai proteksi)

nilai arus listrik yang ditentukan, yang gawai proteksi mampu menghantarkannya selama durasi yang ditentukan tanpa beroperasi

conventional non-operating current (of a protective device)

IEV 826-11-18

arus operasi

nilai arus yang pada atau di atas nilai tersebut pelepas (*release*) dapat beroperasi.

operating current (of an overcurrent release)

IEV 441-16-45.

arus operasi konvensional (gawai proteksi)

nilai arus listrik yang ditentukan, yang dimaksudkan untuk menyebabkan gawai proteksi beroperasi dalam durasi yang ditentukan

conventional operating current (of a protective device)

IEV 826-11-17

arus pengenalan (untuk perlengkapan)

arus yang ditentukan oleh pabrikan untuk kondisi operasi yang ditentukan dari suatu perlengkapan

rated current

IEV 442-01-02

arus sentuh

arus listrik yang melewati tubuh manusia atau binatang ketika menyentuh satu atau lebih bagian instalasi listrik atau perlengkapan listrik yang dapat diakses

touch current

IEV 826-11-12

arus sisa

jumlah aljabar nilai arus listrik di semua konduktor aktif, pada waktu yang sama, di titik yang ditentukan suatu sirkit listrik pada instalasi listrik

residual current

IEV 826-11-19

arus sisa operasi

nilai arus sisa yang menyebabkan gawai proteksi arus sisa (GPAS) beroperasi pada kondisi yang ditentukan

operating residual current

IEV 442-05-20

arus trip konvensional (dari pelepas arus lebih)

nilai arus yang yang ditentukan yang menyebabkan pelepas beroperasi dalam waktu yang ditentukan (waktu konvensional)

conventional tripping current (of an over-current release)

IEV 441-17-23

awal instalasi listrik

titik tempat energi listrik disalurkan ke instalasi listrik

origin of the electrical installation

IEV 826-10-02

B**bagian aktif**

konduktor atau bagian konduktif yang dimaksudkan untuk dienergisasi pada operasi normal, termasuk konduktor netral, tetapi dengan konvensi bukan konduktor PEN, konduktor PEM atau konduktor PEL.

CATATAN Konsep ini tidak perlu menyatakan risiko kejut listrik

live part

IEV 826-12-08

bagian aktif berbahaya

bagian aktif yang pada kondisi tertentu dapat memberikan suatu kejut listrik yang berbahaya

hazardous-live-part

IEV 826-12-13

bagian konduktif

bagian yang dapat menghantarkan arus listrik

conductive part

IEV 826-12-09

bagian konduktif ekstra (BKE)

bagian konduktif yang bukan merupakan bagian instalasi listrik dan dapat menimbulkan suatu potensial listrik, biasanya potensial listrik dari bumi lokal (lihat 826-13-02)

extraneous-conductive-part

IEV 826-12-11

bagian konduktif terbuka (BKT)

bagian konduktif perlengkapan yang dapat disentuh dan yang secara normal tidak bervoltase, tetapi dapat menjadi bervoltase bila insulasi dasar gagal.

exposed-conductive-part

IEV 826-12-10

bagian terakses simultan

konduktor atau bagian konduktif yang dapat tersentuh secara simultan oleh manusia atau oleh binatang.

CATATAN Bagian terakses simultan dapat berupa:

- bagian aktif,
- BKT,
- BKE,
- konduktor proteksi,
- tanah atau lantai konduktif.

simultaneous accessible parts

IEV 826-12-12

bahan kebal bakar

bahan yang tidak akan terbakar selama pemakaiannya sesuai dengan tugas yang diperuntukkan baginya; atau tidak akan terus menyala setelah dibakar.

PUIL 2000

batas voltase sentuh prospektif konvensional

nilai maksimum voltase sentuh prospektif yang diperkenankan untuk dipertahankan dalam jangka waktu tak terbatas dalam kondisi pengaruh eksternal yang ditentukan

SNI 0225:2011

conventional prospective touch voltage limit

IEV 826-11-04

beban lebih

keadaan operasi dalam sirkit yang secara listrik tidak rusak, yang menimbulkan arus lebih
overload

IEV 441-11-08.

beban penuh

nilai beban tertinggi yang ditentukan untuk kondisi pengenal operasi.

full load

IEV 151-15-24.

braket kabel

penyangga kabel horisontal yang magun hanya pada satu sisi, dipasang berjarak, tempat kabel diletakkan

cable brackets

IEV 826-15-10

bumi (lokal)

bagian bumi yang berada dalam kontak listrik dengan suatu elektrode bumi dan yang potensial listriknya tidak perlu sama dengan nol

(local) earth

IEV 826-13-02

bumi acuan

bagian bumi yang dianggap konduktif, yang potensial listriknya secara konvensi dianggap nol, berada di luar zone pengaruh sembarang susunan pembedaan

CATATAN Konsep "bumi" adalah planet dan seluruh materi fisiknya.

reference earth

IEV 826-13-01

D

desain instalasi listrik

berkas gambar desain dan uraian teknik, yang digunakan sebagai pegangan untuk melaksanakan pemasangan suatu instalasi listrik

PUIL 2000

diskoneksi otomatis suplai

pemutusan satu konduktor atau lebih yang diakibatkan oleh operasi otomatis suatu gawai proteksi pada saat terjadi gangguan.

automatic disconnection of supply

IEV 826-12-18

E

elektrode batang

elektrode dari baja pipa, baja profil, atau batang logam lain yang dipancangkan ke dalam tanah

PUIL 2000

elektrode bumi

bagian konduktif yang dapat ditanam dalam tanah atau suatu media konduktif spesifik, misalnya beton atau kokas, dalam kontak listrik dengan bumi

earth electrode; [195-02-20 MOD]

IEV 826-13-05

elektrode bumi fondasi

bagian konduktif yang dipendam dalam tanah di bawah pondasi bangunan atau lebih baik ditanam dalam beton pondasi bangunan, biasanya dalam bentuk lingkaran tertutup

foundation earth electrode

IEV 826-13-08

elektrode bumi independen

elektrode bumi yang ditempatkan pada suatu jarak sedemikian dari elektrode bumi lain sehingga potensial listriknya tidak terpengaruh secara signifikan oleh arus listrik antara bumi dan elektrode bumi lain

independent earth electrode; [195-02-02]

IEV 826-13-07

elektrode gradien potensial

elektrode sistem pembumian, yang dipasang khusus untuk menurunkan voltase langkah

PUIL 2000

elektrode pelat

elektrode dari bahan logam utuh atau berlubang, pada umumnya ditanam dalam-dalam

PUIL 2000

elektrode pita

elektrode yang dibuat dari penghantar berbentuk pipih atau berpenampang bulat yang pada umumnya ditanam secara dangkal

PUIL 2000

elemen sekering

bagian tautan (*link*) sekering yang didesain untuk melebur bila arus melebihi beberapa nilai tertentu untuk periode waktu tertentu

fuse-element

IEV 441-18-08

F**faktor beban**

rasio yang dinyatakan sebagai nilai numerik atau sebagai persentase, dari konsumsi dalam periode yang ditentukan (tahun, bulan, hari dll.), dengan konsumsi yang akan menghasilkan penggunaan kontinu kebutuhan maksimum atau kebutuhan lain yang terjadi dalam periode yang sama

CATATAN Istilah tersebut sebaiknya tidak digunakan tanpa menentukan kebutuhan dan periode yang bersangkutan

CATATAN 2 Faktor beban untuk kebutuhan tertentu juga sama dengan rasio waktu utilisasi dengan waktu dalam jam dalam periode yang sama

load factor

IEV 691-10-02

G

gangguan

keadaan barang (item) yang dicirikan dengan ketidakmampuan untuk melakukan fungsi yang dibutuhkan, tidak termasuk ketidakmampuan selama pemeliharaan preventif atau tindakan terencana lain, atau karena ketiadaan sumber daya eksternal

CATATAN Gangguan seringkali akibat kegagalan barang itu sendiri, tapi dapat terjadi tanpa kegagalan sebelumnya.

fault

IEV 191-05-01 MOD

gangguan (pada sistem daya listrik)

kejadian yang tidak direncanakan atau kerusakan pada barang, yang dapat mengakibatkan satu kegagalan atau lebih, baik pada barang itu sendiri, ataupun pada perlengkapan terkait lain

fault (in electric power system)

IEV 604-02-01 MOD

gangguan bumi

terjadinya lintasan konduktif yang tak sengaja antara konduktor aktif dengan bumi

CATATAN :

1. lintasan konduktif dapat menembus insulasi yang terganggu, melewati struktur (misalnya tiang, perancah, mesin derek, tangga) atau melewati tetumbuhan (misalnya pohon, semak-semak) dan mempunyai impedans yang signifikan.
2. bagian konduktif antara konduktor (yang mungkin karena alasan operasional tidak dibumikan) dengan bumi juga dianggap sebagai gangguan bumi.

earth fault

IEV 826-14-13

gangguan insulasi

cacat pada insulasi perlengkapan yang dapat mengakibatkan arus abnormal mengalir lewat insulasi ini atau mengakibatkan luahan yang mengganggu

insulation fault

IEV-604-02-02

a fault which affects a device and prevents its restoration into service until action has been taken at the point of the fault

gangguan permanen

gangguan yang mempengaruhi gawai dan menghalangi kepulihan pelayanannya selama belum ada tindak perbaikan atas titik gangguan

permanent fault

IEV 604-02-10

gawai

elemen bahan atau rakitan elemen tersebut yang dimaksudkan untuk melakukan fungsi yang disyaratkan

device

IEV 151-11-20

gawai impedans proteksi

komponen atau rakitan dari komponen-komponen yang impedans dan konstruksinya dimaksudkan untuk membatasi arus sentuh keadaan ajek dan muatan listrik hingga tingkat tak berbahaya.

protective impedance device

IEV 826-12-35

gawai proteksi arus sisa (GPAS)

gawai sakelar mekanis yang didesain untuk menghubungkan, menghantarkan dan memutuskan arus pada kondisi pelayanan normal dan untuk menyebabkan terbukanya kontak ketika arus sisa mencapai nilai tertentu pada kondisi yang ditentukan

CATATAN GPAS dapat merupakan kombinasi berbagai elemen terpisah yang didesain untuk mendeteksi dan mengevaluasi arus sisa dan untuk menghubungkan dan memutuskan arus.

residual current device

IEV 442-05-02

gawai proteksi arus lebih (GPAL)

gawai yang disediakan untuk memutuskan suatu sirkit listrik jika arus konduktor di sirkit tersebut melebihi nilai yang dipratentukan untuk durasi yang ditentukan

overcurrent protective device

IEV 826-14-14

gawai sakelar

gawai yang didesain untuk menghubungkan dan memutuskan arus dalam satu sirkit listrik atau lebih

switching device

IEV 441-14-01

H**hubung pendek**

lintasan konduktif tidak sengaja atau sengaja antara dua atau lebih bagian konduktif yang memaksa beda potensial listrik antara bagian-bagian konduktif tersebut menjadi sama atau mendekati nol

short-circuit

IEV 826-14-10

hubung pendek lin ke bumi

hubung pendek antara suatu konduktor lin dan bumi dalam suatu sistem netral dibumikan langsung atau sistem netral dibumikan impedans

CATATAN : Hubung pendek lin ke bumi dapat dibuat misalnya melalui konduktor pembumian dan elektrode bumi.

line-to-earth short-circuit

IEV 826-14-11

hubung pendek lin ke lin

hubung pendek antara dua atau lebih konduktor lin, tergabung atau tidak tergabung dengan hubung pendek lin ke bumi di tempat yang sama

line-to-line short-circuit

IEV 826-14-12

I**ikatan ekuipotensial**

ketentuan hubungan listrik antara bagian konduktif yang dimaksudkan untuk mencapai keekuipotensialan

equipotential bonding

IEV 826-13-19

ikatan ekuipotensi fungsional

ikatan ekuipotensi untuk alasan operasional selain keselamatan
functional-equipotential-bonding
IEV 826-13-21

ikatan ekuipotensi proteksi

ikatan ekuipotensi untuk keperluan keselamatan
protective-equipotential-bonding
IEV 826-13-20

impedans ke bumi

impedans pada suatu frekuensi tertentu antara titik yang ditentukan dalam suatu sistem atau dalam suatu instalasi atau dalam perlengkapan dengan bumi acuan
impedance to earth
IEV 826-13-16

instalasi lampu luah tabung gas

instalasi pencahayaan yang menggunakan lampu tabung gas dan bekerja pada voltase di atas 1000 V (TM atau TT); misalnya pencahayaan tanda dan pencahayaan bentuk
PUIL 2000

instalasi listrik

rakitan perlengkapan listrik terkait yang memiliki karakteristik terkoordinasi untuk memenuhi keperluan spesifik
electrical installation
IEV 826-10-01

instalasi listrik darurat

instalasi listrik yang digunakan untuk pencahayaan dan tenaga listrik pada waktu terjadi gangguan pada sistem penyuplai tenaga listrik dan pencahayaan yang normal
PUIL 2000

instalasi listrik desa

instalasi listrik untuk pembangkitan, pendistribusian, pelayanan, dan pemakaian tenaga listrik di desa
PUIL 2000

instalasi listrik domestik

instalasi listrik dalam bangunan yang digunakan sebagai tempat tinggal
PUIL 2000

instalasi listrik pasangan dalam

instalasi listrik yang ditempatkan dalam bangunan tertutup sehingga terlindung dari pengaruh langsung cuaca
PUIL 2000

instalasi listrik pasangan luar

instalasi listrik yang tidak ditempatkan dalam bangunan sehingga terkena pengaruh langsung cuaca
PUIL 2000

instalasi listrik pelanggan

instalasi listrik yang terpasang sesudah meter di rumah atau pada bangunan
PUIL 2000

instalasi listrik pembangunan

instalasi listrik yang digunakan selama masa pembangunan, pemugaran, pembongkaran atau perombakan gedung dengan pengawatan yang khusus untuk pencahayaan dan tenaga listrik

PUIL 2000 MOD

instalasi listrik sementara

instalasi listrik yang pemakaiannya ditetapkan untuk suatu tempat tertentu untuk jangka waktu sementara sesuai dengan standar/ketentuan yang berlaku paling lama tiga bulan, dan tidak boleh dipakai ditempat lain

PUIL 2000 MOD

instansi yang berwenang

instansi yang bertanggung jawab atas pelaksanaan perundang-undangan yang berkaitan dengan bidang ketenagalistrikan

PUIL 2000 MOD

insulasi

- a) semua bahan dan bagian yang digunakan untuk menginsulasi elemen konduktif suatu gawai
- b) kumpulan sifat yang mencirikan kemampuan insulasi untuk memberikan fungsinya

CATATAN Contoh sifat relevan adalah: resistans, voltase tembus.

insulation

IEV 151-15-41 dan 151-15-42

insulasi dasar

insulasi dari bagian aktif berbahaya yang memberikan proteksi dasar

CATATAN Konsep ini tidak berlaku untuk insulasi yang digunakan secara eksklusif untuk keperluan fungsional

basic insulation

IEV 826-12-14

insulasi diperkuat

insulasi bagian aktif berbahaya yang memberikan tingkat proteksi terhadap kejut listrik yang setara dengan insulasi dobel

CATATAN Insulasi diperkuat dapat terdiri atas beberapa lapisan yang tidak dapat diuji satu per satu seperti insulasi dasar atau insulasi suplemen

reinforced insulation)

IEV 826-12-17

insulasi dobel

insulasi yang terdiri atas insulasi dasar dan insulasi suplemen

double insulation

IEV 826-12-16

insulasi suplemen

insulasi independen yang diterapkan sebagai tambahan pada insulasi dasar untuk proteksi gangguan

supplementary insulation

IEV 826-12-15

inti kabel

rakitan yang terdiri atas konduktor beserta insulasinya (dan skrin jika ada).

core (of a cable)

IEV 461-04-04

isolasi

fungsi yang dimaksudkan untuk mematikan karena alasan keselamatan dari semua atau bagian instalasi tersendiri dengan memisahkan instalasi atau bagian instalasi itu dari setiap sumber energi listrik

isolation

IEV 826-17-01

J

jangkauan tangan

zona akses sentuh mulai dari sembarang titik pada suatu permukaan tempat orang biasanya berdiri atau bergerak sebatas jangkauan tangan, ke sembarang arah, tanpa bantuan

arm's reach

IEV 826-12-19

jarak bebas

jarak antara dua bagian konduktif yang sama dengan rentangan tali terpendek antara bagian konduktif tersebut

clearance

IEV 441-17-31

jarak udara

jarak terpendek antara dua bagian aktif diukur melintasi udara

PUIL 2000

jaringan elektrode bumi

bagian suatu susunan pbumian yang hanya terdiri atas elektrode bumi dan interkoneksinya

earth-electrode network

IEV 826-13-06

jaringan listrik

sirkuit yang hanya terdiri atas elemen sirkuit listrik

electric network, electric circuit

IEV 131-11-07 MOD

K

kabel berinsulasi

rakitan yang terdiri atas:

- satu inti atau lebih,
- penutup individualnya (jika ada),
- proteksi rakitan (jika ada),
- penutup proteksi (jika ada)

Konduktor tidak berinsulasi tambahan dapat digolongkan sebagai kabel.

insulated cable

IEV 461-06-01

kabel fleksibel

kabel yang disyaratkan untuk mampu melentur pada waktu digunakan, dan yang struktur dan bahannya memenuhi persyaratan.

flexible cable

IEV 461-06-14

kabel tanah

lin listrik dengan konduktor berinsulasi yang ditanam langsung dalam tanah, atau terletak dalam talang, pipa atau palung kabel

CATATAN Istilah yang sama digunakan untuk menguraikan barangnya secara fisik.

underground cable

IEV 601-03-05.

kanal kabel

elemen suatu sistem perkawatan di atas atau di bawah tanah atau lantai, terbuka, berventilasi atau tertutup, dan mempunyai dimensi yang tidak memperbolehkan seseorang memasukinya tetapi memungkinkan akses ke konduit dan/atau kabel di seluruh panjangnya selama dan sesudah pemasangan

CATATAN Kanal kabel dapat atau tidak dapat merupakan bagian konstruksi bangunan.

cable channel

IEV 826-15-06

kapasitas hantar arus (KHA) (kontinu)

arus maksimum yang dapat dihantarkan secara kontinu oleh suatu konduktor, gawai atau aparatus, pada kondisi yang ditentukan tanpa suhu kondisi tunaknya melebihi nilai yang ditentukan

(continuous) current-carrying capacity

IEV 826-11-13

keadaan darurat

keadaan yang tidak biasa atau tidak dikehendaki yang membahayakan keselamatan manusia dan keamanan bangunan serta isinya, yang ditimbulkan oleh gangguan suplai utama listrik

PUIL 2000

kedap

sifat yang tidak dapat dimasuki sesuatu; misalnya kedap air atau kedap debu

PUIL 2000

keekuipontensialan

keadaan ketika bagian konduktif berpotensi listrik kira-kira sama

equipotentiality

IEV 826-13-18

kejut listrik

efek fisiologis akibat arus listrik yang melalui tubuh manusia atau binatang

electric shock; [195-01-04]

IEV 826-12-01

kendali

tindakan dengan maksud tertentu pada atau dalam proses untuk memenuhi tujuan yang ditentukan

control

IEV 351-21-29

klem

penyangga yang dipasang berjarak dan secara mekanis menahan kabel atau konduit
cleats; clamps
IEV 826-15-11

konduit

bagian sistem perkawatan tertutup yang umumnya berpenampang bulat untuk konduktor berinsulasi dan/atau kabel dalam instalasi listrik atau instalasi komunikasi, yang memungkinkan konduktor dan/atau kabel itu dapat ditarik masuk dan/atau diganti.

CATATAN Konduit sebaiknya tersambung tertutup dengan baik sedemikian sehingga konduktor berinsulasi dan/atau kabel hanya dapat ditarik masuk dan tidak dapat disisipkan menyamping.

conduit

IEV 826-15-03

konduktor

bagian konduktif yang dimaksudkan untuk menghantarkan arus listrik yang ditentukan

conductor

IEV 826-14-06

konduktor bumi

konduktor dengan impedans rendah yang memberikan hubungan listrik antara titik tertentu pada perlengkapan (instalasi atau sistem) dengan suatu elektrode bumi

earth conductor

IEV 604-04-06

konduktor ikatan fungsional

konduktor yang disediakan untuk ikatan ekuipotensial fungsional

functional bonding conductor

IEV 826-13-29

konduktor ikatan proteksi

konduktor proteksi yang disediakan untuk ikatan ekuipotensial proteksi

protective bonding conductor

IEV 826-13-24

konduktor lin

konduktor yang dienergisasi dalam operasi normal dan mampu berperan dalam transmisi atau distribusi energi listrik, tetapi bukan konduktor netral atau konduktor titik tengah

line conductor

IEV 826-14-09

konduktor netral

konduktor yang dihubungkan secara listrik ke titik netral dan mampu berperan dalam distribusi energi listrik

neutral conductor

IEV 826-14-07

konduktor PEL

konduktor yang menggabungkan dua fungsi, yaitu fungsi suatu konduktor pembumian proteksi dan fungsi suatu konduktor lin.

PEL conductor

IEV 826-13-27

konduktor PEM

konduktor yang menggabungkan fungsi konduktor pembumian proteksi dan fungsi konduktor titik tengah

PEM conductor

IEV 826-13-26

konduktor pembumian

konduktor yang memberikan lintasan konduktif atau bagian lintasan konduktif antara titik tertentu dalam suatu sistem atau dalam suatu instalasi atau dalam perlengkapan dengan suatu elektrode bumi dan suatu jaringan elektrode bumi

CATATAN Untuk PUIL, konduktor pembumian adalah konduktor yang menghubungkan elektrode bumi ke titik dalam sistem ikatan ekuipotensial, biasanya terminal pembumian utama.

earthing conductor

IEV 826-13-12 MOD

konduktor pembumian fungsional

konduktor pembumian yang disediakan untuk pembumian fungsional

functional earthing conductor

IEV 826-13-28

konduktor pembumian paralel

konduktor yang biasanya terletak sepanjang jalur kabel untuk memberikan suatu hubungan berimpedans rendah antara susunan pembumian pada ujung jalur kabel

paralel-earthing-conductor

IEV 826-13-13

konduktor pembumian proteksi

konduktor proteksi yang disediakan untuk pembumian proteksi

protective earthing conductor

IEV 826-13-23

konduktor PEN

konduktor yang menggabungkan fungsi konduktor pembumian proteksi dan fungsi konduktor netral

PEN conductor

IEV 826-13-25

konduktor pilin

konduktor yang terdiri atas sejumlah kawat individu, semua atau beberapa di antaranya mempunyai bentuk spiral

stranded conductor (in superconductivity-related technology)

IEV 815-04-15

konduktor proteksi (identifikasi: PE)

konduktor yang disediakan untuk keperluan keselamatan, misalnya proteksi terhadap kejutan listrik

CATATAN Dalam suatu instalasi listrik, konduktor yang diidentifikasi dengan PE biasanya juga dianggap sebagai konduktor pembumian proteksi.

protective conductor (identification : PE)

IEV 826-13-22

konduktor titik tengah

konduktor yang terhubung secara listrik ke titik tengah dan mampu berperan dalam pendistribusian energi listrik.

mid-point conductor

IEV 826-14-08

kontak tusuk (kotak kontak dan tusuk kontak)

susunan gawai pemberi dan penerima arus yang dapat dipindah-pindahkan, untuk menghubungkan dan memutuskan saluran ke dan dari bagian instalasi. Kontak tusuk meliputi:

- kotak kontak – bagian kontak tusuk yang merupakan gawai pemberi arus;
- tusuk kontak – bagian kontak tusuk yang merupakan gawai penerima arus

PUIL 2000

kotak kontak biasa (KKB)

kotak kontak yang dipasang untuk digunakan sewaktu-waktu (tidak secara tetap) bagi peranti listrik jenis apa pun yang memerlukannya, asalkan penggunaannya tidak melebihi batas kemampuannya

PUIL 2000

kotak kontak khusus (KKK)

kotak kontak yang dipasang khusus untuk digunakan secara tetap bagi suatu jenis peranti listrik tertentu yang diketahui daya mau pun tegangannya

PUIL 2000

kotak sambung

kotak pada sambungan kabel yang melindungi insulasi kabel terhadap udara dan air

PUIL 2000

L

lengkapan

gawai sebagai suplemen gawai atau apparatus utama, tetapi bukan merupakan bagiannya. yang diperlukan untuk operasinya atau untuk memberikan keuntungan pada karakteristik spesifiknya

accessory

IEV 151-11-24

lin listrik

seperangkat konduktor, insulator dan perlengkapan untuk mengalirkan energi antara dua titik suatu jaringan

electrical line

PUIL 2000

lin luar

lin yang dipasang di atas tanah atau di luar bangunan

PUIL 2000

lin voltase rendah

bagian jaringan voltase rendah tidak termasuk sambungan pelayanan

PUIL 2000

lingkungan nonkonduktif

ketentuan dengan cara bagaimana orang atau binatang yang menyentuh bagian konduktif terbuka yang telah menjadi aktif berbahaya diproteksi dengan impedans tinggi dari lingkungannya (misal dinding dan lantai insulasi) dan dengan tiadanya bagian konduktif yang dibumikan

non-conducting environment

IEV 826-12-36

lintasan balik bumi

lintasan konduktif secara listrik yang diberikan oleh bumi, konduktor atau bagian konduktif antara susunan pembumian

earth-return path

IEV 826-13-14

lorong operasi

lorong yang digunakan selama operasi, untuk keperluan seperti penyakelaran, pengendalian, penyetelan atau observasi gawai listrik

operating gangway

IEV 826-10-09

lorong pemeliharaan

lorong untuk akses pemeliharaan perlengkapan listrik

maintenance gangway

IEV 826-10-10

luminer

aparatus yang mendistribusikan, memfilter atau mentransformasikan cahaya yang dipancarkan dari satu atau lebih lampu dan yang mencakup, kecuali lampu itu sendiri, semua bagian yang diperlukan untuk memagunkan dan memproteksi lampu dan jika diperlukan, mencakup juga pelengkap sirkit bersama-sama sarana untuk menghubungkannya ke suplai listrik

luminaire

IEV 845-10-01

M**membumikan (kata kerja)**

membuat suatu hubungan listrik antara titik tertentu dalam suatu sistem atau dalam suatu instalasi atau dalam perlengkapan dan bumi lokal

CATATAN : Hubungan ke bumi lokal dapat:

- disengaja, atau
- tidak disengaja atau secara kebetulan
- dan dapat bersifat permanen atau temporer.

earth(verb)

IEV 826-13-03

O**orang awam**

orang yang bukan personel terampil dan juga bukan personel terlatih

ordinary person

IEV 826-18-03

P**panel distribusi**

rakitan yang berisikan berbagai jenis perlengkapan hubung bagi dan kendali yang terkait dengan satu atau lebih sirkit listrik keluar, yang disuplai dari satu atau lebih sirkit listrik masuk, bersama-sama dengan terminal untuk konduktor netral dan konduktor proteksi

distribution board

IEV 826-16-08

pemanfaat listrik

perlengkapan listrik yang dimaksudkan untuk mengubah energi listrik menjadi bentuk energi yang lain, misalnya energi cahaya, bahang, mekanis

current-using equipment

IEV 826-16-02

pembebanan intermiten

pembebanan periodik dengan waktu kerja tidak melampaui 4 menit, disusul dengan waktu istirahat (beban nol atau berhenti), yang cukup lama untuk mendinginkan penghantar sampai suhu kelilingnya

PUIL 2000

pembebanan singkat

pembebanan dengan waktu kerja singkat, tidak melampaui 4 menit, disusul dengan waktu istirahat yang cukup lama, sehingga penghantar menjadi dingin kembali sampai suhu keliling

PUIL 2000

pembumian fungsional

pembumian suatu titik atau beberapa titik dalam suatu sistem atau suatu instalasi atau perlengkapan untuk keperluan selain keselamatan listrik

functional earthing

IEV 826-13-10

pembumian proteksi

pembumian suatu titik atau beberapa titik dalam suatu sistem atau dalam suatu instalasi atau dalam perlengkapan untuk keperluan keselamatan listrik

protective earthing

IEV 826-13-09

pembumian sistem (daya)

pembumian fungsional dan pembumian proteksi suatu titik atau beberapa titik dalam suatu sistem daya listrik

(power) system earthing

IEV 826-13-11

pemutus sirkit

gawai sakelar mekanis yang mampu menghubungkan, menghantarkan dan memutuskan arus pada kondisi sirkit normal, dan juga mampu menghubungkan, menghantarkan untuk waktu yang ditentukan dan memutuskan arus pada kondisi sirkit abnormal yang ditentukan, seperti pada kondisi hubung pendek

circuit-breaker

IEV 441-14-20

pengedapan

kemampuan komponen untuk menahan masuknya kontaminan

sealing

IEV 581-03-21

penghalang proteksi (secara listrik)

bagian yang memberikan proteksi terhadap sentuh langsung dari sembarang arah akses yang biasa

(electrically) protective barrier

IEV 826-12-23

penghentian darurat

operasi yang dimaksudkan untuk secepat mungkin menghentikan suatu gerakan yang telah menjadi berbahaya

emergency stopping

IEV 826-17-04

penskrinan proteksi(secara listrik)

pemisahan sirkuit listrik dan/atau konduktor dari bagian aktif berbahaya dengan suatu skrין proteksi (secara listrik) yang dihubungkan ke sistem ikatan ekuipotensial protektif dan dimaksudkan untuk memberikan proteksi terhadap kejut listrik

(electrically) protective screening/shielding

IEV 826-12-26

penyakelaran fungsional

operasi yang dimaksudkan untuk menyakelar on atau off atau mengubah suplai energi listrik ke suatu instalasi listrik atau bagian instalasi listrik dengan keperluan operasi normal

functional switching

IEV 826-17-05

penyakelaran off darurat

operasi pembukaan gawai penyakelaran yang dimaksudkan untuk melepas daya listrik dari suatu instalasi listrik untuk menghindari atau mengurangi situasi yang berbahaya

emergency switching-off

IEV 826-17-03

penyakelaran off untuk pemeliharaan mekanis

operasi pembukaan suatu gawai sakelar yang dimaksudkan untuk menonaktifkan bagian perlengkapan berdaya listrik untuk keperluan mencegah bahaya, selain karena kejut listrik atau pembusuran listrik, selama kerja nonlistrik pada perlengkapan

switching off for mechanical maintenance

IEV 826-17-02

penyambung berpededap

penyambung yang menggunakan pededap yang mampu menghasilkan kedap terhadap zat tertentu

PUIL 2000

peranti

apparatus yang dimaksudkan untuk rumah tangga atau penggunaan sejenis

appliance

IEV 151-11-23

peranti listrik

barang pemanfaat listrik, biasanya merupakan unit yang sudah lengkap, pada umumnya bukan perlengkapan industri, lazim dibuat dengan ukuran atau jenis yang baku, yang mengubah energi listrik menjadi bentuk lain, biasanya bahang atau gerak mekanis, di tempat pemanfaatannya

Misalnya pemanggang roti, setrika listrik, mesin cuci, pengering rambut, bor genggam, penyaman udara dll.

electrical appliance

PUIL 2000

perlengkapan genggam

perlengkapan listrik yang dimaksudkan untuk digenggam dengan tangan selama penggunaan normal

hand-held equipment

IEV 826-16-05

perlengkapan hubung bagi (PHB)

istilah umum yang mencakup gawai sakelar dan kombinasinya dengan perlengkapan kendali, ukur, proteksi dan pengatur terkait, juga rakitan gawai dan perlengkapan tersebut dengan interkoneksi, lengkapan, selungkup dan struktur penyangga terkait, yang dimaksudkan secara prinsip untuk penggunaan dalam pembangkitan, transmisi, distribusi dan konversi energi listrik

switchgear

IEV 441-11-02

perlengkapan hubung bagi dan kendali (PHBK)

perlengkapan listrik yang dimaksudkan untuk dihubungkan ke sirkit listrik untuk keperluan melaksanakan satu fungsi atau lebih berikut: proteksi, kendali, isolasi, penyakelaran

switchgear and controlgear

IEV 826-16-03

perlengkapan listrik

setiap benda yang digunakan untuk keperluan seperti pembangkitan, konversi, transmisi, distribusi atau pemanfaatan energi listrik, seperti: mesin listrik, transformator, perlengkapan hubung bagi dan kendali, instrumen ukur, gawai proteksi, sistem perkawatan, pemanfaat listrik

electrical equipment

IEV 826-16-01

perlengkapan listrik pemasangan dalam

perlengkapan listrik yang ditempatkan dalam ruang bangunan tertutup sehingga terlindung dari pengaruh cuaca secara langsung

indoor electrical equipment

PUIL 2000

perlengkapan listrik pemasangan luar

perlengkapan listrik yang tidak ditempatkan dalam bangunan sehingga terkena pengaruh cuaca secara langsung

outdoor electrical equipment

PUIL 2000

perlengkapan magun

perlengkapan listrik yang dikencangkan pada penyangga atau selain itu dipasang kokoh di lokasi spesifik

fixed equipment

IEV 826-16-07

perlengkapan portabel MOD

perlengkapan listrik yang dipindahkan saat operasi atau dengan mudah dapat dipindahkan dari tempat yang satu ke tempat yang lain saat terhubung ke suplai

mobile equipment, portable equipment

IEV 826-16-04

perlengkapan stasioner MOD

perlengkapan magun atau perlengkapan listrik yang tidak dilengkapi dengan handel pembawa dan mempunyai massa sedemikian sehingga tidak dapat dengan mudah dipindahkan

CATATAN Nilai massa ini 18 kg dalam IEC/SNI untuk peranti rumah tangga.

stationary equipment

IEV 826-16-06

personel terampil

orang berpendidikan dan berpengalaman relevan yang memungkinkannya menyadari risiko dan menghindari bahaya yang dapat terjadi karena listrik

skilled person

IEV 826-18-01

personel terlatih

orang yang diberi cukup petunjuk atau disupervisi oleh personel terampil hingga memungkinkannya menyadari risiko dan mampu menghindari bahaya yang dapat terjadi karena listrik

instructed person

IEV 826-18-02

PHBK cabang

semua PHBK yang terletak sesudah PHBK utama atau sesudah suatu PHBK lain

PUIL 2000

PHBK utama

PHBK yang menerima tenaga listrik dari saluran utama konsumen dan membagikannya ke seluruh instalasi konsumen

PUIL 2000

proteksi dasar

proteksi terhadap kejut listrik pada kondisi bebas gangguan

CATATAN Untuk instalasi, sistem dan perlengkapan voltase rendah, proteksi dasar biasanya berkaitan dengan proteksi terhadap sentuh langsung

basic protection

IEV 826-12-05

proteksi dengan pembatasan arus keadaan tunak dan muatan listrik

proteksi terhadap kejut listrik dengan desain sirkit atau perlengkapan listrik sedemikian sehingga pada kondisi normal dan gangguan arus keadaan tunak dan muatan listriknya dibatasi hingga di bawah tingkat berbahaya

protection by limitation of steady-state current and electric charge

IEV 826-12-34

proteksi gangguan

proteksi terhadap kejut listrik pada kondisi gangguan tunggal

CATATAN Untuk instalasi, sistem dan perlengkapan voltase rendah, proteksi gangguan biasanya berkaitan dengan proteksi terhadap sentuh tidak langsung, terutama berkaitan dengan kegagalan insulasi dasar

fault protection

IEV 826-12-06

proteksi tambahan

tindakan proteksi sebagai tambahan pada proteksi dasar dan/atau proteksi gangguan

CATATAN Proteksi tambahan biasanya digunakan dalam hal pengaruh eksternal atau lokasi khusus yang pada keadaan tertentu, misalnya penggunaan energi listrik yang ceroboh, situasi yang fatal dapat dihindari atau dikurangi

additional protection

IEV 826-12-07

proteksi terhadap kejut listrik

ketentuan tindakan untuk mengurangi risiko kejut listrik

protection against electric shock

IEV 826-12-02

R

rel ikatan ekuipotensial

rel yang merupakan bagian suatu sistem ikatan ekuipotensial dan memungkinkan hubungan listrik sejumlah konduktor untuk keperluan ikatan ekuipotensial

equipotential bonding busbar

IEV 826-13-35

rel pembumian

batang penghantar tempat menghubungkan beberapa konduktor bumi

PUIL 2000

resistans lantai dan dinding

resistans antara permukaan lantai atau dinding dan bumi

PUIL 2000

resistans elektrode bumi

resistans antara elektrode bumi atau sistem pembumian dan bumi acuan/referensi

PUIL 2000

resistans ke bumi

bagian nyata impedans ke bumi

resistance to earth

IEV 826-13-17

resistans pembumian

jumlah resistans elektrode bumi dan resistans konduktor bumi

PUIL 2000

resistans pembumian total

a) resistans dari seluruh sistem pembumian yang terukur di suatu titik,

b) resistans antara terminal pembumian utama dan bumi.

total earthing resistance

IEV 826-04-03

rintangan proteksi (secara listrik)

bagian yang mencegah kontak langsung tak sengaja, tetapi tidak mencegah kontak langsung karena tindakan sengaja

(electrically) protective obstacle; [195-06-16]

826-12-24

ruang kering

ruang yang biasanya tidak lembab

CATATAN Ruang yang kelembabannya hanya berlaku sewaktu-waktu, sehingga hampir tidak mempengaruhi mutu insulasi, meskipun kelembabannya itu berlangsung dalam jangka waktu lama, digolongkan dalam ruang kering.

PUIL 2000

ruang kerja kasar

ruang terbuka atau tertutup untuk bermacam-macam pekerjaan kasar

PUIL 2000

ruang kerja listrik

ruang khusus yang digunakan untuk pemasangan dan pengusahaan perlengkapan listrik yang berbahaya dan karena itu ruang itu hanya boleh dimasuki oleh personel terampil atau terlatih

PUIL 2000

ruang kerja listrik terkunci

ruang kerja listrik yang hanya boleh dibuka dan dimasuki oleh orang yang bertugas

PUIL 2000

ruang lembab dan basah

ruang terbuka atau tertutup yang demikian lembab sehingga insulasi yang baik sukar untuk dipertahankan dan resistans insulasi antara badan manusia dan bumi berkurang

PUIL 2000

ruang sangat panas

ruang yang suhunya sangat tinggi dengan akibat menurunnya (tidak dapat dipertahankannya) daya sekat bahan insulasi yang lazim digunakan di tempat lain, atau menurunnya resistans listrik tubuh manusia yang berada dalam ruang itu

PUIL 2000

ruang uji atau laboratorium listrik

ruang terbuka atau tertutup tempat dilakukan pemeriksaan, pengujian atau percobaan listrik, yang selama berlangsungnya pekerjaan itu hanya boleh dimasuki oleh orang yang bertugas saja

PUIL 2000

S**sakelar**

gawai untuk mengubah hubungan listrik di antara terminalnya

switch

IEV 151-12-22

sakelar (on-off)

sakelar untuk menutup dan membuka sirkit satu sirkit listrik atau lebih

(on-off) switch

IEV 151-12-23

sakelar cabang

sakelar untuk menutup dan membuka masing-masing cabang

PUIL 2000

SNI 0225:2011

sakelar keluar

sakelar pada PHBK di sisi tenaga listrik keluar dari PHBK tersebut
PUIL 2000

sakelar masuk

sakelar pada PHBK di sisi tenaga listrik masuk ke PHBK tersebut
PUIL 2000

sakelar utama

sakelar masuk pada PHBK utama instalasi
PUIL 2000

sambungan rumah

saluran listrik yang menghubungkan instalasi pelanggan dan jaringan distribusi
PUIL 2000

sekering

gawai yang dengan peleburan satu atau lebih komponen yang dirancang khusus dan sebanding, yang membuka sirkit tempat sekering disisipkan dan memutus arus bila arus tersebut melebihi nilai yang ditentukan dalam waktu yang sesuai. Sekering terdiri atas semua bagian yang membentuk gawai lengkap

fuse

IEV 441-18-01

selungkup

rumahan yang memberikan jenis dan tingkat proteksi yang sesuai untuk penerapan yang dimaksudkan

enclosure

IEV 826-12-20

selungkup listrik

selungkup yang memberikan proteksi terhadap bahaya yang diperkirakan yang ditimbulkan oleh listrik

electrical enclosure

IEV 826-12-21

selungkup proteksi (secara listrik)

selungkup listrik yang mengelilingi bagian internal perlengkapan untuk mencegah akses ke bagian aktif berbahaya dari sembarang arah

(electrically) protective enclosure

IEV 826-12-22

sentuh langsung

sentuh listrik manusia atau binatang dengan bagian aktif

direct contact

IEV 826-12-03

sentuh tak langsung

sentuh listrik manusia atau binatang dengan bagian konduktif terbuka (BKT) yang menjadi bervoltase pada kondisi gangguan

indirect contact

IEV 826-12-04

separasi (listrik)

tindakan proteksi dengan bagian aktif berbahaya diinsulasi dari semua sirkit dan bagian listrik lain, dari bumi setempat dan dari sentuhan

(electrical) separation

IEV 826-12-27

separasi proteksi (secara listrik)

separasi salah satu sirkit listrik dari yang lain dengan sarana:

- insulasi dobel, atau
- insulasi dasar dan penskrinan proteksi secara listrik, atau
- insulasi diperkuat

(electrically) protective separation

IEV 826-12-29

separasi sederhana

separasi antara sirkit listrik atau antara suatu sirkit listrik dan bumi setempat dengan sarana insulasi dasar

simple separation

IEV 826-12-28

sirkit (listrik) (suatu instalasi listrik)

rakitan perlengkapan listrik dari instalasi listrik yang diproteksi terhadap arus lebih dengan gawai proteksi yang sama

(electrical) circuit (of an installation)

IEV 826-14-01

sirkit akhir (bangunan)

sirkit listrik yang dimaksudkan untuk menyuplai secara langsung arus listrik ke pemanfaat listrik atau ke kotak kontak

final circuit (of buildings)

IEV 826-14-03

sirkit cabang

sirkit listrik keluar dari PHBK yang menyuplai satu atau lebih panel distribusi atau PHBK lain

distribution circuit

IEV 826-14-02 MOD

sirkit listrik untuk pelayanan keselamatan

sirkit listrik yang dimaksudkan untuk digunakan sebagai bagian sistem suplai listrik untuk pelayanan keselamatan

electric circuit for safety services

IEV 826-10-06

sirkit masuk

sirkit yang menghubungkan sumber daya listrik voltase rendah ke sakelar utama

sirkit utama

sirkit yang menghubungkan sakelar utama ke PHBK utama

PUIL 2000

sistem berumbung kabel

sistem selungkup tertutup yang terdiri atas alas dengan tutup yang dapat dilepas, dimaksudkan untuk melingkupi sepenuhnya konduktor berinsulasi, kabel, kabel senur dan/atau untuk akomodasi perlengkapan listrik lain termasuk perlengkapan teknologi informasi

cable trunking system

IEV 826-15-04

sistem ikatan ekuipotensial

interkoneksi bagian konduktif yang memberikan ikatan ekuipotensial antara bagian-bagian tersebut

CATATAN Jika suatu sistem ikatan ekuipotensial dibumikan, maka sistem itu membentuk bagian suatu susunan pembumian.

equipotential bonding system

IEV 826-13-30

sistem ikatan ekuipotensial bersama

sistem ikatan ekuipotensial yang memberikan ikatan ekuipotensial proteksi dan ikatan ekuipotensial fungsional

common equipotential bonding system

IEV 826-13-33

sistem ikatan ekuipotensial fungsional

sistem ikatan ekuipotensial yang memberikan ikatan ekuipotensial fungsional

functional equipotential bonding system

IEV 826-13-32

sistem ikatan ekuipotensial proteksi

sistem ikatan ekuipotensial yang memberikan ikatan ekuipotensial proteksi

protective equipotential bonding system

IEV 826-13-31

sistem perkawatan

rakitan yang terdiri atas satu atau lebih konduktor berinsulasi, kabel atau rel dan bagian yang mengokohkan pemagunannya dan proteksi mekanisnya, jika diperlukan

wiring system

IEV 826-15-01

sistem IT

sistem yang semua bagian aktifnya tidak dibumikan, atau titik netral dihubungkan ke bumi melalui impedans. BKT instalasi dibumikan secara independen atau kolektif, atau ke pembumian sistem.

sistem PELV

sistem listrik dengan voltase tidak dapat melebihi nilai voltase ekstra rendah:

- pada kondisi normal
- pada kondisi gangguan tunggal, kecuali gangguan bumi pada sirkit listrik lain

CATATAN PELV adalah singkatan untuk *protective extra low voltage* (voltase ekstra rendah proteksi)

PELV system

IEV 826-12-32

sistem SELV

sistem listrik yang voltasenya tidak dapat melebihi nilai voltase ekstra rendah:

- pada kondisi normal dan
- pada kondisi gangguan tunggal, termasuk gangguan bumi pada sirkit listrik lain

CATATAN SELV adalah singkatan dari *safety extra low voltage* (voltase ekstra rendah keselamatan)

SELV system

IEV 826-12-31

sistem suplai listrik siaga

sistem suplai yang dimaksudkan untuk mempertahankan berfungsinya instalasi listrik atau bagian instalasi listrik tersebut, untuk alasan selain keselamatan, dalam hal terputusnya suplai normal

standby electric supply system

IEV 826-10-07

sistem suplai listrik untuk pelayanan keselamatan

sistem suplai yang dimaksudkan untuk mempertahankan operasi instalasi dan perlengkapan listrik yang esensial:

- untuk kesehatan dan keselamatan manusia dan ternak, dan/atau
- untuk menghindari kerusakan lingkungan dan perlengkapan lain, jika disyaratkan oleh peraturan nasional.

CATATAN Sistem suplai mencakup sumber dan sirkit listrik hingga terminal perlengkapan listrik. Pada kasus tertentu dapat juga mencakup perlengkapan.

electric supply system for safety services

IEV 826-10-04

sistem talang kabel

sistem selungkup tertutup berpenampang tidak bundar, untuk konduktor berinsulasi, kabel dan kabel senur di dalam instalasi listrik yang memungkinkan konduktor ditarik masuk dan diganti

cable ducting system

IEV 826-15-05

sistem TN

sistem yang mempunyai titik netral yang dibumikan langsung, dan BKT instalasi dihubungkan ke titik tersebut oleh penghantar proteksi.

sistem TT

sistem yang mempunyai titik netral yang dibumikan langsung dan BKT instalasi dihubungkan ke elektrode bumi yang secara listrik terpisah dari elektrode bumi sistem tenaga listrik.

skrin proteksi (secara listrik)

skrin konduktif yang digunakan untuk memisahkan sirkit listrik dan/atau konduktor dari bagian aktif berbahaya

(electrically) protective screen

IEV 826-12-25

suhu ambien

suhu rata-rata udara atau medium lain di sekitar perlengkapan

CATATAN Selama pengukuran suhu ambien, instrumen/peraba (*probe*) ukur harus dilindungi dari aliran udara dan pemanasan radiasi.

ambient temperature

IEV 826-10-03

sumber arus terbatas

gawai yang menyuplai energi listrik ke sirkit listrik:

- dengan arus keadaan tunak dan muatan listrik terbatas untuk tingkat tak berbahaya, dan
- dilengkapi dengan separasi proteksi secara listrik antara keluaran gawai dan sembarang bagian aktif berbahaya

limited-current source

IEV 826-12-33

sumber listrik siaga

sumber listrik yang dimaksudkan untuk mempertahankan berfungsinya instalasi listrik atau bagian instalasi listrik, untuk alasan selain keselamatan, dalam hal terputusnya suplai normal
standby electric source
IEV 826-10-08

sumber listrik untuk pelayanan keselamatan

sumber listrik yang dimaksudkan untuk digunakan sebagai bagian sistem suplai listrik untuk pelayanan keselamatan
electric source for safety services
IEV 826-10-05

susunan pembumian

semua hubungan listrik dan gawai yang termasuk dalam pembumian suatu sistem, suatu instalasi dan perlengkapan
earthing arrangement
IEV 826-13-04

T

tahan hubung pendek dan tahan gangguan bumi inheren

keadaan suatu perlengkapan atau rakitan listrik yang diproteksi terhadap hubung pendek dan gangguan bumi dengan desain dan ketentuan pemasangan yang sesuai
inherently short-circuit and earth fault proof
IEV 826-14-15

tangga kabel

penyangga kabel yang terdiri atas deretan elemen penyangga melintang yang terpasang kokoh pada member penyangga utama memanjang
cable ladder
IEV 826-15-09

tautan sekering

bagian sekering (termasuk elemen sekering) yang dimaksudkan untuk diganti setelah sekering beroperasi
fuse-link
IEV 441-18-09

terminal ikatan ekuipotensial

terminal yang disediakan pada perlengkapan atau pada suatu gawai dan dimaksudkan untuk hubungan listrik dengan sistem ikatan ekuipotensial
equipotential bonding terminal
IEV 826-13-34

terminal pembumian utama, rel pembumian utama

terminal atau rel yang merupakan bagian susunan pembumian suatu instalasi dan yang memungkinkan hubungan listrik sejumlah konduktor untuk keperluan pembumian
main earthing terminal, main earthing busbar
IEV 826-13-15

terowongan kabel

koridor yang dimensinya memungkinkan seseorang melewatinya secara bebas di seluruh panjangnya yang berisi struktur penyangga untuk kabel dan sambungan dan/atau elemen lain sistem perkawatan
cable tunnel
IEV 826-15-07

titik beban

titik pada sirkit akhir instalasi untuk dihubungkan dengan beban
PUIL 2000

titik lampu

titik beban yang dimaksudkan untuk dihubungkan beban pencahayaan seperti lampu, luminer atau kabel lampu gantung
PUIL 2000

titik netral

titik bersama suatu sistem polifase hubung bintang atau titik tengah dibumikan suatu sistem fase tunggal

neutral point

IEV 826-14-05

titik tengah

titik bersama antara dua elemen sirkit simetris, dengan ujung-ujungnya yang berlawanan terhubung secara listrik ke konduktor-konduktor lin yang berbeda dari sirkit yang sama.

mid-point

IEV 826-14-04

V**void bangunan**

ruang di dalam struktur atau komponen suatu bangunan yang terakses hanya pada titik tertentu

CATATAN 1 Misalnya ruang di dalam partisi, lantai gantung, plafon dan jenis tertentu kusen jendela, kusen pintu dan *architrave*.

CATATAN 2 Suatu void bangunan berbentuk khusus di dalam suatu elemen bangunan dikenal juga sebagai talang.

building void

IEV 826-15-02

voltase (klasifikasi)

klasifikasi sistem voltase adalah sebagai berikut:

- a) voltase ekstra rendah (VER) – voltase dengan nilai setinggi-tingginya 50 V a.b. atau 120 V a.s.;

CATATAN Voltase ekstra rendah ialah voltase yang aman bagi manusia.

- b) voltase rendah (VR) – voltase dengan nilai setinggi-tingginya 1000 V a.b. atau 1500 V a.s.;

- c) voltase di atas 1000 V a.b. yang mencakup:

- 1) voltase menengah (VM) – voltase lebih dari 1 kV sampai dengan 35 kV a.b., digunakan khususnya dalam sistem distribusi;

medium voltage

- 2) voltase tinggi (VT) – voltase lebih dari 35 kV a.b.

PUIL 2000

voltase ekstra rendah, ELV

voltase yang tidak melebihi batas voltase yang relevan dari rentang I yang ditetapkan dalam IEC 60449

extra-low voltage

IEV 826-12-30

SNI 0225:2011

voltase elektrode

voltase antara elektrode dan titik acuan yang ditetapkan, biasanya katode

CATATAN Kecuali jika dinyatakan lain, voltase elektrode diukur pada terminal yang tersedia.
PUIL 2000

voltase gangguan

voltase antara titik tertentu gangguan dan bumi acuan akibat gangguan insulasi

fault voltage

IEV 826-11-02

voltase langkah

voltase antara dua titik di permukaan bumi, yang berjarak 1 m satu sama lain, yang dianggap panjang langkah manusia

step voltage

IEV 195-05-12

voltase lin ke bumi (sebelumnya: tegangan fase ke bumi)

voltase antara suatu konduktor lin dan bumi acuan pada titik tertentu suatu sirkit listrik

line-to-earth voltage

IEV 826-11-08

voltase lin ke lin (sebelumnya: tegangan fase ke fase)

voltase antara dua konduktor lin pada titik tertentu suatu sirkit listrik

line-to-line voltage

IEV 826-11-06

voltase lin ke netral (sebelumnya: tegangan fase ke netral)

voltase antara suatu konduktor lin dan konduktor netral pada titik tertentu suatu sirkit listrik
a.b.

line-to-neutral voltage

IEV 826-11-07

voltase nominal (suatu instalasi listrik)

nilai voltase yang menunjukkan dan mengidentifikasikan instalasi atau bagian instalasi listrik

nominal voltage (of an installation)

IEV 826-11-01

voltase pengenalan (untuk perlengkapan)

voltase yang ditetapkan oleh pabrikan untuk kondisi operasi yang ditentukan dari suatu perlengkapan

rated voltage

IEV 442-01-03

voltase pengenalan (suatu perlengkapan atau gawai)

voltase yang disyaratkan oleh suatu instalasi atau oleh bagian daripadanya

CATATAN Voltase yang sebenarnya boleh berbeda dari voltase nominal sebesar toleransi yang diizinkan.

PUIL 2000

voltase permukaan bumi (ke bumi)

voltase antara suatu titik yang ditentukan pada permukaan bumi dan bumi acuan

earth-surface voltage (to earth)

IEV 826-11-09

voltase sentuh (efektif)

voltase antara bagian konduktif bila tersentuh secara simultan oleh seseorang atau seekor binatang

CATATAN Nilai voltase sentuh efektif tersebut sangat dapat dipengaruhi oleh impedans manusia atau binatang dalam kontak listrik dengan bagian-bagian konduktif tersebut

(effective) touch voltage

IEV 826-11-05

voltase sentuh prospektif

voltase antara bagian konduktif yang dapat diakses secara simultan bila bagian konduktif tersebut tidak dalam keadaan tersentuh oleh seseorang atau seekor binatang

prospective touch voltage

IEV 826-11-03

voltase uji

voltase yang diberikan kepada suatu objek uji untuk menunjukkan sifat insulasi objek tersebut

PUIL 200

Bagian 2: Desain instalasi listrik

CATATAN Bagian 2 merupakan revisi Bagian 4 PUIL 2000.

2.1 Persyaratan umum

2.1.1 Ketentuan umum

2.1.1.1 Desain instalasi listrik harus memenuhi ketentuan PUIL dan peraturan lain yang tersebut dalam 10.1.

2.1.1.2 Desain instalasi listrik harus berdasarkan persyaratan dasar yang ditentukan dalam 132 dan memperhitungkan serta memenuhi proteksi untuk keselamatan yang ditentukan dalam Bagian 4-41 s/d 4-44.

2.1.1.3 Sebelum mendesain suatu instalasi listrik harus dilakukan asesmen dan survai lokasi.

CATATAN Metode asesmen dan hal-hal yang disurvei dijelaskan dalam Bagian 3.

2.1.2 Ketentuan desain instalasi listrik

2.1.2.1 Desain instalasi listrik ialah berkas gambar desain dan uraian teknik, yang digunakan sebagai pedoman untuk melaksanakan pemasangan suatu instalasi listrik.

2.1.2.2 Desain instalasi listrik harus dibuat dengan jelas, serta mudah dibaca dan dipahami oleh para teknisi listrik. Untuk itu harus diikuti ketentuan dan standar yang berlaku.

2.1.2.3 Desain instalasi listrik terdiri dari :

- a) Gambar situasi, yang menunjukkan dengan jelas letak gedung atau bangunan tempat instalasi tersebut akan dipasang dan desain hubungannya dengan sumber tenaga listrik.
- b) Gambar instalasi yang meliputi:
 - 1) Desain tata letak yang menunjukkan dengan jelas letak perlengkapan listrik beserta sarana kendalinya (pelayanannya), seperti titik lampu, kotak kontak, sakelar, motor listrik, PHBK dan lain-lain.
 - 2) Desain hubungan perlengkapan listrik dengan gawai pengendalinya seperti hubungan lampu dengan sakelarnya, motor dengan pengasutnya, dan dengan gawai pengatur kecepatannya, yang merupakan bagian dari sirkit akhir.
 - 3) Gambar hubungan antara bagian sirkit akhir tersebut dalam butir b) dan PHBK yang bersangkutan, ataupun pemberian tanda dan keterangan yang jelas mengenai hubungan tersebut.
 - 4) Tanda ataupun keterangan yang jelas mengenai setiap perlengkapan listrik.
- c) Diagram garis tunggal, yang meliputi :
 - 1) Diagram PHBK lengkap dengan keterangan mengenai ukuran dan besaran pengenal komponennya;
 - 2) Keterangan mengenai jenis dan besar beban yang terpasang dan pembagiannya;
 - 3) Pembumian sistem dengan mengacu kepada 312.2;
 - 4) Ukuran dan jenis konduktor yang dipakai.

d) Gambar rinci yang meliputi :

- 1) Perkiraan ukuran fisik PHBK;
- 2) Cara pemasangan perlengkapan listrik;
- 3) Cara pemasangan kabel;
- 4) Cara kerja instalasi kendali.

CATATAN Gambar rinci dapat juga diganti dan atau dilengkapi dengan keterangan atau uraian.

e) Perhitungan teknis bila dianggap perlu, yang meliputi antara lain :

- 1) Drop voltase;
- 2) Perbaikan faktor daya;
- 3) Beban terpasang dan kebutuhan maksimum;
- 4) Arus hubung pendek dan daya hubung pendek;
- 5) Tingkat pencahayaan;
- 6) Keseimbangan beban.

f) Tabel bahan instalasi, yang meliputi :

- 1) Jumlah dan jenis kabel, konduktor dan perlengkapan;
- 2) Jumlah dan jenis perlengkapan bantu;
- 3) Jumlah dan jenis PHBK;
- 4) Jumlah dan jenis lumener lampu.

g) Uraian teknis, yang meliputi :

- 1) Ketentuan tentang sistem proteksi dengan mengacu kepada Lampiran F Bagian 4-41;
- 2) Ketentuan teknis perlengkapan listrik yang dipasang dan cara pemasangannya;
- 3) Cara pengujian;
- 4) Jadwal waktu pelaksanaan.

h) Perkiraan biaya

2.2 Susunan umum, kendali dan proteksi

2.2.1 Umum

2.2.1.1 Susunan umum bagi perlengkapan dan proteksi sirkit harus sedemikian sehingga instalasi beroperasi dengan memuaskan sehubungan dengan hal-hal berikut:

- a) Pemilihan kabel dan konduktor
- b) Susunan sirkit
- c) Pengendalian sirkit dengan penyakelaran yang memadai
- d) Proteksi sirkit terhadap keadaan beban lebih dan hubung pendek
- e) Pemilihan, desain dan penempatan PHB dan panel kendali
- f) Pemilihan gawai proteksi arus sisa
- g) Pembumian sistem dan proteksi (Lampiran F Bagian 4-41)
- h) Bahaya kebakaran dan ledakan
- i) Kondisi lingkungan

2.2.2 Ukuran dan jenis kabel dan konduktor

2.2.2.1 Umum

Kabel dan konduktor harus dipilih dengan mempertimbangkan kriteria berikut:

- a) KHA ditentukan dengan melihat pada jenis insulasi dan cara pemasangannya dan persyaratan dalam 2.2.2.2.
- b) Drop voltase yang ditentukan dari impedans kabel, karakteristik beban dan persyaratan dalam 2.2.3.
- c) Kinerja pada hubung pendek yang ditentukan dari arus gangguan yang mungkin terjadi dan karakteristik gawai proteksi.
- d) Kuat mekanis dan pertimbangan fisik lainnya.

2.2.2.2 Kapasitas hantar arus (KHA)

Setiap konduktor harus mempunyai KHA seperti yang ditentukan dalam Bagian 5-52 dan 7, dan tidak kurang dari arus yang mengalir di dalamnya. Untuk maksud ayat ini, KHA harus dianggap tidak kurang dari kebutuhan maksimum yang ditentukan dalam 2.3.2 untuk sirkit utama dan sirkit cabang, atau dalam 2.3.4 untuk sirkit utama atau sirkit cabang dengan cara pengukuran atau pembatasan, atau dalam 2.3.5 untuk sirkit akhir.

Untuk menentukan penampang konduktor netral lihat 524.2 dan 524.3.

2.2.3 Drop voltase

2.2.3.1 Umum

Drop voltase antara terminal pelanggan dan sembarang titik dari instalasi tidak boleh melebihi 4 % dari voltase pengenal pada terminal pelanggan bila semua konduktor dari instalasi dialiri arus seperti ditentukan di bawah:

- a) Untuk sirkit utama dan sirkit cabang kebutuhan maksimum harus ditentukan sesuai 2.3.1.
- b) Untuk sirkit akhir, kebutuhan maksimum harus ditentukan sesuai 2.3.5, akan tetapi nilai arus yang digunakan untuk menghitung drop voltase tidak perlu melebihi nilai berikut :
 - 1) Untuk setiap sirkit, beban tersambung total yang disuplai melalui bagian tersebut dari sirkit.
 - 2) Untuk sirkit akhir, nilai pengenal arus dari gawai proteksi sirkit yang sesuai dengan Tabel 2.4-1 sampai Tabel 2.4-4.

Persyaratan dalam ayat ini berlaku bagi kondisi arus kontinu dan tidak dapat digunakan pada pengasutan motor, penutupan solenoid dan operasi sejenis yang dapat menimbulkan arus transien yang tinggi sehingga dapat menaikkan drop voltase secara signifikan.

Untuk instalasi rumah, variasi berikut dapat digunakan untuk menentukan voltase:

- a) Untuk sirkit dengan panjang jalur tidak melebihi 25 m drop voltase di sirkit akhir dapat diabaikan
- b) Untuk sirkit dengan panjang jalur melebihi 25 m drop voltase di sirkit akhir harus ditentukan dengan menggunakan arus 50 % dari nilai pengenal arus gawai proteksi yang dipasang sesuai 2.2.8 atau 2.3.5.5.

2.2.3.2 Konduktor paralel

Drop voltase suatu sirkit dengan konduktor paralel harus diambil sebagai drop voltase dalam salah satu konduktor jika konduktor itu dialiri arus sama dengan arus yang ditentukan sesuai 2.2.3.1 dibagi oleh jumlah konduktor paralel.

2.2.4 Batas suhu

Suhu maksimum bagi kabel berinsulasi yang diperbolehkan ditentukan dalam Bagian 5-52 dan 7.

2.2.5 Sambungan konduktor paralel

Jika konduktor disambung paralel, persyaratan berikut harus dipenuhi:

- a) Konduktor harus dari bahan yang sama dan luas penampang yang sama;
- b) Konduktor harus kira-kira sama panjangnya dan sedapat mungkin harus mengikuti lintasan yang sama;
- c) Ujung-ujung konduktor harus disambung secara efektif oleh klem, solder atau cara lain yang diizinkan;
- d) KHA konduktor adalah jumlah dari KHA konduktor masing-masing dengan memperhitungkan cara pemasangannya dan faktor pengurangan yang berlaku.
- e) Luas penampang konduktor masing-masing harus cukup tahan terhadap besar arus gangguan prospektif pada titik gangguan instalasi.

CATATAN Bila suatu konduktor yang merupakan bagian dari kelompok konduktor paralel, terhubung pendek ke bumi, konduktor tersebut akan dialiri bagian terbesar dari arus hubung pendek.

2.2.6 Arus pengenal gawai pengendali

2.2.6.1 Umum

Setiap sakelar utama dan setiap sakelar atau pemutus sirkit yang digunakan sebagai sakelar pengendali sirkit utama, sirkit cabang atau sirkit akhir harus mempunyai arus pengenal tidak kurang dari kebutuhan maksimum dari bagian instalasi yang disuplai melalui sirkit utama, cabang dan sirkit akhir tersebut. Untuk maksud dari persyaratan ini kebutuhan maksimum harus ditentukan sesuai 2.3.1 untuk sirkit utama dan sirkit cabang dan 2.3.5 untuk sirkit akhir.

2.2.6.2 Persyaratan tambahan untuk sakelar utama

Sebagai tambahan persyaratan pada 2.3.6.1 arus pengenal sakelar utama, atau pemutus sirkit yang digunakan sebagai sakelar utama, tidak boleh kurang dari 10 A.

2.2.7 Arus pengenal dan jenis gawai proteksi

2.2.7.1 Umum

Gawai proteksi harus dipilih dengan memperhitungkan :

- a) Jenis sistem, seperti dijelaskan dalam 2.9 dan 2.10.
- b) Jenis gawai seperti dijelaskan dalam 2.2.7.2 dan
- c) Arus pengenal gawai seperti dijelaskan dalam 2.2.8.

2.2.7.2 Jenis gawai proteksi

2.2.7.2.1 Umum

Gawai proteksi harus disediakan agar secara otomatis memisahkan konduktor aktif dari sirkit dalam peristiwa :

- a) arus beban lebih
- b) arus hubung pendek atau
- c) arus bocor ke bumi.

Gawai-gawai ini harus disusun untuk memutuskan sirkit sebelum suatu kerusakan yang disebabkan oleh pengaruh termal atau elektromagnetik yang disebabkan karena arus lebih atau arus bocor ke bumi mencapai nilai yang ditentukan.

Proteksi ini dapat dicapai dengan pemilihan suatu gawai tunggal atau suatu gabungan dari gawai-gawai terpisah yang memberikan proteksi terhadap beban lebih, hubung pendek dan arus bocor ke bumi.

2.2.7.2.2 Gawai untuk proteksi terhadap arus beban lebih dan arus hubung pendek harus sanggup memutuskan setiap arus lebih sampai dengan arus hubung pendek prospektif pada titik tempat gawai proteksi dipasang.

Gawai harus dari jenis berikut:

- a) Sekering tertutup yang memenuhi standar.
- b) Pemutus sirkit mini (MCB) yang memenuhi standar.
- c) Pemutus sirkit dalam kotak tercetak yang memenuhi standar.
- d) Pemutus sirkit yang memenuhi standar.
- e) Gawai lain yang diizinkan yang mempunyai karakteristik yang sama dengan gawai di atas, asalkan tidak dari jenis yang dapat menutup kembali secara otomatis.

2.2.7.2.3 Gawai proteksi khusus terhadap arus lebih harus mampu memutuskan setiap arus beban lebih, tetapi dapat mempunyai kemampuan memutuskan lebih rendah dari pada arus hubung pendek prospektif. Gawai ini harus dari jenis sebagai berikut:

- a) gawai proteksi waktu invers.
- b) gawai lain yang diizinkan yang mempunyai karakteristik proteksi arus beban lebih yang sesuai.

2.2.7.2.4 Gawai proteksi khusus terhadap arus hubung pendek harus mampu memutuskan setiap arus hubung pendek sampai dengan arus hubung pendek prospektif, tetapi tidak perlu mampu memutuskan arus beban lebih.

Gawai tersebut harus dari jenis berikut:

- a) sekering HRC untuk proteksi cadangan motor;
- b) pemutus sirkit yang membuka seketika;
- c) gawai yang diizinkan lainnya, yang mempunyai karakteristik proteksi hubung pendek yang sesuai.

Gawai tersebut harus dipasang hanya jika proteksi beban lebih disediakan dengan gawai yang memenuhi 2.2.7.2.2 atau 2.2.7.2.4 atau jika proteksi beban lebih tidak disyaratkan.

2.2.7.2.5 Gawai proteksi terhadap arus bocor bumi harus mampu memutuskan bagian sirkit yang tepat yang dialiri arus bocor bumi di atas nilai yang ditentukan.

2.2.8 Arus pengenalan gawai proteksi

2.2.8.1 Umum

Arus pengenalan gawai proteksi tidak boleh kurang dari arus kebutuhan maksimum sirkit yang diproteksi.

Arus pengenalan gawai arus sisa tidak boleh kurang dari nilai terbesar di antara dua hal berikut:

- a) kebutuhan maksimum, yang ditentukan dalam 2.3.1 atau 2.3.5. untuk bagian instalasi yang diproteksi oleh gawai.

b) arus pengenal tertinggi gawai proteksi beban lebih pada bagian instalasi yang diproteksi.

Untuk memenuhi ayat ini, penyetelan pemutus sirkit yang dapat disetel dapat dianggap sebagai arus pengenal.

Arus pengenal maksimum setiap gawai proteksi beban lebih harus ditentukan menurut 2.2.8.2 dan 2.2.8.3 untuk memungkinkan arus beban lebih yang mengalir dalam sirkit diputus sebelum arus tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang merusak insulasi, sambungan, terminasi atau sekeliling konduktor yang diproteksi.

Arus pengenal maksimum gawai proteksi hubung pendek dapat lebih besar dari KHA konduktor yang diproteksi, tetapi harus dipastikan bahwa setiap arus hubung pendek yang mengalir dalam sirkit diputus sebelum arus tersebut dapat mengakibatkan bahaya akibat termal dan mekanis yang timbul pada sambungan dan terminasi konduktor yang diproteksi.

Jika konduktor lebih besar dipasang untuk keperluan drop voltase, nilai gawai proteksi beban lebih tidak boleh lebih besar dari arus yang akan mengakibatkan drop voltase sebesar 4 % menurut 2.2.3 pada arus kebutuhan maksimum sirkit yang diproteksi.

2.2.8.2 Gawai proteksi beban lebih lain

Arus pengenal proteksi beban lebih tidak boleh melebihi KHA konduktor yang diproteksi. Persyaratan ini tidak perlu jika perlengkapan yang disuplay dibebani beban lebih dalam waktu singkat dan ketentuan 2.2.8.4 berlaku.

Jika digunakan sekering jenis tertutup, arus pengenal alas gawai proteksi dan rumah sekering yang bersangkutan tidak boleh kurang dari arus pengenal elemen sekering.

2.2.8.3 Perlengkapan yang dibebani arus beban lebih

Jika perlengkapan dibebani arus beban lebih dalam waktu singkat, arus pengenal gawai proteksi dapat lebih besar dari KHA konduktor sirkit yang diproteksi, asal proteksi konduktor terhadap hubung pendek tersedia pada gawai proteksi.

Gawai proteksi arus lebih motor terdiri atas GPAL dan GPHP.

Arus pengenal GPAL motor sekurang-kurangnya 110% - 115% arus pengenal motor.

Arus pengenal GPHP harus dikoordinasikan dengan KHA kabel.

KHA kabel (I_z) sesuai 510.5.3.1 adalah 125 % arus pengenal beban penuh motor (I_B). Menurut persamaan pada Ayat 433.1 maka arus pengenal GPHP harus $\leq I_z$, biasanya nilainya di antara I_B dan I_z .

2.2.9 Pembatas arus gangguan

2.2.9.1 Umum

Pembatas arus gangguan harus dipilih untuk membatasi arus gangguan sesaat hingga nilai dalam batas kemampuan perlengkapan yang diproteksi.

Dalam memilih pembatas arus gangguan yang sesuai, harus diperhatikan faktor berikut:

- a) arus hubung pendek prospektif dari sistem suplai
- b) nilai pengenal dan karakteristik perlengkapan yang tersambung

- c) nilai pengenalan dan karakteristik perlengkapan proteksi yang bersangkutan dikaitkan dengan perlengkapan yang tersambung.

Gawai proteksi yang digunakan semata-mata sebagai pembatas arus gangguan tidak boleh beroperasi pada beban lebih.

CATATAN:

- a) Pemilihan dan penggunaan pembatas arus gangguan harus dilakukan dengan hati-hati, karena beberapa jenis pembatas arus gangguan dapat mengalami salah fungsi jika dibebani beban lebih dalam waktu lama dan karenanya tidak cocok untuk digunakan sebagai sekering pemakaian umum.
- b) Pembatas arus gangguan tidak dimaksudkan untuk diganti pada waktu instalasi dalam keadaan bervoltase.
- c) Periksa 2.11.4.4 untuk persyaratan spesifik bagi pembatas arus gangguan dipasang dalam sirkit yang menyuplai perlengkapan pengendalian kebakaran dan asap, perlengkapan evakuasi dan lift.

2.2.9.2 Sekering

Jika sekering digunakan sebagai pembatas arus gangguan, kata-kata “pembatas arus gangguan” dan nilai pengenalan elemen sekering maksimum yang diperlukan untuk mengamankan sirkit, harus dicantumkan pada atau bersebelahan dengan gawai semacam itu dengan tulisan yang jelas dan tidak mudah terhapus.

2.2.9.3 Lokasi

Pembatas arus gangguan dapat dipasang pada sisi suplai atau pada sisi beban perlengkapan proteksi yang bersangkutan. Dalam hal pada sisi beban pembatas arus gangguan harus dipasang sedekat mungkin pada perlengkapan proteksi yang bersangkutan.

2.2.9.4 Pengendalian

Pembatas arus gangguan tidak perlu dikendalikan oleh sakelar, asal terdapat tanda peringatan yang sesuai yang ditempatkan pada posisi yang tepat.

2.2.9.5 Pemasangan

Pembatas arus gangguan tidak perlu dipasang di depan perlengkapan hubung bagi, asal:

- a) Tersedia pencapaian yang aman dan mudah
- b) Adanya dan posisi pembatas semacam itu ditandai dengan jelas dan tidak mudah terhapus pada bagian depan perlengkapan hubung bagi.

2.3 Cara perhitungan kebutuhan maksimum di sirkit utama dan sirkit cabang

2.3.1 Cara menentukan kebutuhan maksimum

2.3.1.1 Kebutuhan maksimum di sirkit utama dan sirkit cabang harus ditentukan dengan salah satu cara yang diuraikan di bawah ini.

- a) Dengan perhitungan, seperti dikemukakan dalam 2.3.2.
- b) Dengan penaksiran, seperti dikemukakan dalam 2.3.3.
- c) Dengan pengukuran atau pembatasan, seperti dikemukakan dalam 2.3.4.

2.3.1.2 Instansi Pemeriksa dapat menetapkan cara yang harus dipakai. Selain ketentuan dalam 2.3.1.1 diberlakukan tambahan persyaratan berikut :

- a) Bila nilai kebutuhan maksimum, yang diperoleh dari pengukuran, melampaui nilai yang diperoleh dari perhitungan atau penaksiran, maka nilai hasil pengukuran inilah yang diambil sebagai kebutuhan maksimum.
- b) Bagi sirkit utama atau sirkit cabang yang menyuplai sirkit akhir, yang diproteksi dengan pemutus daya arus lebih dengan setelan pada nilai tertentu, kebutuhan maksimumnya tidak boleh diambil lebih besar dari jumlah nilai setelan arus pemutus daya yang mengamankan sirkit akhir.

2.3.2 Perhitungan kebutuhan maksimum di sirkit utama dan sirkit cabang

2.3.2.1 Dasar perhitungan

2.3.2.1.1 Umum

Kebutuhan maksimum harus dihitung sesuai dengan 2.3.2.2 sampai 2.3.2.3 untuk jenis instalasinya dan perlengkapan yang terpasang. Untuk maksud perhitungan, beban yang tersambung pada setiap konduktor aktif harus diperlakukan terpisah.

2.3.2.1.2 Pertimbangan khusus

Disadari bahwa boleh jadi terdapat perbedaan yang besar dalam pembebanan dari satu instalasi dengan instalasi lain, termasuk yang dicakup dalam Tabel 2.3-1 dan 2.3-2 dan lainnya seperti tempat ibadah, gedung umum, sekolah, kompleks rekreasi dan kompleks peristirahatan. Jika beberapa aspek dari 2.3.2 dan Tabel 2.3-1 serta Tabel 2.3-2 dapat digunakan sebagai pedoman dengan memperhatikan semua informasi relevan yang tersedia, suatu cara perhitungan kebutuhan maksimum alternatif untuk suatu instalasi dapat diizinkan.

2.3.2.1.3 Bagian campuran rumah dan bukan rumah

Bila suatu instalasi terdiri atas beban rumah dan beban bukan rumah (instalasi ganda), kebutuhan maksimum harus diperoleh dengan menggabungkan nilai relevan yang dihitung dari Tabel 2.3-1 dan 2.3-2.

2.3.2.2 Instalasi rumah tunggal dan instalasi rumah ganda

Untuk instalasi rumah tunggal dan instalasi rumah ganda perhitungan kebutuhan maksimum untuk tiap fase dari instalasi harus ditentukan dari Tabel 2.3-1 dengan mengambil jumlah dari nilai yang diperoleh dengan menerapkan petunjuk yang tepat dalam kolom 2, 3, 4 atau 5 pada kelompok beban A, B dan sebagainya dalam kolom 1.

CATATAN Contoh perhitungan kebutuhan maksimum untuk instalasi rumah tunggal dan banyak dilampirkan di bagian belakang Bagian ini.

Tabel 2.3-1 Kebutuhan maksimum instalasi rumah tunggal dan rumah ganda

1 Kelompok beban	2 Instalasi rumah tunggal atau unit petak per fase	3	4	5
		Gedung rumah petak ^(a, b)		
		2 sampai 5 unit petak per fase	6 sampai 20 unit petak per fase	21 atau lebih petak per fase
Beban satuan hunian				
A. Pencahayaan (i) Pencahayaan di luar kelompok (ii) dan kelompok beban H di Bawah (c, m)	2 A untuk 1 sampai 20 titik + 2 A untuk tiap tambahan 20 titik atau bagian daripadanya	6 A	5 A + 0,25 A tiap unit petak	0,5 A tiap unit petak
(ii) Pencahayaan luar yang melebihi 1000 W (hl)	75 % dari beban tersambung	Tidak ada perkiraan untuk tujuan kebutuhan maksimum		
B. (i) KKB dan KK yang tidak melebihi 10 A (e, m) Perlengkapan yang tersambung permanen tidak melebihi 10 A dan tidak termasuk kelompok beban lain (n).	5 A untuk 1 sampai 20 titik + 5 A untuk tiap tambahan 20 titik atau bagian daripadanya	10 A + 5 A tiap unit petak	15 A + 3,75 A tiap unit petak	0,5 A + 1,9 A tiap unit petak
(ii) Untuk instalasi yang mencakup satu atau lebih KK 15 A, di luar KK yang sudah terpasang untuk menyuplai perlengkapan yang termasuk dalam kelompok C, D, E, F, G dan L (e, f)	10 A	10 A	10 A	10 A
(iii) Untuk instalasi yang mencakup satu atau lebih KK 20 A di luar KK yang sudah terpasang untuk menyuplai perlengkapan yang termasuk dalam kelompok C, D, E, F, G dan L (e, f)	15 A	15 A	15 A	15 A
C. Dapur listrik, peranti masak, perlengkapan binatu atau KK dengan arus pengenal lebih dari 10 A untuk sambungan ke perlengkapan tersebut (e)	50 % beban tersambung	15 A	2,8 A per unit petak	2,8 A per satuan petak
D. Perlengkapan pemanas udara atau AC, sauna yang tersambung tetap atau KK dengan arus pengenal lebih dari 10 A untuk menghubungkan perlengkapan tersebut (e,g,k).	75 % beban tersambung	75 % beban tersambung	75 % beban tersambung	75 % beban tersambung
E. Pemanas air sesaat (f)	33,3% beban tersambung	6 A per unit petak	6 A per unit petak	100 A + 0,8 A per unit petak

Tabel 2.3-1 (lanjutan)

1	2	3	4	5
F. Pemanas air tandoan (i) Beban terkendali (k)	Bila arus beban penuh lebih kecil dari nilai yang diperoleh untuk kelompok beban lain yang sesuai, tidak ada perkiraan untuk kebutuhan maksimum (k).			
(ii) Jenis lain (j)	Arus beban penuh	6 A per unit petak	6 A per unit petak	100 A + 0,8 A per unit petak
G. Pemanas Spa dan kolam renang (k)	75 % dari Spa terbesar, tambah 75 % kolam renang terbesar, tambah 25 % dari sisanya.			
H. Pencahayaan bersama (h,i)	Tidak berlaku	Beban tidak terkait dengan hunian tunggal - tersambung pada setiap fase, (pencahayaan umum, binatu umum, lift motor dan sebagainya). Beban tersambung penuh		Beban tersambung penuh
I. KKB dan KKK tidak termasuk dalam kelompok J dan M di bawah (d, e, f) perlengkapan tersambung tetap tidak melebihi 10 A.	Tidak berlaku	2 A per titik	2 A per titik	1 A per titik
J. Peranti dengan kemampuan lebih dari 10 A, dan KK untuk Penyambungan : (i) Peningin pakaian, pemanas air, mesin cuci yang dilengkapi Pemanas sendiri, ketel untuk cuci (e).	Tidak berlaku	50 % beban tersambung	50 % beban tersambung	50 % beban tersambung
(ii) Pemanas ruangan, perlengkapan pendingin udara, sauna Yang terpasang tetap (g).	Tidak berlaku	75 % beban tersambung	75 % beban tersambung	75 % beban tersambung
(iii) Pemanas Spa dan pemanas kolam renang.	Tidak berlaku	75 % dari Spa terbesar ditambah 75 % dari kolam renang yang terbesar, ditambah 25 % dari sisanya.		
K. Lift	Sesuai dengan 2.3.3.3 Tabel 2.3-2	Tidak ada perkiraan untuk perhitungan beban maksimum. Sesuai dengan 2.3.2.3 Tabel 2.3-2 untuk penentuan ukuran dari sirkit cabang.		
L. Motor	Sesuai dengan 2.3.3.3 Tabel 2.3-2 kolom 2	Sesuai dengan 2.3.2.3 Tabel 2.3-2 kolom 2.		
M. Peranti termasuk KK di luar kelompok A sampai dengan L di atas seperti penggiling keramik, mesin las, pemancar radio, mesin sinar – X dan sejenisnya.	Beban tersambung 5 A atau kurang : Tidak ada nilai perkiraan untuk menentukan kebutuhan maksimum.	Beban tersambung 10 A atau kurang. Tidak ada penilaian untuk penentuan kebutuhan maksimum.		
	Beban tersambung 5 A lebih : Diperkirakan oleh instansi pemeriksa yang berwenang	Beban tersambung diatas 10 A. Diperkirakan oleh instansi pemeriksa yang berwenang.		

CATATAN 1 : Untuk Tabel 2.3-1:

- a) Untuk sambungan multifase, jumlah rumah dibagi jumlah fase dari suplai, contoh: 16 unit rumah yang disuplai oleh fase tiga, $16/3 = 6$ unit tersambung pada fase yang di bebani paling berat (Kolom 4).
- b) Bila hanya sebagian dari jumlah unit dalam instalasi ganda yang dilayani oleh multifase dilengkapi dengan peranti rumah tangga yang tersambung permanen, misalnya peranti masak listrik atau perlengkapan pemanas ruangan, jumlah peranti dari setiap kategori di bagi dengan jumlah fase, dan kebutuhan maksimum ditentukan seperti dalam contoh –3 di bagian belakang.
- c) Sistem rel pencahayaan dianggap sebagai 2 titik per meter jalur.
- d) Kelompok beban ini tidak berlaku untuk KK yang terpasang di daerah umum tapi tersambung pada unit rumah petak. KK tersebut harus dimasukkan dalam kelompok beban B.
- e) Untuk penentuan kebutuhan maksimum, KK kombinasi ganda diperhitungkan sebagai titik beban yang sama jumlahnya dengan jumlah KK integral dalam kombinasi tersebut.
- f) Bila suatu instalasi terdiri atas kelompok KK 15 atau 20 A tercakup dalam kelompok beban B (ii) atau B (iii) maka beban dasar dari kelompok beban B ditambah dengan masing-masing 10 A atau 15 A; bila KK 15 A dan 20 A terpasang, penambahannya adalah 15 A.
- g) Bila suatu instalasi mengandung sistem penyaman udara (AC) untuk digunakan pada cuaca panas dan sistem pemanas untuk digunakan pada cuaca dingin maka hanya sistem dengan beban terbesar yang diperhitungkan.
- h) Pencahayaan sorot, pencahayaan kolam renang, lapangan tenis dan sejenisnya.
- i) Pemanas air sesaat termasuk pemanas cepat dengan elemen pemanas lebih besar dari 100 W//.
- j) Pemanas air tandon, termasuk pemanas cepat yang tidak termasuk di catatan i).
- k) Pembebanan terkendali ditentukan hanya dengan memperhatikan beban yang suplai listriknya dikendalikan oleh instansi penyuplai sehingga suplai hanya tersedia pada saat-saat terbatas saja. Bila arus beban penuh dari beban terkendali melampaui kebutuhan yang dihitung dengan memperhatikan butir-butir yang tepat dalam Tabel ini, arus beban penuh dari beban terkendali bersama dengan kelompok A (ii) dan kelompok H harus ditetapkan sebagai kebutuhan maksimum dari instalasi.
- l) Dalam menghitung beban tersambung, besaran pengenalan di bawah ini digunakan untuk pencahayaan :
 - 1) Lampu pijar : 60 W atau watt yang sesungguhnya dari lampu yang terpasang, mana yang lebih besar, kecuali bila desain lumener lampu banyak yang terkait dengan fitting hanya memperkenankan lampu yang kurang dari 60 W yang dapat dipasang pada fitting, maka beban tersambung dari fitting tersebut harus sama dengan watt lampu terbesar yang dapat dilayani. Untuk lumener lampu banyak beban setiap fitting lampu harus ditetapkan berdasarkan di atas.
 - 2) Lampu TL dan lampu luah lainnya: Beban penuh tersambung, yaitu arus yang sesungguhnya diserap oleh susunan pencahayaan, dengan memperhitungkan perlengkapan bantu seperti balas dan kapasitor. Faktor daya dari lampu TL dan lampu luah lainnya tidak boleh kurang dari 0,85.
 - 3) Rel pencahayaan: 0,5 A/m per fase per rel atau beban yang sesungguhnya tersambung, mana yang lebih besar.
- m) Suatu KK yang terpasang setinggi lebih dari 2,3 m di atas lantai untuk penyambungan ke suatu peranti rumah tangga yang tidak lebih dari 100 W atau suatu lumener dapat dimasukkan sebagai titik pencahayaan dalam kelompok beban A (i). Suatu peranti tidak lebih dari 100 W, yang tersambung permanen atau tersambung pada KK yang terpasang lebih dari 2,3 m di atas lantai dapat dianggap sebagai titik pencahayaan.
- n) Setiap bagian dari perlengkapan yang tidak melebihi 10 A, yang tersambung secara permanen, dapat dimasukkan dalam kelompok beban B (i) sebagai titik tambahan.

2.3.2.3 Instalasi bukan rumah

Untuk instalasi bukan rumah perhitungan kebutuhan maksimum setiap fase dari instalasi harus ditentukan dari Tabel 2.3-2 dengan mengambil jumlah dari nilai-nilai yang diperoleh dengan menerapkan petunjuk yang tepat dalam kolom 2 dan 3 sesuai dengan jenis instalasinya pada kelompok beban A, B dan seterusnya dalam kolom 1.

Tabel 2.3-2 Kebutuhan maksimum instalasi bukan rumah

1	2	3
Kelompok beban	Perumahan, hotel, asrama, rumah sakit, rumah penginapan, motel e)	Pabrik, toko, kompleks, perkantoran, kompleks perdagangan e)
A) Pencahayaan selain di kelompok beban F a),b).	75 % dari beban tersambung	Beban tersambung penuh
B) 1) KKB dan KK yang tidak melebihi 10 A selain di D 2)	1000 W untuk KK pertama ditambah 400 W untuk setiap KK lainnya	1000 W untuk KK pertama ditambah 750 W untuk setiap KK lainnya
2) KKB dan KK yang tidak melebihi 10 A dalam gedung atau bagian gedung yang dilengkapi dengan perlengkapan pemanas atau pendingin, atau keduanya yang dipasang magun (b,d)	1000 W untuk KK pertama ditambah 100 W untuk setiap KK lainnya	1000 W untuk KK pertama ditambah 100 W untuk setiap KK lainnya
3) KK lebih dari 10 A .d)	Arus pengenal penuh dari KK bernilai pengenal tertinggi ditambah 50% dari arus pengenal penuh beban lainnya	Arus pengenal penuh dari KK bernilai tertinggi ditambah 75% dari nilai pengenal beban lainnya
C) Peranti untuk masak, peranti pemanas dan pendingin, termasuk pemanas air seketika tetapi tidak termasuk peranti dalam kelompok D) dan J) di bawah	Beban penuh terpasang dari peranti berbeban tertinggi ditambah 50% dari beban penuh lainnya	Beban penuh tersambung dari peranti berbeban tertinggi ditambah 75% dari beban penuh lainnya
D) Motor selain dari di E) dan F) di bawah	Beban penuh motor dengan nilai pengenal tertinggi di tambah 50 % dari beban penuh lainnya	Beban penuh motor dengan nilai pengenal tertinggi ditambah 75% dari motor dengan nilai pengenal tertinggi kedua ditambah 50% dari beban penuh lainnya
E) Lift	1) Motor lift terbesar - 125 % beban penuh 2) Motor lift terbesar kedua - 75 % beban penuh 3) Motor lainnya - 50 % beban penuh Untuk keperluan kelompok beban ini, arus beban penuh suatu motor lift berarti arus dari suplai pada saat mengangkat beban pengenal maksimum pada kecepatan pengenal maksimum	
F) Unit pompa bahan bakar	1) Motor Motor pertama - beban penuh Motor kedua - 50 % beban penuh Motor lainnya - 25 % beban penuh 2) Pencahayaan – beban penuh tersambung	
G) Kolam renang, spa, sauna, pemanas tandoan termal termasuk pemanas air, pemanas ruangan dan perlengkapan sejenis (c)	1) Elemen kontinu - beban penuh untuk segala keadaan 2) Elemen yang terkendali (termasuk elemen yang terkendali yang mungkin dihubungkan pada suplai pada waktu-waktu di luar waktu yang dikendalikan dengan sakelar alih atau sistem kendali beban) : 66,6 % dari beban penuh, sekiranya kebutuhan dari sisa instalasi lainnya yang dihitung, tidak kurang dari kebutuhan elemen yang dikendalikan. Beban penuh untuk keadaan lainnya.	
H) Mesin las	Ketentuan mengenai mesin las diberikan dalam 2.3.2.4.	
J) Perlengkapan sinar – X	50 % dari beban penuh unit sinar – X terbesar, unit-unit lainnya diabaikan.	
K) Perlengkapan lain yang tidak tercakup dalam kelompok beban di atas	Menurut perkiraan Instansi Pemeriksa Berwenang	

CATATAN 2 : Untuk Tabel 2.3-2:

- a) Dalam perhitungan beban tersambung, nilai pengenalan di bawah ditetapkan untuk lampu:
- 1) Lampu pijar : 60 watt, atau watt sebenarnya dari lampu yang dipasang, tergantung mana yang lebih besar, kecuali bila lumener pencahayaan yang berkaitan dengan fitting hanya dapat dipasang dengan lampu tidak lebih dari 60 watt untuk setiap fitting lampu, maka beban tersambung dari fitting adalah watt dari fitting lampu terbesar yang dapat dipasang padanya.
Untuk lumener lampu banyak, beban dari setiap fitting lampu harus ditetapkan sesuai dengan ketentuan di atas.
 - 2) Lampu TL : Beban tersambung penuh, yaitu arus yang diserap oleh susunan pencahayaan dengan memperhitungkan alat pembantu seperti balas dan kapasitor.
 - 3) Rel pencahayaan : 0,5 A/m per fase setiap rel, atau beban yang sesungguhnya tersambung, mana yang lebih besar.
- b) Kelompok beban B 2) berlaku untuk gedung atau bagian dari gedung yang memiliki perlengkapan pemanas dan/atau pendingin ruangan permanen yang khusus dipasang sehingga tidak memerlukan KKB untuk peranti pemanas atau pendingin ruangan. Penggunaan pemanas atau pendingin atau keduanya untuk menghindari penggunaan peranti pemanas atau pendingin randah, tergantung pada lokasi dan iklim yang bersangkutan.
- c) Beban – terkendali mencakup hanya beban yang suplainya tersedia untuk waktu terbatas.
- d) Suatu kotak kontak, yang terpasang pada ketinggian lebih dari 2,3 m di atas lantai untuk penyambungan peranti dengan daya tidak lebih dari 100 W atau lumener pencahayaan dapat dimasukkan sebagai titik lampu dalam kelompok beban A.
Suatu peranti dengan daya tidak lebih dari 100 W yang terpasang secara magun atau dipasang pada KK yang dipasang lebih dari 2,3 m di atas lantai boleh dianggap sebagai titik pencahayaan.
- e) Lihat 2.3.1, 2.3.4.2 dan 2.3.5.3 untuk kebutuhan maksimum sirkit utama, sirkit cabang dan sirkit akhir yang dapat ditentukan dengan pembatasan.

2.3.2.4 Mesin las

2.3.2.4.1 Definisi

Untuk maksud butir 2.3.2.4 berlaku definisi di bawah ini :

- a) Arus primer pengenalan
- 1) untuk mesin las busur adalah arus masukan pengenalan yang tertera atau arus primer pengenalan terkoreksi yang tertera bila dilengkapi dengan perlengkapan untuk memperbaiki faktor daya, atau
 - 2) untuk mesin las lainnya adalah arus yang diperoleh dengan mengalikan kilo volt ampere (kVA) pengenalan dengan 1000 dan membaginya dengan nilai voltase primer pengenalan yang tertera pada papan nama.
- b) Arus primer yang sesungguhnya : arus yang diserap dari sirkit suplai pada setiap saat mesin las bekerja, pada posisi tap tertentu dan pada setelan pengatur tertentu.
- c) Daur tugas – perbandingan antara waktu selama arus mesin las mengalir, dengan waktu standar 1 menit, dinyatakan dalam persen.

CONTOH 1 :

Sebuah mesin las titik yang disuplai pada sistem 50 Hz (3000 siklus/menit) membuat 6 titik las per menit, masing-masing titik selama 15 siklus, memiliki daur tugas sebesar :

$$\frac{6 \times 15 \times 100}{3000} = 3\%$$

CONTOH 2 :

Mesin las kampuh yang bekerja dua siklus kerja dan dua siklus mati akan mempunyai daur tugas 50%.

CATATAN KHA konduktor suplai yang dibutuhkan guna membatasi drop voltase pada suatu nilai yang diizinkan agar mesin pengelas memberikan unjuk kerja memuaskan, kadang-kadang dapat lebih besar dari pada yang diperlukan untuk mencegah pemanasan lebih dari konduktor.

2.3.2.4.2 Mesin las busur

Berikut ini berlaku untuk mesin las busur.

- a) Mesin tunggal : Kebutuhan maksimum mesin las busur tunggal harus dihitung 100 % dari arus primer pengenal.
- b) Kelompok mesin : Kebutuhan maksimum dari dua atau lebih mesin las busur harus dihitung sebagai berikut :
 - 1) dua mesin las terbesar : 100% dari tiap arus primer pengenal, ditambah
 - 2) mesin las terbesar berikutnya: 85 % dari arus primer pengenal, ditambah
 - 3) mesin las terbesar berikutnya: 70 % dari arus primer pengenal, ditambah
 - 4) semua mesin las lainnya : 60 % dari arus primer pengenal.

2.3.2.4.3 Mesin las resistans

Berikut ini berlaku bagi mesin las resistans.

- a) Mesin tunggal :

Kebutuhan maksimum untuk mesin las resistans tunggal harus dihitung sebagai berikut :

- 1) Operasi yang berubah-ubah : 70 % dari arus primer pengenal untuk mesin kampuh dan mesin otomatis, dan 50 % dari arus primer pengenal untuk mesin-mesin tidak otomatis yang dikerjakan manual.
- 2) Operasi khusus : hasil perkalian dari arus primer sebenarnya dan faktor kelipatan berikut ini, untuk daur tugas mesin las dioperasikan pada kondisi kerja khusus, yang arus primer sebenarnya dan daur tugasnya diketahui dan tidak berubah.

Daur tugas (persen):	50	40	30	25	20	15	10	7,5	5 atau kurang
Faktor kelipatan :	0,71	0,63	0,55	0,50	0,45	0,39	0,32	0,27	0,22

b) Kelompok mesin :

Kebutuhan untuk dua atau lebih mesin las resistans harus dihitung sebagai jumlah dari nilai yang didapat sesuai dengan butir (a) untuk mesin-mesin las terbesar yang disuplai dan 60% dari nilai yang didapat sesuai dengan butir (a) untuk semua mesin-mesin las lain yang disuplai.

2.3.3 Penentuan kebutuhan maksimum dengan penaksiran

Kebutuhan maksimum dari sirkit utama dan sirkit cabang dapat dilakukan dengan penaksiran oleh Instansi Pemeriksa yang berwenang.

Penaksiran dapat dipertimbangkan terutama jika :

- a) perlengkapan pada instalasi bekerja pada kondisi beban yang naik turun atau *intermiten* dan daur tugas tertentu dapat ditetapkan;
- b) instalasinya besar dan rumit, atau
- c) jika terdapat penghunian khusus.

2.3.4 Penentuan kebutuhan maksimum sirkit utama dan sirkit cabang dengan cara pengukuran atau pembatasan

2.3.4.1 Penentuan kebutuhan maksimum dengan cara pengukuran

Kebutuhan maksimum sirkit utama dan sirkit cabang ditentukan oleh konsumsi listrik tertinggi yang direkam atau yang dapat dipertahankan selama periode 15 menit oleh indikator atau perekam maksimum. Pengukuran semacam ini dilaksanakan sesuai dengan cara yang diizinkan.

2.3.4.2 Penentuan kebutuhan maksimum dengan cara pembatasan

Kebutuhan maksimum sirkit utama dan sirkit cabang dapat ditentukan oleh arus pengenal pemutus sirkit dengan setelan tetap, atau oleh setelan arus dari pemutus sirkit yang dapat disetel, asal metode kalibrasi, penyetelan, selungkup dan penyegelan pemutus tersebut diizinkan oleh instansi berwenang.

Hal ini tidak berlaku bagi instalasi rumah tunggal atau ganda. Lebih lanjut, bilamana sesuai 2.2.8.4 suatu pemutus sirkit dipasang yang mempunyai arus pengenal lebih besar daripada KHA konduktor yang diproteksi, pengenal atau setelan dari pemutus sirkit itu tidak diperhitungkan dalam penentuan kebutuhan maksimum.

2.3.5 Kebutuhan maksimum sirkit akhir

2.3.5.1 Umum

Pada umumnya, kebutuhan maksimum suatu sirkit akhir dianggap sama dengan beban penuh tersambung.

Kebutuhan maksimum sirkit akhir dapat ditentukan dengan salah satu metode tersebut dalam 2.3.5.2 sampai 2.3.5.6.

2.3.5.2 Penaksiran

Kebutuhan maksimum sirkit akhir dapat ditaksir oleh instansi pemeriksa yang berwenang bila sirkit akhir :

- a) dapat mengalami pembebanan lebih yang lama; atau
- b) tersambung pada perlengkapan yang dioperasikan pada kondisi naik-turun atau intermiten dan suatu daur tugas tertentu dapat ditentukan.

2.3.5.3 Pembatasan kebutuhan maksimum dengan pemutus sirkit

Kebutuhan maksimum sirkit akhir yang diproteksi dengan pemutus sirkit seperti pemutus sirkit yang memenuhi 2.2.7.2.2 c), d) atau e) dapat dianggap sebagai :

- a) nilai pengenal pemutus sirkit setelan tetap, atau
- b) setelan arus pemutus sirkit yang dapat disetel, dengan metode kalibrasi, penyetelan, selengkap dan penyegelan pemutus sirkit yang diizinkan oleh instansi berwenang.

Ketentuan ini tidak berlaku bagi sirkit akhir dalam keadaan berikut :

- a) Dalam instalasi rumah yang tersambung suatu peranti tunggal. Kebutuhan maksimumnya ditentukan menurut 2.2.5.4
- b) Bila sesuai dengan 2.2.8.4 suatu pemutus sirkit yang nilai pengenalnya lebih besar dari KHA konduktor yang diproteksinya, kebutuhan maksimum harus ditentukan oleh kebutuhan maksimum perlengkapan tersebut.

2.3.5.4 Sirkit yang tersambung pada satu peranti atau satu kotak kontak

2.3.5.4.1 Umum

Sirkit akhir yang menyuplai hanya satu peranti atau satu kotak kontak untuk penyambungan peranti magun atau stasioner dianggap mempunyai kebutuhan maksimum sama dengan beban peranti sebenarnya.

Jika peranti adalah dapur listrik, tungku atau pelat panas dalam instalasi rumah, kebutuhan maksimum ditentukan menurut 2.3. 5.4.2.

Kotak kontak tunggal, selain KK yang dipasang untuk disambung pada peranti magun atau stasioner, harus dianggap mempunyai pembebanan sama dengan nilai pengenal yang tercantum pada kotak kontak tersebut.

2.3.5.4.2 Dapur listrik, tungku dan pelat panas dalam instalasi rumah

Bagi dapur listrik, tungku, atau pelat panas dalam instalasi rumah, kebutuhan maksimum per fase adalah sebagai berikut (untuk voltase 220 V)

- a) Untuk nilai pengenal beban-penuh fase tidak melebihi 5 kW --- 16 A
- b) Untuk nilai pengenal beban penuh fase melebihi 5 kW tetapi tidak melebihi 8 kW --- 20 A
- c) Untuk nilai pengenal beban penuh fase lebih dari 8 kW tetapi tidak melebihi 10 kW --- 25 A
- d) Untuk nilai pengenal beban penuh fase melebihi 10 kW tetapi tidak melebihi 13 kW --- 32 A
- e) Untuk nilai pengenal beban penuh fase lebih dari 13 kW --- 40 A

Suatu tungku atau pelat panas, atau kombinasi dari tungku dan pelat panas yang diperlakukan sebagai satu unit peranti dapat dianggap sebagai dapur listrik dalam kaitannya dengan ayat ini.

2.3.5.5 Sirkit yang dihubungkan pada lebih dari satu peranti atau kotak kontak

Sirkit akhir yang padanya dihubungkan lebih dari satu peranti atau kotak kontak, sesuai dengan 2.4 dan Tabel 2.4-1 sampai dengan 2.4-4 mempunyai kebutuhan maksimum sama dengan:

- a) jumlah beban sebenarnya peranti dan kotak kontak pada sirkit, atau;
- b) nilai pengenalan gawai proteksi sirkit,

mana yang lebih kecil antara keduanya.

Untuk butir a), suatu kotak kontak, selain yang terpasang untuk dihubungkan ke peranti magun atau stasioner, harus dianggap mempunyai beban sama dengan nilai pengenalan yang tercantum pada kotak kontak.

2.3.5.6 Perlengkapan saling mengunci

Jika lebih dari satu peranti, motor atau perlengkapan lain yang saling mengunci disuplai dari satu sirkit akhir, sehingga hanya sejumlah terbatas peranti atau motor yang dapat terhubung selama suatu kurun waktu tertentu, kebutuhan maksimum sirkit akhir dapat dianggap kebutuhan maksimum tertinggi yang dapat diperoleh dari kombinasi peranti, motor atau perlengkapan yang mungkin dapat terhubung selama suatu kurun waktu tertentu.

2.3.6 Sirkit akhir terpisah yang diperlukan

2.3.6.1 Lampu, peranti listrik atau KK voltase rendah dengan nilai pengenalan lebih dari 20 A atau lebih dari 20 A per fase, masing-masing harus disuplai dari sirkit akhir yang jelas terpisah.

Peranti gabungan, mesin gabungan yang terdiri dari sejumlah gawai pemakai individual, harus dianggap sebagai satu unit tunggal untuk maksud penerapan Ayat ini.

Gawai pemanfaat individual tersebut mencakup:

- a) Motor yang berkaitan dengan satu lift dalam instalasi lift.
- b) Motor dan perlengkapan penunjang yang berkaitan dengan instalasi penyaman udara, mesin perkakas dan sebagainya.
- c) Unit pemasak individual seperti pelat panas dan tungku dari suatu dapur listrik yang dipasang dalam satu ruangan.

2.4 Jumlah titik beban dalam tiap sirkit akhir

2.4.1 Jumlah titik beban maksimum dalam tiap sirkit akhir

2.4.1.1 Umum

Jumlah maksimum titik beban yang dapat dihubungkan paralel pada suatu sirkit akhir harus sesuai dengan 2.4.1.2 sampai 2.4.1.6.

Ketentuan ini tidak berlaku dalam keadaan berikut :

- a) Sirkuit akhir yang menyuplai perlengkapan yang mempunyai nilai pengenal lebih dari 20 A, atau lebih dari 20 A per fase yang dirinci di 2.3.6.
- b) Sirkuit akhir digunakan untuk penerapan khusus seperti ditentukan dalam 2.4.2.

Jumlah titik beban yang dapat dihubungkan pada suatu sirkuit akhir tergantung pada nilai pengenal gawai proteksi, yang nilai maksimumnya tidak boleh melebihi KHA konduktor sirkuit.

Untuk penerapan Tabel 2.4-1 sampai Tabel 2.4-4 lihat contoh soal di bagian belakang bab ini.

2.4.1.2 Sirkuit akhir untuk penggunaan tunggal

Sirkuit akhir untuk penggunaan tunggal adalah sirkuit akhir yang hanya menyuplai :

- a) titik pencahayaan;
- b) K.K.B;
- c) K.K. 10A;
- d) K.K. 15A; atau
- e) K.K. 20A;

yang harus memenuhi persyaratan susunan dalam tabel berikut ini :

- a) Instalasi rumah : Tabel 2.4-1
- b) Instalasi bukan rumah : Tabel 2.4-2

2.4.1.3 Sirkuit dari hanya satu titik beban dan sirkuit campuran

Bila suatu sirkuit akhir menyuplai :

- a) peranti tunggal yang tersambung magun;
- b) K.K tunggal untuk penyambungan peranti tunggal terpasang magun atau stasioner, atau;
- c) gabungan dari peranti yang tersambung magun, titik pencahayaan atau K.K.

maka harus memenuhi susunan dalam tabel berikut :

- (i) Instalasi rumah : Tabel 2.4-3
- (ii) Instalasi bukan rumah : Tabel 2.4-4

CATATAN Tabel-tabel 2.4-3 dan 2.4-4 digunakan dengan menentukan besar kontribusi tiap titik beban dalam ampere, pada sirkuit dari nilai yang diberikan di dalam baris tunggal dari kolom 5 sampai 10 dari Tabel 2.4-3 atau kolom 5 sampai 10 dari Tabel 2.4-4.

Jumlah titik beban tidak boleh melebihi nilai yang diberikan dalam kolom 4 dan jumlah kontribusi dalam ampere, tidak boleh melebihi beban maksimum yang diizinkan di kolom 3. Nilai pengenal dari gawai proteksi sirkuit selanjutnya ditentukan dari nilai-nilai yang diberikan didalam baris yang sama dari kolom 1 dan 2.

2.4.1.4 Sirkuit akhir yang mempunyai gawai proteksi sirkuit dengan nilai pengenal lebih besar dari yang tersedia dalam Tabel 2.4-1 sampai dengan Tabel 2.4-4.

Untuk sirkuit akhir yang mempunyai gawai proteksi sirkuit dengan nilai pengenal lebih besar dari pada yang tersedia di dalam Tabel 2.4-1 sampai dengan Tabel 2.4-4, jumlah titik yang akan disambung tidak dibatasi jumlahnya dengan ketentuan bahwa tidak boleh ada KKB disambungkan pada sirkuit akhir yang disuplai melalui :

- a) pemutus sirkit atau sekering kemampuan tinggi yang nilai pengenalnya melebihi 32 A, atau
 b) sekering semi tertutup yang dapat dikawati kembali, yang mempunyai nilai pengenal melebihi 25 A.

2.4.1.5 Perlengkapan yang saling mengunci

Bila perlengkapan saling mengunci seperti dijelaskan dalam 2.3.5.6, maka jumlah titik harus ditetapkan sebagai jumlah titik maksimum yang dapat berada dalam sirkit pada suatu saat.

Tabel 2.4-1 Jumlah titik sambung untuk sirkit akhir untuk penggunaan tunggal dalam instalasi rumah

1		2	3	4	5
Jenis sirkit		Diproteksi dengan pemutus sirkit atau sekering kemampuan tinggi		Diproteksi dengan sekering yang dapat dikawati kembali	
		Nilai pengenal dari gawai proteksi (a) A	Jumlah titik sambung maksimum	Nilai pengenal dari gawai proteksi (a) A	Jumlah titik sambung maksimum
Titik pencahayaan (c)		6 ≥ 10	20 Tidak terbatas	8 12 16 ≥ 20	20 25 40 Tidak terbatas
KKB atau KK Fase tunggal atau Multifase (be) 10 A	Kondisi A	16 20	8 8	16 20	4 6
	Kondisi B (d)	25 32	10 15	25	8
KK fase tunggal atau fase Banyak 15 A		16 20 25 32	1 2 3 4	16 20 25 32	1 2 3 4
KK fase tunggal atau fase Banyak 20 A		20 25 32	1 1 2	20 25 32	1 1 2

Tabel 2.4-4 Jumlah titik sambung untuk satu buah sirkit akhir untuk penggunaan tunggal dalam instalasi bukan rumah

1		2	3	4	5
Jenis sirkit		Diproteksi dengan pemutus sirkit atau sekering kemampuan tinggi		Diproteksi dengan sekering yang dapat dikawati kembali.	
		Nilai pengenalan dari gawai proteksi (a) A	Jumlah titik sambung maksimum	Nilai pengenalan dari gawai proteksi (a) A	Jumlah titik sambung maksimum
Titik pencahayaan (c)		10 16 20 ≥ 25	20 25 40 Tidak terbatas	8 12 16 20 ≥ 25	20 20 25 40 Tidak terbatas
KKB atau KK Fase tunggal atau Multifase (b) 10A	Tanpa penyaman udara permanen	16 20 25 32	8 10 12 16	16 20 25	3 4 6
	Dengan penyaman udara permanen (f)	16 20 25 32	15 20 25 35	16 20 25	3 4 6
KK fase tunggal atau fase Banyak 15A		16 20 25 32	1 1 2 4	16 20 25 32	1 1 2 4
KK fase tunggal atau fase Banyak 20A		20 25 32	1 1 2	20 25 32	1 1 2

CATATAN : Untuk Tabel 2.4-1 dan Tabel 2.4-4:

a) Nilai pengenalan gawai proteksi sirkit.

Lihat 2.2.1.4 untuk persyaratan yang berhubungan dengan penggunaan gawai proteksi sirkit yang mempunyai nilai pengenalan yang melebihi angka-angka di kolom 2 dan 4.

b) Sambungan yang dibatasi

Pada sirkit dengan penampang kurang dari 2,5 mm², tidak boleh disambungkan KKB atau KK fase satu 15A atau 20A, 2.4.1.4 melarang menyambungkan KKB pada sirkit yang diproteksi oleh pemutus sirkit atau sekering kemampuan tinggi yang mempunyai nilai pengenalan melebihi 32A atau pada suatu sirkit yang diproteksi oleh sekering semi tertutup yang dapat dikawati kembali yang mempunyai nilai pengenalan melebihi 25A.

c) Titik pencahayaan.

Suatu luminair pencahayaan dianggap terdiri dari satu atau lebih titik pencahayaan sesuai dengan jumlah titik di lumener itu yang dihubungkan dengan kabel fleksibel ke perkawatan tetap, atau sesuai dengan jumlah bagian-bagian yang dikendalikannya.

Sambungan pencahayaan pesta, tanda dan pencahayaan hiasan tidak boleh dipandang sebagai titik pencahayaan (lihat 2.4 4.3). Sistem rel pencahayaan harus dipandang sebagai dua (2) titik per meter rel.

Suatu peranti yang mempunyai nilai pengenalan tidak melebihi 100W yang dihubungkan magun, atau terhubung melalui KK yang terpasang lebih dari 2,3 m di atas lantai, dapat dipandang sebagai titik pencahayaan.

d) Kombinasi ganda dari KKB dalam kondisi B di instalasi rumah dan unit hunian individual. Untuk menetapkan jumlah titik di kolom 3 dan 5 Tabel 2.4-1 untuk kondisi B, suatu kombinasi ganda dari KKB yang mempunyai satu titik hubung pada perkawatan tetap dapat dipandang sebagai satu titik kurang dari pada jumlah KKB dalam kombinasi ganda itu.

e) Sirkuit pada instalasi rumah yang padanya tersambung KKB.

Kondisi A : Berlaku jika terdapat hanya satu sirkuit di instalasi atau jika kondisi B tidak dipenuhi.

Kondisi B : Berlaku jika terdapat dua atau lebih sirkuit di instalasi dan tidak satu sirkuit pun menyuplai lebih dari dua pertiga dari jumlah total KKB

f) Instalasi bukan rumah dengan penyaman udara magun.

Nilai yang tercantum dalam baris ini berlaku untuk gedung atau bagian dari gedung yang mengandung perlengkapan pemanas atau pendingin yang dipasang permanen, atau keduanya, yang khusus disediakan sehingga penggunaan KKB bagi peranti pemanas atau pendingin ruangan yang portable menjadi tidak perlu.

Tabel 2.4-3 Pembebanan dan jumlah titik sambung pada sirkit akhir beban campuran dalam instalasi rumah

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nilai pengenalan dari gawai proteksi (a) A		Beban maksimum yang diperbolehkan A	Jumlah titik sambung maksimum	Kontribusi setiap titik pada beban total, A (jumlahnya tidak boleh melampaui nilai dalam kolom 3)					
Pemutus tenaga atau proteksi lebur kemampuan tinggi	Sekering yang dapat dikawati kembali			Titik penerangan (b)	KKB atau KK fase tunggal atau multifase 10 A (d, g)		KK fase tunggal atau multifase 15 A (g)	KK fase tunggal atau multifase 20 A (g)	Perlengkapan magun atau stasioner yang dipasang magun (e)
					Kondisi A	Kondisi B (c)			
10	-	10	20	0,5	-	-	-	-	Beban tersambung
16	-	16	20	0,5	4	1,1	15	-	
20	-	20	25	0,5	4	1	12	20	
25	-	25	30	0,5	4	1	10	18	
32	-	32	40	0,5	4	1	8	16	
-	8	8	20	0,5	-	-	-	-	
-	12	12	20	0,5	-	-	-	-	
-	16	16	20	0,5	4	1,1	15	-	
-	20	20	25	0,5	4	1	12	20	
-	25	25	30	0,5	4	1	10	18	
-	32	32	40	0,5	-	-	8	16	

Tabel 2.4-4 Pembebanan dan jumlah titik sambung tiap sirkit akhir beban campuran dalam instalasi bukan rumah

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nilai pengenal dari gawai proteksi (a) A		Beban maksimum yang diperbolehkan A	Jumlah titik sambung maksimum	Kontribusi setiap titik pada beban total, A (jumlahnya tidak boleh melampaui dari nilai dalam kolom 3)					
Pemutus sirkit atau proteksi lebur kemampuan tinggi	Sekering yang dapat dikawati kembali.			Titik penerangan (b)	KKB atau KK fase tunggal atau multifase 10 A (g)		KK fase tunggal atau multifase 15 A (g)	KK fase tunggal atau multifase 20 A (g)	Perlengkapan magun atau stasioner yang dipasang magun (e)
					Tanpa AC magun	Dengan AC magun (f)			
10	-	10	20	0,5	-	-	-	-	Beban tersambung
16	-	16	20	0,5	2	1,1	15	-	
20	-	20	25	0,5	2	1	12	20	
25	-	25	30	0,5	2,1	1	10	20	
32	-	32	35	0,5	2	1	8	16	
-	8	8	20	0,5	-	-	-	-	
-	12	12	20	0,5	-	-	-	-	
-	16	16	20	0,5	5,5	5,5	15	-	
-	20	20	20	0,5	5	5	12	20	
-	25	25	30	0,5	5	5	10	20	
-	32	32	35	0,5	4	4	8	16	

CATATAN Untuk Tabel 2.4-3 dan Tabel 2.4-4:

- a) Nilai pengenalan gawai proteksi sirkit. Lihat 2.4.1.4 tentang persyaratan yang terkait pada penggunaan gawai proteksi sirkit dengan nilai pengenalan melebihi angka di kolom 1 dan 2.
- b) Titik pencahayaan. Suatu lumener pencahayaan dianggap terdiri atas satu atau lebih titik pencahayaan sesuai dengan jumlah titik di lumener yang dihubungkan dengan kabel fleksibel ke perkawatan tetap, atau sesuai dengan jumlah bagian-bagian yang dikendalikan. Sambungan pencahayaan pesta, tanda dan pencahayaan hias tidak boleh dipandang sebagai titik pencahayaan (lihat 2.4.2.3).
Suatu peranti yang mempunyai nilai pengenalan tidak melebihi 100W yang disambungkan magun, atau tersambung melalui KK yang terpasang lebih dari 2,3 m di atas lantai, dapat dipandang sebagai titik pencahayaan.
- c) KKB kombinasi ganda dengan kondisi B di instalasi rumah dan unit hunian individual.
Untuk menetapkan jumlah titik di kolom 4 dari Tabel 2.4-3 untuk kondisi B, suatu KKB kombinasi ganda yang mempunyai satu titik sambung pada perkawatan magun dapat dipandang sebagai satu titik kurang dari pada jumlah KK dalam KKB kombinasi ganda itu.
- d) Sirkit pada instalasi rumah yang padanya tersambung dengan KKB.
Kondisi A : Berlaku jika terdapat hanya satu sirkit di instalasi atau jika kondisi B tidak dipenuhi.
Kondisi B : Berlaku jika terdapat dua atau lebih sirkit di instalasi dan tidak satu sirkit pun menyuplai lebih dari dua pertiga dari jumlah total KKB
- e) Peranti magun atau stasioner. Peranti magun atau stasioner dapat dihubungkan secara magun atau melalui kotak kontak.
- f) Instalasi bukan rumah dengan penyaman udara magun.
Nilai-nilai yang tercantum dalam kolom ini berlaku untuk gedung atau bagian gedung yang mengandung perlengkapan pemanas atau penyaman yang dipasang magun atau kedua-duanya yang khusus disediakan, sehingga penggunaan KKB bagi peranti pemanas atau pendingin ruangan menjadi tidak perlu.
- g) Sambungan yang dibatasi.
Pada sirkit dengan penampang kurang dari $2,5 \text{ mm}^2$, tidak boleh disambungkan KKB atau KK fase satu 15A atau 20A.

2.4.1.4 Melarang menyambung KKB pada sirkit yang diproteksi oleh pemutus sirkit atau sekering kemampuan tinggi yang mempunyai nilai pengenalan melebihi 32 A atau pada suatu sirkit yang diproteksi oleh sekering semi tertutup yang dapat dikawati kembali yang mempunyai nilai pengenalan melebihi 25 A.

2.4.2 Jumlah titik per sirkit akhir sirkit akhir untuk aplikasi khusus dalam instalasi bukan rumah

2.4.2.1 Umum

Jumlah titik sambung yang boleh dipasang pada sirkit akhir untuk penggunaan khusus, harus sesuai dengan ketentuan pada 2.4.2.2 sampai 2.4.2.5.

Dalam kondisi tersebut, ketentuan-ketentuan ini dapat dipergunakan sebagai pengganti 2.4. Ketentuan dalam 2.4.2.2 sampai 2.4.2.5 dimaksudkan dalam hal diperlukan jumlah penyambungan titik yang lebih besar dari ketentuan di 2.4 karena sifat penggunaan khusus dari sirkit akhir.

2.4.2.2 Kotak kontak dan peranti listrik

Dalam hal suatu sirkit akhir yang melayani KK atau peranti yang terpasang secara permanen diproteksi oleh pemutus sirkit arus lebih di instalasi bukan rumah, jumlah titik pada sirkit tidak perlu dibatasi, bila :

- a) peranti-peranti tersebut adalah dari jenis yang sama atau KK dimaksudkan untuk penyambungan peranti yang sama, dan nilai pengenal dari pemutus sirkit tidak melebihi 25 A, misalnya dalam hal KKB yang besar jumlahnya diperlukan untuk menyuplai unit peragaan visual dalam suatu fasilitas pengolahan data atau kata, atau
- b) kabel yang panjang dari pusat distribusi yang diperlukan untuk menyuplai perlengkapan portabel, seperti pemotong rumput, perlengkapan perbengkelan, alat las, sebagai contoh, banyak KK dengan arus pengenal yang tinggi yang diperlukan di dermaga atau jeti untuk melayani satu buah mesin las.

2.4.2.3 Sirkit khusus untuk pencahayaan

Jumlah titik per sirkit akhir dari sistim pencahayaan di bawah ini, dibatasi hanya oleh kapasitas hantar arus dari konduktor sirkit :

- a) pencahayaan tanda permanen dan pencahayaan hias.
- b) pencahayaan panggung, termasuk pencahayaan lantai pencahayaan tepi dan pencahayaan samping.
- c) Pencahayaan luar yang memerlukan kabel yang panjang, seperti lapangan olah raga, lapangan tenis, dermaga, lapangan bongkar muat, gedung terbuka dan sebagainya.
- d) Pencahayaan sementara untuk pencahayaan umum, pencahayaan tanda, pencahayaan tepi, pencahayaan pesta atau hias, dengan ketentuan bahwa arus beban total tidak melebihi 16 A.

2.4.2.4 Transformator untuk sistim lampu TL – Tabung Luah

Untuk sistem instalasi pencahayaan TL atau luah, transformator yang merupakan bagian dari sistem pencahayaan tanda, sistim pencahayaan tepi dan sejenis yang lengkap dapat dipasang paralel di sisi primer, dengan ketentuan bahwa beban terpasang total pada sirkit akhir, tidak melebihi KHA konduktor sirkit.

2.4.2.5 Sirkit kereta penumpang lift

Untuk instalasi di dalam atau di atas kereta lift, boleh dipasang dua belas titik beban, dua diantaranya bisa terdiri dari KKB dapat disambung pada suatu sirkit yang mempunyai konduktor dengan penampang 1,5 mm² dan diproteksi dengan sekering semi tertutup 12 A yang dapat dikawati kembali, atau pemutus sirkit atau sekering kemampuan tinggi 16 A.

2.5 Sirkit masuk

2.5.1 Penampang minimum

Konduktor sirkit masuk harus mempunyai penampang tidak kurang dari 4 mm² untuk konduktor berinsulasi dan berpenyangga.

2.5.2 Sistem perkawatan

2.5.2.1 Umum

Setiap sistem perkawatan yang diakui oleh standar ini dapat digunakan untuk sirkit utama, asal memenuhi ketentuan-ketentuan dalam ayat-ayat berikut ini :

- a) Ayat 2.5.2.2 untuk kabel nirselukung pelindung dalam selungkup logam.

- b) Subpasal 2.11.7 untuk sistem perkawatan yang melayani perlengkapan pengendali api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift.
- c) Pasal 7.13 khususnya mengenai cara pemasangan kabel tanah.
- d) Ketentuan tentang sirkit cabang yang dilengkapi dengan pemutus sirkit yang bekerja berdasarkan arus sisa (GPAS)

2.5.2.2 Kabel nirselukung yang dipasang dalam selungkup logam

Kabel nirselukung dipasang dalam selungkup logam, tidak boleh digunakan sebagai sirkit utama. Hal ini tidak melarang penggunaan cara di bawah ini bagi sirkit utama:

- a) Kabel nirselukung, yang menggunakan kertas sebagai insulasi dengan selubung timah.
- b) Kabel nirselukung, yang berada dalam PHBK logam.
- c) Kabel nirselukung, dipasang dalam selungkup logam dimana kabelnya dilindungi di sisi suplainya dengan gawai proteksi hubung pendek.

2.6 Susunan sirkit cabang dan sirkit akhir

2.6.1 Titik awal dari sirkit cabang dan sirkit akhir

Semua sirkit cabang dan sirkit akhir harus bermula dari PHBK utama atau dari PHBK distribusi. Semua konduktor fase dari suatu sirkit cabang atau sirkit akhir harus bermula dari satu PHBK.

2.6.2 Penampang minimum sirkit

Penampang sirkit cabang harus memperhitungkan semua beban sirkit akhir yang terhubung padanya. Direkomendasikan sebaiknya penampang sirkit cabang minimum 4 mm² untuk mengantisipasi kebutuhan beban yang akan datang.

2.6.3 Penurunan KHA di sirkit cabang

2.6.3.1 Kapasitas hantar arus dari konduktor yang digunakan dalam setiap sirkit cabang tidak boleh diturunkan di bawah nilai pengenalan gawai proteksi sirkit sesuai dengan 2.2.7.

Konduktor dengan KHA kurang dari nilai pengenalan gawai proteksi sirkit dari sirkit cabang dapat digunakan, dengan persyaratan berikut ini :

2.6.3.1.1 Umum

Bila dianggap perlu menyambungkan sirkit cabang yang kecil ke sirkit cabang yang lebih besar, misalnya pencabangan dari sirkit cabang vertikal yang besar di tiap lantai, atau dari sirkit cabang yang besar ke sejumlah sirkit pada papan pembagi, suatu cabang yang pendek dari sirkit cabang ke papan pembagi dapat dilakukan dengan konduktor yang KHANYa lebih kecil, dengan ketentuan bahwa konduktor ini haruslah :

- a) mempunyai KHA tidak kurang dari 20 % dari KHA sirkit cabang yang lebih besar.
- b) dalam setiap kasus penampangnya tidak boleh lebih kecil dari 6 mm²;
- c) harus sependek mungkin, dan dalam hal apapun panjangnya tidak boleh melebihi 15 m, dan
- d) harus seluruhnya tertutup oleh logam atau bahan lain yang tidak dapat terbakar kecuali bila merupakan bagian dari PHBK atau perkawatan bawah tanah.

Sebagai pilihan lain, sirkit cabang yang kecil dapat diproteksi dengan sekering atau pemutus sirkit yang memenuhi persyaratan 2.2.8.1 sehubungan dengan konduktor yang lebih kecil dan yang dipasang dengan baik atau terpasang tetap pada titik pencabangan. Apabila

terdapat lebih dari dua pencabangan per fase di titik mana saja, maka sekering atau pemutus sirkit haruslah merupakan suatu perlengkapan hubung bagi.

2.6.3.1.2 Sistem perkawatan di udara dan di bawah tanah

Persyaratan berikut ini harus dipenuhi :

- a) Setiap konduktor bervoltase dalam sistem perkawatan di udara atau di bawah tanah dan setiap konduktor bervoltase pada sisi suplai dari gawai proteksi di tiap bangunan yang berdiri sendiri, tidak boleh lebih kecil dari 6 mm^2 .
- b) Perkawatan dalam setiap bangunan yang berdiri sendiri harus diperlakukan sebagai suatu instalasi terpisah untuk maksud pengontrolan dan proteksi perkawatan.
- c) Panjang sirkit dari titik pemunculannya dari tanah atau terminal dari sistem perkawatan udara tidak boleh melebihi 15 m.
- d) Perkawatan di tiap bangunan yang berdiri sendiri harus diselungkupi logam atau bahan bahanlain yang tidak dapat terbakar, kecuali bila merupakan bagian dari perlengkapan hubung bagi atau perkawatan di bawah tanah.

Sebagai pilihan lain, sirkit cabang yang kecil yang diproteksi dengan sekering atau pemutus sirkit yang memenuhi persyaratan 2.2.8.1 mengenai konduktor yang lebih kecil dan yang dipasang dengan baik atau terpasang tetap.

Apabila terdapat lebih dari dua pencabangan per fase di titik mana saja, maka sekering atau pemutus sirkit harus dianggap merupakan suatu perlengkapan hubung bagi.

2.6.4 Penurunan KHA di sirkit akhir

2.6.4.1 KHA kabel yang digunakan dalam setiap sirkit akhir tidak boleh diturunkan di bawah nilai pengenalan dari alat proteksi sirkit.

Kabel dengan KHA kurang dari nilai pengenalan gawai proteksi sirkit akhir dapat digunakan dalam hal-hal berikut :

- a) Sirkit pengendali lampu indikator, sinyal dan rele.
Untuk sirkit pengendali lampu indikator, sinyal dan rele yang berhubungan dengan perlengkapan, kabel yang menghubungkan lampu-lampu tersebut pada sirkit akhir dapat dikurangi ukurannya asal tidak lebih kecil dari $0,5 \text{ mm}^2$ dengan ketentuan bahwa panjang kabel yang dikurangi ukurannya tersebut tidak lebih dari 2 m.
- b) Sirkit asut motor. Bila suatu motor a.b. dilengkapi dengan pengasut Star-Delta, maka kabel penghubung antara motor dan pengasut boleh lebih kecil dari kabel sirkit, tetapi sekali-kali tidak boleh mempunyai KHA lebih kecil dari $1/\sqrt{3}$ (kira-kira 58 %) dari arus pengenalan motor yang tersambung pada sirkit.
- c) Sirkit kendali. Dalam hal sirkit kendali dipasang sesuai dengan 2.9.2.1
- d) Sirkit kapasitor. Dalam hal sambungan dibuat pada kapasitor statis sesuai dengan 135 % dari arus pengenalan kapasitor.
- e) Kabel fleksibel guna sambungan antara perkawatan magun dengan perlengkapan.
- f) Jika kabel fleksibel digunakan untuk menyambungkan perkawatan tetap dengan perlengkapan, maka harus memenuhi ketentuan berikut :
 - 1) perkawatan tetap diakhiri dengan kotak kontak atau kotak sambung yang sesuai.
 - 2) kabel fleksibel harus sependek mungkin ($< 2\frac{1}{2} \text{ m}$).

- 3) KHA kabel fleksibel tidak kurang dari arus pengenal proteksi sirkit.
- 4) penampang kabel fleksibel lebih besar dari 0,75 mm.

2.7 Konduktor netral bersama

2.7.1 Sirkit utama dan sirkit cabang

Konduktor netral bersama dapat digunakan untuk sirkit utama dan sirkit cabang.

2.7.1.1 KHA netral bersama harus ditentukan dari KHA konduktor aktif yang bersangkutan sesuai dengan 2.2.2.2.3.

Persyaratan tentang KHA tidak berlaku bila suatu netral bersama berhubungan dengan lebih dari satu sirkit cabang sesuai dengan 2.6.2.1a)2) dengan ketentuan bahwa KHA netral bersama tidak lebih kecil dari yang terbesar dari di bawah ini :

- a) Kebutuhan maksimum dari konduktor yang bersangkutan.
- b) 63 A.

2.7.2 Sirkit akhir

Konduktor netral bersama tidak boleh digunakan untuk dua atau lebih sirkit akhir.

2.7.2.1 Konduktor netral bersama dapat digunakan untuk penyambungan pada perlengkapan di bawah ini :

- a) Peranti multifase terpadu dan luminer pencahayaan yang disambung pada sirkit akhir sistem fase dua, tiga kawat dan fase tiga, empat kawat.
- b) Unit penyuplai tersendiri, seperti pelat panas dan bagian tungku yang terpisah dari suatu dapur listrik yang di suplai dari sirkit akhir terpisah dari fase berbeda dan diperlakukan sebagai peranti tunggal sesuai dengan 2.3.6.1.
- c) Kelompok luminer fase tunggal yang disusun untuk disambungkan pada sirkit akhir sistem dua fase tiga kawat, atau sistem tiga fase empat kawat, dengan ketentuan bahwa :
 - 1) Sirkit tersebut dikendalikan dan diproteksi dengan pemutus sirkit yang bekerja pada semua konduktor aktif, dan
 - 2) Kontinuitas dari konduktor sirkit netral tidak tergantung pada terminal di luminer atau sakelar kendali.
- d) Peranti seperti pemanas air yang disuplai dari sumber suplai alternatif, asalkan :
 - 1) hanya satu suplai dapat disambung pada suatu saat, dan
 - 2) kedua suplai mempunyai sakelar pemisah bersama.

2.8 Pengendalian sirkit yang netralnya dibumikan langsung

2.8.1 Sakelar utama

2.8.1.1 Pengendalian

Suplai ke suatu instalasi harus dikendalikan dari PHBK utama dengan sebuah atau beberapa sakelar utama yang mengendalikan seluruh instalasi.

Bagian instalasi berikut tidak perlu dikendalikan oleh satu atau beberapa sakelar utama :

- a) Sirkit utama.

- b) Perlengkapan penunjang, gawai ukur dan perkawatan yang terkait yang perlu disambung pada sisi sumber dari satu atau beberapa sakelar utama, asalkan perkawatan dan perlengkapan tersebut berada di dalam atau pada PHBK
- c) Perlengkapan yang perlu disambung pada sisi sumber dari satu atau lebih sakelar utama menurut 2.11.
- d) Perlengkapan yang terkait dengan sumber alternatif dari pembangkit asalkan sesuai dengan standar nasional yang bersangkutan
- e) Pembatas arus gangguan.

Sakelar utama yang disusun dalam lebih dari satu kelompok dan berada dalam ruangan yang khusus terpisah sebagai ruangan sakelar dapat dianggap dipasang pada PHBK utama asalkan susunan perlengkapan PHBK telah mendapat persetujuan dari instansi berwenang.

CATATAN Dilarang menggunakan pemutus sirkit miniatur jenis tusuk (*plug-in*) sebagai sakelar utama.

2.8.1.2 Jumlah sakelar utama

Jumlah sakelar utama yang dipasang pada suatu PHBK utama sebaiknya dibatasi sampai enam buah.

Pembatasan ini tidak berlaku pada sakelar:

- a) yang dipasang menurut 2.8.1.5;
- b) untuk pengendalian menurut 2.11;
- c) untuk pengendalian gawai penutup untuk sakelar utama dan perlengkapan yang terkait langsung lainnya yang harus disambung pada sisi sumber dari sakelar utama semacam itu.

2.8.1.3 Pencapaian ke sakelar utama

Sakelar utama harus dapat dicapai, sebagai berikut:

- a) Umum
Sakelar utama harus mudah dicapai dan sarana untuk mengoperasikan sakelar tersebut harus tidak lebih dari 2 meter di atas tanah, lantai atau landasan.
- b) Gedung dengan lebih dari satu penghuni
Sakelar utama harus dapat dicapai oleh tiap penghuni.
Satu atau lebih sakelar utama tidak harus dapat dicapai oleh tiap penghuni, yang dapat mencapai suatu atau lebih sakelar yang memisahkan bagian instalasi penghuni tersebut. Sakelar seperti itu tidak perlu mengendalikan sirkit cabang yang menyuplai bagian instalasi tersebut.

CATATAN Lihat 2.13.2.1 untuk persyaratan umum bagi pencapaian ke papan hubung.

2.8.1.4 Pemberian tanda

Sakelar utama harus diberi tanda sebagai berikut :

- a) Setiap sakelar utama harus diberi tanda: "SAKELAR UTAMA", dan harus dapat dibedakan dengan mudah dari sakelar lain dengan cara pengelompokan, pemberian warna atau dengan cara-cara yang sesuai sehingga dapat dioperasikan dengan cepat dalam keadaan darurat
- b) Bila ada lebih dari satu sakelar utama dalam suatu gedung, setiap sakelar utama harus diberi tanda yang menunjukkan instalasi atau bagian instalasi mana yang dikendalikannya

- c) Bila dengan membuka suatu sakelar utama mengakibatkan beroperasinya atau dipisahkannya suatu suplai alternatif, maka harus diberi tanda yang menunjukkan posisi sakelar utama yang mengendalikan suplai alternatif itu.
- d) Bila suplai untuk suatu gedung diizinkan diberikan pada lebih dari satu titik, maka harus diberi suatu tanda jelas pada setiap perlengkapan hubung bagi utama, yang menunjukkan adanya suplai lain dan lokasi perlengkapan hubung bagi utama lainnya.

2.8.1.5 Sakelar utama dengan kendali jarak jauh

Bila sakelar utama dilengkapi dengan sistem kendali jarak jauh sesuai 2.8.1.2 a) maka ketentuan-ketentuan di bawah ini berlaku:

- a) Fasilitas untuk kendali jarak jauh harus terdiri atas suatu panel kendali dengan gawai yang telah disetujui untuk membuka dan menutup secara selektif semua sakelar yang dikendalikan.
- b) Fasilitas kendali jarak jauh harus ditempatkan dan diberi tanda sesuai dengan 2.8.1.3, 2.8.1.4, dan 2.13.1.2.
- c) Sirkuit kendali dan sirkuit sinyal di antara perlengkapan hubung bagi utama dan panel kendali harus beroperasi pada voltase ekstra rendah atau harus disusun dan dipasang sedemikian rupa sehingga aman secara efektif terhadap sentuhan pada bagian-bagian yang bervoltase dalam keadaan kebakaran atau keadaan darurat lainnya.
- d) Sirkuit kendali harus dirancang, disusun dan dipasang untuk mencegah penutupan kembali dari sakelar utama secara tidak sengaja karena suatu kesalahan atau salah fungsi dari perkawatan sirkuit atau alat bantu.
- e) Sirkuit kendali jarak jauh untuk sakelar utama yang mengoperasikan perlengkapan pengendali api atau asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift harus memenuhi 2.11.7.
- f) Setiap sakelar utama yang dapat ditutup dari jarak jauh harus dilengkapi dengan gawai yang sesuai agar dapat dikunci pada posisi terbuka.
- g) Jumlah sakelar utama yang dapat dikendalikan dari jarak jauh tidak perlu dibatasi.

Suatu sarana untuk membuka sakelar utama dari jarak jauh dapat diadakan dengan sirkuit pembuka disuplai dari sisi beban alat hubung bagi yang bersangkutan.

2.8.2 Sakelar tambahan

2.8.2.1 Instalasi dalam gedung terpisah

Instalasi dalam gedung terpisah harus memenuhi persyaratan di bawah ini:

- a) Umum.
 - Suatu instalasi dalam gedung terpisah harus diperlakukan sebagai instalasi terpisah, bila gedung tersebut terpisah dari gedung atau bangunan tempat perlengkapan hubung bagi utama terpasang dan bila instalasi digedung terpisah tersebut :
 - 1) mempunyai kebutuhan maksimum 100 A atau lebih per fase, dan
 - 2) dilengkapi dengan papan distribusi.
- b) Sakelar utama :
 - 1) Umum.
 - Satu atau lebih sakelar utama, yang memenuhi persyaratan dalam 2.8.1, harus dipasang untuk mengendalikan instalasi dalam gedung terpisah yang dianggap sebagai instalasi terpisah sesuai dengan a).

2) Suplai oleh lebih dari satu sirkit cabang.

Jika suatu instalasi gedung terpisah, yang diperlakukan sebagai instalasi terpisah seperti di a) disuplai oleh lebih dari satu sirkit cabang maka suplai melalui tiap sirkit cabang tersebut harus dikendalikan oleh satu atau lebih sakelar utama sesuai dengan b) 1). Akan tetapi satu atau lebih sakelar utama yang terkait pada setiap sirkit cabang tidak perlu dipasang pada PHBK yang sama yang terkait pada sirkit cabang lainnya, asal lokasi sakelar utama lainnya itu ditandai dengan suatu petunjuk yang menonjol dan tak dapat dihapus di sebelah setiap sakelar utama atau kelompok sakelar utama.

2.8.2.2 Multiinstalasi

Hal-hal berikut berlaku pada multi instalasi:

a) Mengendalikan instalasi rumah. Setiap unit instalasi rumah tunggal yang merupakan bagian dari multi instalasi harus dilengkapi dengan satu atau lebih sakelar pemisah yang mudah dicapai untuk mengendalikan seluruh instalasi rumah; satu atau lebih sakelar itu tidak perlu mengendalikan setiap sirkit cabang yang menyuplai instalasi rumah akan tetapi :

1) harus dipasang pada suatu PHBK, yang ditempatkan di masing-masing flat atau unit hunian yang bersangkutan atau mudah dicapai dari pintu masuk, dan harus ditempatkan tidak lebih dari satu tingkat di atas atau di bawah pintu masuk tersebut; dan –

2) harus ditandai dengan jelas bagian dari instalasi yang dikendalikannya dan dapat ditandai dengan cara pengelompokan, pemberian warna atau cara yang cocok lainnya sehingga sakelar-sakelar tersebut dapat mudah ditemukan dalam keadaan darurat.

b) Perkawatan yang terkait pada perlengkapan eksternal. Perkawatan yang –

1) terkait pada perlengkapan di luar unit hunian seperti tempat cuci dan garasi; dan –

2) tidak termasuk atau bersebelahan dengan unit hunian terkait selain yang terletak di daerah umum tidak boleh dianggap sebagai bagian dari instalasi rumah untuk keperluan a).

Dalam hal semacam itu perlengkapan harus dikendalikan oleh satu atau lebih sakelar yang dapat mudah dicapai oleh setiap penghuni sesuai dengan 2.8.1.3.

2.8.2.3 Sirkit cabang dan sirkit akhir lebih besar dari 100 A

Setiap sirkit cabang dan sirkit akhir dengan nilai pengenal lebih besar dari 100 A per fase harus dikendalikan dengan sakelar pemisah di perlengkapan hubung bagi di tempat sirkit berasal.

Persyaratan ini tidak berlaku bila pembatas arus gangguan atau sekering mengamankan sirkit cabang kecil yang dicabangkan dari sirkit cabang yang lebih besar, misalnya pencabangan dari sirkit cabang vertikal di setiap lantai dari gedung bertingkat.

2.8.2.4 Susunan dari suplai alternatif

Bila suatu instalasi atau bagian dari instalasi dilengkapi dengan suplai alternatif seperti pembangkit darurat atau baterai aki, maka suplai alternatif harus dikendalikan di sumber suplai atau di perlengkapan hubung bagi.

2.8.3 Penyambungan sakelar utama

Setiap sakelar utama harus dipasang sedemikian hingga sekering atau pemutus sirkit yang terkait, tidak bervoltase bila sakelar tersebut dalam keadaan terbuka.

2.9 Proteksi sirkit yang netralnya dibumikan langsung

2.9.1 Sirkit cabang dan sirkit akhir

Setiap sirkit cabang atau sirkit akhir yang keluar dari perlengkapan hubung bagi masing-masing harus diproteksi di perlengkapan hubung bagi dengan proteksi sirkit yang bekerja pada setiap konduktor aktif.

Proteksi ini dapat dilakukan dengan:

- a) sekering di setiap konduktor aktif.
- b) suatu pemutus sirkit dengan alat trip di setiap konduktor aktif, kecuali bila diperkenankan mempergunakan pemutus sirkit satu fase untuk proteksi setiap konduktor aktif dari suatu sirkit akhir yang melayani satu peranti, yang perkawatan internalnya hanya terdiri atas sambungan antara setiap fase dengan netral, atau
- c) suatu pemutus sirkit yang terdiri atas satu sampai dengan tiga alat trip guna proteksi konduktor aktif dari sejumlah sirkit cabang atau sirkit akhir yang keluar dari perlengkapan hubung bagi dari instalasi tersebut.

2.9.2 Sirkit kendali

2.9.2.1 Konduktor sirkit kendal untuk mengendalikan perlengkapan dari jarak jauh harus diproteksi oleh suatu alat proteksi sirkit yang bekerja di setiap konduktor aktif yang ditempatkan di awal sirkit kendali

Konduktor dari sirkit kendali untuk perlengkapan yang dikendalikan dari jarak jauh harus dianggap telah diproteksi secara tepat oleh alat proteksi arus lebih yang mengamankan sirkit yang menyuplai perlengkapan yang dikendalikan dengan jarak jauh itu dengan ketentuan bahwa konduktor-konduktor tersebut dipasang dalam selungkup logam atau bahan lain yang tidak dapat menyala, dan setiap kondisi di bawah ini berlaku:

- a) KHA konduktor sirkit kendali tidak kurang dari sepertiga dari KHA konduktor sirkit cabang.
- b) Sakelar magnet, kontaktor, atau alat yang dikendalikan lainnya dan titik kendali (seperti tombol tekan, sakelar tekanan atau sakelar termostatik) keduanya terletak pada mesin yang sama dan sirkit kendalinya tidak melampaui batas mesin.
- c) Titik kendali (seperti tombol tekan, sakelar tekanan atau sakelar termostatik) terletak pada atau dalam jarak 0,3 m dari panel kendali atau perlengkapan dan panjang perkawatan kendali tidak melampaui 0,3 m dari panel dan perlengkapan.
- d) Pembukaan sirkit kendali dapat menimbulkan bahaya misalnya sirkit kendali dari motor pompa kebakaran, dan motor-motor sejenis.

CATATAN Lihat 2.11.8.4 mengenai persyaratan sirkit kendali motor pompa kebakaran.

2.9.3 Sekering di konduktor netral

2.9.3.1 Sekering tidak boleh dipasang di konduktor netral yang dibumikan secara langsung.

2.10 Pengendalian dan proteksi sirkit yang netralnya dibumikan tidak langsung

2.10.1 Bila konduktor netral dibumikan di sumber suplai melalui suatu pemutus sirkit, sekering, atau resistans pembatas arus, atau bila tidak ada konduktor yang dibumikan di sisi sumber suplai, maka setiap instalasi harus dikendalikan dan diproteksi sesuai dengan persyaratan dari 2.8 dan 2.9 dan di samping itu:

- a) setiap sakelar utama harus membuka semua konduktor yang menyuplai instalasi atau sebagian dari instalasi yang dikendalikan, dan
- b) setiap sirkit yang keluar dari perlengkapan hubung bagi harus diproteksi sesuai dengan 2.9.1.1 di setiap konduktor.

2.11 Perlengkapan pengendalian api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi darurat dan lift

2.11.1 Umum

2.11.1.1 Persyaratan dalam 2.11.2 sampai dengan 2.11.9 berlaku untuk instalasi listrik yang penting dalam gedung untuk pengoperasian secara aman dari : pengindera kebakaran, sistem peringatan dan pemadaman kebakaran, sistem pengendalian asap, sistem evakuasi dan penggunaan lift secara aman. Persyaratan ini dimaksud untuk menjamin agar suplai listrik ke perlengkapan yang diperlukan untuk beroperasi dalam keadaan darurat, tidak terputus karena tidak sengaja.

2.11.2 Perlengkapan penting

2.11.2.1 Perlengkapan pengendalian api dan asap kebakaran

Yang dimaksud dengan perlengkapan pengendalian api dan asap kebakaran dalam 2.11 adalah alat-alat berikut yang harus dapat dioperasikan dengan aman:

- a) Pompa *booster* hidran kebakaran.
- b) Pompa untuk sistem *sprinkler* air otomatis, penyiraman air atau sistem penyemprotan air dan sistem pemadam kebakaran lainnya yang sejenis
- c) Pompa untuk gulungan selang pemadam kebakaran yang merupakan satu-satunya proteksi terhadap kebakaran dalam gedung, yang tidak dilengkapi dengan *sprinkler* otomatis dan hidran kebakaran
- d) Sistem pengindera dan sistem alarm untuk kebakaran
- e) Perlengkapan sistem pengatur udara yang dimaksudkan untuk mengeluarkan dan mengendalikan penyebaran api dan asap kebakaran dalam ruangan.

Persyaratan dalam 2.11 di atas tidak berlaku bagi perlengkapan yang bila gagal beroperasi tidak mempengaruhi beroperasinya perlengkapan-perlengkapan yang penting dengan aman, termasuk:

- a) Pompa untuk menjaga tekanan air (*jockey pump*) yang bila gagal beroperasi tidak mengganggu pompa hidran dan pompa *sprinkler* untuk menyuplai air dengan cukup
- b) Pompa untuk gulungan selang pemadam kebakaran, dalam hal gulungan selang pemadam kebakaran bukan satu-satunya perlengkapan pemadam kebakaran dalam gedung, misalnya bila tersedia sistem *sprinkler* air.

2.11.2.2 Perlengkapan evakuasi

Yang dimaksud perlengkapan evakuasi dalam 2.11 adalah termasuk hal-hal di bawah ini:

- a) Sistem peringatan dan sistem komunikasi dalam keadaan darurat;
- b) Sistem pencahayaan dari pusat evakuasi dalam keadaan darurat.

2.11.2.3 Lift

Yang dimaksud lift dalam 2.11 mencakup lift yang dikendalikan secara listrik yang dapat dipergunakan untuk personil, tapi tidak termasuk alat transport personil yang bila berhenti di suatu titik dalam jalurnya, orang masih dapat turun dengan selamat.

2.11.3 Sakelar utama

2.11.3.1 Umum

Setiap bagian dari suatu instalasi yang melayani perlengkapan pengendalian api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift harus dikendalikan oleh suatu sakelar utama yang terpisah dari sakelar yang mengendalikan instalasi lainnya.

Persyaratan ini tidak berlaku untuk alat pencahayaan dan kotak kontak yang dipasang untuk penyambungan sirkit yang menyuplai pompa kebakaran sesuai dengan 2.11.4.3.

2.11.3.2 Jumlah sakelar utama

Jumlah sakelar utama untuk mengendalikan perlengkapan pengendalian api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift, tidak perlu dibatasi.

2.11.3.3 Instalasi dalam gedung terpisah

Bila perlengkapan pengendali api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift dipasang dalam suatu gedung yang terpisah dari gedung tempat perlengkapan hubung bagi utama dipasang sesuai dengan 2.8.2.1, maka suatu sakelar yang dipasang dalam gedung yang terpisah untuk mengatur secara terpisah perlengkapan api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi atau lift, dapat dianggap sebagai sakelar utama sesuai dengan 2.11.3.1.

2.11.3.4 Lift khusus

Setiap lift atau setiap kelompok lift yang khusus dimaksudkan untuk operasi pemadaman kebakaran atau maksud-maksud darurat lainnya harus dikendalikan dan diproteksi secara terpisah dari lift-lift lainnya.

2.11.4 Susunan

2.11.4.1 Suplai

Sakelar utama untuk suplai perlengkapan pengendalian api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift, harus:

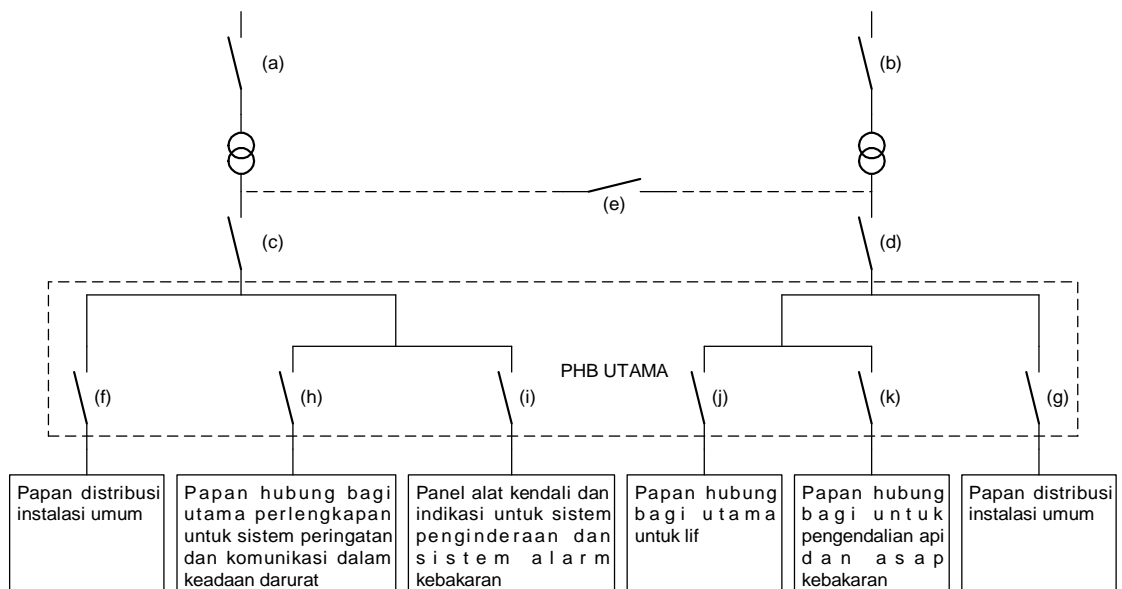
- a) diambil dari suatu titik di sisi suplai dari sakelar utama seluruh instalasi umum; dan
- b) tidak terpengaruh oleh pengendalian dari sakelar utama instalasi umum.

Persyaratan di atas tidak berlaku untuk :

- a) suatu sakelar voltase tinggi yang mengendalikan suplai ke perlengkapan hubung bagi voltase rendah, yang tidak perlu dianggap sebagai sakelar utama dari instalasi umum,
- b) suatu sakelar voltase rendah yang tidak dianggap sebagai sakelar utama instalasi umum, bila hanya dapat dioperasikan oleh petugas yang berwenang dan diberi tanda yang sesuai.
- c) Mengunci suatu sakelar dapat dianggap suatu cara yang menjamin bahwa hal tersebut, hanya dapat dioperasikan oleh petugas yang berwenang.

- d) Sistem penginderaan dan sistem alarm otomatis untuk kebakaran dan sistem peringatan keadaan darurat yang disuplai dari sisi suplai dari papan distribusi dan dilengkapi dengan baterai cadangan.
- e) Perlengkapan pengendalian untuk api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift yang dipasang di gedung terpisah sesuai dengan 2.11.3.3 dengan ketentuan bahwa perlengkapan tersebut tersambung pada sisi suplai dari sakelar utama instalasi umum dari gedung yang terpisah tersebut, atau
- f) mendapat persetujuan dari instansi berwenang yang relevan mengenai :
 - 1) susunan sakelar yang pengoperasiannya menjamin tetap adanya suplai yang efektif dan aman
 - 2) suatu suplai alternatif yang bekerja bila suplai normal mengalami gangguan atau terputus.

Gambar 2.1 memberikan ilustrasi dari 2.11 4.1 a) dan b)



Gambar 2.1 Suplai untuk perlengkapan pengendalian api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift

CATATAN :

- a) Pemutus sirkit (a) dan (b) tidak dianggap sebagai pemutus sirkit utama instalasi umum
- b) Pemutus sirkit (c) dan (d) tidak dianggap sebagai pemutus sirkit utama instalasi umum bila kondisi dalam 2.11.4.1 2) berlaku
- c) Pemutus sirkit penghubung rel (e), bila ada, tidak dianggap sebagai pemutus sirkit utama instalasi umum, bila kondisi 2.11.4.1 2) berlaku.
- d) Pemutus sirkit (f) dan (g) adalah pemutus sirkit utama instalasi umum
- e) Pemutus sirkit (h), (i), (j) dan (k) adalah pemutus sirkit utama untuk perlengkapan pengendalian api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift.

2.11.4.2 Penyisipan pemutus sirkit

Pemutus sirkit tidak boleh disisipkan antara pemutus sirkit utama perlengkapan pengendalian api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi atau lift dengan perlengkapan hubung bagi utama lift dan panel kendali untuk perlengkapan pengendalian api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi atau lift.

Persyaratan ini tidak berlaku untuk sakelar alih yang dipasang untuk menyuplai daya dari sumber daya alternatif ke perlengkapan pengendali api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi atau lift asalkan sakelar alih ditempatkan:

- a) pada perlengkapan hubung bagi utama
- b) pada perlengkapan hubung bagi atau panel pengendali dari perlengkapan pengendali api dan asap kebakaran atau perlengkapan evakuasi.
- c) di dalam ruang motor untuk lift.

2.11.4.3 Ruang pompa

Di dalam ruang yang khusus dipergunakan untuk ruang pompa hidran kebakaran, atau pompa *sprinkler*, perlengkapan pencahayaan dan satu kotak kontak dapat disambungkan sebagai sirkit akhir penyuplai daya ke pompa, asalkan:

- a) sirkit akhir diproteksi terhadap arus lebih sesuai dengan 2.2.7 dan
- b) sistem perkawatan antara sirkit perlengkapan pompa dan gawai proteksi sirkit akhir tersebut harus sesuai dengan:
 - 1) persyaratan 2.6.4.1 mengenai KHA dan instalasi, dan
 - 2) persyaratan dari 2.11.6.2 mengenai jenis perkawatan dan 2.11.7, mengenai pemisahan.

Sistem perkawatan antara gawai pelindung sirkit akhir dan perlengkapan pencahayaan atau kotak kontak tidak perlu memenuhi persyaratan 2.11.6.2 mengenai jenis perkawatan.

2.11.4.4 Selektivitas gawai proteksi sirkit

Bekerjanya gawai proteksi sirkit harus memiliki sifat selektif sehingga suplai daya ke perlengkapan pengendali api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift tidak akan dipengaruhi oleh gangguan pada instalasi umum.

Pembatas arus gangguan yang dipergunakan untuk mengamankan perlengkapan pengendali api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift, tidak boleh digunakan sebagai proteksi bagian apapun dari instalasi umum.

2.11.4.5 Perlindungan mekanis

Apabila sakelar dan alat pengendali yang merupakan bagian dari alat kendali perlengkapan pengendali api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi atau instalasi lift, dapat mengalami kerusakan mekanis karena lokasi atau kondisi pemakaiannya, sakelar dan alat pengendali harus terbuat dari jenis tertutup dari logam atau dilindungi oleh selungkup logam.

Tebal penutup logam atau selungkup logam harus mempunyai kekuatan yang tidak boleh kurang dari kekuatan baja lunak setebal 1,2 mm.

Persyaratan ini tidak perlu diberlakukan untuk:

- a) gawai penggerak termasuk titik panggil tanda bahaya kebakaran yang dioperasikan secara manual dan rele kendali bagi penyaman udara yang disambungkan ke dan dikendalikan oleh sistem tanda bahaya kebakaran yang memenuhi syarat, asalkan perlengkapan dilindungi oleh penutup bukan logam yang kuat sesuai dengan lokasinya.
- b) panel indikator kebakaran terdiri dari penutup logam dan kaca atau bahan transparan lain yang kuat, panel pengamat, atau.
- c) lampu-lampu, alat ukur dan perlengkapan indikator yang menonjol di atas permukaan tutup logam.

2.11.5 Pemberian tanda

2.11.5.1 Umum

Semua sakelar yang bekerja pada sirkit suplai daya untuk perlengkapan pengendali api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift harus ditandai dengan jelas untuk menunjukkan perlengkapan pengendali api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift yang dikendalikannya.

2.11.5.2 Sakelar utama

Sakelar utama yang mengendalikan perlengkapan pengendali api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift harus:

- a) diberi tanda sesuai dengan 2.11.5.1 untuk menunjukkan perlengkapan yang dikendalikannya.
- b) diberi tanda "JIKA TERJADI KEBAKARAN SAKELAR JANGAN DIBUKA" dan
- c) ditandai dengan warna atau cara lain yang cocok sesuai dengan 2.8.1.4.

2.11.5.3 Instalasi di gedung terpisah

Jika sakelar mengendalikan sakelar utama dari perlengkapan pengendali api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift yang dipasang di gedung terpisah sesuai dengan 2.11.3.3, sakelar-sakelar itu harus diberi tanda sesuai dengan 2.11.5.1 dan 2.11.5.2.

2.11.5.4 Lift khusus

Sakelar utama yang mengendalikan lift yang disusun sesuai dengan 2.11.3.4 harus diberi tanda sesuai dengan persyaratan 2.11.5.1 dan 2.11.5.2 dan dibedakan dari sakelar utama yang mengendalikan lift lain.

2.11.6 Sistem perkawatan

2.11.6.1 Umum

Sistem perkawatan untuk perlengkapan pengendali api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift harus mampu menyuplai perlengkapan tersebut jika terjadi kebakaran.

2.11.6.2 Jenis perkawatan

Sistem perkawatan yang menyuplai perlengkapan pengendali api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift termasuk sirkit utama harus dari jenis sebagai berikut:

- a) Kabel yang tetap dapat melayani perlengkapan bila mengalami kebakaran dan gangguan mekanis misalnya kabel berinsulasi mineral dan berpelindung mineral dengan selubung tembaga atau kabel polimerik dengan KHA yang sesuai.
- b) Kabel yang tetap dapat menyuplai perlengkapan bila terjamah api dan dilindungi terhadap kerusakan mekanis dengan memasangnya dalam selungkup atau dipasang di tempat yang bebas gangguan mekanis (misalnya kabel polimerik yang tahan api dalam selungkup logam atau dipasang di tempat aman).
- c) Kabel dipasang dalam selungkup atau di lokasi yang memberikan perlindungan terhadap kebakaran dan kerusakan mekanis, misalnya kabel yang dipasang di bawah tanah, terkubur dalam semen, dinding atau lantai, atau dipasang dalam selungkup tahan api dan dilindungi terhadap kerusakan mekanis.

2.11.7 Pemisahan

2.11.7.1 Kabel dalam selungkup yang sama

Konduktor dari perlengkapan pengendalian api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift tidak boleh dipasang bersama dalam selungkup yang sama atau bersama konduktor sistem lain, kecuali diperoleh persetujuan dari instansi yang berwenang dalam bidang sistem yang bersangkutan.

Untuk keperluan pasal ini:

- a) Bila suatu selungkup atau saluran terbagi atas beberapa bagian dengan penyekat kontinu yang memberikan pemisahan yang efektif, maka setiap bagian dapat dianggap sebagai selungkup dan saluran yang terpisah.
- b) Sistem perkawatan sesuai dengan 2.11.6.2 dapat dianggap memenuhi syarat pemisahan dalam ayat ini.

2.11.7.2 Konduktor dalam kabel dengan inti banyak

Konduktor untuk perlengkapan pengendalian api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi dan lift, tidak boleh digabung satu dengan lainnya, dan tidak boleh digabung dengan konduktor instalasi lainnya dalam kabel dengan inti banyak.

2.11.8 Persyaratan tambahan bagi motor pompa kebakaran

2.11.8.1 Sakelar pemisah

Bila motor pompa kebakaran dikendalikan secara otomatis, maka disisi suplai dari pengendali motor harus dipasang sebuah sakelar pemisah yang dioperasikan secara manual.

Sakelar pemisah harus:

- a) harus dipasang di samping atau di atas gawai kendali motor pompa.
- b) dilengkapi dengan gawai pengunci.
- c) dilengkapi dengan gawai untuk mengunci sakelar dalam posisi tertutup.

2.11.8.2 Proteksi arus lebih

Perlengkapan proteksi arus lebih untuk sirkit yang menyuplai motor pompa kebakaran harus:

- a) mempunyai karakteristik waktu invers, dan
- b) mempunyai nilai pengenal, atau dalam hal pemutus sirkit, disetel untuk:
 - 1) dapat dilalui 125 % arus beban penuh secara kontinu, dan
 - 2) membuka sirkit dalam waktu tidak kurang dari 20 detik pada 600 % arus beban penuh motor.

Tidak boleh ada alat proteksi arus lebih lainnya dipasang antara pengontrol motor pompa dengan motor.

Bila ada lebih dari satu motor terpasang pada sirkit yang sama, maka perlengkapan proteksi arus lebih dapat ditentukan atau disetel untuk:

- a) dapat dialiri arus sebesar 125 % jumlah arus beban penuh semua motor yang beroperasi bersamaan.
- b) membuka sirkit dalam waktu tidak kurang dari 20 detik pada arus 600 % arus beban penuh dari motor terbesar.

2.11.8.3 Proteksi suhu lebih

Gawai proteksi suhu lebih tidak boleh dipasang untuk motor pompa kebakaran jika bekerjanya gawai tersebut dapat membatasi waktu bekerjanya perlengkapan dalam keadaan darurat.

Persyaratan ini dapat diubah oleh instansi berwenang yang melaksanakan pengawasan terhadap perlengkapan pengendali kebakaran.

2.11.8.4 Sirkuit kendali

Sirkuit kendali untuk pengoperasian motor pompa kebakaran harus:

- a) dihubungkan langsung antara konduktor aktif dan konduktor netral.
- b) Persyaratan ini melarang digunakannya transformator untuk sistem kendali.
- c) disusun sedemikian hingga konduktor aktif dari sirkuit kendali dihubungkan langsung ke kumparan kerja gawai di dalam pengasut dan
- d) tidak dilengkapi dengan gawai proteksi arus lebih selain dari yang disediakan untuk sirkuit motor pompa sesuai 2.11.8.2.

2.12 Sakelar dan pemutus sirkit

2.12.1 Operasi

2.12.1.1 Kemampuan menyambung dan memutus

Setiap sakelar atau pemutus sirkit harus mampu menyambung dan memutus arus yang dapat mengalir dalam keadaan penggunaan alat tersebut dan harus berfungsi sedemikian hingga tidak membahayakan operator.

2.12.1.2 Kutub tunggal

Setiap sakelar atau pemutus sirkit kutub tunggal harus beroperasi pada konduktor aktif dari sirkuit yang dihubungkan padanya.

2.12.1.3 Sirkuit multifase

Setiap sakelar atau pemutus sirkit harus beroperasi bersamaan pada semua konduktor aktif sirkuit yang dihubungkan padanya.

Ketentuan ini tidak perlu berlaku bagi:

- a) sakelar yang dikendalikan secara otomatis untuk mengendalikan motor, jika ada sakelar lain yang beroperasi bersamaan pada semua konduktor aktif dihubungkan seri dengannya.
- b) sakelar dalam sirkuit kendali untuk mengendalikan kontaktor dan perlengkapan hubung lain yang dikendalikan dari jauh.
- c) sakelar atau pemutus sirkit dalam sirkuit akhir dengan hubungan hanya antara konduktor aktif dan konduktor netral.

2.12.2 Sakelar di konduktor netral

Sakelar atau pemutus sirkit tidak boleh beroperasi pada penghantar netral dari:

- a) sistem yang arus kembali menggunakan perisai bumi.
- b) sirkuit cabang yang netralnya digunakan untuk pembumian instalasi di luar gedung atau,
- c) sirkuit cabang yang netralnya dibumikan langsung.

Suatu sakelar boleh beroperasi di konduktor netral dalam sistem, kecuali yang disebut dalam butir a) dan b) dalam keadaan berikut :

- a) bila sakelar kutub banyak mengandung kontak yang dimaksud untuk penyambungan di netral
- b) bila sakelar dihubungkan dengan sakelar tertentu sedemikian hingga kontak netral tidak dapat tetap terbuka ketika kontak aktif ditutup
- c) bila sakelar digunakan, dalam sirkit kendali pompa kebakaran, sesuai dengan 2.11.8.4.

2.13 Lokasi dan pencapaian PHBK

2.13.1 Lokasi PHBK

2.13.1.1 Umum

PHBK harus:

- a) dipasang di lokasi yang cocok, yang kering dengan ventilasi yang cukup, kecuali bila PHBK dilindungi terhadap lembab, dan
- b) ditempatkan sedemikian hingga PHBK dan pencapaiannya tidak terhalang oleh bagian atau isi gedung atau bagian lainnya dalam gedung.

2.13.1.2 Lokasi PHBK utama

Lokasi dari PHBK utama harus memenuhi ketentuan di bawah ini:

a) Umum

PHBK utama atau panel untuk kendali jarak jauh dari sakelar utama sesuai 2.8.1.5 harus ditempatkan tidak lebih jauh dari satu tingkat di atas atau di bawah jalan masuk gedung dan harus dapat dicapai dengan mudah dari jalan masuk.

Ketentuan ini tidak berlaku pada:

- 1) instalasi rumah
- 2) hal-hal lain yang telah memperoleh persetujuan.

b) Instalasi ganda

Dalam instalasi ganda, PHBK utama tidak boleh ditempatkan di instalasi rumah.

2.13.1.3 Pemberian tanda mengenai lokasi PHBK utama

Lokasi PHBK utama harus ditunjukkan sebagai berikut:

a) Pemberian tanda pada pintu atau selungkup.

Bila suatu PHBK utama terletak di dalam kamar atau selungkup, setiap pintu yang diperlukan untuk masuk bagi personil harus diberi tanda dengan jelas dan permanen yang menunjukkan ruangan atau kamar tempat PHBK utama terletak.

Ketentuan ini tidak berlaku bagi PHBK utama dalam suatu instalasi rumah tunggal.

b) Pemberian tanda lokasi dalam suatu instalasi.

Lokasi dari PHBK utama dalam suatu instalasi harus ditunjukkan dengan tanda yang menyolok di semua pintu masuk utama ke instalasi atau pada panel indikator kebakaran. Tanda seperti itu harus mencantumkan "PHBK UTAMA".

Ketentuan ini tidak berlaku bila lokasi PHBK utama dapat diketahui dengan cepat karena ukuran dan perancangan instalasi yang baik. Contoh untuk instalasi yang dimaksud adalah instalasi rumah atau bila pintu ruangan PHBK atau pintu selungkupnya terletak dekat, dan dapat dilihat dengan jelas dari pintu masuk utama ke instalasi.

2.13.1.4 Lokasi yang dilarang dan yang dibatasi

Lokasi-lokasi yang dilarang bagi PHBK adalah sebagai berikut:

a) Tinggi di atas tanah, lantai atau panggung.

Ketentuan di bawah ini berlaku untuk PHBK yang berada di atas tanah, lantai atau panggung.

1) Pada ketinggian 1,2 m di atas tanah, lantai atau panggung.

Suatu PHBK yang dipasang pada ketinggian kurang dari 1,2 m di atas tanah, lantai atau panggung harus memenuhi setidaknya-tidaknya satu dari persyaratan di bawah ini :

- (a) Tertutup sepenuhnya dengan pintu, yang pembuka pintunya tidak kurang dari 1,2 m di atas tanah, lantai atau panggung.
- (b) Hanya terdiri dari perlengkapan yang bagian aktifnya berada dalam rumah atau kotak pelindungnya dan tidak dapat dicapai tanpa alat atau kunci.
- (c) Terletak di daerah yang hanya dapat dicapai oleh orang-orang yang berwenang.

2) Instalasi rumah dan instalasi ganda

Suatu PHBK tidak boleh dipasang kurang dari 0,9 m di atas tanah, lantai atau panggung pada lokasi berikut:

- (a) Instalasi rumah
- (b) Instalasi ganda, dimana pencapaian ke sakelar pemisah dari suatu instalasi individual disyaratkan sesuai 2.8.1.3 dan 2.8.2.2
- (c) Berdampingan atau dalam selungkup yang sama seperti pada (b).

b) Di dekat tandon air atau dapur listrik

Hal-hal berikut berlaku bagi PHBK di dekat tandon air atau dapur listrik

1) Daerah terlarang.

Suatu PHBK tidak boleh dipasang di dalam ruang yang dibatasi oleh bidang vertikal

- (a) 0,15 m dari tepi peranti pemasak, tungku, pelat panas atau peranti masak sejenis yang magun, memanjang dari lantai sampai ke langit-langit;
- (b) 0,15 m dari batas tandon air tempat cuci piring, tempat cuci tangan atau wadah sejenis, memanjang dari lantai sampai ke langit-langit;
- (c) 0,15 m dari keliling tandon air suatu kloset untuk buang air, atau tempat buang air kecil, tangki air, memanjang dari lantai sampai ke langit-langit, atau
- (d) 0,5 m dari keliling tandon air dari tungku pemanas untuk mencuci, bak cuci atau tempat mandi, memanjang dari lantai sampai ke langit-langit.

2) Lokasi terbatas.

Suatu PHBK dapat dipasang di luar ruang yang ditentukan dalam butir 1) akan tetapi di dalam batas 2,5 m dari tandon air atau tepi suatu dapur pemasak hanya jika PHBK mempunyai, atau dipasang di dalam suatu selungkup yang mempunyai suatu tingkat proteksi yang tinggi, tidak kurang dari IP23.

Persyaratan ini dianggap terpenuhi terhadap kebocoran air jika PHBK dipasang dalam lemari yang mempunyai pintu-pintu yang tertutup dengan rapat (kedap air).

c) Dalam lemari penyimpanan.

Suatu PHBK boleh dipasang di dalam sebagian dari lemari penyimpanan yang dirancang atau dibuat khusus untuk pemasangan PHBK asal,

- 1) PHBK ditempatkan di bagian depan dari lemari,
- 2) PHBK dipisahkan dari bagian lain dari lemari; dan
- 3) PHBK disusun sedemikian hingga pencapaian ke PHBK tidak terhalang oleh struktur atau isi dari lemari

CATATAN :

- (a) Lihat 2.13.1.4 a) sehubungan dengan ketinggian di atas tanah, lantai atau panggung.
- (b) Lihat 2.13.2.2 untuk persyaratan pencapaian PHBK yang dipasang dalam lemari.

d) Di dekat pancuran mandi.

Suatu PHBK tidak boleh dipasang di dalam ruang yang dibatasi oleh bidang vertikal berjarak 3,6 m (lihat 8.23.9) dari pusat mulut pancuran mandi dan memanjang dari lantai ke langit-langit

- e) Di dekat kolam renang, spa atau sauna. Suatu PHBK tidak boleh dipasang di dalam atau di atas daerah kolam renang atau daerah kolam spa atau di dalam sauna
- f) Di tangga yang terisolasi dari kebakaran, lorong jalan dan lereng. Suatu PHBK tidak boleh dipasang di dalam tangga yang terisolasi dari kebakaran, lorong, jalan lereng, atau sarana sejenis untuk jalan keluar darurat dari gedung.
- g) Di dekat gulungan selang kebakaran.

Suatu PHBK tidak boleh dipasang di dalam lemari yang berisi gulungan selang kebakaran

h) Dekat dengan sprinkler kebakaran otomatis.

PHBK berikut tidak boleh dipasang di sekitar sistem semprotan sprinkler otomatis:

- 1) PHBK utama
- 2) dari mana sirkit untuk perlengkapan pengendalian api dan asap kebakaran, perlengkapan evakuasi, lift berasal, sesuai dengan 2.11.3.1.

PHBK yang diuraikan dibutir 1) dan 2) dapat dipasang di sekitar sistem sprinkler kebakaran otomatis bila sekurang-kurangnya satu dari persyaratan berikut ini dipenuhi.

- 1) PHBK dilengkapi dengan suatu pelindung untuk menghindari dari semprotan air.
- 2) Semua kepala *sprinkler* yang dapat mengarahkan air pada PHBK dilengkapi dengan deflektor yang sesuai.
- 3) Semua kepala *sprinkler* adalah dari jenis kering.
- 4) PHBK mempunyai tutup dengan tingkat perlindungan IPX3 sesuai dengan 303.6.

2.13.1.5 PHBK dengan bagian bervoltase yang terbuka

PHBK yang mempunyai bagian bervoltase terbuka harus dipasang dalam daerah yang dapat dimasuki hanya oleh petugas yang berwenang dan yang dilengkapi dengan fasilitas penguncian.

2.13.2 Pencapaian PHBK

2.13.2.1 Umum

Di sekeliling PHBK harus disediakan ruangan yang cukup di segala sisinya supaya orang dapat lewat, untuk mengoperasikan dan menyetel semua perlengkapan dengan aman dan efektif, dan dapat segera keluar dari lingkungan PHBK dalam keadaan darurat.

Ruangan tersebut dapat di peroleh dengan menyediakan:

- a) jarak bebas mendatar tidak kurang dari 0,6 m dari sembarang bagian dari PHBK atau perlengkapan, termasuk pintu penutup PHBK, dalam kedudukan normal dalam operasi, pembukaan dan penarikan keluar dan
- b) jarak bebas tegak lurus dari lantai dasar atau panggung atau permukaan bidang jalan lainnya sampai ketinggian 2 m, atau suatu jarak yang tidak kurang daripada tinggi PHBK, mana yang lebih besar.

Cara lain untuk menyediakan ruangan yang cukup di sekeliling PHBK dapat digunakan, misalnya pintu penutup yang menutupi PHBK yang disusun sedemikian sehingga pintu:

- 1) dapat dibuka tidak kurang dari pada 170 derajat dari kedudukan tertutup,
- 2) dapat dipertahankan pada posisi tersebut, dan

- 3) bila dipertahankan dalam kedudukan terbuka tidak menghambat penggunaan dari pintu terdekat lainnya dan mempertahankan pada jarak bebas yang dirinci dalam hal a) dan b).

Pintu penutup PHBK dalam instalasi rumah tidak memerlukan jarak bebas mendatar 0,6 m bila dibuka dalam sembarang kedudukan, asalkan pintu mempunyai dimensi tegak lurus tidak lebih dari 0,9 m.

2.13.2.2 PHBK di dalam atau di atas lemari atau penyangga

PHBK yang dipasang di dalam lemari atau dipasang di atas penyangga atau dipasang di atas lemari harus ditempatkan sehingga perlengkapan PHBK mudah dicapai.

Setiap sakelar, tungkai operasi atau kendali yang berhubungan dengan PHBK tersebut, harus ditempatkan tidak lebih dari pada 0,6 m dari pinggir atau sisi lemari atau bangku sehingga orang dapat mencapai untuk mengoperasikan atau bekerja pada PHBK.

2.13.3 Jalan masuk ke dalam selungkup PHBK

Bila PHBK dirancang sehingga orang dapat masuk ke selungkup PHBK di panel belakang PHBK untuk tujuan membuang atau mengganti suatu konduktor atau perlengkapan, harus diusahakan agar orang dapat masuk dan keluar dari tempat tersebut dengan cepat dan aman.

2.13.4 Jalan keluar dari daerah PHBK

2.13.4.1 Jumlah jalan keluar

Fasilitas jalan keluar yang cukup harus disediakan, agar personil dapat meninggalkan daerah PHBK dalam keadaan darurat.

Untuk PHBK :

- a) yang panjangnya kurang atau sama dengan 3 m : setidaknya satu jalan keluar.
- b) yang panjangnya lebih dari 3 m : setidaknya dua jalan keluar yang berjarak cukup.

Bila tersedia ruang bebas sebesar 3 m sekeliling PHBK dan perlengkapannya, termasuk pintu PHBK, dalam semua posisi operasi normal, membuka dan menarik keluar, maka hanya satu jalan keluar harus disediakan.

2.13.4.2 Ukuran bagian yang terbuka atau pintu

Setiap bagian yang terbuka atau pintu dalam jarak 3 m dari PHBK atau bagian dari padanya termasuk pintu PHBK, dalam kedudukan operasi normal, membuka atau menarik keluar, yang dimaksud sebagai jalan keluar dari PHBK bagi personil, harus tidak kurang dari 0,6 m lebar dan tinggi 2 m dari lantai PHBK.

2.13.4.3 Arah membukanya pintu

Setiap pintu yang:

- a) terletak dalam jarak 3 m dari PHBK, dengan nilai pengenal 200 A atau lebih per fase, atau dari perlengkapan PHBK termasuk pintu PHBK dalam setiap posisi pengoperasian, pembukaan atau penarikan, dan

SNI 0225:2011

- b) dimaksudkan sebagai jalan keluar personil meninggalkan daerah sekitar PHBK, harus membuka ke arah luar dari PHBK, tanpa menggunakan kunci atau alat, disisi pintu yang menghadap ke PHBK.

CONTOH :

Perhitungan kebutuhan maksimum dan jumlah titik beban – perenacanaan instalasi listrik

CONTOH 1 :

Soal : Tentukan kebutuhan maksimum dari instalasi rumah tunggal, disuplai oleh fase tunggal 240 volt dengan beban seperti berikut :

24 buah titik pencahayaan
10 meter pencahayaan rel
9 buah KKB tunggal
8 buah KKB ganda
1 x 50 W kipas sedot
1 x 1000 W pemanas kawat (*strip heater*)
1 x 15 A KKK
1 x 10 kW dapur listrik
1 x 4,8 kW pemanas air yang dikendalikan
1 x 3 kW pencahayaan lapangan tenis

PENYELESAIAN :

Penentuan kebutuhan sesuai dengan Tabel 2.3.1 dan 2.3.

a) Kelompok beban A 1)

24 titik pencahayaan ditambah
10 meter pencahayaan rel ditambah
50 W kipas sedot = 45 titik
 $= 2 + 2 + 2 = 6A$

b) Kelompok beban A 2)

3000 W pencahayaan lapangan tenis $= \frac{3000}{240} \times 0,75 = 9,4 A$

c) Kelompok beban B 1)

9 KKB tunggal ditambah
8 KKB ganda = 25 titik
1000 W pemanas kawat = 1 titik
 $= 5 + 5 = 10 A$

d) Kelompok beban B 2)

15A KKK = 10A

e) Kelompok beban C

10.000 W dapur listrik = $41,67 A \times 0,5 = 20,8 A$

f) Kelompok beban F

Pemanas air yang dikendalikan $4.800 \text{ W} = 20 \text{ A}$
 20 A ini lebih kecil dari jumlah beban dari kelompok beban lainnya, dengan demikian kebutuhan maksimum untuk beban ini adalah 0 (nol) A

$$\begin{aligned} \text{Beban total} &= \text{jumlah dari semua kelompok beban} \\ &= A 1) + A 2) + B 1) + B 2) + C + F \\ &= 6 + 9,4 + 10 + 10 + 20,8 + 0 \\ &= 57,2 \text{ A} \end{aligned}$$

CONTOH 2 :

Soal : Tentukan kebutuhan maksimum dari fase yang dibebani paling besar, dalam instalasi rumah, yang terdiri dari beban berikut :

26 buah titik pencahayaan
 24 meter KKB
 15 A KKK
 16,6 kW dapur listrik
 4 kW unit AC
 12,96 kW pemanas air sesaat
 3,6 kW pengering pakaian (cucian),

yang disuplai dengan tiga fase, dan disusun sebagai berikut:

Fase merah	Fase putih	Fase biru
15 A KKK	-	-
5 kW pelat pemanas	5 kW pelat pemanas	6,6 kW tungku
4 kW AC	-	-
4,32 kW pemanas air sesaat	4,32 kW pemanas air sesaat	4,32 kW pemanas air sesaat
	3,6 kW pengering pakaian	

PENYELESAIAN :

Cara penentuan kebutuhan di fase yang terbesar bebannya sesuai dengan Tabel 2.3.1, dengan asumsi instalasi diusahakan seimbang mungkin antara ketiga fasenya, sebagai berikut :

	Kelompok beban	Kolom	Fase M A	Fase P A	Fase B A
Pencahayaan	A 1)	2	-	-	5
KKB	B 2)	2	-	10	10
KK – 15 A	B 3)	2	10	-	-
Dapur listrik	C	2	10,4	10,4	13,7
AC	D	2	12,5	-	-
Pemanas air	E	2	6	6	6
Pengering pakaian	C	2	-	7,5	-
			38,9	33,9	34,7

Fase dengan beban terbesar : Merah = 38,9 A

CONTOH 3 :

Soal : Tentukan kebutuhan maksimum dari fase yang dibebani paling besar dari satu gedung rumah petak yang terdiri dari 80 unit petak, dengan beban berikut :

Pencahayaan	80 unit petak
KKB	80 unit petak
Dapur listrik	17 unit petak
2,5 kW (=10,4 A) pemanas kawat terpasang permanen	80 unit petak
Pemanas air cepat	80 unit petak

PENYELESAIAN :

Cara penentuan kebutuhan maksimum dari fase yang dibebani paling besar, berupa asumsi bahwa instalasi diatur seimbang, mungkin diantara ketiga fasenya sesuai dengan Tabel 2.3.1 adalah sebagai berikut :

- a) Jumlah unit petak per fase, fase 3 adalah $80/3 = 27$ di masing-masing dari 2 fasenya, dan 26 unit di fase lainnya. Ketentuan yang ada di kolom 5 dari Tabel 2.3.1 dapat dipergunakan untuk kelompok beban kecuali untuk dapur listrik.
- b) Jumlah dapur listrik per fase = $17/3 : 6$ buah masing-masing di dua fase dan 5 buah di fase lainnya. Ketentuan dalam kolom 4 Tabel 2.3.1 dapat dipergunakan untuk kelompok C, dapur listrik dan peranti masak.

1) Unit individual :

	Kelompok beban	Kolom	Beban (A)
Pencahayaan	A (i)	5	$27 \times 0,5 = 13,5 \text{ A}$
KKB	B (i)	5	$50 + (27 \times 1,9) = 101,3 \text{ A}$
Dapur listrik	C	4	$6 \times 2,8 = 16,5 \text{ A}$
Pemanas kawat dipasang permanen	D	5	$27 \times 10,4 \times 0,75 = 210,6 \text{ A}$
Pemanas air cepat	F	5	$100 + (27 \times 0,8) = 121,6 \text{ A}$
Beban total unit petak untuk fase yang terbesar bebannya			= 463,8 A

2) Pelayanan umum.

Pencahayaan dipasang merata di ketiga fasenya yaitu :

$$7.500/3 = 2.500 \text{ W per fase}$$

(bila pencahayaan dipasang pada satu fase, beban di kelompok beban H adalah 7.500W).

20 KKB dipasang masing-masing 7 buah di dua fase, dan 6 buah di fase lainnya. 10 buah pemanas pakaian dipasang masing-masing 3 buah di dua fase, dan 4 buah di fase lainnya : beban di fase yang dibebani paling besar adalah = 14.400 W.

Motor : 5,5 kW : 16,4 A per fase (sesuai nilai pada papan nama)

4 kW : 8,3 A per fase (sesuai nilai pada papan nama)

	Kelompok beban	Kolom	Beban A
Pencahayaan	H	5	2.500/240 = 10,4 A
KKB	I	5	7 x 1 = 7 A
Pengering pakaian	J (i)	5	0,5 (14.400/40) = 30,0 A
Lift	K	5	Nihil
Motor	K	5	10,4 + (8,3 x 0,5) = 14,6 A
Beban pelayanan umum untuk fase yang terbesar bebannya			= 62 A

Beban total dari fase yang terbesar bebannya adalah $463,8 + 62,0 = 525,8$ A

CONTOH 4 : Mengenai jumlah titik beban di sirkit akhir (2.4.1, Tabel 2.4-1 dan 2.4-4)

Soal : Tentukan jumlah KKB yang boleh dipasang pada sirkit akhir untuk kegunaan campuran yang terdiri dari kawat tembaga 2,5 mm² dipasang di udara yang di AC, diproteksi dengan pemutus sirkit dalam suatu instalasi rumah, yang terdapat dua sirkit dengan beban yang sama melayani hanya KKB, yaitu sesuai kondisi B dalam Tabel 2.4.1 dan 2.4.4.

Beban di bawah ini adalah di luar beban KKB :

1 buah	pemanas ruangan permanen	= 2.400 W
1 buah	kipas angin permanen	= 40 W
1 buah	KKK untuk pemasangan kipas angin permanen 120 W yang berkaitan dengan pemanas ruangan dengan perubahan yang lambat	= 120 W
2 buah	sistem alarm permanen, masing-masing 60 W	= 120 W
6 buah	titik pencahayaan masing-masing 60 W	= 360 W
Total		= 3.040 W

PENYELESAIAN :

Dari tabel mengenai KHA, untuk konduktor tembaga dengan pemasangan di udara, fase tunggal diperoleh, untuk konduktor berukuran 2,5 mm² yang diproteksi dengan pemutus sirkit, KHA konduktor adalah 25 A. Oleh karenanya nilai pengenal pemutus sirkit yang dipakai adalah 25 A.

Dalam kolom 3 Tabel 2.4-3, beban maksimum untuk pemutus sirkit 25 A adalah 25 A, dan nilai dari beban-beban yang diluar KKB adalah sebagai berikut :

Pemanas ruangan	= 10 A
Kipas angin	= 0,2 A
KK untuk kipas angin 120 watt	= 0,5A
2 sistem alarm	= 0,5A
6 titik pencahayaan	= 6 x 0,5 = 3 A
Total	= 14,2A

Sisa yang tersedia pada KKB adalah $25 A - 14,2 A = 10,8$ A.

Dari kolom 7 Tabel 2.4-3 untuk sirkit pada kondisi B, setiap KKB mempunyai nilai kontribusi 1 A. Jumlah KKB yang dapat disambungkan adalah $10,8 A / 1 A = 11$ buah (dibulatkan). Dengan demikian sirkit campuran terdiri dari 11 titik + 11 titik = 22 titik beban dan tidak melampaui jumlah maksimum 30 titik sesuai kolom 4 dari Tabel 2.4-3.

SNI 0225:2011

CONTOH 5 :

Tentukan jumlah KKB yang dapat disambungkan pada suatu sirkit akhir campuran 240 V yang terdiri dari konduktor tembaga 4 mm², diproteksi dengan suatu sekering setengah tertutup yang elemen bebannya dapat diganti, dalam suatu instalasi bukan rumah.

Di bawah ini adalah beban di luar KKB :

KKB – 15 A	=	3.600 W
2 buah pencahayaan masing-masing 60 W	=	120 W
KK untuk kipas angin permanen 20 watt	=	40 W
		<hr/>
Jumlah	=	3.760 W

PENYELESAIAN :

Dari tabel mengenai KHA diperoleh untuk konduktor tembaga 4 mm² yang dipergunakan untuk beban campuran adalah 20 A. Dengan demikian maka nilai maksimum dari sekering yang boleh dipakai adalah 20 A.

Dari kolom 3 Tabel 2.4.4 diperoleh bahwa beban maksimum untuk sekering 20 A yang dapat diganti elemen leburnya adalah 20 A, sedangkan beban yang ada di luar KKB adalah sebagai berikut :

KK – 15 A	=	12 A
2 titik pencahayaan 2 x 0,5 A	=	1 A
KK untuk kipas angin 40 watt	=	0,2 A
		<hr/>
Jumlah	=	13,2 A

Sisa yang tersedia pada KKB adalah $20 A - 13,2 A = 6,8 A$.

Dari kolom 6 Tabel 2.4.4 untuk kondisi sirkit yang ada tanpa AC permanen, setiap KKB memiliki kontribusi sebesar 5 A.

Jumlah KKB yang boleh dipasang adalah $\frac{6,8}{5} = 1,36 = 1$ (nilai dibulatkan)

Bagian 3: Asesmen karakteristik umum

CATATAN 1 Bagian 3 merupakan adopsi dari Ayat 30 sampai dengan 36 IEC 60364-1:2005 beserta Cor 1 dengan modifikasi. Modifikasi dapat berupa penambahan, perubahan atau pengurangan. Ayat, subayat, tabel, catatan atau lampiran yang merupakan modifikasi diberi tanda MOD.

CATATAN 2 Untuk acuan normatif Bagian 3, lihat Ayat 12 Bagian 1.

30 MOD Asesmen karakteristik umum

Asesmen harus dilakukan terhadap karakteristik berikut untuk instalasi sesuai dengan ayat yang ditunjukkan:

- keperluan penggunaan instalasi, struktur umum dan suplainya (Ayat 31, 35 dan 36);
- pengaruh eksternal yang mengenainya (Ayat 32);
- kompatibilitas perlengkapan (Ayat 33);
- kemampupeliharaannya (Ayat 34).

Karakteristik tersebut harus diperhitungkan pada pemilihan metode proteksi untuk keselamatan (lihat Bagian 4-41 hingga Bagian 4-44) serta pemilihan dan pemasangan perlengkapan (lihat Bagian 5-51 hingga Bagian 5-511)

CATATAN Untuk jenis instalasi lain, misalnya instalasi telekomunikasi untuk Sistem Elektronik Rumah dan Bangunan dll., sebaiknya diperhitungkan standar SNI/IEC yang relevan bagi jenis instalasi yang bersangkutan. Untuk instalasi telekomunikasi, publikasi ITU-T dan ITU-R juga harus diperhitungkan.

31 Kebutuhan, suplai dan struktur

311 Kebutuhan maksimum dan keragaman

Untuk desain yang ekonomis dan andal dari instalasi dalam batas termal dan batas drop voltase, penentuan kebutuhan maksimum adalah penting. Pada penentuan kebutuhan maksimum instalasi atau bagian instalasi, dapat diperhitungkan keragaman.

312 Susunan konduktor dan pbumian sistem

Karakteristik berikut harus diases:

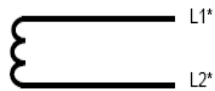
- susunan konduktor penghantar arus pada kondisi operasi normal;
- jenis pbumian sistem.

312.1 Susunan konduktor penghantar arus tergantung pada jenis arus

CATATAN Susunan konduktor yang diuraikan dalam ayat ini tidak menyeluruh. Hal ini termasuk sebagai contoh susunan tipikal. Dianjurkan untuk melaporkan susunan lain ke IEC.

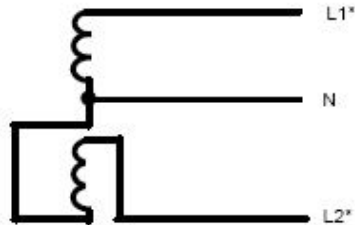
Susunan berikut dari konduktor penghantar arus pada kondisi operasi normal diperhitungkan dalam standar ini.

312.1.1 Susunan konduktor penghantar arus pada sirkit a.b.



*Penomoran konduktor opsional

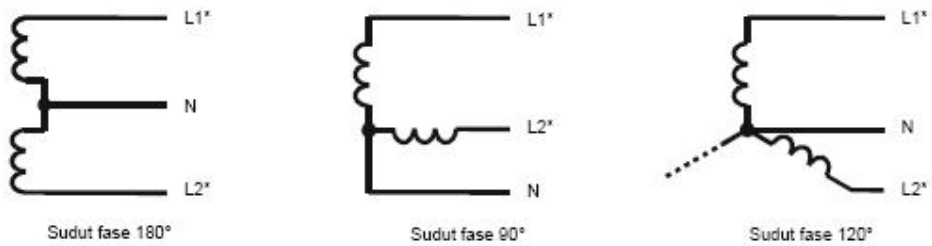
Gambar 1 – Fase tunggal 2-kawat



Sudut fase 0°

*Penomoran konduktor opsional

Gambar 2 – Fase tunggal 3-kawat



*Penomoran konduktor opsional

Gambar 3 – Dwifase 3-kawat



Gambar 4 – Trifase 3-kawat



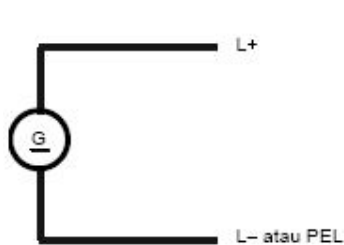
Gambar 5 – Trifase 4-kawat

Trifase 4-kawat dengan konduktor netral atau konduktor PEN. Sebagai definisi, PEN bukan merupakan konduktor aktif tetapi konduktor yang menghantarkan arus operasi.

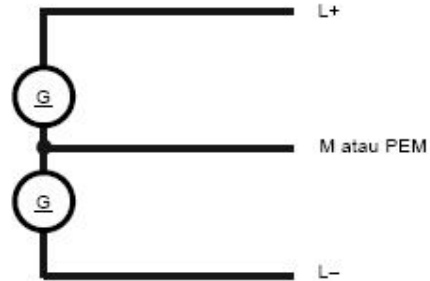
CATATAN 1 Dalam hal susunan fase tunggal 2-kawat yang didapat dari susunan trifase 4-kawat, dua konduktor adalah dua konduktor lin atau konduktor lin dan konduktor netral atau konduktor lin dan konduktor PEN.

CATATAN 2 Pada instalasi dengan semua beban dihubungkan antara fase, pemasangan konduktor netral mungkin tidak diperlukan.

312.1.2 Susunan konduktor penghantar arus pada sirkit a.s.



Gambar 6 – 2-kawat



Gambar 7 – 3-kawat

CATATAN Konduktor PEL dan PEM bukan konduktor aktif, walaupun konduktor tersebut menghantarkan arus operasi. Oleh karena itu, berlaku penamaan susunan 2-kawat atau 3-kawat.

312.2 Jenis pembumian sistem

Jenis pembumian sistem berikut diperhitungkan dalam standar ini.

CATATAN 1 Gambar 31A1 hingga 31G2 memperlihatkan contoh sistem trifase yang umum digunakan. Gambar 31H hingga 31M memperlihatkan contoh sistem a.s. yang umum digunakan.

CATATAN 2 Garis titik-titik menunjukkan bagian sistem yang tidak dicakup dalam ruang lingkup standar, sedang garis menunjukkan bagian yang dicakup standar.

CATATAN 3 Untuk sistem privat, sumber dan/atau sistem distribusi dapat dianggap sebagai bagian instalasi dalam cakupan pengertian standar ini. Untuk hal ini, gambar tersebut dapat lengkap digambarkan dengan garis.

CATATAN 4 Kode yang digunakan mempunyai arti berikut:

Huruf pertama – Berkaitan dengan sistem daya ke bumi:

T = hubungan langsung sebuah titik ke bumi;

I = semua bagian aktif diisolasi dari bumi; atau satu titik dihubungkan ke bumi melalui impedans tinggi.

Huruf kedua – Berkaitan dengan bagian konduktif terbuka (BKT) instalasi ke bumi.

T = hubungan listrik langsung dari BKT ke bumi, tidak tergantung pada pembumian sembarang titik sistem daya.

N = hubungan listrik langsung BKT ke titik sistem daya yang dibumikan (dalam sistem a.b., titik yang dibumikan dari sistem daya secara normal adalah titik netral atau, jika titik netral tidak ada, konduktor lin).

Huruf berikutnya (jika ada) – Susunan konduktor netral dan konduktor proteksi.

S = fungsi proteksi diberikan oleh konduktor yang terpisah dari konduktor netral atau dari konduktor lin yang dibumikan (atau dalam sistem a.b. fase yang dibumikan).

C = fungsi netral dan proteksi digabung dalam konduktor tunggal (konduktor PEN).

Penjelasan simbol pada Gambar 31A1 hingga 31M menurut IEC 60617-11	
	Konduktor netral (N), konduktor titik tengah (M)
	Konduktor proteksi (PE)
	Gabungan konduktor proteksi dan konduktor netral (PEN)

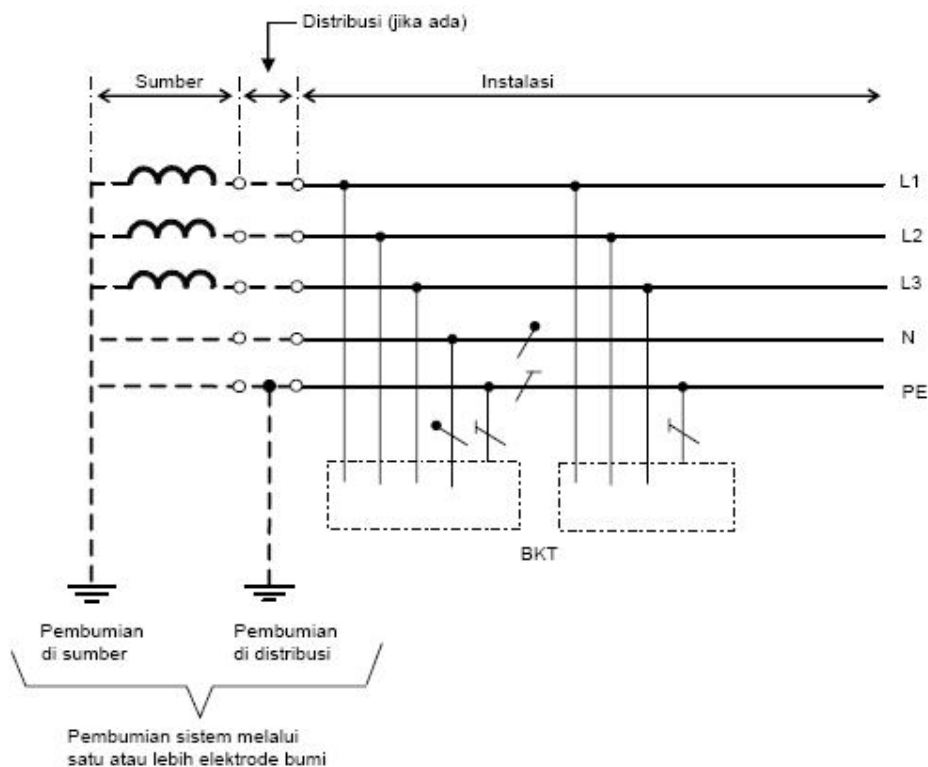
312.2.1 Sistem TN

312.2.1.1 Sistem sumber tunggal

Sistem daya TN mempunyai satu titik yang dibumikan langsung pada sumber, BKT instalasi dihubungkan ke titik tersebut melalui konduktor proteksi. Tiga jenis sistem TN dipertimbangkan sesuai susunan konduktor netral dan proteksi, sebagai berikut:

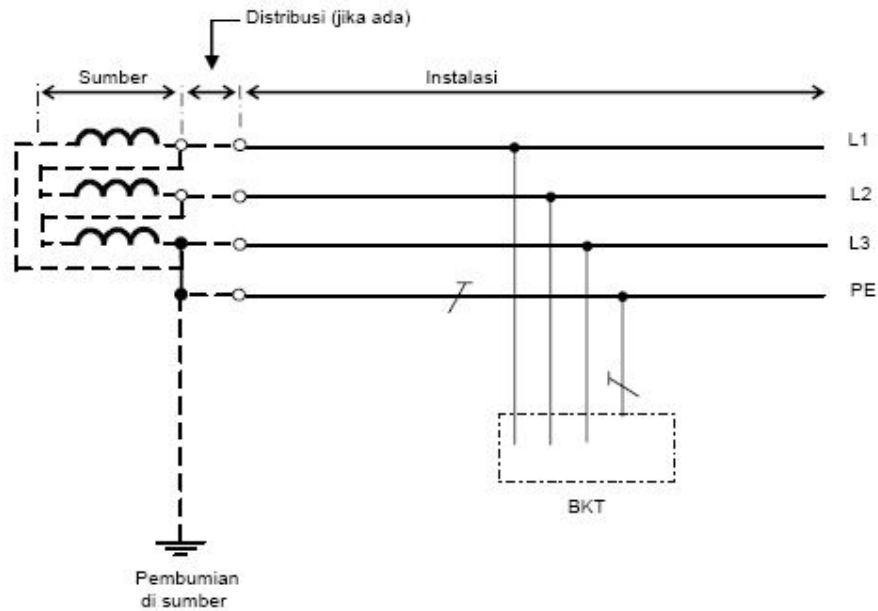
- sistem TN-S, digunakan konduktor proteksi yang terpisah pada seluruh sistem (lihat Gambar 31A1, 31A2 dan 31A3).

CATATAN Untuk simbol, lihat penjelasan yang diberikan pada 312.2.



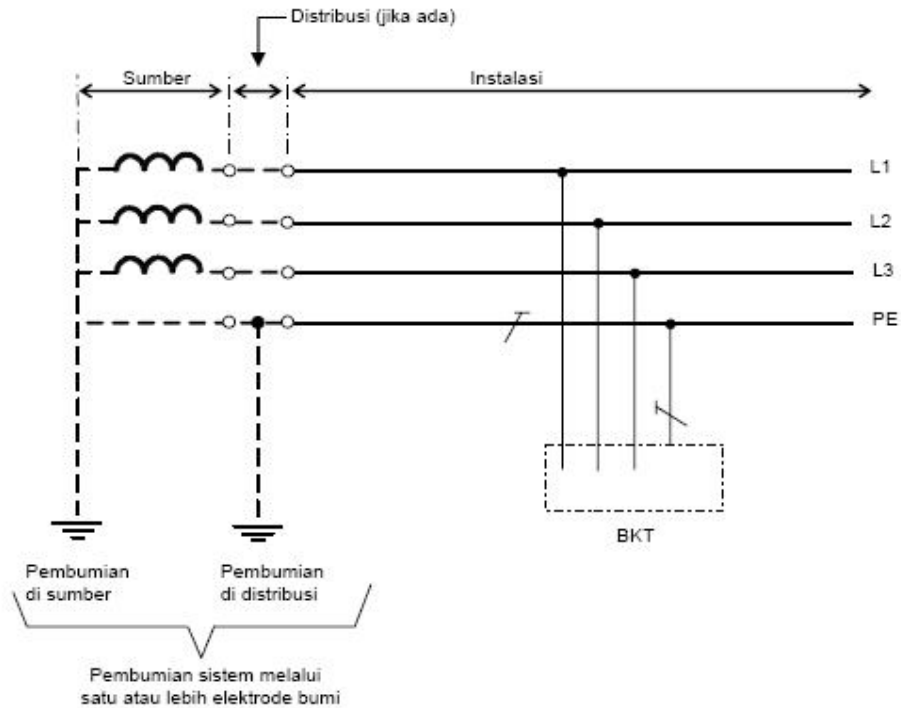
CATATAN Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

Gambar 31A1 – Sistem TN-S dengan konduktor netral dan konduktor proteksi terpisah pada seluruh sistem



CATATAN Pembumian tambahan dari PE pada distribusi dan pada instalasi dapat diberikan.

Gambar 31A2 – Sistem TN-S dengan konduktor lin dibumikan dan konduktor proteksi terpisah pada seluruh system

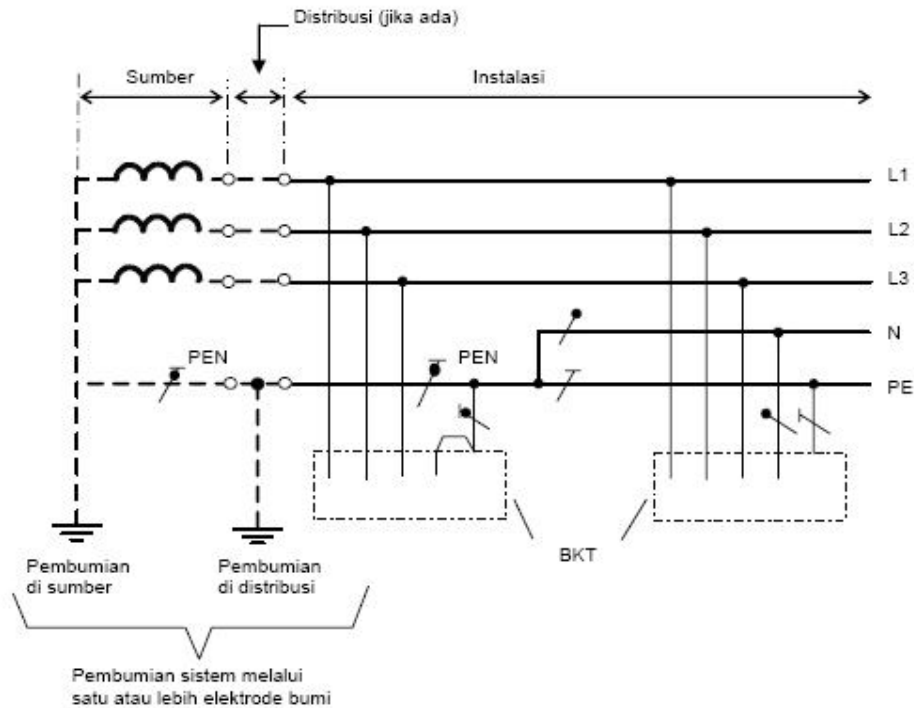


CATATAN Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

Gambar 31A3 – Sistem TN-S dengan konduktor proteksi dibumikan dan tanpa konduktor netral didistribusikan, di seluruh sistem

- Pada sistem TN-C-S, fungsi konduktor netral dan konduktor proteksi digabungkan dalam konduktor tunggal pada sebagian sistem (lihat 31B1, 31B2 dan 31B3).

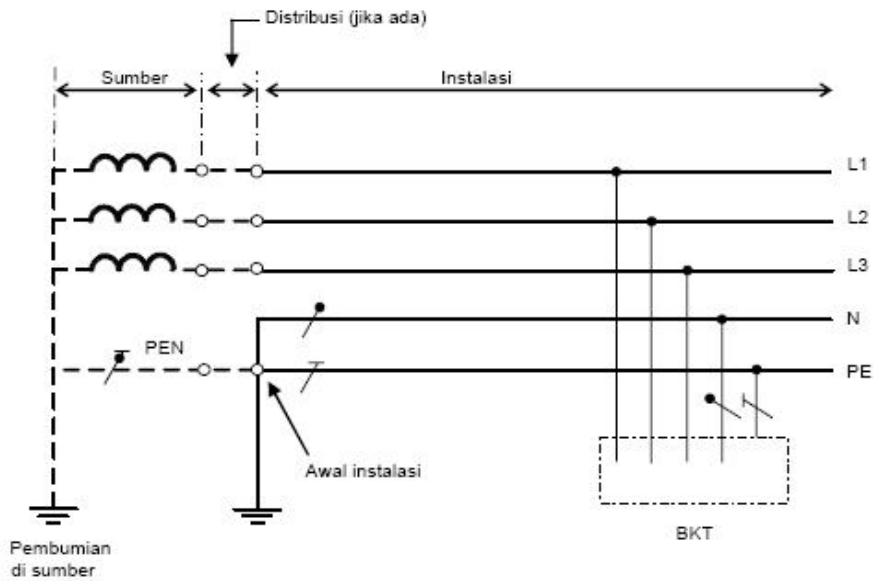
CATATAN Untuk simbol lihat penjelasan yang diberikan pada 312.2.



Konduktor netral dan konduktor proteksi digabungkan dalam konduktor tunggal pada sebagian sistem.

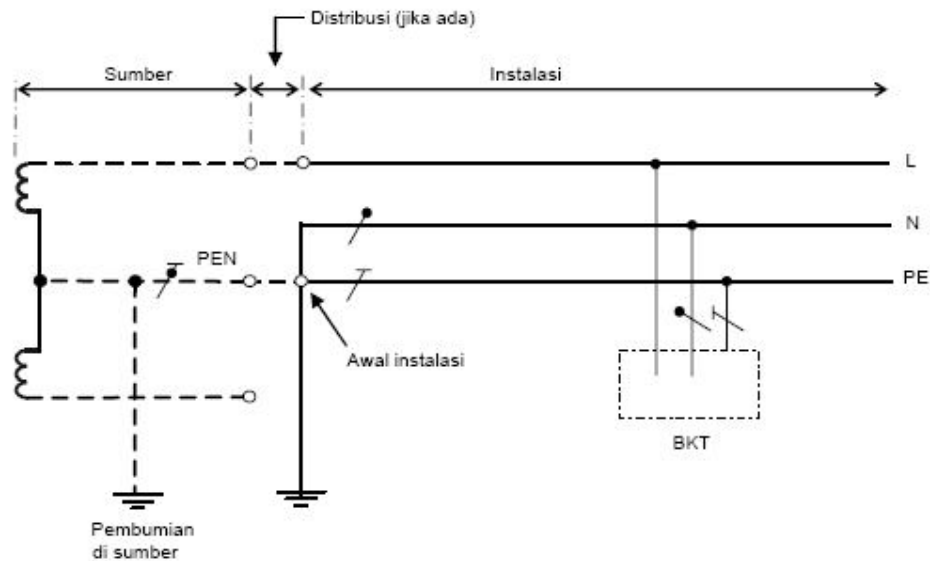
CATATAN Pembumian tambahan dari PEN atau PE pada instalasi dapat diberikan.

Gambar 31B1 – Sistem TN-C-S trifase, 4-kawat, dengan PEN terpisah menjadi PE dan N di tempat lain pada instalasi



CATATAN Pembumian tambahan dari PEN pada distribusi dan PE pada instalasi dapat diberikan.

Gambar 31B2 – Sistem TN-C-S trifase, 4-kawat dengan PEN terpisah menjadi PE dan N di awal instalasi (lazim di Indonesia)



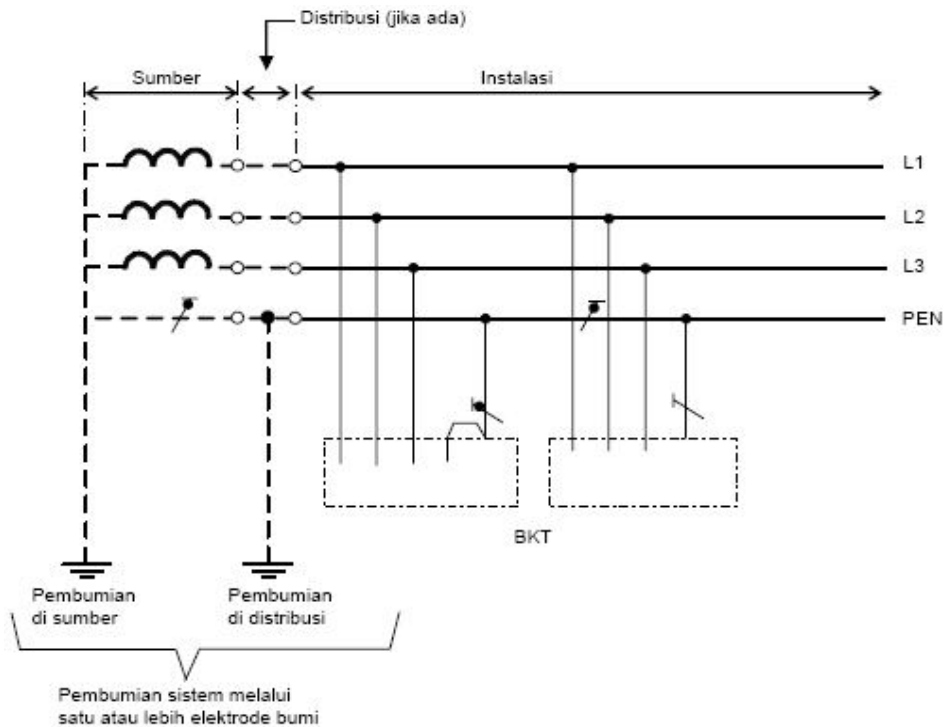
Fungsi netral dan konduktor proteksi digabungkan dalam konduktor tunggal di sebagian sistem.

CATATAN Pembumian tambahan dari PEN pada distribusi dan PE pada instalasi dapat diberikan.

Gambar 31B3 – Sistem TN-C-S – fase tunggal, 2-kawat dengan PEN terpisah menjadi PE dan N di awal instalasi

- Sistem TN-C dengan fungsi konduktor netral dan konduktor proteksi digabungkan dalam satu konduktor tunggal di seluruh sistem (lihat Gambar 31C).

CATATAN Untuk simbol lihat penjelasan yang diberikan dalam 312.2.



CATATAN Pembumian tambahan dari PEN dalam instalasi dapat diberikan.

Gambar 31C – Sistem TN-C dengan fungsi konduktor netral dan konduktor proteksi digabungkan dalam konduktor tunggal di seluruh sistem

312.2.1.2 Sistem multisumber

CATATAN Sistem multisumber diperlihatkan pada sistem TN dengan tujuan unik untuk memberikan EMC (electromagnetic compatibility – kesesuaian elektromagnetik – KEM). Sistem multisumber tidak diperlihatkan dalam sistem TT dan IT karena sistem tersebut biasanya kompatibel berkaitan dengan EMC.

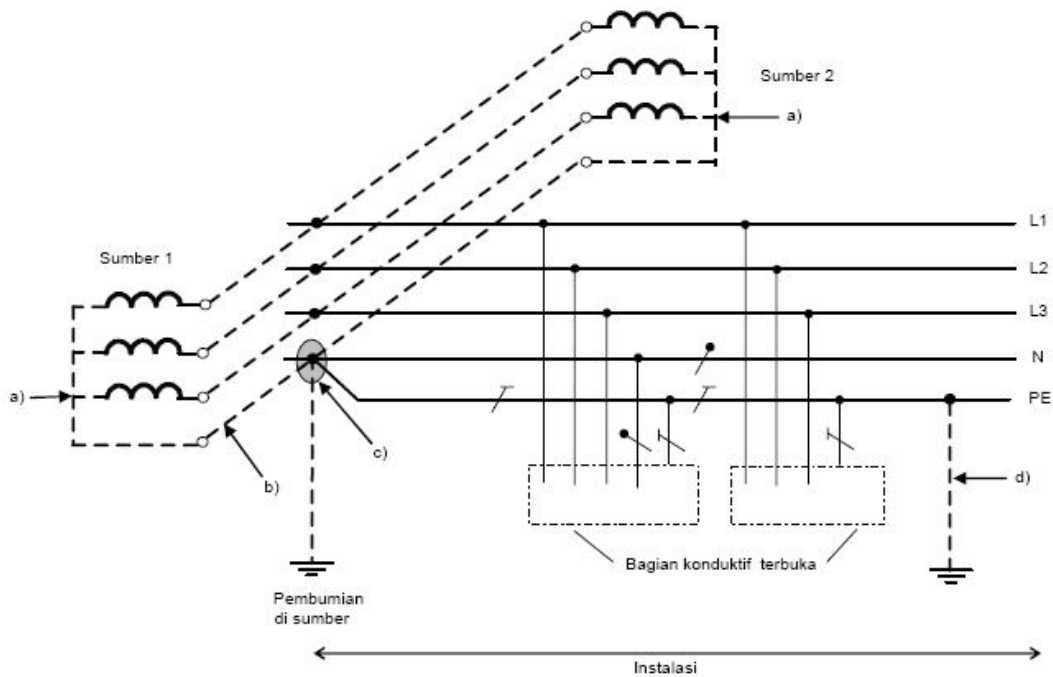
Dalam hal desain tidak sesuai pada instalasi yang merupakan bagian sistem TN dengan multisumber, beberapa arus operasi dapat mengalir melalui jalur yang tak dikehendaki. Arus tersebut dapat menyebabkan:

- kebakaran;
- korosi;
- interferens elektromagnetik.

Sistem yang diperlihatkan dalam Gambar 31D adalah sistem dengan arus operasi parsial minor yang mengalir sebagai arus melalui jalur yang tak dikehendaki. Persyaratan desain esensial yang diperlihatkan dalam Gambar 31D dari a) hingga d) diberikan dalam catatan di bawah Gambar 31D.

Penandaan konduktor PE harus sesuai dengan IEC 60446.

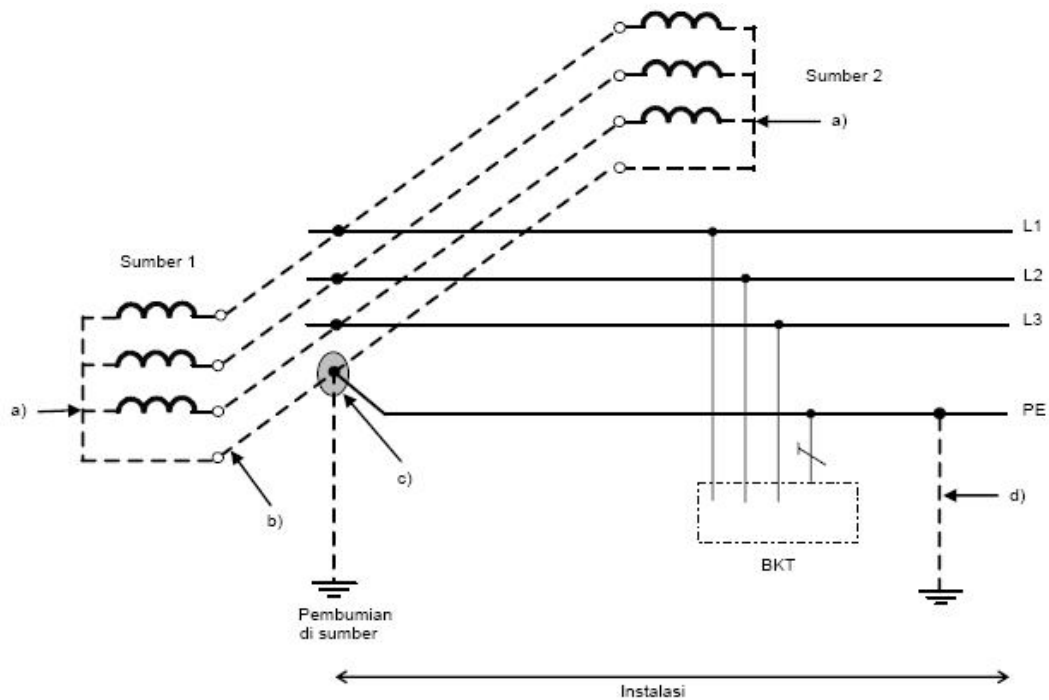
Setiap perluasan sistem harus diperhitungkan berkaitan dengan berfungsinya tindakan proteksi dengan baik.



- Tidak diizinkan adanya hubungan langsung dari titik netral transformator atau titik bintang generator ke bumi.
- Konduktor interkoneksi antara titik-titik netral transformator atau titik-titik bintang generator harus diinsulasi. Fungsi konduktor ini adalah seperti PEN; namun titik ini tidak boleh dihubungkan ke perlengkapan pemanfaat listrik.
- Hanya satu hubungan antara titik-titik netral interkoneksi dari sumber dan PE harus disediakan. Hubungan ini harus terletak di dalam rakitan PHBK utama.
- Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat disediakan.

Gambar 31D – Sistem multisumber TN-C-S dengan konduktor proteksi dan konduktor netral terpisah ke perlengkapan pemanfaat listrik

Pada bangunan industri dengan hanya beban 2-fase dan beban 3-fase antara konduktor fase, tidak perlu dilengkapi dengan konduktor netral (lihat Gambar 31E). Dalam hal ini, konduktor proteksi sebaiknya mempunyai multihubungan ke bumi.

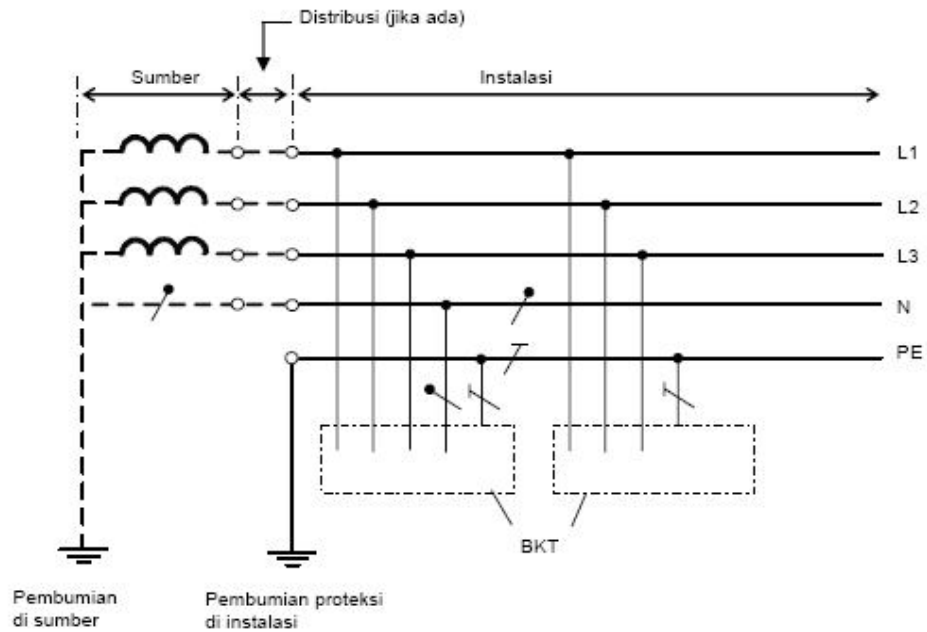


- a) Tidak diizinkan adanya hubungan dari titik netral transformator atau titik bintang generator ke bumi.
- b) Konduktor interkoneksi antara titik-titik netral transformator atau titik-titik bintang generator harus diinsulasi. Fungsi konduktor ini adalah seperti PEN, namun konduktor tersebut tidak boleh dihubungkan ke perlengkapan pemanfaat listrik.
- c) Hanya satu hubungan antara titik-titik netral interkoneksi dari sumber dan PE harus disediakan. Hubungan ini harus terletak di dalam rakitan PHBK utama.
- d) Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat disediakan.

Gambar 31E – Sistem multisumber TN dengan konduktor proteksi dan tanpa konduktor netral di seluruh sistem untuk beban 2- atau 3-fase.

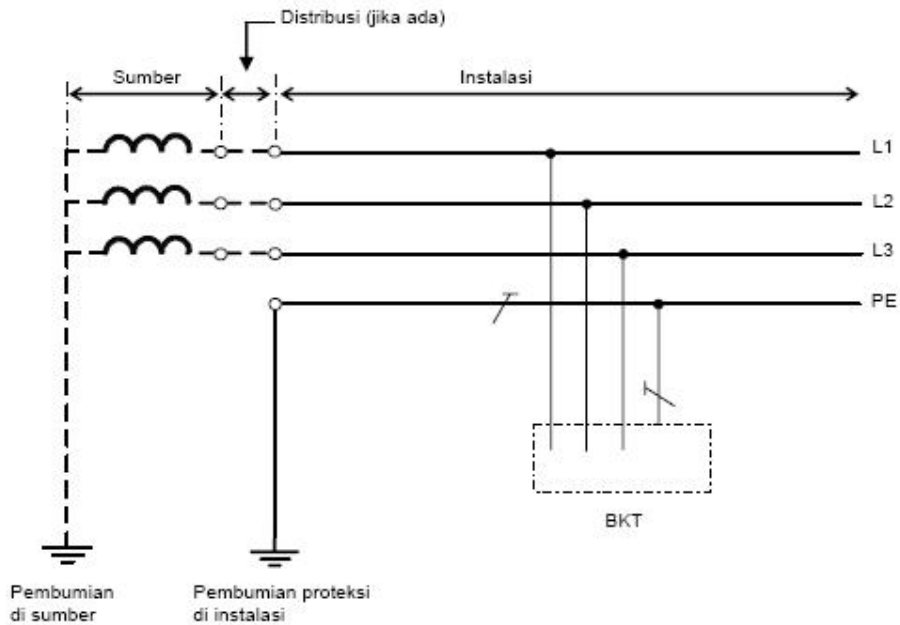
312.2. Sistem TT

Sistem TT hanya mempunyai satu titik yang dibumikan langsung dan BKT instalasi dihubungkan ke elektrode bumi yang independen secara listrik dari elektrode bumi sistem suplai (lihat Gambar 31F1 dan 31F2).



CATATAN Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

Gambar 31F1 – Sistem TT dengan konduktor netral dan konduktor proteksi terpisah di seluruh instalasi

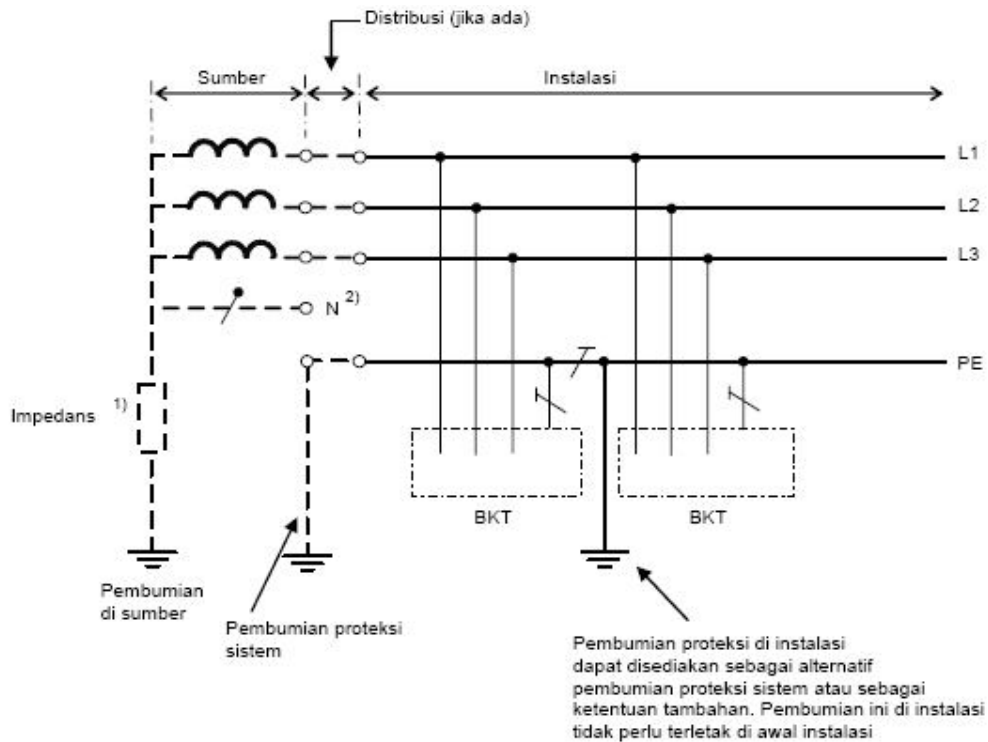


CATATAN Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

Gambar 31F2 – Sistem TT dengan konduktor proteksi dibumikan dan tanpa konduktor netral didistribusikan, di seluruh instalasi

312.2.3 Sistem IT

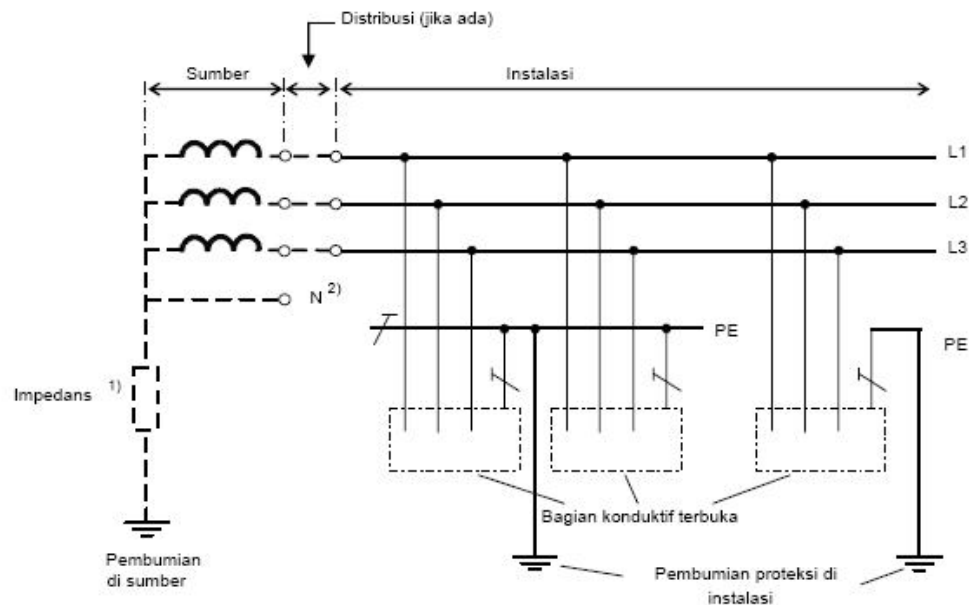
Sistem daya IT mempunyai semua bagian aktif diisolasi dari bumi atau satu titik dihubungkan ke bumi melalui impedans. BKT instalasi listrik dibumikan secara independen atau secara kolektif atau ke pembumian sistem menurut 411.6 Bagian 4-41 (lihat Gambar 31G1 dan 31G2).



CATATAN Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

- 1) Sistem dapat dihubungkan ke bumi melalui impedans yang cukup tinggi. Hubungan ini dapat dilakukan misalnya pada titik netral, titik netral buatan, atau konduktor lin.
- 2) Konduktor netral dapat didistribusikan atau tidak didistribusikan.

Gambar 31G1 – Sistem IT dengan semua BKT diinterkoneksi dengan konduktor proteksi yang secara kolektif dibumikan



CATATAN Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

- 1) Sistem dapat dihubungkan ke bumi melalui impedans yang cukup tinggi.
- 2) Konduktor netral dapat didistribusikan atau tidak didistribusikan.

Gambar 31G2 – Sistem IT dengan BKT dibumikan dalam kelompok atau secara individual

312.2.4 Sistem a.s.

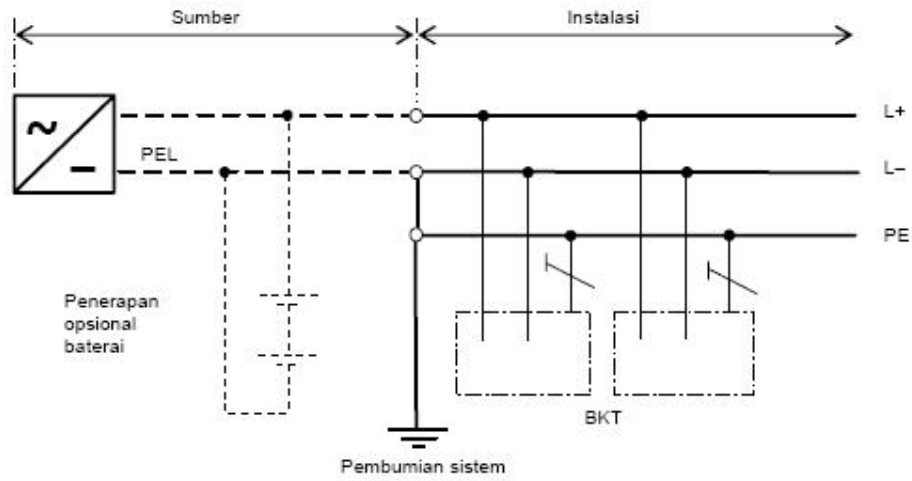
Jenis pembumian sistem untuk sistem arus searah (a.s.).

Jika Gambar 31H hingga 31M berikut memperlihatkan pembumian kutub spesifik dari sistem a.s. 2-kawat, keputusan apakah membumikan kutub positif atau negatif harus didasarkan pada keadaan operasional atau pertimbangan lain, misalnya menghindari efek korosi pada konduktor lin dan susunan pembumian.

312.2.4.1 Sistem TN-S

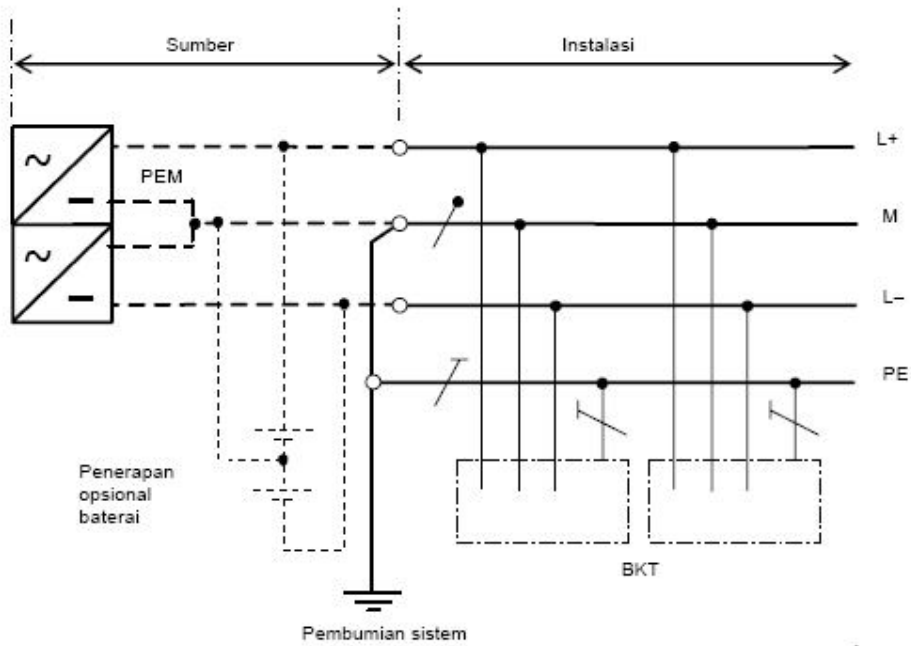
Konduktor lin dibumikan misalnya L- pada jenis a) atau konduktor titik tengah dibumikan M pada jenis b), dipisahkan dari konduktor proteksi di seluruh instalasi.

Jenis a)



CATATAN 1 Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

Jenis b)



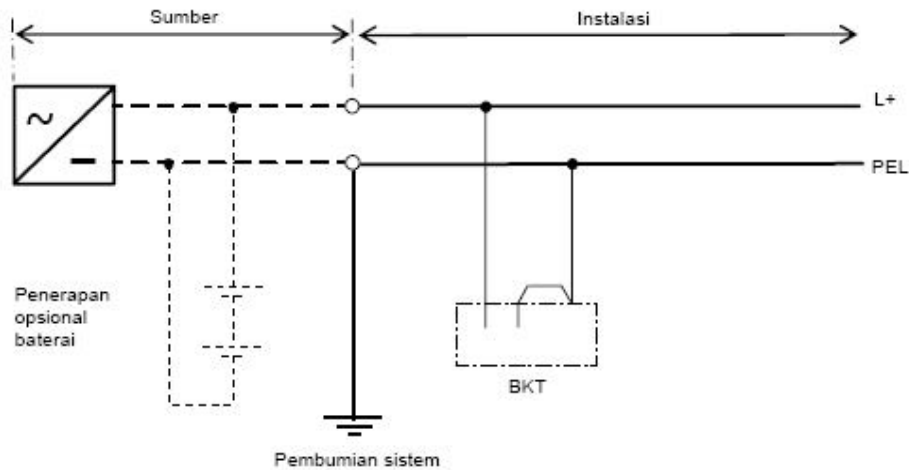
CATATAN 2 Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

Gambar 31H – Sistem a.s. TN-S

312.2.4.2 Sistem TN-C

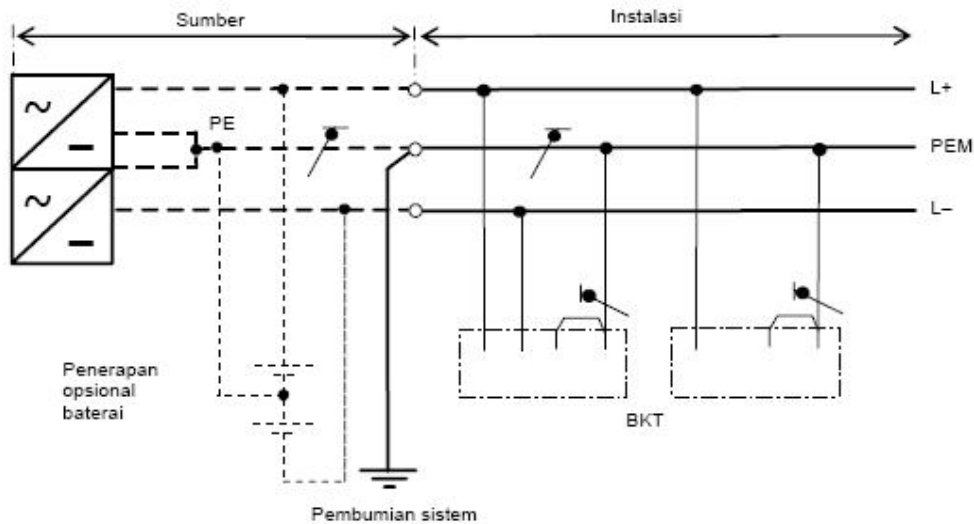
Fungsi konduktor lin dibumikan misalnya L- dan konduktor proteksi pada jenis a) digabungkan dalam satu konduktor tunggal PEL di seluruh instalasi, atau konduktor titik tengah dibumikan M dan konduktor proteksi digabungkan pada jenis b) dalam satu konduktor tunggal PEM di seluruh instalasi.

Jenis a)



CATATAN 1 Pembumian tambahan dari PEL pada instalasi dapat diberikan.

Jenis b)



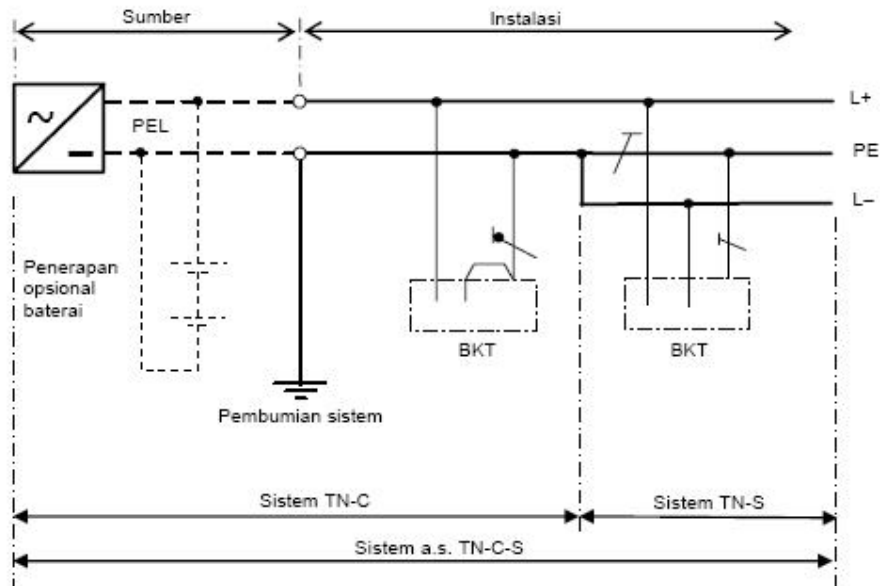
CATATAN 4 Pembumian tambahan dari PEM pada instalasi dapat diberikan.

Gambar 31J – Sistem a.s. TN-C

312.2.4.3 Sistem TN-C-S

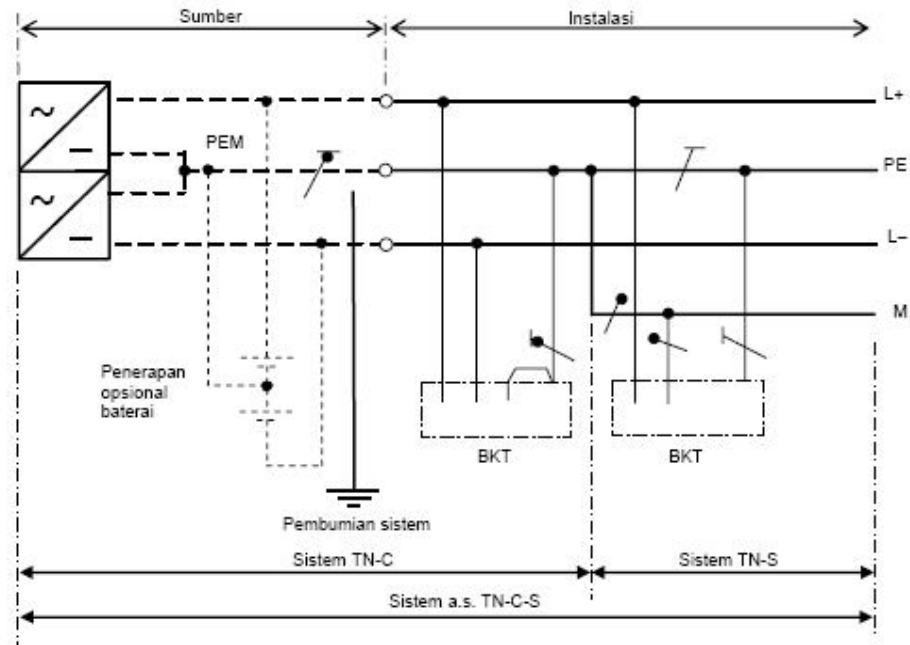
Fungsi konduktor lin dibumikan misalnya L- pada jenis a) dan fungsi konduktor proteksi digabungkan dalam satu konduktor tunggal PEL di sebagian instalasi, atau konduktor kawat-tengah dibumikan M pada jenis b) dan konduktor proteksi digabungkan dalam satu konduktor tunggal PEM di sebagian instalasi.

Jenis a)



CATATAN 1 Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

Jenis b)

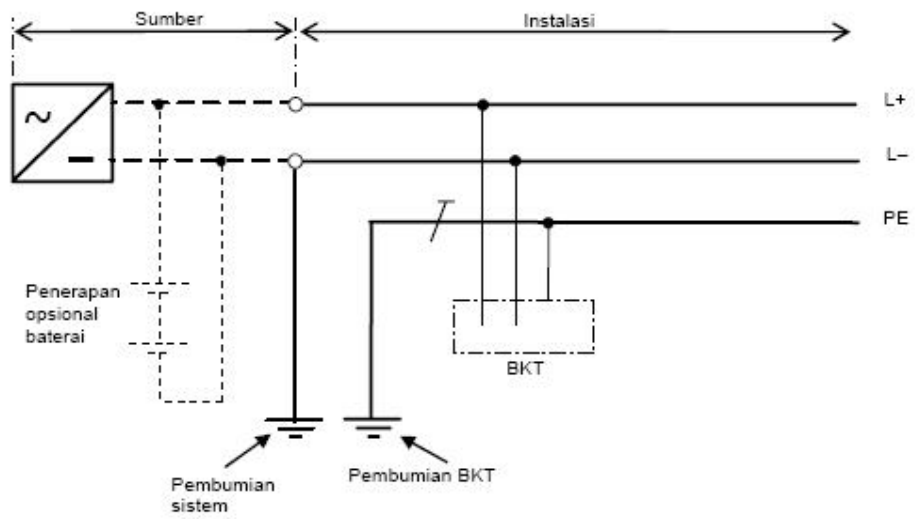


CATATAN 2 Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

Gambar 31K – Sistem a.s. TN-C-S

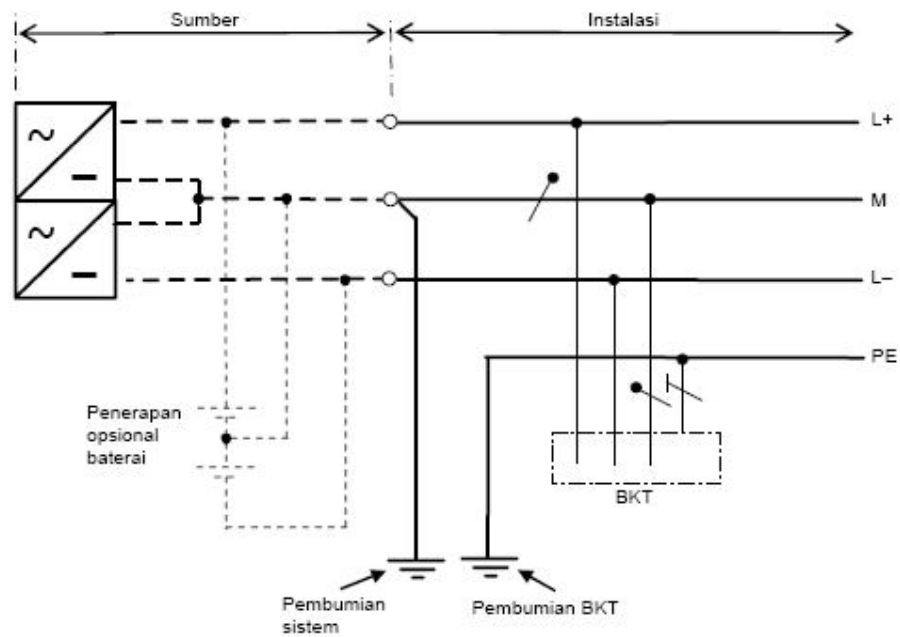
312.2.4.4 Sistem TT

Jenis a)



CATATAN 1 Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

Jenis b)

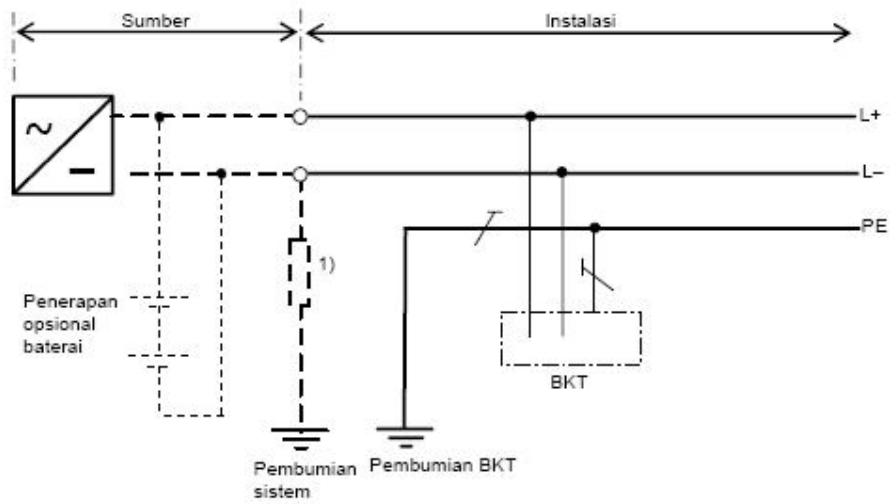


CATATAN 2 Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

Gambar 31L - Sistem a.s. TT

312.2.4.5 Sistem IT

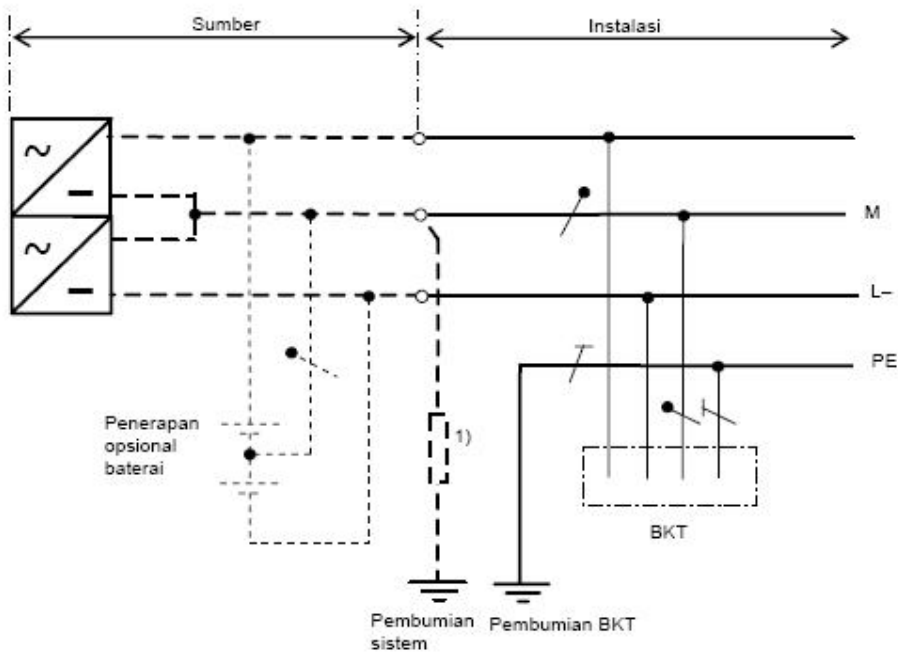
Jenis a)



1) Sistem dapat dihubungkan ke bumi melalui impedans yang cukup tinggi.

CATATAN Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

Jenis b)



1) Sistem boleh dihubungkan ke bumi melalui impedans yang cukup tinggi.

CATATAN 2 Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

Gambar 31M – Sistem a.s. IT

313 Suplai

313.1 Umum

313.1.1 Karakteristik berikut dari suplai, dari sumber mana saja, dan julat normal dari karakteristik tersebut jika sesuai, harus ditentukan dengan perhitungan, pengukuran, investigasi atau inspeksi:

- voltase nominal
- sifat arus dan frekuensi;
- arus hubung pendek prospektif di awal instalasi;
- impedans lingkaran gangguan bumi dari bagian sistem yang eksternal terhadap instalasi;
- kesesuaian untuk persyaratan instalasi, termasuk kebutuhan maksimum, dan
- jenis dan peringkat gawai proteksi arus lebih yang beroperasi di awal instalasi.

Karakteristik ini harus dipastikan untuk suplai eksternal dan harus ditentukan untuk sumber privat. Persyaratan ini dapat diterapkan sama terhadap suplai utama dan terhadap pelayanan keselamatan dan suplai siaga.

313.2 Suplai untuk pelayanan keselamatan dan sistem siaga

Jika ketentuan pelayanan keselamatan disyaratkan, misalnya oleh yang berwenang terkait dengan tindakan pencegahan kebakaran dan kondisi lain untuk evakuasi darurat bangunan, dan/atau jika ketentuan suplai siaga disyaratkan oleh personel yang menspesifikasikan instalasi, karakteristik sumber suplai untuk pelayanan keselamatan dan/atau sistem siaga harus diases secara terpisah. Suplai tersebut harus mempunyai kapasitas, keandalan dan peringkat yang memadai dan waktu tukar alih yang sesuai untuk operasi yang ditentukan.

Untuk persyaratan lebih lanjut bagi suplai pelayanan keselamatan, lihat Ayat 35 setelah ini dan Ayat 556 Bagian 5-55. Untuk sistem siaga, tidak ada persyaratan tertentu dalam standar ini.

314 Pembagian instalasi

314.1 Setiap instalasi harus dibagi dalam sirkit, jika diperlukan, untuk:

- mencegah bahaya dan meminimalkan kesulitan jika terjadi gangguan;
- memfasilitasi inspeksi, pengujian dan pemeliharaan yang aman (lihat juga Bagian 5-53);
- memperhitungkan bahaya yang mungkin timbul dari kegagalan sirkit tunggal seperti sirkit pencahayaan;
- mengurangi kemungkinan trip yang tak diinginkan dari GPAS karena arus konduktor PE yang berlebihan yang tidak disebabkan gangguan;
- mengurangi efek EMI;
- mencegah energisasi tak langsung pada sirkit yang dimaksudkan akan diisolasi.

314.2 Sirkit distribusi terpisah harus disediakan untuk bagian instalasi yang perlu dikendalikan secara terpisah, sedemikian sehingga sirkit tersebut tidak dipengaruhi oleh kegagalan sirkit lain.

32 Klasifikasi pengaruh luar

CATATAN Ayat ini telah dipindahkan ke Bagian 5-51.

33 Kompabilitas

33.1 Kompabilitas karakteristik

Asesmen harus dilakukan pada setiap karakteristik perlengkapan yang mungkin mempunyai efek merusak terhadap perlengkapan listrik lain atau pelayanan lain atau mungkin mengganggu suplai, misalnya untuk koordinasi dengan pihak terkait. Karakteristik tersebut mencakup, misalnya:

- voltase lebih transien;
- voltase kurang;
- beban tak seimbang;
- beban berfluktuasi cepat;
- arus asut;
- arus harmonik;
- umpan balik a.s.;
- osilasi frekuensi tinggi;
- arus bocor bumi;
- keperluan hubungan tambahan ke bumi;
- arus konduktor PE berlebihan yang tidak disebabkan gangguan.

33.2 Kompatibilitas elektromagnetik

Semua perlengkapan listrik harus memenuhi persyaratan EMC yang sesuai, dan harus sesuai dengan standar EMC yang relevan.

Harus dipertimbangkan oleh perencana dan desainer instalasi listrik untuk tindakan mengurangi efek gangguan voltase yang diinduksikan dan interferens elektromagnetik (electromagnetic interference - EMI).

Tindakan diberikan dalam Bagian 4-44.

34 Kemampupeliharaan

Asesmen harus dilakukan dari seringnya dan mutu pemeliharaan instalasi yang diharapkan dapat diterima selama usia instalasi yang dimaksudkan. Jika ada yang berwenang bertanggung jawab terhadap operasi instalasi, maka yang berwenang tersebut harus dikonsultasi. Karakteristik tersebut harus diperhitungkan dalam menerapkan persyaratan Bagian 4 hingga Bagian 6 sedemikian sehingga berkaitan dengan seringnya dan mutu pemeliharaan yang diharapkan:

- setiap inspeksi dan pengujian periodik, pemeliharaan dan perbaikan yang mungkin perlu selama umur yang dimaksudkan dapat siap dan aman dilaksanakan, dan
- keefektifan dari tindakan proteksi untuk keselamatan selama umur yang dimaksudkan harus dipertahankan, dan
- keandalan perlengkapan untuk berfungsi dengan benar dari instalasi sesuai dengan umur yang dimaksudkan.

35 Pelayanan keselamatan

35.1 Umum

CATATAN 1 Keperluan pelayanan keselamatan dan sifatnya sering diatur oleh otoritas pemerintah yang persyaratannya harus diobservasi.

CATATAN 2 Contoh pelayanan keselamatan adalah: lampu keluar darurat, sistem alarm kebakaran, instalasi untuk pompa kebakaran, lift pemadam kebakaran, perlengkapan pengeluaran asap dan bahang.

Sumber untuk pelayanan keselamatan dikenal sebagai berikut:

- baterai
- sel primer;
- set generator yang independen dari suplai normal;
- penyulang terpisah jaringan suplai yang independen dari suplai normal (lihat 556.4.4 Bagian 5-55).

35.2 Klasifikasi

Pelayanan keselamatan adalah:

- suplai nonotomatis; pengasutannya dilakukan oleh operator; atau
- suplai otomatis, pengasutannya independen dari operator.

Suplai otomatis diklasifikasikan seperti berikut sesuai dengan waktu tukar alih:

- tanpa putus: suplai otomatis yang dapat memastikan suplai kontinu dalam kondisi yang ditentukan selama periode transisi, misalnya berkaitan dengan variasi voltase dan frekuensi;
- putus sangat singkat: suplai otomatis tersedia dalam 0,15 detik;
- putus singkat: suplai otomatis tersedia dalam 0,5 detik;
- putus medium: suplai otomatis tersedia dalam 15 detik;
- putus lama: suplai otomatis tersedia lebih dari 15 detik.

36 Kontinuitas pelayanan

Asesmen harus dilakukan pada setiap sirkit untuk setiap keperluan kontinuitas pelayanan yang dianggap perlu selama umur instalasi yang dimaksudkan. Karakteristik berikut sebaiknya dipertimbangkan:

- pemilihan pembumian sistem,
- pemilihan gawai proteksi untuk mencapai selektifitas;
- jumlah sirkit;
- multisuaplay daya;
- penggunaan gawai monitor.

**Bagian 4-41:
Proteksi untuk keselamatan –
Proteksi terhadap kejut listrik**

CATATAN Bagian 4-41 merupakan adopsi dari IEC 60364-4-41:2005 dengan modifikasi. Modifikasi dapat berupa penambahan, perubahan atau pengurangan. Ayat, subayat, tabel, catatan atau lampiran yang merupakan modifikasi diberi tanda MOD.

410.1 Ruang lingkup

Bagian 4-41 PUIL menentukan persyaratan penting mengenai proteksi terhadap kejut listrik, termasuk proteksi dasar (proteksi terhadap sentuh langsung) dan proteksi gangguan (proteksi terhadap sentuh tak langsung) dari manusia dan ternak. Standar ini juga mencakup penerapan dan koordinasi persyaratan ini yang berkaitan dengan pengaruh eksternal.

Persyaratan diberikan juga untuk penerapan proteksi tambahan dalam hal tertentu.

410.2 Acuan normatif

Dokumen acuan berikut sangat diperlukan untuk penerapan dokumen ini. Untuk acuan bertahun, hanya berlaku edisi yang disebutkan. Untuk acuan tak bertahun, berlaku edisi termutakhir dokumen acuan (termasuk setiap amandemen).

IEC 60364-5-52, *Electrical installations of building – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

IEC 60364-5-54, *Electrical installations of building – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors*

IEC 60364-6, *Low-voltage electrical installations – Part 6; Verification*

IEC 60439-1, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies*

IEC 60449, *Voltage bands for electrical installations of buildings*

IEC 60614 (all parts), *Cable trunking and ducting systems for electrical installations*

IEC 61084 (all parts), *Cable trunking and ducting systems for electrical installations*

IEC 61140, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC 61386 (all parts), *Conduit systems for electrical installations*

IEC 61558-2-6, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2-6: Particular requirements for safety isolating transformers for general use*

IEC 61558-2-15, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2-15: Particular requirements for isolating transformer for the supply of medical locations*

IEC Guide 104, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

410.3 Persyaratan umum

410.3.1 Dalam standar ini, spesifikasi voltase berikut ini yang dimaksudkan kecuali dinyatakan lain.

- voltase a.b. adalah nilai efektif;
- voltase a.s. adalah bebas riak.

Bebas riak konvensional didefinisikan sebagai nilai efektif voltase riak yang tidak melebihi 10 % dari komponen a.s.

410.3.2 Tindakan proteksi harus terdiri atas:

- kombinasi yang sesuai dari ketentuan proteksi dasar dan ketentuan independen untuk proteksi gangguan, atau
- ketentuan proteksi yang ditingkatkan yang memberikan proteksi dasar maupun proteksi gangguan.

Proteksi tambahan ditentukan sebagai bagian dari tindakan proteksi pada kondisi tertentu dari pengaruh eksternal dan pada lokasi khusus tertentu (lihat Bagian 8 terkait).

CATATAN 1 Untuk penerapan khusus, tindakan proteksi yang tidak mengikuti konsep ini diizinkan (lihat 410.3.5 dan 410.3.6).

CATATAN 2 Contoh tindakan proteksi yang ditingkatkan adalah insulasi diperkuat.

410.3.3 Dalam setiap bagian instalasi harus diterapkan satu atau lebih tindakan proteksi, dengan memperhitungkan kondisi pengaruh eksternal.

Tindakan proteksi berikut biasanya diizinkan:

- diskoneksi otomatis suplai (Ayat 411),
- insulasi dobel atau diperkuat (Ayat 412),
- separasi listrik untuk suplai dari satu pemanfaat listrik (Ayat 413),
- voltase ekstra rendah (SELV atau PELV) (Ayat 414).

Tindakan proteksi yang diterapkan dalam instalasi harus dipertimbangkan pada pemilihan dan pemasangan perlengkapan.

Untuk instalasi tertentu lihat 410.3.4 hingga 410.3.9.

CATATAN Dalam instalasi listrik tindakan proteksi yang paling banyak digunakan adalah diskoneksi otomatis suplai.

410.3.4 Untuk instalasi atau lokasi khusus, harus diterapkan tindakan proteksi tertentu dalam Bagian 8 terkait.

410.3.5 Tindakan proteksi yang ditentukan dalam Lampiran B, yaitu penggunaan perintang dan penempatan di luar jangkauan, hanya digunakan dalam instalasi yang dapat diakses oleh

- personel terampil atau terlatih, atau
- personel yang diawasi oleh personel terampil atau terlatih.

410.3.6 Tindakan proteksi, yang ditentukan dalam Lampiran C, yaitu

- lokasi nonkonduktif,
- ikatan ekuipotensial lokal bebas bumi,
- separasi listrik untuk suplai lebih dari satu pemanfaat listrik,

dapat diterapkan hanya jika instalasi berada di bawah supervisi personel terampil atau terlatih sedemikian sehingga perubahan tidak sah tidak dapat dilakukan.

410.3.7 Jika kondisi tertentu tindakan proteksi tidak dapat dipenuhi, harus diterapkan ketentuan tambahan sedemikian sehingga ketentuan proteksi gabungan mencapai tingkat keselamatan yang sama.

CATATAN Contoh penerapan syarat ini diberikan dalam 411.7.

410.3.8 Tindakan proteksi berbeda yang diterapkan pada instalasi atau bagian instalasi atau di dalam perlengkapan tidak boleh terpengaruh satu sama lain sedemikian sehingga gangguan pada satu tindakan proteksi dapat mengganggu tindakan proteksi lain.

410.3.9 Tindakan untuk proteksi gangguan (proteksi terhadap sentuh tak langsung) dapat ditiadakan untuk perlengkapan berikut:

- penyangga metal insulator lin udara yang terpasang pada bangunan dan ditempatkan di luar jangkauan;
- tiang beton bertulang dari lin udara yang tulangan bajanya tidak dapat diakses,
- BKT yang karena dimensinya kecil (kira-kira 50 mm x 50 mm) atau letaknya tidak dapat digenggam atau tidak dapat kontak secara signifikan dengan bagian tubuh manusia dan dengan syarat hubungan dengan konduktor proteksi sulit dilakukan atau menjadi tidak dapat diandalkan.

CATATAN 1 Pengecualian ini berlaku, misalnya untuk baut, paku keling, pelat nama dan klip kabel.

CATATAN 2 MOD Semua BKT dihubungkan ke konduktor proteksi.

- tabung logam atau selungkup logam lain yang memproteksi perlengkapan menurut Ayat 412.

411 Tindakan proteksi: diskoneksi otomatis suplai

411.1 Umum

Diskoneksi otomatis suplai adalah tindakan proteksi yang:

- proteksi dasar diberikan dengan insulasi dasar bagian aktif atau dengan penghalang atau selungkup, sesuai dengan Lampiran A, dan
- proteksi gangguan diberikan dengan ikatan ekuipotensial proteksi dan diskoneksi otomatis dalam hal gangguan sesuai dengan 411.3 hingga 411.6.

CATATAN 1 Jika tindakan proteksi ini diterapkan, dapat juga digunakan perlengkapan Kelas II.

Jika ditentukan, proteksi tambahan diberikan dengan gawai proteksi arus sisa (GPAS) dengan arus operasi sisa pengenal tidak melebihi 30 mA sesuai dengan 415.1.

CATATAN 2 Monitor arus sisa (MAS) bukan gawai proteksi tetapi gawai ini dapat digunakan untuk memantau arus sisa pada instalasi listrik. MAS menghasilkan sinyal bunyi atau sinyal bunyi dan visual bila nilai arus sisa prapilih dilampaui.

411.2 Persyaratan untuk proteksi dasar

Semua perlengkapan listrik harus memenuhi salah satu ketentuan untuk proteksi dasar (proteksi terhadap sentuh langsung) yang diuraikan dalam Lampiran A atau, jika sesuai, Lampiran B.

411.3 Persyaratan untuk proteksi gangguan

411.3.1 Pembumian proteksi dan ikatan ekuipotensial proteksi

411.3.1.1 Pembumian proteksi

BKT harus dihubungkan ke konduktor proteksi pada kondisi spesifik bagi setiap jenis pembumian sistem seperti ditentukan dalam 411.4 hingga 411.6.

BKT yang dapat diakses secara simultan harus dihubungkan ke sistem pembumian secara individual, dalam kelompok atau secara kolektif.

Konduktor untuk pembumian proteksi harus sesuai dengan Bagian 5-54.

Pada setiap sirkit harus tersedia konduktor proteksi yang dihubungkan ke terminal pembumian yang relevan.

411.3.1.2 Ikatan ekuipotensial proteksi

Pada setiap bangunan, konduktor proteksi, terminal pembumian utama dan bagian konduktif berikut harus dihubungkan ke ikatan ekuipotensial proteksi:

- pipa logam yang menyuplai pelayanan ke dalam bangunan, misalnya gas, air;
- BKE struktur jika dapat diakses pada penggunaan normal, sistem pemanas sentral logam dan pengondisi udara;
- tulangan logam beton bertulang konstruksi, jika dapat dipraktikkan.

Jika bagian konduktif tersebut berasal dari luar bangunan, bagian konduktif tersebut harus dihubungkan sedekat mungkin pada titik masuknya ke dalam bangunan.

Konduktor untuk ikatan ekuipotensial proteksi harus memenuhi Bagian 5-54.

Semua selubung logam kabel telekomunikasi harus dihubungkan ke ikatan ekuipotensial proteksi, dengan memperhitungkan persyaratan pemilik atau operator kabel tersebut.

411.3.2 Diskoneksi otomatis dalam hal gangguan

411.3.2.1 Kecuali seperti diberikan dalam 411.3.2.5 dan 411.3.2.6, gawai proteksi harus secara otomatis memutus suplai ke konduktor lin dari sirkit atau perlengkapan dalam hal gangguan dengan impedans yang dapat diabaikan antara konduktor lin dan BKT atau konduktor proteksi dalam sirkit atau perlengkapan di dalam waktu diskoneksi yang disyaratkan dalam 411.3.2.2, 411.3.2.3 atau 411.3.2.4.

CATATAN 1 Nilai lebih tinggi untuk waktu diskoneksi dalam subayat tersebut dapat diperbolehkan untuk sistem distribusi listrik ke publik serta pembangkitan dan transmisi daya untuk sistem tersebut.

CATATAN 2 Nilai lebih rendah untuk waktu diskoneksi dapat disyaratkan untuk instalasi atau lokasi khusus menurut Bagian 8 yang relevan.

CATATAN 3 Untuk sistem IT, diskoneksi otomatis biasanya tidak disyaratkan pada kejadian gangguan pertama (lihat 411.6.1). Untuk persyaratan diskoneksi setelah gangguan pertama, lihat 411.6.4.

411.3.2.2 Waktu diskoneksi maksimum yang tercantum dalam Tabel 41.1 harus diterapkan pada sirkit akhir yang tidak melebihi 32A.

Tabel 41.1 – Waktu diskoneksi maksimum

Sistem	50 V < U_0 ≤ 120 V detik		120 V < U_0 ≤ 230 V detik		230 V < U_0 ≤ 400 V detik		U_0 > 400 V detik	
	a.b.	a.s.	a.b.	a.s.	a.b.	a.s.	a.b.	a.s.
TN	0,8	Catatan 1	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	Catatan 1	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

Jika dalam sistem TT, diskoneksi dilaksanakan oleh gawai proteksi arus lebih (GPAL) dan ikatan ekuipotensial proteksi dihubungkan dengan semua BKE di dalam instalasi, dapat digunakan waktu diskoneksi maksimum yang berlaku untuk sistem TN.

U_0 adalah voltase lin ke bumi a.b. atau a.s. nominal.

CATATAN 1 Diskoneksi dapat disyaratkan untuk alasan selain proteksi terhadap kejut listrik.

CATATAN 2 Jika diskoneksi dilakukan dengan GPAS lihat Catatan 4 pada 411.4.4, Catatan 4 pada 411.5.3 dan Catatan pada 411.6.4 b).

411.3.2.3 Pada sistem TN, waktu diskoneksi tidak melebihi 5 detik diizinkan untuk sirkit cabang, dan untuk sirkit yang tidak dicakup oleh 411.3.2.2.

411.3.2.4 Pada sistem TT, waktu diskoneksi tidak melebihi 1 detik diizinkan untuk sirkit cabang yang tidak dicakup oleh 411.3.2.2.

411.3.2.5 Untuk sistem dengan voltase nominal U_0 lebih besar dari 50 V a.b. atau 120 V a.s., diskoneksi otomatis dalam waktu yang disyaratkan oleh 411.3.2.2, 411.3.2.3 atau 411.3.2.4 yang sesuai, tidak disyaratkan jika dalam kejadian gangguan pada konduktor proteksi atau bumi, voltase keluaran sumber berkurang tidak lebih dari 5 detik menjadi 50 V a.b. atau 120 V a.s. atau kurang. Dalam hal tersebut pertimbangan harus diberikan untuk diskoneksi yang disyaratkan untuk alasan selain dari kejut listrik,

411.3.2.6 Jika diskoneksi otomatis menurut 411.3.2.1 tidak dapat dicapai dalam waktu yang disyaratkan oleh 411.3.2.2, 411.3.2.3 atau 411.3.2.4 yang sesuai, harus dilengkapi dengan ikatan ekuipotensial proteksi suplemen sesuai 415.2.

411.3.3 Proteksi tambahan

Dalam sistem a.b., proteksi tambahan dengan sarana GPAS sesuai dengan 415.1 harus dipasang untuk

- kotak kontak dengan arus pengenal tidak melebihi 20 A untuk digunakan oleh orang awam dan dimaksudkan untuk penggunaan umum; dan

CATATAN 1 Pengecualian dapat dilakukan untuk:

- kotak kontak untuk digunakan di bawah supervisi tenaga terampil atau terlatih, misalnya dalam beberapa lokasi komersial atau industri, atau
- disediakan kotak kontak spesifik untuk hubungan jenis khusus perlengkapan.
- perlengkapan portabel dengan arus pengenal tidak melebihi 32 A untuk pasangan luar.

411.4 Sistem TN MOD

Sistem TN yang biasanya diterapkan di Indonesia adalah sistem TN-C-S. Lihat Gambar 31B2 Bagian 3.

411.4.1 Pada sistem TN, keterpaduan pembumian instalasi tergantung pada hubungan efektif dan andal dari konduktor PEN atau PE ke bumi. Jika pembumian diperoleh dari

sistem publik atau suplai lain, kesesuaian dengan kondisi yang diperlukan di luar instalasi adalah tanggung jawab perusahaan jaringan suplai.

CATATAN 1 Contoh kondisi termasuk:

- PEN dihubungkan ke bumi pada sejumlah titik dan dipasang sedemikian sehingga meminimalkan risiko putusnya konduktor PEN;
- $R_B/R_E \leq 50 / (U_0 - 50)$

dengan

R_B adalah resistans elektrode bumi, dalam ohm, dari semua elektrode bumi dalam parallel.

R_E adalah resistans kontak minimum dengan bumi, dalam ohm, dari BKE yang tidak dihubungkan ke konduktor proteksi, yang disitu dapat terjadi gangguan antara lin dan bumi.

U_0 adalah voltase nominal a.b. efektif ke bumi, dalam volt.

411.4.2 Titik netral atau titik tengah sistem suplai daya harus dibumikan. Jika titik netral atau titik tengah tidak tersedia atau tidak dapat diakses, konduktor lin harus dibumikan.

BKT instalasi harus dihubungkan oleh konduktor proteksi ke terminal pembumian utama instalasi yang harus dihubungkan ke titik pembumian sistem suplai daya.

CATATAN 1 Jika terdapat hubungan bumi efektif lain, direkomendasikan agar konduktor proteksi juga dihubungkan ke titik tersebut bila mungkin. Pembumian pada titik tambahan, yang didistribusikan semerata mungkin, dapat diperlukan untuk memastikan bahwa dalam hal gangguan potensial konduktor proteksi tetap sedekat mungkin pada potensial bumi.

Dalam bangunan besar seperti gedung bertingkat, pembumian tambahan konduktor proteksi tidak mungkin karena alasan praktis. Namun pada bangunan tersebut ikatan ekuipotensial proteksi antara konduktor proteksi dan BKT mempunyai fungsi yang serupa.

CATATAN 2 Direkomendasikan bahwa konduktor proteksi (PE dan PEN) sebaiknya dibumikan bila konduktor proteksi memasuki setiap bangunan atau lingkungan dengan memperhitungkan setiap arus netral yang dialihkan.

411.4.3 MOD Pada instalasi magun, konduktor tunggal dapat berfungsi sebagai konduktor proteksi maupun sebagai konduktor netral (konduktor PEN) asalkan persyaratan 543.3 dari IEC 60364-5-54 dipenuhi. Tidak boleh disisipkan gawai sakelar atau gawai isolasi pada konduktor PEN.

Sistem TN-C dilarang, maka tidak boleh digunakan konduktor PEN setelah PHBK, kecuali hanya untuk sirkit masuk.

411.4.4 Karakteristik gawai proteksi (lihat 411.4.5) dan impedans sirkit harus memenuhi persyaratan berikut:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

dengan

Z_s adalah impedans dalam ohm (Ω) dari lingkaran gangguan yang terdiri atas:

- sumber,
- konduktor lin hingga titik gangguan, dan
- konduktor proteksi antara titik gangguan dan sumber;

I_a adalah arus dalam Ampere (A) yang menyebabkan operasi otomatis gawai diskoneksi dalam waktu yang ditentukan dalam 411.3.2.2 atau 411.3.2.3. Bila GPAS digunakan, arus ini adalah arus sisa operasi menyebabkan diskoneksi dalam waktu yang ditentukan dalam 411.3.2.2 atau 411.3.2.3.

U_0 adalah voltase nominal dalam volt (V) a.b. atau a.s. lin ke bumi.

CATATAN Jika kesesuaian dengan subayat ini diberikan oleh GPAS, waktu diskoneksi sesuai Tabel 41.1 berkaitan dengan arus gangguan sisa prospektif lebih tinggi secara signifikan dari arus sisa operasi GPAS (biasanya $5 I_{\Delta n}$)

411.4.5 Dalam sistem TN, gawai proteksi berikut dapat digunakan untuk proteksi gangguan (proteksi terhadap sentuh tak langsung):

- gawai proteksi arus lebih (GPAL);
- gawai proteksi arus sisa (GPAS).

CATATAN 1 Bila GPAS digunakan untuk proteksi gangguan sirkit sebaiknya juga diproteksi dengan GPAL sesuai IEC 60364-4-43.

GPAS tidak boleh digunakan dalam sistem TN-C.

Bila GPAS digunakan dalam sistem TN-C-S, konduktor PEN tidak boleh digunakan pada sisi beban. Hubungan konduktor proteksi ke konduktor PEN harus dilakukan pada sisi sumber GPAS.

CATATAN 2 Bila diperlukan diskriminasi antar GPAS, lihat 535.3 Bagian 5-53.

411.5 Sistem TT MOD

Lihat Gambar 31F1 dan 31F2 Bagian 3.

411.5.1 Semua BKT yang secara kolektif diproteksi oleh gawai proteksi yang sama harus dihubungkan dengan konduktor proteksi ke elektrode bumi bersama pada semua bagian tersebut. Jika digunakan beberapa gawai proteksi dalam seri, persyaratan ini berlaku secara terpisah pada semua BKT yang diproteksi oleh masing-masing gawai.

Titik netral atau titik tengah dari sistem suplai daya harus dibumikan. Jika titik netral atau titik tengah tidak ada atau tidak dapat diakses, konduktor lin harus dibumikan.

411.5.2 MOD Dalam sistem TT, GPAS harus digunakan untuk proteksi gangguan (proteksi sentuh tak langsung).

Selain GPAS untuk proteksi gangguan, sirkit harus juga diproteksi dengan GPAL sesuai Bagian 4-43.

CATATAN Penggunaan gawai proteksi yang dioperasikan oleh voltase gangguan tidak tercakup dalam standar ini.

411.5.3 Bila digunakan GPAS untuk proteksi gangguan, kondisi berikut harus dipenuhi:

- i) waktu diskoneksi seperti disyaratkan oleh 411.3.2.2 atau 411.3.2.4, dan
- ii) $R_A \times I_{\Delta n} \leq 50 \text{ V}$

dengan

R_A adalah jumlah resistans dalam Ω dari elektrode bumi dan konduktor proteksi untuk BKT,

$I_{\Delta n}$ adalah arus operasi sisa GPAS.

CATATAN 1 Proteksi gangguan dalam hal ini dilengkapi juga jika impedans gangguan tidak dapat diabaikan.

CATATAN 2 Jika diperlukan diskriminasi antar GPAS lihat 535.3 dari IEC 60364-5-53.

CATATAN 3 Jika R_A tidak diketahui, hal ini dapat diganti dengan Z_S .

CATATAN 4 Waktu diskoneksi sesuai Tabel 41.1 berkaitan dengan arus gangguan sisa lebih tinggi signifikan dari arus operasi sisa pengenal dari GPAS (biasanya $5 I_{\Delta n}$).

411.5.4 MOD Untuk sistem TT, GPAL tidak boleh digunakan sebagai proteksi terhadap sentuh tak langsung.

411.6 Sistem IT MOD

Lihat Gambar 31G1 dan 31G2 Bagian 3.

411.6.1 Dalam sistem IT bagian aktif harus di insulasi dari bumi atau dihubungkan ke bumi melalui impedans yang cukup tinggi. Hubungan ini dapat dilakukan pada titik netral atau titik tengah dari sistem atau pada titik netral buatan. Titik netral buatan dapat dihubungkan langsung ke bumi jika impedans ke bumi menghasilkan impedans yang cukup tinggi pada frekuensi sistem. Jika tidak ada netral atau titik tengah, konduktor lin boleh dihubungkan ke bumi melalui impedans yang tinggi.

Arus gangguan kemudian jadi rendah dalam hal gangguan tunggal ke BKT atau ke bumi dan diskoneksi otomatis menurut 411.3.2 tidak perlu asalkan kondisi 411.6.2 dipenuhi. Walaupun demikian, tindakan harus diambil untuk mencegah risiko efek pathofisiologis yang merusak terhadap orang yang kontak dengan BKT secara simultan dalam hal dua gangguan terjadi secara simultan.

CATATAN Untuk mengurangi voltase lebih atau untuk meredam osilasi, mungkin perlu untuk melengkapi pembumian melalui impedans atau titik netral buatan, dan karakteristik dari ini sebaiknya sesuai dengan persyaratan instalasi.

411.6.2 BKT harus dibumikan secara individual, dalam kelompok, atau secara kolektif.

Kondisi berikut harus dipenuhi:

- dalam sistem a.b. $R_A \times I_d \leq 50 \text{ V}$
- dalam sistem a.s. $R_A \times I_d \leq 120 \text{ V}$

dengan

R_A adalah jumlah resistans (dalam Ω) dari elektrode bumi dan konduktor proteksi untuk BKT;

I_d adalah arus gangguan (dalam A) dari gangguan pertama dengan impedans yang dapat diabaikan antara konduktor lin dan BKT. Nilai I_d memperhitungkan arus bocor dan impedans pembumian total instalasi listrik.

411.6.3 Dalam sistem IT gawai monitor dan konduktor proteksi berikut boleh digunakan:

- gawai monitor insulasi (GMI);
- gawai monitor arus sisa (GMAS);
- sistem lokasi gangguan insulasi;
- gawai proteksi arus lebih (GPAL);
- gawai proteksi arus sisa (GPAS).

CATATAN Jika digunakan GPAS, trip GPAS dalam hal gangguan pertama tidak dapat diabaikan karena arus bocor kapasitif.

411.6.3.1 Dalam hal sistem IT digunakan untuk alasan kontinuitas suplai, harus dilengkapi dengan gawai monitor insulasi untuk menunjukkan kejadian adanya gangguan pertama bagian aktif ke BKT atau ke bumi. Gawai ini harus menunjukkan sinyal bunyi dan atau sinyal visual yang harus kontinu selama gangguan terjadi.

Jika terdapat sinyal bunyi dan sinyal visual, diperbolehkan sinyal bunyi dibatalkan.

CATATAN Direkomendasikan gangguan pertama dihilangkan dengan tunda waktu yang secara praktis tersingkat.

411.6.3.2 Kecuali bila gawai proteksi dipasang untuk memutus suplai dalam hal gangguan bumi pertama, dapat dilengkapi dengan GMAS atau sistem lokasi gangguan insulasi untuk indikasi kejadian gangguan pertama bagian aktif ke BKT atau ke bumi. Gawai ini harus mengeluarkan sinyal bunyi dan atau sinyal visual, yang harus kontinu selama gangguan terjadi.

Jika terdapat sinyal bunyi dan sinyal visual, diperbolehkan sinyal bunyi dibatalkan, tetapi alarm visual harus kontinu selama gangguan ada.

CATATAN Direkomendasikan gangguan pertama dihilangkan dengan tunda waktu yang secara praktis tersingkat.

411.6.4 Setelah terjadi gangguan pertama, persyaratan untuk diskoneksi otomatis suplai dalam hal gangguan kedua yang terjadi pada konduktor aktif yang berbeda harus sebagai berikut:

a) Jika BKT diinterkoneksi dengan konduktor proteksi secara kolektif dibumikan pada sistem pembumian yang sama, berlaku persyaratan serupa dengan sistem TN dan persyaratan berikut harus dipenuhi jika konduktor netral tak terdistribusi dalam sistem a.b. dan dalam sistem a.s. dengan konduktor titik tengah tak terdistribusi:

$$2 I_a Z_s \leq U$$

Atau jika konduktor netral atau konduktor titik tengah masing-masing terdistribusi:

$$2 I_a Z'_s \leq U_0$$

dengan

U_0 adalah voltase nominal a.b. atau a.s., dalam V, antara konduktor lin dan konduktor netral atau konduktor titik tengah, yang sesuai;

U adalah voltase nominal a.b. atau a.s. dalam V antara konduktor lin;

Z_s adalah impedans dalam Ω dari lingkaran gangguan yang terdiri atas konduktor lin dan konduktor proteksi dari sirkit;

Z_s adalah impedans dalam Ω dari lingkaran gangguan yang terdiri dari konduktor netral dan konduktor proteksi dari sirkit;

I_a adalah arus dalam A yang menyebabkan gawai proteksi beroperasi dalam waktu yang disyaratkan dalam 411.3.2.2 untuk sistem TN atau 411.3.2.3.

CATATAN 1 Waktu yang dinyatakan dalam Tabel 41.1 dari 411.3.2.2 untuk sistem TN berlaku bagi sistem IT dengan konduktor netral atau konduktor titik tengah terdistribusi atau tak terdistribusi.

CATATAN 2 Faktor 2 dalam kedua rumus memperhitungkan bahwa dalam hal terjadinya dua gangguan secara simultan, gangguan dapat terjadi dalam sirkit yang berbeda.

CATATAN 3 Untuk impedans lup gangguan, sebaiknya diperhitungkan kasus yang paling buruk, misalnya gangguan pada konduktor lin di sumber dan secara simultan gangguan lainnya pada konduktor netral dari perlengkapan pemanfaat arus di sirkit tersebut.

b) Jika BKT dibumikan dalam kelompok atau secara individual, berlaku kondisi berikut:

$$R_A \times I_a \leq 50 \text{ V}$$

dengan

R_A adalah jumlah resistans elektrode bumi dan konduktor proteksi sampai BKT,

I_a adalah arus yang menyebabkan diskoneksi otomatis gawai diskoneksi dalam waktu yang sesuai untuk sistem TT dalam Tabel 41.1 dari 411.3.2.2 atau dalam waktu menurut 411.3.2.4.

CATATAN 4 Jika kesesuaian dengan persyaratan b) didapat dari GPAS sesuai dengan waktu diskoneksi yang disyaratkan untuk sistem TT dalam Tabel 41.1 dapat memerlukan arus sisa yang lebih tinggi secara signifikan dari arus operasi sisa pengenal $I_{\Delta n}$ dari GPAS yang diterapkan (tipikal 5 $I_{\Delta n}$)

411.7 Voltase ekstra rendah fungsional (FELV)

411.7.1 Umum

Jika untuk alasan fungsional, voltase nominal tidak lebih dari 50 V a.b. atau 120 V a.s. digunakan, tetapi semua persyaratan Ayat 414 yang berkaitan dengan SELV atau dengan PELV tidak dipenuhi, dan bila SELV atau PELV tidak diperlukan, ketentuan suplemen yang diuraikan dalam 411.7.2 dan 411.7.3 harus digunakan untuk memastikan proteksi dasar dan proteksi gangguan. Kombinasi ketentuan ini dikenal sebagai FELV.

CATATAN Kondisi demikian misalnya dapat ditemukan bila sirkit berisi perlengkapan (seperti transformator, relai, sakelar kendali jarak jauh, kontaktor) yang tidak cukup berinsulasi berkaitan dengan sirkit pada voltase yang lebih tinggi.

411.7.2 Persyaratan untuk proteksi dasar

Proteksi dasar harus dilengkapi dengan:

- insulasi dasar menurut Ayat A.1 yang berkaitan dengan voltase nominal sirkit primer sumber, atau
- penghalang atau selungkup sesuai dengan Ayat A.2.

411.7.3 Persyaratan untuk proteksi gangguan

BKT perlengkapan sirkit FELV harus dihubungkan ke konduktor proteksi sirkit primer sumber, asalkan sirkit primer diproteksi dengan diskoneksi otomatis suplai yang diuraikan dalam 411.3 hingga 411.6.

411.7.4 Sumber

Sumber sistem FELV adalah transformator dengan sekurang-kurangnya pemisahan sederhana antara belitan atau harus sesuai dengan 414.3.

CATATAN Jika sistem disuplai dari sistem voltase yang lebih tinggi oleh perlengkapan yang tidak memberikan paling sedikit pemisahan sederhana antara sistem tersebut dan sistem FELV, misalnya ototransformator, potensiometer, gawai semikonduktor dsb., sirkit keluaran dianggap sebagai perluasan sirkit dan sebaiknya di proteksi dengan tindakan proteksi yang diterapkan di sirkit masukan.

411.7.5. Tusuk kontak dan kotak kontak

Tusuk kontak dan kotak kontak untuk sistem FELV harus memenuhi persyaratan berikut:

- tusuk kontak tidak dapat masuk kotak kontak dari sistem voltase lain,
- kotak kontak tidak dapat dimasuki tusuk kontak dari sistem voltase lain, dan
- kotak kontak harus mempunyai kontak konduktor proteksi.

412 Tindakan proteksi: insulasi dobel atau diperkuat

412.1 Umum

412.1.1 Insulasi dobel atau diperkuat adalah tindakan proteksi yang:

- proteksi dasar diberikan oleh insulasi dasar, dan proteksi gangguan diberikan oleh insulasi suplemen, atau
- proteksi dasar dan gangguan diberikan oleh insulasi diperkuat antara bagian aktif dan bagian yang dapat diakses.

CATATAN Tindakan proteksi ini dimaksudkan untuk mencegah timbulnya voltase berbahaya di bagian yang dapat diakses dari perlengkapan listrik melalui gangguan di insulasi dasar.

412.1.2 Tindakan proteksi dengan insulasi dobel atau diperkuat dapat diterapkan pada semua keadaan, kecuali diberikan beberapa pembatasan dalam Bagian 8 terkait.

412.1.3 Jika tindakan proteksi ini harus digunakan sebagai satu-satunya tindakan proteksi (yaitu jika seluruh instalasi atau sirkit seluruhnya dimaksudkan terdiri dari perlengkapan dengan insulasi dobel atau diperkuat), harus diverifikasi bahwa instalasi atau sirkit yang bersangkutan akan berada di bawah supervisi efektif dalam penggunaan normal sehingga tidak dilakukan perubahan yang akan merusak keefektifan tindakan proteksi. Karena itu tindakan proteksi ini tidak boleh diterapkan pada setiap sirkit yang mencakup kotak kontak atau jika pengguna dapat mengubah bagian perlengkapan tanpa izin.

412.2 Persyaratan untuk proteksi dasar dan proteksi gangguan


412.2.1 Perlengkapan listrik

Jika tindakan proteksi, dengan menggunakan insulasi dobel atau diperkuat, digunakan untuk instalasi lengkap atau bagian instalasi, perlengkapan listrik harus sesuai dengan salah satu subayat berikut:


- 412.2.1.1; atau
- 412.2.1.2 dan 412.2.2; atau
- 412.2.1.3 dan 412.2.2.

412.2.1.1 Perlengkapan listrik harus dari jenis berikut, dan diuji tipe dan ditandai sesuai standar yang relevan:


- perlengkapan listrik yang mempunyai insulasi dobel atau diperkuat (perlengkapan Kelas II);
- perlengkapan listrik yang dinyatakan dalam standar produk relevan yang setara Kelas II, misalnya rakitan perlengkapan listrik yang mempunyai insulasi total (lihat IEC 60439-1).

CATATAN Perlengkapan ini diidentifikasi dengan simbol  yang diacu dari IEC 60417-5173 (DB-2002-10): *Class II equipment*. DB mengacu pada basis data IEC *on-line*.

412.2.1.2 Perlengkapan listrik yang hanya mempunyai insulasi dasar harus mempunyai insulasi suplemen yang diterapkan pada proses pemasangan instalasi listrik, yang memberikan derajat keselamatan setara dengan perlengkapan listrik menurut 412.2.1.1 dan memenuhi 412.2.2.1 hingga 412.2.2.3.

CATATAN Simbol  sebaiknya magun pada posisi yang terlihat pada bagian luar dan bagian dalam selungkup. Lihat IEC 60417-5019 (DB:2002-10): *Protective earth*.

412.2.1.3 Perlengkapan listrik yang mempunyai bagian aktif tak berinsulasi harus mempunyai insulasi diperkuat yang dipasang pada proses pemasangan instalasi listrik, yang memberikan tingkat keselamatan setara dengan perlengkapan listrik menurut 412.2.1.1 dan memenuhi 412.2.2.2 dan 412.2.2.3; insulasi demikian hanya dikenal bila sifat konstruksi mencegah penerapan insulasi dobel.

CATATAN Simbol  sebaiknya magun pada posisi yang terlihat pada bagian luar dan bagian dalam selungkup. Lihat IEC 60417-5019 (DB:2002-10): *Protective earth*.

412.2.2 Selungkup

CATATAN MOD Untuk kode IP, lihat Lampiran G.

412.2.2.1 Perlengkapan listrik yang siap untuk dioperasikan, semua bagian konduktif terpisah dari bagian aktif dengan insulasi dasar saja, harus berada dalam selungkup berinsulasi yang memberikan paling sedikit tingkat proreksi IPXXB atau IP2X.

412.2.2.2 Persyaratan berikut berlaku seperti ditentukan:

- selungkup insulasi tidak boleh dilintasi oleh bagian konduktif yang mungkin meneruskan potensial; dan
- selungkup insulasi tidak boleh mempunyai sembarang sekrup atau sarana pemagun lain dari bahan insulasi yang perlu dilepas, atau mungkin akan dilepas, selama pemasangan dan pemeliharaan dan pengantiannya dengan sekrup logam atau sarana pemagun lain dapat merusak insulasi selungkup.

Jika selungkup insulasi harus dilintasi sambungan atau hubungan mekanis (misalnya gagang operasi aparatus inheren), hal ini sebaiknya disusun sedemikian sehingga jika terjadi gangguan, proteksi terhadap kejut tidak terganggu.

412.2.2.3 Jika penutup atau pintu dalam selungkup insulasi dapat dibuka tanpa penggunaan perkakas atau kunci, semua bagian konduktif yang dapat diakses jika penutup atau pintu terbuka harus berada di belakang penghalang insulasi (yang memberikan tingkat proteksi tidak kurang dari IPXXB atau IP2X) untuk mencegah agar orang dengan tidak disengaja dapat menyentuh bagian konduktif tersebut, Penghalang insulasi ini harus dapat dilepas hanya dengan menggunakan perkakas atau kunci.

412.2.2.4 Bagian konduktif yang diselungkupi oleh selungkup insulasi tidak boleh dihubungkan ke konduktor proteksi. Namun ketentuan dapat dibuat untuk menghubungkan konduktor proteksi yang perlu melalui selungkup agar dapat melayani bagian lain perlengkapan listrik yang sirkit suplainya juga melintas melalui selungkup. Di dalam selungkup, setiap konduktor tersebut dan terminalnya harus diinsulasi seolah-olah merupakan bagian aktif, dan terminalnya harus ditandai sebagai terminal PE.

BKT dan bagian antaranya tidak boleh dihubungkan ke konduktor proteksi kecuali ketentuan spesifik untuk ini dibuat pada spesifikasi untuk perlengkapan terkait.

412.2.2.5 Selungkup tidak boleh merusak operasi perlengkapan yang di proteksi dengan cara ini.

412.2.3 Pemasangan

412.2.3.1 Pemasangan perlengkapan yang tercantum dalam 412.2.1 (pemagunan, hubungan konduktor, dsb.) harus dilakukan sedemikian sehingga tidak merusak proteksi yang diperoleh sesuai dengan spesifikasi perlengkapan.

412.2.3.2 Kecuali jika 412.1.3 berlaku, sirkit yang menyuplai perlengkapan Kelas II harus mempunyai konduktor proteksi sirkit yang menuju dan berakhir di setiap titik perkawatan dan di setiap lengkapan.



CATATAN Persyaratan ini dimaksudkan untuk memperhitungkan penggantian oleh pengguna perlengkapan Kelas II dengan perlengkapan Kelas I.

412.2.4 Sistem perkawatan

412.2.4.1 Sistem perkawatan yang dipasang menurut Bagian 5-52 dianggap memenuhi persyaratan 412.2 jika:

- voltase pengenal sistem perkawatan tidak boleh kurang dari voltase nominal sistem dan sekurang-kurangnya 300/500 V, dan
- proteksi mekanis yang memadai dari insulasi dasar, diberikan oleh satu atau lebih dari yang berikut:
 - a) selubung nonlogam kabel, atau
 - b) berumbung atau talang nonlogam yang memenuhi seri IEC 61084, atau konduit nonlogam yang memenuhi seri IEC 60614 atau seri IEC 61386.

CATATAN 1 Standar produk kabel tidak menentukan kapasitas ketahanan impuls, namun hal ini dipertimbangkan sehingga insulasi sistem kabel sekurang-kurangnya setara dengan persyaratan dalam IEC 61140 untuk insulasi diperkuat.

CATATAN 2 Sistem perkawatan tersebut sebaiknya tidak diidentifikasi dengan simbol  dari IEC 60417-5172 (DB 2002-19), maupun simbol  dari IEC 60417-5019 (DB 2002-10).

413 Tindakan proteksi: separasi listrik

413.1 Umum

413.1.1 Separasi listrik adalah tindakan proteksi yang:

- proteksi dasarnya diberikan oleh insulasi dasar bagian aktif atau dengan penghalang dan selungkup sesuai Lampiran A, dan
- proteksi gangguannya diperoleh dengan pemisahan sederhana dari sirkit yang terpisah dari sirkit lainnya dan dari bumi.

413.1.2 Kecuali seperti yang diizinkan dalam 413.1.3, tindakan proteksi ini hanya untuk suplai satu perlengkapan pemanfaat listrik yang disuplai dari sumber tak dibumikan dengan pemisahan sederhana.

CATATAN Jika tindakan proteksi ini digunakan, hal ini penting untuk memastikan kesesuaian insulasi dasar dengan standar produk.

413.1.3 Jika lebih dari satu perlengkapan pemanfaat listrik disuplai dari suatu sumber tak dibumikan dengan pemisahan sederhana, persyaratan Ayat C.3 harus dipenuhi.

413.2 Persyaratan untuk proteksi dasar

Semua perlengkapan listrik harus mengikuti salah satu ketentuan proteksi dasar dalam Lampiran A atau tindakan proteksi dalam Ayat 412.

413.3 Persyaratan untuk proteksi gangguan

413.3.1 Proteksi dengan separasi listrik harus dipastikan dengan kesesuaian dengan 413.3.2 hingga 413.3.6.

413.3.2 Sirkit terseparasi harus disuplai melalui sumber dengan sekurang-kurangnya pemisahan sederhana, dan voltase sirkit terseparasi tidak boleh melebihi 500 V.

413.3.3 Bagian aktif sirkit terseparasi tidak boleh dihubungkan pada setiap titik ke sirkit lain atau ke bumi atau ke konduktor proteksi.

Untuk memastikan separasi listrik, susunannya harus sedemikian sehingga insulasi dasar dicapai di antara sirkit.

413.3.4 Kabel fleksibel dan kabel senur harus terlihat di setiap bagian panjangnya yang dapat terkena kerusakan mekanis.

413.3.5 Untuk sirkit terseparasi, penggunaan sistem perkawatan terpisah direkomendasikan. Jika sirkit terseparasi dan sirkit lain berada dalam sistem perkawatan yang sama, kabel multikonduktor tanpa penutup logam, konduktor berinsulasi dalam konduit insulasi, talang atau berumbung berinsulasi harus digunakan, asalkan:

- voltase pengenal tidak kurang dari voltase nominal tertinggi, dan
- setiap sirkit diproteksi terhadap arus lebih.

413.3.6 BKT sirkit terseparasi tidak boleh dihubungkan ke konduktor proteksi atau BKT sirkit lain, maupun ke bumi.

CATATAN Jika BKT sirkit terseparasi dapat terjadi kontak dengan sengaja atau tidak sengaja dengan BKT sirkit lain, proteksi terhadap kejut listrik tidak hanya tergantung pada proteksi dengan separasi listrik tetapi pada ketentuan proteksi bagi BKT sirkit lain tersebut.

414 Tindakan proteksi: voltase ekstra rendah yang diberikan oleh SELV dan PELV

414.1 Umum

414.1.1 Proteksi dengan voltase ekstra rendah adalah tindakan proteksi yang terdiri atas dua sistem voltase ekstra rendah yang berbeda:

- SELV, atau
- PELV

Tindakan proteksi ini memerlukan:

- pembatasan voltase dalam sistem SELV atau PELV hingga batas atas rentang voltase I, 50 V a.b. atau 120 V a.s. (lihat IEC 60449), dan
- pemisahan proteksi sistem SELV atau PELV semua sirkit selain sirkit SELV dan PELV, dan insulasi dasar antara sistem SELV atau PELV dan sistem SELV dan PELV lain, dan
- untuk sistem SELV saja, insulasi dasar antara sistem SELV dan bumi.

414.1.2 Penggunaan SELV atau PELV menurut Ayat 414 dianggap sebagai tindakan proteksi dalam semua situasi.

CATATAN Dalam hal tertentu, Bagian 8 membatasi nilai voltase ekstra rendah hingga nilai yang lebih rendah dari 50 V a.b. atau 120 V a.s,

414.2 Persyaratan untuk proteksi dasar dan proteksi gangguan

Proteksi dasar dan proteksi gangguan dianggap ada bila:

- voltase nominal tidak melebihi batas atas rentang voltase I,
- suplai dari salah satu sumber yang tercantum dalam 414.3, dan
- kondisi 414.4 dipenuhi.

CATATAN 1 Jika sistem disuplai dari sistem voltase yang lebih tinggi oleh perlengkapan yang sekurang-kurangnya memberikan pemisahan sederhana antara sistem tersebut dan sistem voltase ekstra rendah, tetapi tidak memenuhi persyaratan untuk sumber SELV dan PELV dalam 414.3, persyaratan untuk FELV dapat diterapkan, lihat 411.7.

CATATAN 2 Voltase a.s. untuk sirkit ELV yang dibangkitkan oleh konverter semikonduktor (lihat IEC 60146-2) memerlukan sirkit voltase a.b. internal untuk menyuplai gugus penyearah arus. Voltase a.b. internal ini melebihi voltase a.s. untuk alasan fisik. Sirkit a.b. internal tidak dianggap sebagai sirkit voltase yang lebih tinggi dalam pengertian ayat ini. Antara sirkit internal dan sirkit voltase yang lebih tinggi eksternal, disyaratkan pemisahan proteksi.

CATATAN 3 Pada sistem a.s. dengan baterai, voltase pengisian dan voltase penuh (*floating voltage*) baterai melebihi voltase nominal baterai, tergantung dari jenis baterai. Hal ini tidak mensyaratkan suatu ketentuan proteksi sebagai tambahan dari yang telah ditentukan dalam ayat ini. Voltase pengisian sebaiknya tidak melebihi nilai 75 V a.b. atau 150 V a.s. jika sesuai menurut situasi lingkungan yang diberikan dalam Tabel 1 IEC 61201:1982.

414.3 Sumber untuk SELV dan PELV

Sumber berikut dapat digunakan untuk sistem SELV dan PELV.

414.3.1 Transformator isolasi keselamatan sesuai IEC 61556-2-6.

414.3.2 Sumber arus yang memberi tingkat keselamatan setara dengan transformator isolasi keselamatan yang ditentukan dalam 414.3.1 (yaitu motor generator dengan belitan yang memberikan isolasi setara).

414.3.3 Sumber elektrokimia (misalnya baterai) atau sumber lain yang independen dari sirkit voltase yang lebih tinggi (misalnya generator digerakkan diesel).

414.3.4 Gawai elektronik tertentu yang memenuhi standar yang sesuai dimana ketentuan telah diambil untuk memastikan bahwa voltase pada terminal keluar tidak dapat melebihi nilai yang ditentukan dalam 414.1.1, bahkan pada kasus gangguan internal. Namun voltase yang lebih tinggi pada terminal keluar diizinkan jika dapat dipastikan, bahwa dalam hal terjadi kontak dengan bagian aktif atau dalam kejadian gangguan antara bagian aktif dan BKT, voltase pada terminal keluar segera berkurang ke nilai tersebut atau di bawahnya.

CATATAN 1 Contoh gawai tersebut termasuk perlengkapan uji insulasi dan gawai monitor.

CATATAN 2 Jika terdapat voltase yang lebih tinggi pada terminal keluar, kesesuaian dengan ayat ini dapat diperkirakan jika voltase pada terminal keluar berada dalam batas yang ditentukan pada 414.1.1 jika diukur dengan voltmeter yang mempunyai resistans internal sekurang-kurangnya 3 000 Ω .

414.3.5 Sumber portabel yang disuplai pada voltase rendah, misalnya transformator isolasi keselamatan atau motor generator, harus dipilih atau dipasang sesuai dengan persyaratan untuk proteksi dengan menggunakan insulasi dobel atau diperkuat (lihat Ayat 412).

414.4 Persyaratan untuk sirkit SELV dan PELV

414.4.1 Sirkit SELV dan PELV harus mempunyai:

- insulasi dasar antara bagian aktif dan sirkit SELV atau PELV, dan
- pemisahan proteksi bagian aktif sirkit yang bukan SELV atau PELV, asalkan dilengkapi dengan insulasi dobel atau diperkuat atau dengan insulasi dasar dan skrin proteksi untuk voltase tertinggi yang ada.

Sirkit SELV harus mempunyai insulasi dasar antara bagian aktif dan bumi.

Sirkit PELV dan/atau BKT perlengkapan yang disuplai oleh sirkit PELV boleh dibumikan.

CATATAN 1 Khususnya, pemisahan proteksi diperlukan antara bagian aktif perlengkapan listrik seperti relai, kontaktor, sakelar bantu, dan setiap bagian sirkit voltase yang lebih tinggi atau sirkit FELV.

CATATAN 2 Pembumian sirkit PELV dapat dilaksanakan dengan hubungan ke bumi atau ke konduktor proteksi yang dibumikan dalam sumber itu sendiri.

414.4.2 Pemisahan proteksi sistem perkawatan sirkit SELV dan PELV dari bagian aktif sirkit lain, yang sekurang-kurangnya mempunyai insulasi dasar, dapat diperoleh dengan salah satu susunan berikut:

- konduktor sirkit SELV dan PELV harus terselungkup dalam selubung nonlogam atau selungkup insulasi sebagai tambahan pada insulasi dasar;
- konduktor sirkit SELV dan PELV harus terpisah dari konduktor sirkit pada voltase yang lebih tinggi dari rentang I dengan selubung logam dibumikan atau skrin logam dibumikan;

SNI 0225:2011

- konduktor sirkit pada voltase yang lebih tinggi dari rentang I boleh terdapat dalam kabel multikonduktor atau kelompok konduktor lain jika konduktor SELV dan PELV diinsulasi untuk voltase tertinggi yang ada;
- sistem perkawatan sirkit lain sesuai dengan 412.4.1;
- terpisah secara fisik.

414.4.3 Tusuk kontak dan kotak kontak dalam sistem SELV dan PELV harus memenuhi persyaratan berikut:

- tusuk kontak tidak boleh masuk kotak kontak sistem voltase lain;
- kotak kontak tidak boleh digunakan untuk tusuk kontak sistem voltase lain
- tusuk kontak dan kotak kontak dalam sistem SELV tidak boleh mempunyai kontak konduktor proteksi.

414.4.4 BKT sirkit SELV tidak boleh dihubungkan ke bumi, atau ke konduktor proteksi atau BKT sirkit lain.

CATATAN Jika BKT sirkit SELV dapat terjadi kontak secara kebetulan atau sengaja dengan BKT sirkit lain, proteksi terhadap kejut listrik tidak hanya tergantung pada SELV, tetapi juga pada kelengkapan proteksi BKT sirkit lain tersebut .

414.4.5 Jika voltase nominal melebihi 25 V a.b. atau 60 V a.s. atau jika perlengkapan direndam, proteksi dasar harus dilengkapi untuk sirkit SELV dan PELV dengan:

- insulasi sesuai dengan Ayat A.1, atau
- penghalang atau selungkup sesuai dengan Ayat A.2.

Proteksi dasar biasanya tidak diperlukan pada kondisi kering normal untuk:

- sirkit SELV jika voltase nominal tidak melebihi 25 V a.b. atau 60 V a.s.;
- sirkit PELV yang voltase nominalnya tidak melebihi 25 V a.b. atau 60 V a.s. dan BKT dan/atau bagian aktif dihubungkan oleh konduktor proteksi ke terminal pembumian utama.

Dalam hal lain, proteksi dasar tidak disyaratkan jika voltase nominal sistem SELV atau PELV tidak melebihi 12 V a.b. atau 30 V a.s.

415 Proteksi tambahan

CATATAN Proteksi tambahan dapat ditentukan dengan tindakan proteksi pada kondisi tertentu pengaruh eksternal dan pada lokasi khusus tertentu (lihat Bagian 8 terkait).

415.1 Proteksi tambahan: GPAS

415.1.1 Penggunaan GPAS dengan arus operasi sisa pengenalan tidak melebihi 30 mA, dikenal dalam sistem a.b. sebagai proteksi tambahan dalam hal kegagalan ketentuan untuk proteksi dasar dan/atau ketentuan untuk proteksi gangguan atau ketidakhati-hatian pengguna.

415.1.2 Penggunaan gawai tersebut tidak dikenal sebagai sarana tunggal proteksi dan tidak meniadakan perlunya untuk menerapkan salah satu tindakan proteksi yang ditentukan dalam Ayat 411 hingga Ayat 414.

415.2 Proteksi tambahan: ikatan ekuipotensial proteksi suplemen

CATATAN 1 Ikatan ekuipotensi proteksi suplemen dianggap sebagai tambahan pada proteksi gangguan.

CATATAN 2 Penggunaan ikatan proteksi suplemen tidak meniadakan perlunya untuk mendiskoneksi suplai untuk alasan lain, misalnya untuk proteksi terhadap kebakaran, stres termal dalam perlengkapan, dll.

CATATAN 3 Ikatan proteksi suplemen dapat mencakup seluruh instalasi, bagian instalasi, salah satu aparatus, atau lokasi.

CATATAN 4 Persyaratan tambahan mungkin diperlukan untuk lokasi khusus, (lihat Bagian 8 terkait), atau untuk alasan lain.

415.2.1 Ikatan ekuipotensi proteksi suplemen harus mencakup semua BKT perlengkapan magun yang dapat diakses secara simultan dan BKE termasuk jika dapat dipraktikkan tulangan logam utama beton bertulang struktur. Sistem ikatan ekuipotensi harus dihubungkan ke konduktor proteksi semua perlengkapan termasuk yang ada pada kotak kontak.

415.2.2 Jika terdapat keragu-raguan mengenai keefektifan ikatan ekuipotensi proteksi suplemen, maka harus dipastikan bahwa resistans R di antara BKT yang dapat diakses secara simultan dan BKE memenuhi kondisi berikut:

$$R \leq \frac{50 \text{ V}}{I_a} \text{ dalam sistem a.b.}$$

$$R \leq \frac{120 \text{ V}}{I_a} \text{ dalam sistem a.s.}$$

dengan

I_a adalah arus operasi dalam A dari gawai proteksi:

- untuk GPAS, $I_{\Delta n}$;
- untuk GPAL, arus operasi 5 detik.

Lampiran A (normatif)

Ketentuan untuk proteksi dasar

CATATAN Ketentuan untuk proteksi dasar memberikan proteksi pada kondisi normal dan diterapkan jika ditentukan sebagai bagian tindakan proteksi yang dipilih.

A.1 Insulasi dasar bagian aktif

CATATAN Insulasi dimaksudkan untuk mencegah sentuh dengan bagian aktif.

Bagian aktif harus tertutup seluruhnya dengan insulasi yang hanya dapat dilepas dengan merusaknya.

Untuk perlengkapan, insulasi harus memenuhi standar relevan untuk perlengkapan listrik.

A.2 Penghalang atau selungkup

CATATAN Penghalang atau selungkup dimaksudkan untuk mencegah sentuh dengan bagian aktif.

A.2.1 Bagian aktif harus berada di dalam selungkup atau di belakang penghalang yang memberikan tingkat proteksi sekurang-kurangnya IPXXB atau IP2X, kecuali jika terjadi lubang yang lebih besar selama penggantian bagian, misalnya fitting lampu atau sekering tertentu, atau jika diperlukan lubang yang lebih besar agar perlengkapan dapat berfungsi dengan baik menurut persyaratan relevan untuk perlengkapan tersebut, maka:

- harus diambil tindakan pencegahan yang sesuai untuk mencegah manusia atau ternak menyentuh bagian aktif secara tidak sengaja, dan
- harus dapat dipastikan, sejauh dapat dipraktikkan, supaya manusia peduli bahwa bagian aktif dapat tersentuh melalui lubang dan sebaiknya tidak disentuh dengan sengaja, dan
- lubang harus sekecil mungkin, konsisten dengan persyaratan untuk berfungsinya secara baik dan untuk penggantian bagian.

A.2.2 Permukaan bagian atas horizontal penghalang atau selungkup yang mudah diakses harus memberikan tingkat proteksi sekurang-kurangnya IPXXD atau IP4X.

A.2.3 Penghalang dan selungkup harus terpasang dengan kokoh di tempatnya dan mempunyai kestabilan dan daya tahan yang memadai untuk mempertahankan tingkat proteksi yang disyaratkan dan pemisahan yang memadai dari bagian aktif dalam kondisi pelayanan normal yang dikenal, dengan memperhitungkan pengaruh eksternal yang relevan.

A.2.4 Jika diperlukan untuk melepaskan penghalang atau membuka selungkup atau melepaskan bagian selungkup, hal ini hanya mungkin :

- dengan menggunakan kunci atau perkakas, atau
- setelah diskoneksi suplai ke bagian aktif yang diberi proteksi oleh penghalang atau selungkup tersebut, pemulihan suplai hanya dimungkinkan setelah penggantian atau penutupan balik penghalang atau selungkup, atau
- jika ada penghalang antara yang memberikan tingkat proteksi sekurang-kurangnya IPXXB atau IP2X untuk mencegah sentuh dengan bagian aktif, maka penghalang antara tersebut hanya dapat dilepas dengan menggunakan kunci atau perkakas.

A.2.5 Jika di belakang penghalang atau di dalam selungkup, perlengkapan yang terpasang dapat menyimpan muatan listrik berbahaya setelah disakelar off (kapasitor, dsb.), diperlukan label peringatan. Kapasitor kecil misalnya yang digunakan untuk pemadaman busur, untuk penundaan respons relai, dsb. tidak dianggap berbahaya.

CATATAN Sentuh tidak sengaja tidak dianggap berbahaya, jika voltase yang dihasilkan dari muatan statik turun di bawah 120 V a.s. dalam waktu kurang dari 5 detik setelah diskoneksi dari suplai daya.

Lampiran B (normatif)

Rintangan dan penempatan di luar jangkauan

B.1 Penerapan

Tindakan proteksi rintangan dan penempatan di luar jangkauan hanya memberikan proteksi dasar. Hal ini untuk penerapan dalam instalasi dengan atau tanpa proteksi gangguan yang dikendalikan atau disupervisi oleh personel terampil atau terlatih.

Kondisi supervisi dimana ketentuan proteksi dasar Lampiran B dapat diterapkan sebagai bagian tindakan proteksi, diberikan dalam 410.3.5.

B.2 Rintangan

CATATAN Rintangan dimaksudkan untuk mencegah sentuh tak sengaja dengan bagian aktif tetapi tidak mencegah sentuh sengaja dengan cara menghindari rintangan secara sengaja.

B.2.1 Rintangan harus mencegah:

- mendekatnya tubuh dengan tidak sengaja ke bagian aktif, dan
- sentuh tak disengaja dengan bagian aktif selama operasi perlengkapan aktif dalam pelayanan normal.

B.2.2 Rintangan dapat dilepas tanpa menggunakan kunci atau perkakas, tetapi harus aman sehingga tercegah lepasnya rintangan secara tidak sengaja.

B.3 Penempatan di luar jangkauan

CATATAN Proteksi dengan penempatan di luar jangkauan hanya dimaksudkan untuk mencegah sentuh tak disengaja dengan bagian aktif.

B.3.1 Bagian terakses simultan yang berbeda potensial tidak boleh berada dalam jangkauan tangan.

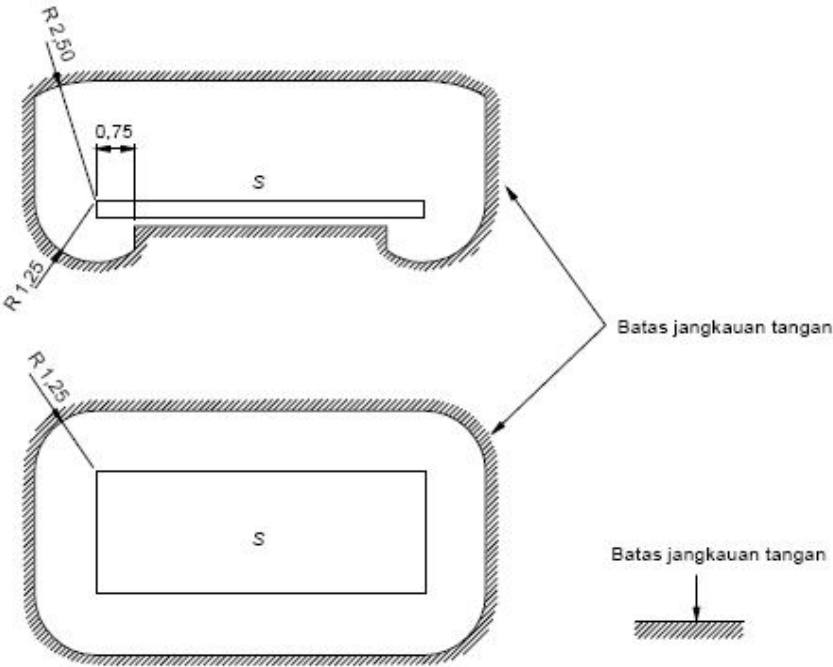
CATATAN Dua bagian dianggap dapat diakses secara simultan jika berjarak tidak lebih dari 2,50 m satu sama lain (lihat Gambar B.1).

B.3.2 Jika posisi yang biasa ditempati dihalangi pada arah horizontal oleh suatu rintangan (misalnya rel tangga, kisi-kisi) yang memberikan tingkat proteksi kurang dari IPXXB atau IP2X, jangkauan tangan harus diukur mulai dari rintangan tersebut. Ke arah atas, jangkauan tangan adalah 2,50 m dari permukaan S tanpa memperhitungkan setiap rintangan antara yang memberikan tingkat proteksi kurang dari IPXXB.

CATATAN Nilai jangkauan tangan berlaku untuk sentuh langsung dengan tangan telanjang tanpa bantuan (misalnya perkakas atau tangga).

B.3.3 Di tempat dimana biasa digunakan benda konduktif yang besar atau panjang, jarak yang disyaratkan dalam B.3.1 dan B.3.2 harus ditambah dengan memperhitungkan dimensi relevan dari benda tersebut.

Dimensi dalam mm



S permukaan yang diperkirakan ditempati oleh manusia

Gambar B.1 – Zone jangkauan tangan

Lampiran C (normatif)

Tindakan proteksi untuk penerapan hanya jika instalasi dikendalikan atau disupervisi personel terampil atau terlatih

CATATAN Kondisi supervisi dimana ketentuan proteksi gangguan (proteksi terhadap sentuh tak langsung) dari Lampiran C dapat diterapkan sebagai bagian tindakan proteksi, diberikan dalam 410.3.6.

C.1 Lokasi nonkonduktif

CATATAN Tindakan proteksi ini dimaksudkan untuk mencegah sentuh secara simultan dengan bagian yang dapat berbeda potensial karena kegagalan insulasi dasar bagian aktif.

C.1.1 Semua perlengkapan listrik harus memenuhi salah satu ketentuan untuk proteksi dasar yang diuraikan dalam Lampiran A.

C.1.2 BKT harus disusun sedemikian sehingga dalam keadaan biasa tidak akan terjadi sentuh secara simultan antara orang dengan

- dua BKT, atau
- sebuah BKT dan setiap BKE,

jika bagian ini dapat berbeda potensial karena kegagalan insulasi dasar bagian aktif.

C.1.3 Di lokasi nonkonduktif tidak boleh terdapat konduktor proteksi.

C.1.4 Subayat C.1.2 dipenuhi jika lokasi mempunyai lantai dan dinding insulasi dan berlaku satu atau lebih susunan berikut:

a) Jarak relatif BKT dengan BKE seperti juga jarak antar BKT.

Jarak ini cukup jika jarak antara dua bagian tersebut tidak kurang dari 2,5 m; jarak ini dapat dikurangi menjadi 1,25 m di luar zone jangkauan tangan.

b) Penyisipan rintangan efektif antara BKT dan BKE.

Rintangan tersebut cukup efektif jika jarak yang harus diatasi diperpanjang hingga nilai yang dinyatakan dalam butir a) di atas. Rintangan tersebut tidak boleh dihubungkan ke bumi atau ke BKT; sedapat mungkin rintangan tersebut harus dari bahan insulasi.

c) Insulasi atau susunan insulasi BKE.

Insulasi harus mempunyai kuat mekanis yang cukup dan mampu menahan voltase uji sekurang-kurangnya 2 000 V. Arus bocor tidak boleh melampaui 1 mA pada kondisi penggunaan normal.

C.1.5 Resistans lantai dan dinding insulasi pada setiap titik pengukuran dengan kondisi yang ditentukan dalam Bagian 6 tidak boleh kurang dari:

- 50 k Ω , jika voltase nominal instalasi tidak melebihi 500 V, atau
- 100 k Ω , jika voltase nominal instalasi melebihi 500 V.

CATATAN Jika resistans di sembarang titik lebih rendah dari nilai yang ditentukan, lantai dan dinding dianggap sebagai BKE untuk tujuan proteksi terhadap kejut listrik.

C.1.6 Susunan yang dibuat harus permanen dan tidak boleh membuatnya tidak efektif. Susunan tersebut juga harus memastikan proteksi jika dipertimbangkan penggunaan perlengkapan portabel.

CATATAN 1 Perlu perhatian terhadap risiko jika instalasi listrik tidak berada di bawah supervisi efektif, bagian konduktif lain dapat dimasukkan pada waktu yang akan datang (misalnya perlengkapan Kelas I portabel atau BKE seperti pipa air logam), yang dapat membuat tidak terpenuhinya kesesuaian dengan C.1.6.

CATATAN 2 Penting untuk memastikan bahwa insulasi lantai dan dinding tidak dapat dipengaruhi kelembaban.

C.1.7 Tindakan pencegahan harus diambil untuk memastikan bahwa BKE tidak dapat menyebabkan timbulnya suatu potensial di luar lokasi yang bersangkutan.

C.2 Proteksi dengan ikatan ekuipotensial lokal bebas bumi

CATATAN Ikatan ekuipotensial lokal bebas bumi dimaksudkan untuk mencegah timbulnya voltase sentuh berbahaya.

C.2.1 Semua perlengkapan listrik harus memenuhi salah satu ketentuan untuk proteksi dasar (proteksi terhadap sentuh langsung) yang diuraikan dalam Lampiran A.

C.2.2 Konduktor ikatan ekuipotensial harus menginterkoneksi semua BKT dan BKE yang dapat diakses secara simultan.

C.2.3 Sistem ikatan ekuipotensial lokal tidak boleh kontak listrik secara langsung dengan bumi melalui BKT atau BKE.

CATATAN Jika persyaratan ini tidak dapat dipenuhi, dapat diterapkan proteksi dengan diskoneksi otomatis suplai (lihat Ayat 411)

C.2.4 Tindakan pencegahan harus diambil untuk memastikan agar orang yang memasuki lokasi ekuipotensial tidak dapat terkena beda potensial berbahaya, khususnya jika lantai konduktif yang diinsulasi dari bumi dihubungkan ke sistem ikatan ekuipotensial bebas bumi.

C.3 Separasi listrik untuk suplai lebih dari satu pemanfaat listrik

CATATAN Separasi listrik suatu sirkit individual dimaksudkan untuk mencegah arus kejut melalui sentuh dengan BKT yang dapat dienergisasi oleh gangguan pada insulasi dasar sirkit.

C.3.1 Semua perlengkapan listrik harus memenuhi salah satu ketentuan untuk proteksi dasar yang diuraikan dalam Lampiran A.

C.3.2 Proteksi dengan separasi listrik untuk suplai lebih dari satu aparatus harus dipastikan dengan kesesuaian dengan semua persyaratan Ayat 413 kecuali 413.1.2 dan dengan persyaratan berikut.

C.3.3 Tindakan pencegahan harus diambil untuk memproteksi sirkit terseparasi dari kerusakan dan kegagalan insulasi.

C.3.4 BKT sirkit terseparasi harus dihubungkan bersama-sama oleh konduktor ikatan ekuipotensial berinsulasi tak dibumikan. Konduktor tersebut tidak boleh dihubungkan ke konduktor proteksi atau BKT sirkit lain atau ke setiap BKE.

CATATAN Lihat Catatan 413.3.6.

C.3.5 Semua kotak kontak harus dilengkapi dengan kontak proteksi yang harus dihubungkan ke sistem ikatan ekuiptensial yang sesuai dengan C.3.4.

C.3.6 Kecuali jika menyuplai perlengkapan dengan insulasi dobel atau diperkuat, semua kabel fleksibel harus berwujud suatu konduktor proteksi untuk digunakan sebagai konduktor ikatan ekuiptensial sesuai dengan C.3.4

C.3.7 Harus dipastikan bahwa jika terjadi dua gangguan yang mempengaruhi dua BKT dan disuplai oleh konduktor berbeda polaritas, maka gawai proteksi harus mendiskoneksi suplai dalam waktu diskoneksi sesuai dengan Tabel 41.1.

C.3.8 Direkomendasikan bahwa hasil kali voltase nominal sirkit dalam volt dan panjang dalam meter, dari sistem perkawatan sebaiknya tidak melebihi 100 000 V.m, dan bahwa panjang sistem perkawatan sebaiknya tidak melebihi 500 m.

Lampiran D MOD

Ketentuan umum bagi proteksi dari sentuh tak langsung

CATATAN Lampiran D merupakan revisi Ayat 3.6 PUIL 2000.

D.1 Penggunaan

D.1.1 Tindakan proteksi diperlukan pada instalasi dan perlengkapan listrik berikut:

- a) bervoltase lebih dari 50 V a.b. ke bumi, kecuali dalam hal tersebut dalam D.1.2;
- b) jika instalasi yang telah ada, yang menurut ketentuan lama tidak memerlukan proteksi, mengalami perubahan atau memerlukan proteksi, maka setelah perluasan, seluruh instalasi yang ada dan perluasannya harus diberi proteksi.
- c) tindakan proteksi diperlukan pula dalam ruang yang telah ada instalasinya yang semula termasuk lokasi nonkonduktif, tetapi kemudian kehilangan sifat insulasinya karena pemasangan perlengkapan yang baru seperti instalasi air, gas atau pemanas yang mempunyai hubungan ke bumi yang mungkin dapat tersentuh.

D.1.2 Proteksi tidak diperlukan pada instalasi dan perlengkapan listrik yang berikut:

- a) bervoltase kurang dari 50 V a.b. ke bumi dan suplainya diperoleh dengan cara seperti tersebut dalam 414.3;
- b) bervoltase bolak balik setinggi-tingginya 1000 V, atau bervoltase searah setinggi-tingginya 1500 V, jika perlengkapan berupa:
 - 1) pipa logam berinsulasi;
 - 2) pipa logam sebagai pelindung kabel berinsulasi ganda (berinti ganda);
 - 3) kotak logam yang berinsulasi;
 - 4) kotak hubung dan kotak bagi dalam plesteran;
 - 5) perisai kabel yang tidak tertanam dalam tanah;
 - 6) tiang baja dan beton bertulang pada jaringan distribusi;
 - 7) tiang atap dan semua bagian konduktif yang berhubungan dengan tiang atap.

D.2 Pelaksanaan

D.2.1 Memilih cara proteksi dan mengusahakan proteksi yang efektif adalah sebagai berikut :

- a) Memilih cara proteksi yang hendak dipakai dari antara 411.3, 411.4 dan Lampiran C tergantung pada keadaan setempat.
Ketentuan khusus perlu diperhatikan bagi tempat kerja yang khusus seperti tempat kerja pembangunan dan industri pertanian.

b) Proteksi yang efektif diusahakan dengan cara sebagai berikut :

- 1) menggunakan perlengkapan instalasi yang baik mutunya;
- 2) membuat hubungan konduktor proteksi yang benar, sesuai dengan cara proteksi yang dipilih dan diuji menurut 3.21;
- 3) dianjurkan menghubungkan semua BKT instalasi menjadi satu dengan baik, lalu menghubungkannya pada terminal konduktor proteksi beserta konduktor proteksinya;
- 4) penggunaan yang semestinya :
 - (a) kotak kontak dengan kontak proteksi tidak boleh terpasang tanpa konduktor proteksi;
 - (b) dalam ruang yang dilengkapi dengan kotak kontak dengan kontak proteksi atau perlengkapan listrik yang proteksinya memakai konduktor proteksi, tidak boleh dipasang kotak kontak tanpa kontak proteksi dan perlengkapan listrik tanpa konduktor proteksi, kecuali kotak kontak untuk voltase ekstra rendah dan separasi listrik ;
- 5) mencegah pengaruh yang dapat mengurangi keefektifan proteksi yang lain.

D.2.2 Hubungan konduktor proteksi melalui kontak tusuk harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a) kontak tusuk, baik yang berdiri sendiri maupun yang menyatu dengan perlengkapan, harus dilengkapi dengan kontak proteksi, kecuali kontak tusuk pada perlengkapan listrik yang memakai insulasi proteksi, dan kontak tusuk khusus yang dengan cara lain dapat memperoleh hubungan andal dengan konduktor proteksi;
- b) kotak kontak yang digunakan pada sistem separasi listrik tidak boleh dihubungkan pada konduktor proteksi;
- c) tusuk kontak harus tidak dapat masuk ke dalam kotak kontak untuk voltase yang lebih tinggi dalam instalasi yang sama.

Lampiran E MOD

Penggunaan Gawai Proteksi Arus Sisa (GPAS)

CATATAN Lampiran E merupakan revisi Ayat 3.15 PUIL 2000.

E.1 Umum

E.1.1 GPAS ialah gawai yang menggunakan pemutus yang peka terhadap arus sisa, yang dapat memutus sirkit termasuk konduktor netralnya secara otomatis dalam waktu tertentu, apabila arus sisa yang timbul karena terjadinya kegagalan insulasi melebihi nilai tertentu, sehingga tercegahlah bertahannya voltase sentuh yang terlalu tinggi.

E.1.2 Pemilihan GPAS

CATATAN Persyaratan lebih rinci mengenai GPAS, termasuk arus pengenal dan voltase pengenalnya dapat dilihat dalam IEC 60755, IEC 61008 dan IEC 61009.

E.1.2.1 Proteksi tambahan terhadap sentuh langsung:

- GPAS dengan arus operasi sisa pengenal maksimum 30 mA.

E.1.2.2 Proteksi terhadap sentuh tak langsung:

a) Untuk sistem TT (diharuskan):

- Berlaku 411.5.3 atau GPAS dengan arus sisa operasi pengenal maksimum 30 A (juga merupakan proteksi tambahan terhadap sentuh langsung).

b) Untuk sistem TN-S dan TN-C-S (sistem TN-C tidak boleh menggunakan GPAS) dan sistem IT:

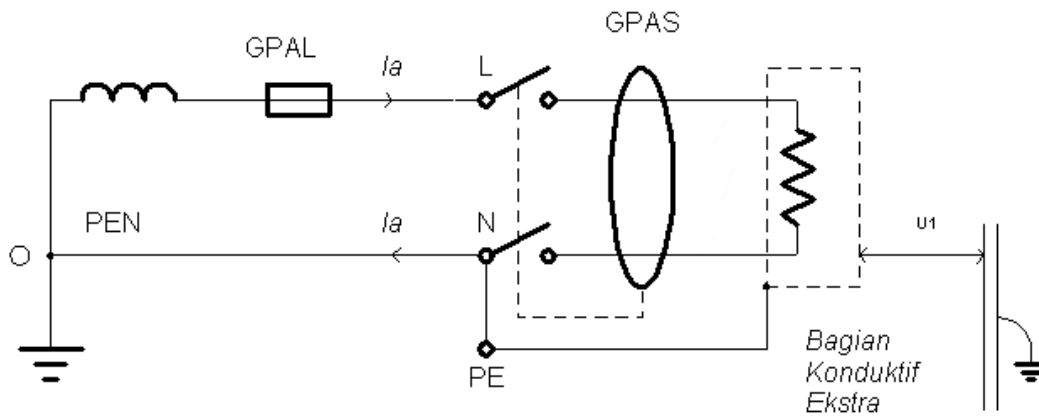
- Berlaku 411.4.5 (TN) dan 411.6.3 (IT).

E.1.2.3 Proteksi dari bahaya kebakaran:

- GPAS dengan arus operasi sisa pengenal maksimum 500 mA.

E.2 Contoh pemasangan GPAS

E.2.1 Pada sistem TN –C-S (lihat Gambar E.1).



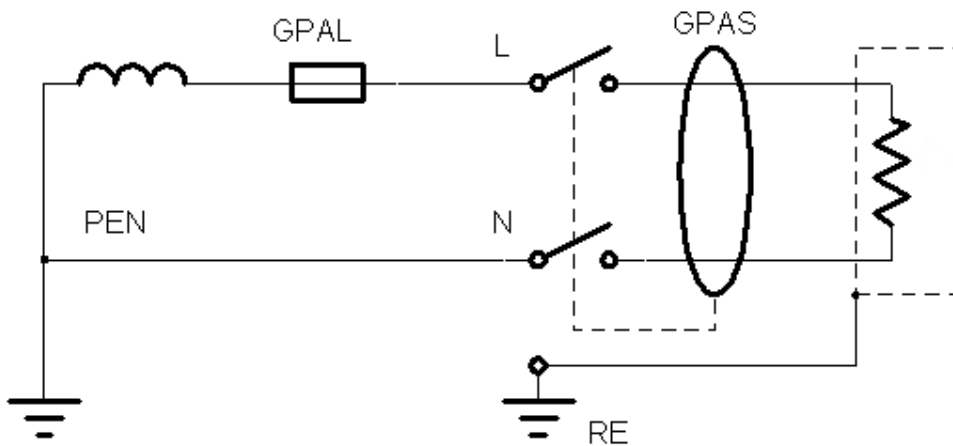
Keterangan

GPAL = Gawai proteksi arus lebih

GPAS = Gawai proteksi arus sisa

Gambar E.1 – Contoh pemasangan GPAS pada sistem TN-C-S

E.2.2 Pada sistem TT (lihat Gambar E.2)



Gambar E.2 – Contoh pemasangan GPAS pada sistem TT

Lampiran F MOD

Rekomendasi pemilihan sistem TT, TN dan IT

CATATAN Lampiran F merupakan revisi Ayat 3.17 PUIL 2000.

Jenis pembumian sistem	Proteksi tambahan terhadap sentuh langsung	Gawai proteksi untuk sentuh tak langsung	Gawai proteksi untuk bahaya kebakaran	Rekomendasi	Contoh penerapan
1.Sistem TT	GPAS \leq 30 mA	GPAS	GPAS \leq 500 mA	Bila proteksinya lengkap, direkomendasikan untuk instalasi dengan risiko bahaya dan gangguan paling kecil, termasuk masalah kesesuaian elektromagnet (KEM atau EMC)	Semua bangunan perkantoran dan industri yang memerlukan instalasi yang handal, termasuk gedung pintar dan industri komputer, elektronik, telekomunikasi.
2.Sistem TN-S	GPAS \leq 30 mA	GPAL atau GPAS	GPAS \leq 500 mA	Seperti sistem TT	Seperti sistem TT
3.Sistem TN-C	Tidak bisa	GPAL	Tidak bisa	Dilarang karena risiko sentuh langsung dan kebakaran tinggi serta mempunyai masalah KEM	
4.Sistem TN-C-S	GPAS \leq 30 mA	GPAL atau GPAS	GPAS \leq 500 mA	Dengan konduktor netral dihubungkan dengan konduktor proteksi di PHBK konsumen, serta dibumikan, merupakan sistem yang umum berlaku di Indonesia	Untuk rumah tangga, industri dan perkantoran yang tidak peka terhadap masalah KEM.
5.Sistem IT	GPAS \leq 30 mA	Gawai monitor insulasi GPAL atau GPAS	GPAS \leq 500 mA	Direkomendasikan jika kontinuitas suplai menjadi kebutuhan utama	Untuk ruang khusus di rumah sakit, dan industri atau perkantoran khusus.

Keterangan

- a) GPAS: Gawai Proteksi Arus Sisa; GPAL: Gawai Proteksi Arus Lebih.
- b) Untuk proteksi dengan mempergunakan lebih dari satu jenis gawai proteksi, maka perlu diperhatikan koordinasinya.

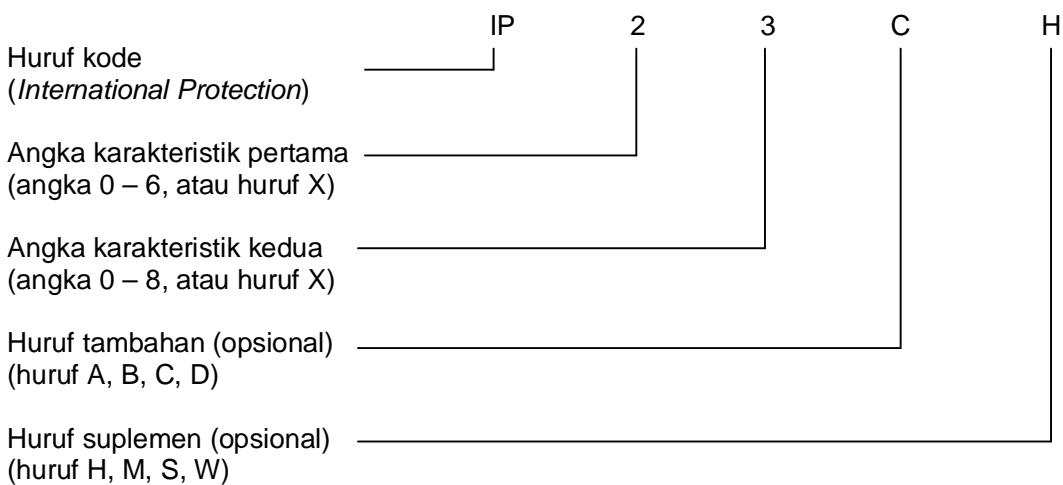
Lampiran G (MOD)

Kode IP

CATATAN Kode IP mengacu sepenuhnya pada IEC 60529.

G.1 Kode IP (*International Protection*) adalah sistem kode untuk menunjukkan tingkat proteksi yang diberikan oleh selungkup dari sentuh langsung ke bagian yang berbahaya, dari masuknya benda asing padat, dari masuknya air, dan untuk memberikan informasi tambahan dalam hubungannya dengan proteksi tersebut.

G.2 Susunan kode IP



Jika angka karakteristik tidak dipersyaratkan untuk ditentukan, maka dapat diganti dengan huruf "X" (atau "XX" jika kedua angka dihilangkan).

Huruf tambahan dan/atau huruf suplemen dapat dihilangkan tanpa penggantian.

Jika digunakan lebih dari satu huruf suplemen, maka harus diterapkan urutan abjad.

Jika suatu selungkup memberikan tingkat proteksi yang berbeda untuk susunan pemasangan yang berbeda, maka tingkat proteksi yang relevan harus ditunjukkan oleh pabrikan dalam buku instruksi yang berkaitan dengan masing-masing susunan pemasangan.

G.3 Elemen kode IP dan artinya

Penjelasan singkat mengenai elemen kode IP diberikan dalam tabel berikut ini.

Tabel G-1 Elemen kode IP

1	2	3	4
Elemen	Angka atau huruf	Artinya untuk proteksi perlengkapan	Artinya untuk proteksi manusia
Kode huruf	IP	Dari masuknya benda asing padat	Dari sentuh langsung ke bagian berbahaya dengan :
Angka karakteristik pertama	0 1 2 3 4 5 6	(tanpa proteksi) diameter ≥ 50 mm diameter $\geq 12,5$ mm diameter $\geq 2,5$ mm diameter $\geq 1,0$ mm debu kedap debu	(tanpa proteksi) belakang telapak tangan jari perkakas kawat kawat kawat
Angka karakteristik kedua	0 1 2 3 4 5 6 7 8	Dari masuknya air dengan efek merusak (tanpa proteksi) tetesan air secara vertikal tetesan air (miring 15°) semprotan dengan butir air halus semprotan dengan butir air lebih besar pancaran air pancaran air yang kuat perendaman sementara perendaman kontinu	Dari sentuh langsung ke bagian berbahaya dengan :
Huruf tambahan (opsi)	A B C D		belakang telapak tangan jari perkakas kawat
Huruf suplemen (opsi)	H M S W	Informasi suplemen khusus untuk Aparat tegangan tinggi Gerakan selama uji air Stasioner selama uji air Kondisi cuaca	

Persyaratan pengujian dijelaskan dalam IEC 60529.

G.4 Contoh penggunaan kode IP

Contoh berikut ini adalah untuk menjelaskan penggunaan dan susunan kode IP dalam PUIL:

a) IPXXB:

Angka pertama diganti huruf X : tidak ada persyaratan untuk proteksi dari masuknya benda asing padat.

Angka kedua diganti huruf X : tidak ada persyaratan untuk proteksi dari masuknya air.
Huruf B : dipersyaratkan proteksi manusia dari sentuh langsung dengan jari ke bagian berbahaya.

b) IP2X :

Angka pertama (angka 2) : dipersyaratkan proteksi dari masuknya benda asing padat dengan diameter $\geq 12,5$ mm dan proteksi manusia dari sentuh langsung dengan jari ke bagian berbahaya.

Angka kedua diganti huruf X : tidak ada persyaratan untuk proteksi dari masuknya air.

c) IP4X :

Angka pertama (angka 4) : dipersyaratkan proteksi dari masuknya benda asing padat dengan diameter $\geq 1,0$ mm dan proteksi manusia dari sentuh langsung dengan kawat (berdiameter $\geq 1,0$ mm) ke bagian berbahaya.

Angka kedua diganti huruf X : tidak ada persyaratan untuk proteksi dari masuknya air.

Bibliografi

- IEC 60146-2, *Semikonduktor converters – Part 2: Self-commutated semiconductor converters including direct d.c converters*
- IEC 60364-4-43, *Electrical installations of buildings – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent*
- IEC 60364-5-53:2001, *Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switsing and control*
- IEC 60364-7 (all parts), *Electrical installations of buildings – Part 7: Requirement for special insulations or locations*
- IEC 60417-DB-12M(2002-10), *Graphical symbols for use on equipment – 12 month subscription to online base comprising all graphical symbols published in IEC 60417*
- IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*
- IEC 60664 (all parts), *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems*
- IEC 61008-1, *Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) – Part 1: General rules*
- IEC 61009-1, *Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs) – Part 1: General rules*
- IEC 61201:1992, *Extra-low voltage (ELV) – Limit values*
- IEC 61557-8, *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c and 1 500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 8: Insulation monitoring devices for IT systems*
- IEC 61557-9, *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c and 1 500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 9: Equipment for insulation fault location in IT systems*
- IEC 62020, *Electrical accessories – Residual current monitors for household and similar uses (RCMs)*
-

**Bagian 4-42:
Proteksi untuk keselamatan –
Proteksi terhadap efek termal**

CATATAN Bagian 4-42 merupakan adopsi dari IEC 60364-4-42:2001 dengan modifikasi. Modifikasi dapat berupa penambahan, perubahan atau pengurangan. Ayat, subayat, tabel, catatan atau lampiran yang merupakan modifikasi diberi tanda MOD.

Untuk memudahkan penelusuran, maka nomor ayat atau subayat PUIL 2000 disertakan dalam tanda kurung.

420.1 (3.23.1) Ruang lingkup

(3.23.1.1) Manusia, perlengkapan magun, dan bahan magun yang berdekatan dengan perlengkapan listrik harus diberi proteksi terhadap efek berbahaya dari bahang (*heat*) yang dihasilkan oleh perlengkapan listrik, atau radiasi termal, terutama efek berikut ini:

- a) pembakaran atau penurunan mutu (degradasi) bahan;
- b) risiko luka bakar;
- c) pemburukan fungsi keselamatan dari perlengkapan yang terpasang.

CATATAN Proteksi terhadap arus-lebih diuraikan dalam Bagian 4-43.

420.2 MOD Acuan normatif

Dokumen normatif berikut berisi ketentuan yang melalui acuan dalam naskah ini, merupakan ketentuan Bagian 4-42. Untuk acuan bertahun, amandemen atau revisi sesudahnya dari setiap standar ini tidak berlaku. Namun pihak yang bersepakat berdasarkan Bagian 4-42 dianjurkan untuk memeriksa kemungkinan menerapkan edisi mutakhir dari dokumen normatif yang dicantumkan di bawah. Untuk acuan tak bertahun, berlaku edisi termutakhir dari dokumen normatif yang diacu.

IEC 60079-14:1996, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 14: Electrical installations in hazardous areas (other than mines)*

IEC 60332-1:1993, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 1: Tests on a single vertical insulated wire or cable*

IEC 60332-3-10:2000, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 3-10: Tests for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Apparatus*

IEC 60332-3-21:2000, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 3-21: Tests for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Category A F/R*

IEC 60332-3-22:2000, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 3-22: Tests for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Category A*

IEC 60332-3-23:2000, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 3-23: Tests for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Category B*

IEC 60332-3-24:2000, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 3-24: Tests for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Category C*

IEC 60332-3-25:2000, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 3-25: Tests for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Category D*

IEC 60364-4-41, *Electrical installations of buildings – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-43, *Electrical installations of buildings – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent*

IEC 60364-5-51, *Electrical installations of building – Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment – Common rules*

IEC 60614 (all parts), *Conduits for electrical installations*

421 (3.23.2) Proteksi terhadap kebakaran

CATATAN Istilah kebakaran dan uji terkait dalam pertimbangan dengan kerjasama antara ISO dan IEC. Istilah yang digunakan dalam ayat ini adalah sementara.

421.1 (3.23.2.1) Perlengkapan listrik tidak boleh menimbulkan bahaya kebakaran pada bahan yang berada di dekatnya.

Setiap petunjuk pemasangan relevan dari pabrikan harus diobservasi sebagai tambahan persyaratan PUIL.

421.2 (3.23.2.2) Jika perlengkapan magun dapat mencapai suhu permukaan yang dapat menyebabkan bahaya kebakaran pada bahan yang berada di dekatnya, maka perlengkapan harus :

- a) dipasang pada atau dalam bahan yang akan tahan terhadap suhu tersebut dan mempunyai konduktans termal yang rendah, atau
- b) disekat dari elemen konstruksi bangunan, dengan bahan yang akan tahan terhadap suhu tersebut dan mempunyai konduktans termal yang rendah, atau
- c) dipasang sedemikian agar memungkinkan disipasi bahang yang aman pada jarak yang memadai dari setiap bahan yang dapat terkena efek termal yang merusak karena suhu tersebut, dan setiap sarana penyangga mempunyai koduktans termal yang rendah.

421.3 (3.23.2.3) Jika busur api atau latu (*spark*) dapat dipancarkan oleh perlengkapan terhubung permanen dalam pelayanan normal, maka perlengkapan harus :

- a) seluruhnya terselungkup dalam bahan tahan busur api, atau
- b) disekat oleh bahan tahan busur api terhadap elemen bangunan dimana busur api dapat memberi efek termal yang merusak, atau
- c) dipasang untuk memungkinkan pemadaman busur api dengan aman pada jarak yang memadai dari elemen bangunan dimana busur api dapat memberi efek termal yang merusak.

Bahan tahan busur api yang digunakan untuk tindakan proteksi ini harus tidak dapat terbakar, berkonduktivitas termal rendah, dan mempunyai tebal yang memadai untuk memberikan kestabilan mekanis.

421.4 (3.23.2.4) Perlengkapan magun yang menyebabkan pemusatan atau konsentrasi bahang harus berada pada jarak yang memadai dari setiap benda atau elemen bangunan magun, sedemikian sehingga benda atau elemen bangunan tersebut dalam kondisi normal tidak dapat terkena suhu yang berbahaya.

421.5 (3.23.2.5) Bila perlengkapan listrik dalam suatu lokasi tunggal berisi cairan yang mudah terbakar dalam jumlah yang signifikan, maka harus diambil tindakan pencegahan untuk mencegah cairan yang terbakar dan hasil pembakaran cairan (api, asap, gas beracun) menyebar ke bagian bangunan yang lain.

CATATAN 1 Contoh tindakan pencegahan tersebut adalah :

- lubang drainase untuk menampung kebocoran cairan dan memastikan pemadamannya saat terjadi kebakaran, atau
- pemasangan perlengkapan dalam kamar tahan api yang memadai dan perlengkapan penghalang atau sarana lain untuk mencegah cairan yang terbakar menyebar ke bagian bangunan lain, kamar tersebut berventilasi hanya ke atmosfer luar.

CATATAN 2 Batas terendah yang dapat diterima untuk jumlah yang signifikan umumnya adalah 25 liter.

CATATAN 3 Bila kurang dari 25 liter, suatu susunan yang mencegah keluarnya cairan telah memadai.

CATATAN 4 Dianjurkan untuk menyakelar off suplai pada saat mulai terjadi kebakaran.

421.6 Bahan selungkup yang disusun sekeliling perlengkapan listrik selama pemasangan harus tahan terhadap suhu tertinggi yang mungkin dihasilkan oleh perlengkapan listrik.

Bahan yang mudah terbakar tidak cocok untuk konstruksi selungkup tersebut kecuali ambil tindakan preventif terhadap penyulutan, sedemikian seperti menutupi dengan bahan yang tak mudah terbakar atau tak dapat terbakar berkonduktivitas rendah.

422 Tindakan untuk proteksi terhadap kebakaran

422.1 Umum

Persyaratan ayat ini harus diobservasi sebagai tambahan Ayat 421 untuk pemasangan pada lokasi dimana terdapat kondisi pengaruh eksternal yang diuraikan dalam 422.2.

422.2 Kondisi evakuasi saat darurat

Kondisi BD2: Kepadatan hunian rendah, kondisi evakuasi sulit

BD3: Kepadatan hunian tinggi, kondisi evakuasi mudah

BD4: Kepadatan hunian tinggi, kondisi evakuasi sulit

(menurut Tabel 51A IEC 60364-5-51).

CATATAN Otoritas yang berwenang untuk konstruksi bangunan, berkumpulnya publik, pencegahan kebakaran dsb dapat menentukan kondisi BD yang dapat diterapkan.

422.2.1 Pada kondisi BD2, BD3 dan BD4, sistem perkawatan tidak boleh melintasi rute jalan keluar kecuali perkawatan dilengkapi dengan selubung atau selungkup yang selama waktu yang disahkan oleh regulasi untuk elemen bangunan rute jalan keluar atau selama 2 jam jika tidak ada regulasi tersebut,

- tidak akan berkontribusi atau menyebarkan api, dan
- tidak akan mencapai suhu tinggi yang cukup menyulut bahan di dekatnya.

CATATAN Pengujian kabel pada kondisi kebakaran diberikan dalam IEC 60332-1, IEC 60332-3-10, IEC 60332-3-21, IEC 60332-3-22, IEC 60332-3-23, IEC 60332-3-24 dan IEC 60332-3-25. Pengujian konduit pada kondisi kebakaran diberikan dalam IEC 60614.

Sistem perkawatan yang melintasi rute jalan keluar tidak boleh dalam jangkauan tangan kecuali dilengkapi dengan proteksi terhadap kerusakan mekanis yang mungkin terjadi selama evakuasi. Setiap sistem perkawatan pada rute jalan keluar harus sependek yang dapat dipraktikkan.

422.2.2 Pada kondisi BD3 dan BD4, gawai PHBK, kecuali gawai tertentu untuk memfalisitasi evakuasi, harus hanya dapat diakses oleh personel berwenang. Jika ditempatkan dalam gang, harus diselungkup dalam lemari atau kotak yang dikonstruksi berbahan tak mudah terbakar dan tak siap mudah terbakar.

CATATAN Definisi "tak mudah terbakar" dan "tak mudah siap terbakar" dalam pertimbangan.

422.2.3 Pada kondisi BD3 dan BD4 dan dalam rute jalan keluar, penggunaan perlengkapan yang berisi cairan yang mudah terbakar dilarang.

CATATAN Kapasitor bantu individual yang terpadu dalam aparatus tidak termasuk perlengkapan ini. Pengecualian ini terutama mengenai lampu luah dan kapasitor pengasut motor.

422.3 Sifat bahan yang diproses atau disimpan

Kondisi BE2: Risiko kebakaran (menurut Tabel 51A IEC 60364-5-51).

CATATAN 1 Besaran bahan yang mudah terbakar, permukaan atau volume dari lokasi dapat diregulasi oleh yang berwenang.

CATATAN 2 Untuk risiko ledakan, lihat IEC 60079-14.

422.3.1 Perlengkapan listrik harus dibatasi pada keperluan penggunaan lokasi ini, kecuali sistem perkawatan menurut 422.3.6.

422.3.2 Jika diperkirakan bahwa debu yang cukup menyebabkan bahaya kebakaran akan terkumpul pada selungkup perlengkapan listrik, harus diambil tindakan untuk mencegah selungkup mencapai suhu yang berlebihan.

422.3.3 Perlengkapan listrik harus dipilih dan dipasang sedemikian sehingga kenaikan suhu normalnya dan kenaikan suhu yang dapat diduga selama gangguan tidak dapat menyebabkan kebakaran.

Susunan ini dapat dipengaruhi oleh konstruksi perlengkapan atau lokasi instalasinya.

Tindakan khusus tidak diperlukan jika suhu permukaan tidak mungkin menyebabkan pembakaran zat di dekatnya.

422.3.4 PHB untuk proteksi, kendali dan isolasi harus ditempatkan di luar lokasi yang termasuk kondisi BE2, kecuali di dalam selungkup yang memberikan tingkat proteksi yang memadai untuk lokasi tersebut tetapi sekurang-kurangnya IP4X.

422.3.5 Jika perkawatan tidak disimpan dalam bahan tak mudah terbakar, harus diambil tindakan pencegahan untuk memastikan bahwa perkawatan tidak dapat menyebarkan nyala.

Khususnya kabel, sebagai minimum, harus memenuhi pengujian pada konsisi kebakaran yang ditentukan dalam IEC 60322-1.

422.3.6 Sistem perkawatan yang melintasi lokasi ini, tetapi tidak diperlukan pada penggunaan lokasi ini, harus memenuhi kondisi berikut:

- sistem perkawatan dibuat menurut persyaratan 422.3.5;
- sistem perkawatan tidak mempunyai hubungan sepanjang rute di dalam lokasi ini, kecuali hubungan ini ditempatkan dalam selungkup tahan api;
- sistem perkawatan diproteksi terhadap arus lebih menurut persyaratan 422.3.11.

422.3.7 Pada instalasi pemanas udara paksa, saluran masuk udara harus di luar lokasi, jika terdapat debu yang mudah terbakar.

Suhu udara keluar tidak boleh sedemikian sehingga menyebabkan kebakaran pada lokasi tersebut.

422.3.8 Motor, selain dari servomotor tugas ringan, yang dikendalikan secara otomatis atau jarak jauh, atau yang tidak secara kontinu disupervisi, harus diproteksi terhadap kenaikan suhu berlebihan oleh gawai responsif suhu.

422.3.9 Luminer harus cocok untuk kondisi BE2 dan dilengkapi dengan selungkup yang memberikan tingkat proteksi sekurang-kurangnya IP4X.

Lampu dan elemen aparatus pencahayaan harus diproteksi secara memadai di tempat dimana kerusakan mekanis diantisipasi, misalnya dengan penutup plastik yang cukup kuat, terali atau penutup kaca yang kuat. Gawai proteksi ini tidak boleh magun pada fitting lampu kecuali fitting lampu disedain untuk keperluan ini.

422.3.10 MOD (3.23.2.6) Untuk membatasi akibat arus gangguan pada sistem perkawatan dari titik pandang risiko kebakaran, khususnya pada bangunan tempat masyarakat berkumpul yaitu: bangunan untuk kepentingan umum (misalnya antara lain: stadion olah raga, perkantoran, tempat ibadah, rumah sakit), bangunan industri, bangunan komersial (misalnya antara lain: hotel, apartemen, mal, pertokoan, pasar, restoran, rumah susun), bangunan tinggi/pencakar langit, maka sirkit harus:

- diproteksi oleh GPAS (gawai proteksi arus sisa) dengan arus sisa operasi pengenalnya tidak melampaui 0,5 A, atau
- dipantau oleh gawai monitor insulasi kontinu yang menghidupkan alarm saat terjadi gangguan insulasi.

Ketentuan ini berlaku juga untuk perumahan dengan daya 3500 VA dan lebih besar. Untuk perumahan dengan daya di bawah 3500 VA sangat dianjurkan.

422.3.11 Sirkit yang menyuplai atau melintasi lokasi dimana berlaku kondisi BE2, harus diproteksi terhadap beban lebih dan hubung pendek dengan gawai proteksi yang terletak pada sisi suplai lokasi ini.

422.3.12 Pada sirkit yang disuplai pada voltase ekstra rendah keselamatan, bagian aktif harus:

- terletak dalam selungkup yang memberikan tingkat proteksi IP2X atau IPXXB,
- atau dilengkapi dengan insulasi yang mampu menahan voltase uji 500 V selama 1 menit,

tanpa memperhatikan voltase nominal sirkit. Hal ini sebagai tambahan persyaratan 414.4.5 Bagian 4-41.

422.3.13 Konduktor PEN tidak diizinkan dalam lokasi dimana berlaku kondisi BE2, kecuali untuk sirkit yang melintasi lokasi tersebut.

422.4 Bahan konstruksi mudah terbakar

Kondisi CA2; Bahan mudah terbakar (menurut Tabel 51A IEC 60364-5-51).

422.4.1 Harus diambil tindakan pencegahan untuk memastikan bahwa perlengkapan listrik tidak dapat menimbulkan penyulutan dinding, lantai atau plafon.

422.5 Struktur penyebar kebakaran

Kondisi CB2: Penyebaran kebakaran (menurut Tabel 51A IEC 60364-5-51).

422.5.1 Pada struktur yang bentuk dan dimensinya memfalisasi penyebaran kebakaran. harus diambil tindakan pencegahan untuk memastikan bahwa instalasi listrik tidak dapat menyebarkan kebakaran (misalnya efek cerobong).

CATATAN Detektor kebakaran dapat diberikan yang memastikan implementasi tindakan untuk mencegah penyebarab kebakaran, misalnya penutupan rana tahan api dalam talang, bak atau berumbung.

423 (3.23.3) Proteksi terhadap luka bakar

(3.23.3.1) Bagian terakses perlengkapan listrik dalam jangkauan tangan tidak boleh mencapai suhu yang mungkin menyebabkan luka bakar pada manusia, dan harus memenuhi batas yang sesuai yang dinyatakan dalam Tabel 42A. Semua bagian instalasi yang dalam pelayanan normal, bahkan selama periode singkat, mungkin mencapai suhu yang melampaui batas yang dinyatakan dalam Tabel 42A harus dilindungi sedemikian untuk mencegah setiap sentuh tidak sengaja.

Namun nilai dalam Tabel 42A tidak berlaku untuk perlengkapan yang memenuhi standar SNI/IEC untuk jenis perlengkapan tersebut.

Tabel 42A Batas suhu dalam pelayanan normal untuk bagian terakses perlengkapan dalam jangkauan tangan

Bagian terakses	Bahan permukaan terakses	Suhu maksimum
		°C
Sarana genggam operasi	Logam	55
	Nonlogam	65
Bagian yang dimaksudkan untuk disentuh tetapi bukan sarana genggam	Logam	70
	Nonlogam	80
Bagian yang tidak perlu disentuh untuk operasi normal	Logam	80
	Nonlogam	90

424 (3.23.4) Proteksi terhadap panas lebih

424.1 (3.23.4.1) Sistem pemanas udara paksa

424.1.1 (3.23.4.1.1) Sistem pemanas udara paksa harus sedemikian sehingga elemen pemanasnya, selain daripada pemanas tandon sentral, tidak dapat diaktifkan sampai aliran udara yang ditentukan telah tersedia dan dinonaktifkan jika aliran udara dihentikan. Sebagai tambahan, sistem tersebut harus mempunyai dua gawai pembatas suhu yang independen satu sama lain untuk mencegah dilampauinya suhu yang diizinkan di dalam saluran udara.

424.1.2 (3.23.4.1.2) Rangka dan selungkup elemen pemanas harus dari bahan yang tidak mudah terbakar.

424.2 (3.23.4.2) Peranti yang menghasilkan air panas atau uap panas

Seluruh peranti yang menghasilkan air panas atau uap panas harus diproteksi oleh desain atau pemasangan terhadap panas-lebih dalam semua kondisi pelayanan. Kecuali jika peranti secara keseluruhan memenuhi standar yang sesuai, maka proteksi harus dengan sarana gawai nonswasetel balik yang sesuai, yang berfungsi tidak tergantung dari termostat.

Jika peranti tidak mempunyai outlet bebas, maka harus juga dilengkapi dengan gawai yang membatasi tekanan air.

Bagian 4-43: Proteksi untuk keselamatan – Proteksi terhadap arus lebih

CATATAN Bagian 4-43 merupakan adopsi dari IEC 60364-4-43:2008 dengan modifikasi. Modifikasi dapat berupa penambahan, perubahan atau pengurangan. Ayat, subayat, tabel, catatan atau lampiran yang merupakan modifikasi diberi tanda MOD.

Untuk memudahkan penelusuran, maka nomor ayat atau subayat PUIL 2000 disertakan dalam tanda kurung.

430.1 (3.24.1) Ruang lingkup

Bagian 4-43 memberikan persyaratan untuk proteksi konduktor aktif dari efek arus lebih.

Standar ini menjelaskan bagaimana konduktor aktif diproteksi dari satu atau lebih gawai untuk diskoneksi otomatis suplai dalam kejadian beban lebih (Ayat 433) dan hubung pendek (Ayat 434) kecuali pada kasus dimana arus lebih dibatasi sesuai dengan Ayat 436 atau dimana kondisi yang dinyatakan dalam 433.3 (peniadaan gawai proteksi terhadap beban lebih) atau 434.3 (peniadaan gawai proteksi terhadap hubung pendek) terpenuhi. Koordinasi proteksi beban lebih dan proteksi hubung pendek juga tercakup (Ayat 435)

CATATAN 1 Konduktor aktif yang diproteksi terhadap beban lebih sesuai Ayat 433 dianggap juga diproteksi terhadap gangguan yang mungkin menyebabkan arus lebih dengan besaran serupa arus beban lebih.

CATATAN 2 Persyaratan dalam standar ini tidak memperhitungkan pengaruh eksternal.

CATATAN 3 Proteksi konduktor menurut standar ini tidak perlu memproteksi perlengkapan yang terhubung dengan konduktor tersebut.

CATATAN 4 Kabel fleksibel yang menghubungkan perlengkapan melalui tusuk kontak dan kotak kontak ke instalasi magun bukan bagian ruang lingkup standar ini dan untuk alasan ini tidak perlu diproteksi terhadap arus lebih.

CATATAN 5 Dalam standar ini diskoneksi tidak berarti isolasi.

430.2 Acuan normatif

Dokumen acuan berikut sangat diperlukan untuk penerapan dokumen ini. Untuk acuan bertahun, hanya berlaku edisi yang disebutkan. Untuk acuan tak bertahun, berlaku edisi termutakhir dokumen acuan (termasuk setiap amandemen).

IEC 60269-2, *Low-voltage fuses – Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application) – Examples of standardized systems of fuses A to I*

IEC 60269-3, *Low-voltage fuses – Part 3: Supplementary requirements for fuses for use by unskilled persons (fuses mainly for household and similar application) – Examples of standardized systems of fuses A to F*

IEC 60269-4, *Low-voltage fuses – Part 4: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of semiconductor devices*

SNI 0225:2011

IEC 60364-4-41, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-5-52:2001, *Electrical installations of building – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

IEC 60439-2, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 2: Particular requirements for busbar trunking systems (busways)*

IEC 60724, *Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages of 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) and 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)*

IEC 60898 (all parts), *Electrical accessories – Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations*

IEC 60947-2, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit-breakers*

IEC 60947-3, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units*

IEC 60947-6-2, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 6-2: Multiple function equipment – Control and protective switching devices (or equipment) (CPS)*

IEC 61009 (all parts), *Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBO's)*

IEC 61534 (all parts), *Powertrack systems*

IEC Guide 104, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

430.3 Persyaratan Umum

Gawai proteksi harus disediakan untuk mendiskoneksi setiap arus lebih dalam konduktor sirkit sebelum arus tersebut menyebabkan bahaya akibat efek mekanis atau termal yang merusak insulasi, sambungan, terminasi atau bahan di sekitar konduktor.

431 (3.24.2) Persyaratan menurut sifat sirkit

431.1 (3.24.2.1) Proteksi konduktor lin

431.1.1 (3.24.2.1.1) Deteksi arus lebih harus disediakan untuk semua konduktor lin, kecuali dimana berlaku 431.1.2. Hal itu harus menyebabkan diskoneksi konduktor dimana arus lebih terdeteksi tapi tidak perlu terjadi diskoneksi pada konduktor aktif lainnya.

Jika diskoneksi fase tunggal dapat menyebabkan bahaya, misal pada kasus motor trifase, harus diambil tindakan pencegahan yang sesuai.

431.1.2 (3.24.2.1.2) Pada sistem TT atau TN, untuk sirkit yang disuplai antara konduktor lin dengan konduktor netral tidak terdistribusi, deteksi arus lebih tidak perlu disediakan untuk salah satu konduktor lin, asalkan kondisi berikut dipenuhi secara simultan:

- a) dalam sirkit yang sama atau pada sisi suplai, terdapat proteksi yang dimaksudkan untuk mendeteksi ketakseimbangan beban dan dimaksudkan untuk menyebabkan diskoneksi semua konduktor lin;
- b) konduktor netral tidak terdistribusi dari titik netral buatan sirkit yang terletak di sisi beban dari gawai proteksi yang disebutkan dalam a)

431.2 (3.24.2.2) Proteksi konduktor netral

431.2.1 (3.24.2.2.1) Sistem TT atau TN

Bila luas penampang konduktor netral sekurang-kurangnya setara dengan konduktor lin, dan arus pada netral diperkirakan tidak melebihi nilai pada konduktor lin, tidak perlu untuk memasang deteksi arus lebih pada konduktor netral atau gawai diskoneksi pada konduktor tersebut.

Bila luas penampang konduktor netral lebih kecil daripada konduktor lin, perlu memasang deteksi arus lebih untuk konduktor netral yang sesuai dengan luas penampang konduktor tersebut; deteksi ini harus menyebabkan diskoneksi konduktor lin, tapi tidak perlu pada konduktor netral.

Pada kedua kasus tersebut konduktor netral harus diproteksi terhadap arus hubung pendek.

CATATAN Proteksi ini dapat diperoleh dari gawai proteksi arus lebih (GPAL) pada konduktor lin. Dalam kasus tersebut tidak harus memasang proteksi arus lebih pada konduktor netral atau gawai diskoneksi pada konduktor tersebut.

Bila arus pada konduktor netral diperkirakan melebihi nilai pada konduktor lin, lihat 431.2.3.

Kecuali untuk diskoneksi, persyaratan untuk konduktor netral berlaku untuk konduktor PEN.

431.2.2 (3.24.2.2.2) Sistem IT

Bila konduktor netral terdistribusi, perlu memasang deteksi arus lebih untuk konduktor netral pada setiap sirkit. Deteksi arus lebih harus dapat menyebabkan diskoneksi semua konduktor aktif pada sirkit terkait, termasuk konduktor netral. Tindakan ini tidak perlu jika:

- konduktor netral tertentu diproteksi secara efektif oleh gawai proteksi yang ditempatkan di sisi suplai, misalnya pada awal instalasi, atau jika
- sirkit tertentu diproteksi oleh GPAS dengan arus sisa pengenal tidak melebihi 0,20 kali KHA konduktor netral terkait. Gawai ini harus mendiskoneksi semua konduktor aktif pada sirkit tersebut, termasuk konduktor netral. Gawai ini harus mempunyai kapasitas pemutusan yang cukup.

CATATAN Dalam sistem IT, sangat direkomendasikan sebaiknya konduktor netral tidak terdistribusi.

431.2.3 Arus harmonik

Deteksi beban lebih harus dipasang untuk konduktor netral dalam sirkit multifase yang kandungan harmonik arus lin sedemikian sehingga arus pada konduktor netral diperkirakan melebihi KHA konduktor tersebut. Deteksi beban lebih harus kompatibel dengan sifat arus yang melewati netral dan harus menyebabkan diskoneksi konduktor lin tapi tidak perlu untuk konduktor netral. Bila netral didiskoneksi, berlaku persyaratan 431.3

CATATAN Persyaratan selanjutnya berkaitan dengan proteksi konduktor netral diberikan dalam Bagian 5-52.

431.3 (3.24.2.3) Diskoneksi dan rekoneksi konduktor netral pada sistem multifase

Bila diskoneksi konduktor netral disyaratkan, diskoneksi dan rekoneksi harus sedemikian sehingga konduktor netral tidak boleh didiskoneksi sebelum konduktor lin dan harus direkoneksi pada waktu yang sama atau sebelum konduktor lin.

432 (3.24.3) Sifat gawai proteksi

Gawai proteksi harus merupakan tipe yang sesuai yang ditunjukkan oleh 432.1 hingga 432.3.

432.1 MOD Gawai proteksi terhadap beban lebih dan arus hubung pendek

Kecuali seperti dinyatakan dalam 434.5.1, gawai yang memberikan proteksi terhadap beban lebih dan arus hubung pendek harus mampu memutuskan dan, untuk pemutus sirkit, menghubungkan setiap arus lebih sampai dengan arus hubung pendek prospektif di titik tempat gawai tersebut dipasang. Gawai tersebut dapat merupakan:

- pemutus sirkit yang dilengkapi pelepas beban lebih dan hubung pendek;
- pemutus sirkit bersama dengan sekering;
- sekering yang mempunyai tautan (*link*) sekering dengan karakteristik gG (lihat IEC 60269).

CATATAN 1 Sekering terdiri atas semua bagian yang membentuk gawai proteksi lengkap.

CATATAN 2 Subayat ini tidak melarang penggunaan gawai proteksi lain jika persyaratan dalam 433.1 dan 434.5 terpenuhi.

432.2 (3.24.3.2) Gawai yang memastikan proteksi hanya terhadap arus beban lebih

Gawai proteksi ini harus memenuhi persyaratan Ayat 433 dan dapat mempunyai kapasitas pemutusan di bawah nilai arus hubung pendek prospektif di titik tempat gawai tersebut dipasang.

CATATAN 1 Pada umumnya gawai ini merupakan gawai proteksi tertinggal waktu invers (*inverse time lag*).

CATATAN 2 Sekering jenis aM tidak memproteksi terhadap beban lebih.

432.3 MOD (3.24.3.3) Gawai yang memastikan proteksi hanya terhadap arus hubung pendek

Gawai yang menyediakan proteksi hanya terhadap arus hubung pendek harus dipasang jika proteksi beban lebihnya diperoleh dari sarana lain atau jika Ayat 433 mengizinkan proteksi beban lebih tidak diperlukan. Gawai tersebut harus mampu memutuskan, dan untuk pemutus sirkit, menghubungkan arus hubung pendek sampai dengan arus hubung pendek prospektif. Gawai tersebut harus memenuhi persyaratan Ayat 434.

Gawai tersebut dapat berupa:

- pemutus sirkit dengan pelepas hubung pendek saja,
- sekering dengan tautan sekering jenis gM dan aM (lihat IEC 60269).

432.4 Karakteristik gawai proteksi

Karakteristik operasi GPAL harus memenuhi yang ditentukan misalnya dalam IEC 60898, IEC 60947-2, IEC 60947-6-2, IEC 61009, IEC 60269-2, IEC 60269-3, IEC 60269-4 atau IEC 60947-3

CATATAN Penggunaan gawai lain tidak dilarang asalkan karakteristik waktu/arusnya memberikan tingkat proteksi yang setara dengan yang ditentukan dalam ayat ini.

433 (3.24.4) Proteksi terhadap arus beban lebih

433.1 (3.24.4.2) Koordinasi antara konduktor dan gawai proteksi beban lebih (GPBL)

Karakteristik operasi gawai yang memproteksi terhadap beban lebih harus memenuhi dua kondisi berikut ;

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_Z$$

dengan

I_B adalah arus desain untuk sirkit tersebut;

I_Z adalah KHA kontinu kabel (lihat Ayat 523);

I_n adalah arus pengenalan gawai proteksi;

CATATAN 1 Untuk gawai proteksi yang dapat disetel, arus pengenalan I_n adalah setelan arus yang dipilih.

I_2 adalah arus yang memastikan operasi efektif gawai proteksi dalam waktu konvensional.

Arus I_2 yang memastikan operasi efektif gawai proteksi harus disediakan oleh pabrikan atau diberikan dalam standar produk.

Proteksi menurut ayat ini mungkin tidak memastikan proteksi dalam kasus tertentu, misalnya jika arus lebih berkesinambungan kurang dari I_2 . Dalam kasus demikian, sebaiknya dipertimbangkan untuk memilih kabel dengan luas penampang yang lebih besar.

CATATAN 2 I_B adalah arus desain yang melalui lin atau arus permanen yang melalui netral dalam kasus tingkat harmonik ke 3 yang tinggi.

CATATAN 3 Arus yang memastikan operasi efektif gawai proteksi dalam waktu konvensional boleh juga disebut I_k atau I_f menurut standar produk. I_k dan I_f merupakan kelipatan I_n dan sebaiknya diperhatikan untuk mengoreksi representasi nilai dan indeks.

CATATAN 4 Lihat Lampiran B untuk ilustrasi kondisi (1) dan (2) dari 433.1

CATATAN 5 Arus desain I_B dapat dianggap sebagai arus aktual I_a sesudah menerapkan faktor koreksi. Lihat Ayat 311.

433.2 (3.24.4.3) Penempatan GPBL

433.2.1 (3.24.4.3.1) Gawai yang memastikan proteksi terhadap beban lebih harus ditempatkan pada titik perubahan, misalnya perubahan luas penampang, sifat, metode

instalasi atau pada keadaan fisik, yang menyebabkan pengurangan nilai KHA konduktor, kecuali bila berlaku 433.2.2 dan 433.2.

433.2.2 (3.24.4.3.2) Gawai yang memproteksi konduktor terhadap beban lebih dapat ditempatkan sepanjang konduktor jika bagian konduktor antara titik dimana terjadi perubahan (pada luas penampang, sifat, metode instalasi atau keadaan fisik) dan posisi gawai proteksi tidak mempunyai sirkit cabang atau kotak kontak dan memenuhi sekurang-kurangnya satu dari dua kondisi berikut:

- a) diproteksi terhadap arus hubung pendek menurut persyaratan yang dinyatakan dalam Ayat 434;
- b) panjangnya tidak melebihi 3 m, dilakukan sedemikian sehingga mengurangi risiko hubung pendek menjadi minimum dan dipasang sedemikian sehingga mengurangi risiko kebakaran atau bahaya terhadap manusia menjadi minimum (lihat juga 434.2.1).

CATATAN Untuk instalasi menurut a) lihat Gambar C.1. Untuk instalasi menurut b) lihat Gambar C.2

433.3 (3.24.4.4) Peniadaan GPBL

Berbagai kasus yang dinyatakan dalam subayat ini tidak boleh diterapkan pada instalasi yang terletak pada lokasi yang terdapat risiko kebakaran atau risiko ledakan atau dimana persyaratan untuk instalasi dan lokasi khusus menentukan kondisi berbeda.

433.3.1 Umum

GPBL tidak perlu disediakan:

- a) untuk konduktor yang terletak di sisi beban pada perubahan luas penampang, sifat, metode instalasi atau keadaan fisik, yang diproteksi secara efektif terhadap beban lebih oleh gawai proteksi yang ditempatkan di sisi suplai;
- b) untuk konduktor yang tidak mungkin menghantarkan arus beban lebih, asalkan konduktor ini diproteksi terhadap hubung pendek menurut persyaratan Ayat 434 dan tidak memiliki sirkit cabang atau kotak kontak;
- c) pada awal instalasi dimana distributor menyediakan gawai beban lebih dan sepakat bahwa ia memberikan proteksi ke bagian instalasi antara awal dan titik distribusi utama instalasi dimana dipasang proteksi beban lebih selanjutnya.
- d) untuk sirkit komunikasi, kendali, sinyal dan sejenis.

CATATAN Untuk instalasi menurut a), b) dan d) , lihat Gambar C.3.

433.3.2 (3.24.4.5) Penempatan atau peniadaan GPBL dalam sistem IT

433.3.2.1 (3.24.4.5.1) Ketentuan dalam 433.2.2 dan 433.3.1 untuk posisi alternatif atau peniadaan GPBL tidak dapat diterapkan pada sistem IT kecuali setiap sirkit yang tidak diproteksi terhadap beban lebih, diproteksi oleh salah satu dari sarana berikut:

- a) menggunakan tindakan proteksi yang diuraikan dalam Ayat 412 Bagian 4-41;
- b) proteksi setiap sirkit oleh GPAS yang akan beroperasi seketika pada gangguan kedua;
- c) untuk sistem yang disupervisi permanen hanya menggunakan monitor insulasi yang:

- menyebabkan diskoneksi sirkit bila terjadi gangguan pertama, atau
- memberikan sinyal yang menunjukkan adanya gangguan. Gangguan harus dikoreksi menurut persyaratan operasi dan mengenali risiko gangguan kedua.

CATATAN Direkomendasikan untuk memasang sistem lokasi gangguan insulasi menurut IEC 61557-9. Dengan penerapan sistem tersebut dimungkinkan untuk mendeteksi dan melokalisasi gangguan insulasi tanpa pemutusan suplai.

433.3.2.2 (3.24.4.5.2) Pada sistem IT tanpa konduktor netral, GPBL boleh diiadakan pada salah satu konduktor lin jika GPAS dipasang pada setiap sirkit.

433.3.3 (3.24.4.6) **Kasus jika peniadaan GPBL harus dipertimbangkan untuk alasan keselamatan**

Peniadaan GPBL diizinkan untuk sirkit yang menyuplai pemanfaat listrik bila diskoneksi sirkit yang tak diperkirakan menyebabkan bahaya atau kerusakan. Contoh kasus tersebut termasuk:

- sirkit eksitasi mesin berputar;
- sirkit suplai magnet pengangkat;
- sirkit sekunder transformator arus;
- sirkit yang menyuplai gawai pemadam api;
- sirkit yang menyuplai pelayanan keselamatan (alarm pencuri, alarm gas dll.)

CATATAN Pada kasus tersebut, sebaiknya dipertimbangkan ketentuan alarm beban lebih.

433.4 (3.24.4.7) **Proteksi beban lebih konduktor paralel**

Jika gawai proteksi tunggal memproteksi beberapa konduktor paralel, tidak boleh ada sirkit cabang atau gawai untuk isolasi atau penyakelaran pada konduktor paralel.

Subayat ini tidak menghalangi penggunaan sirkit akhir cincin.

433.4.1 (3.24.4.7.1) **Pembagian arus yang sama di antara konduktor paralel**

Jika gawai tunggal memproteksi konduktor paralel yang berbagi arus sama, nilai I_z yang digunakan dalam 433.1 adalah jumlah KHA berbagai konduktor.

Hal ini dianggap bahwa pembagian arus adalah sama jika persyaratan baris pertama 523.7 a) Bagian 5-52 dipenuhi.

433.4.2 (3.24.4.7.2) **Pembagian arus tidak sama di antara konduktor paralel**

Bila penggunaan konduktor tunggal, per fase, tidak praktis dan arus pada konduktor tidak sama, arus desain dan persyaratan untuk proteksi beban lebih setiap konduktor harus dipertimbangkan secara individual.

CATATAN Arus pada konduktor paralel dianggap tidak sama jika perbedaan antara sembarang arus adalah lebih dari 10% arus desain untuk setiap konduktor. Petunjuk diberikan pada Ayat A.2.

434 (3.24.5) **Proteksi terhadap arus hubung pendek**

Standar ini hanya mempertimbangkan kasus hubung pendek antara konduktor pada sirkit yang sama.

434.1 (3.24.5.2) Penentuan arus hubung pendek prospektif

Arus hubung pendek prospektif pada setiap titik relevan instalasi harus ditentukan. Hal ini dapat dilakukan dengan perhitungan atau pengukuran.

CATATAN Arus hubung pendek prospektif pada titik suplai dapat diperoleh dari utilitas suplai.

434.2 (3.24.5.3) Penempatan gawai proteksi hubung pendek (GPHP)

Gawai yang memastikan proteksi terhadap hubung pendek harus ditempatkan pada titik dimana terdapat pengurangan luas penampang konduktor atau perubahan lain yang menyebabkan perubahan KHA, kecuali jika berlaku 434.2.1, 434.2.2 atau 434.3.

434.2.1 (3.24.5.3.1) Berbagai kasus yang dinyatakan dalam subayat berikut tidak boleh diterapkan pada instalasi yang terletak di lokasi yang terdapat risiko kebakaran atau ledakan dan yang persyaratan khusus untuk lokasi tertentu menentukan kondisi berbeda. GPHP boleh ditempatkan selain dari yang ditentukan dalam 434.2, dalam kondisi berikut.

Pada bagian konduktor antara titik pengurangan luas penampang atau perubahan lain dan posisi gawai proteksi, tidak boleh terdapat sirkit cabang maupun kotak kontak dan bagian konduktor tersebut harus:

- a) panjangnya melebihi 3 m, dan
- b) dipasang sedemikian sehingga mengurangi risiko hubung pendek menjadi minimum, dan

CATATAN 1 Kondisi ini dapat diperoleh misalnya dengan memperkuat proteksi perkawatan terhadap pengaruh eksternal.

CATATAN 2 Lihat Gambar D.1.

- c) tidak ditempatkan di dekat bahan yang mudah terbakar

434.2.2 (3.24.5.3.2) Gawai proteksi boleh ditempatkan di sisi suplai pada luas penampang yang berkurang atau perubahan lain yang dilakukan, asalkan gawai memiliki karakteristik operasi sedemikian sehingga memproteksi perkawatan yang terletak di sisi beban terhadap hubung pendek, sesuai dengan 434.5.2.

CATATAN Persyaratan 434.2.2 dapat dipenuhi oleh metode yang diberikan dalam Lampiran D.

434.3 (3.24.5.4) Peniadaan GPHP

Asalkan kedua kondisi berikut dipenuhi secara simultan:

- perkawatan dipasang sedemikian sehingga mengurangi risiko hubung pendek menjadi minimum (lihat titik b) 434.2.1), dan
- perkawatan tidak ditempatkan di dekat bahan yang mudah terbakar.

GPHP tidak diperlukan untuk penerapan seperti:

- a) konduktor yang menghubungkan generator, transformator, penyearah, baterai akumulator ke panel kendali terkait, jika gawai proteksi sudah ditempatkan dalam panel tersebut;
- b) sirkit yang diskoneksi dapat menyebabkan bahaya untuk operasi instalasi yang dimaksud, seperti yang disebut dalam 433.3.3;
- c) sirkit pengukuran tertentu;

- d) pada awal instalasi dimana distributor memasang satu atau lebih gawai yang menyediakan proteksi terhadap hubung pendek dan sepakat gawai tersebut memberi proteksi kepada bagian instalasi antara awal instalasi dan titik distribusi utama instalasi dimana terdapat proteksi hubung pendek selanjutnya.

434.4 (3.24.5.5) Proteksi hubung pendek konduktor paralel

Gawai proteksi tunggal boleh memproteksi konduktor paralel terhadap efek hubung pendek asalkan karakteristik operasi gawai itu memastikan operasi efektifnya bila gangguan terjadi pada posisi paling berat pada salah satu konduktor paralel. Harus diperhitungkan pembagian arus hubung pendek di antara konduktor paralel. Gangguan dapat disulang dari kedua ujung konduktor paralel.

Jika operasi gawai proteksi tunggal tidak efektif, maka satu atau lebih tindakan berikut harus dilakukan:

- a) Perkawatan harus dilakukan sedemikian untuk mengurangi risiko hubung pendek menjadi minimum pada setiap konduktor paralel, misalnya dengan proteksi terhadap kerusakan mekanis, dan konduktor harus dipasang sedemikian untuk mengurangi risiko kebakaran atau bahaya kepada manusia menjadi minimum.
- b) Untuk dua konduktor paralel, GPHP harus dipasang pada akhir suplai setiap konduktor paralel.
- c) Untuk lebih dari dua konduktor paralel, GPHP harus dipasang pada suplai dan ujung beban setiap konduktor paralel.

Petunjuk diberikan dalam Ayat A.3

434.5 (3.24.5.6) Karakteristik GPHP

Setiap GPHP harus memenuhi persyaratan yang diberikan dalam 434.5.1.

434.5.1 (3.24.5.6.1) Kapasitas pemutusan pengenal tidak boleh kurang dari arus hubung pendek prospektif maksimum pada tempat pemasangannya, kecuali jika berlaku paragraf berikut.

Kapasitas pemutusan pengenal yang lebih rendah diizinkan jika gawai proteksi lain yang memiliki kapasitas pemutusan yang diperlukan dipasang di sisi suplai. Dalam kasus ini, karakteristik gawai harus dikoordinasikan sedemikian sehingga energi yang lewat pada kedua gawai tidak melebihi dari yang dapat ditahan tanpa kerusakan oleh gawai pada sisi beban dan konduktor diproteksi oleh gawai ini.

CATATAN Dalam kasus tertentu karakteristik lain mungkin perlu diperhitungkan, seperti stres dinamis dan energi busur listrik untuk gawai di sisi beban. Rincian karakteristik yang memerlukan koordinasi sebaiknya diperoleh dari pabrikan gawai tersebut.

434.5.2 (3.24.5.6.2) Untuk kabel dan konduktor berinsulasi, semua arus yang disebabkan hubung pendek yang terjadi pada sembarang titik pada sirkuit harus diputus dalam waktu yang tidak melebihi insulasi konduktor mencapai suhu batas yang diperbolehkan.

Untuk waktu operasi gawai proteksi $< 0,1$ detik dimana asimetri arus penting dan untuk gawai pembatas arus k^2S^2 harus lebih besar dari nilai energi lewat (*let-through energy*) (I^2t), yang diberikan oleh pabrikan gawai proteksi.

Untuk hubung pendek dengan durasi sampai dengan 5 detik, waktu t , dalam waktu tersebut arus hubung pendek tertentu akan menaikkan insulasi konduktor dari suhu tertinggi yang diizinkan dalam tugas normal ke suhu batas, sebagai perkiraan, dapat dihitung dari rumus pendekatan:

$$t = (k * S / I)^2 \tag{3}$$

dengan

t adalah durasi, dalam detik;

S adalah luas penampang, dalam mm²;

I adalah arus hubung pendek efektif, dalam A, dinyatakan sebagai nilai efektif;

k adalah faktor yang memperhitungkan resistivitas, koefisien suhu dan kapasitas bahan bahan konduktor, serta suhu awal dan akhir yang sesuai. Untuk insulasi konduktor biasa, nilai k untuk konduktor lin diperlihatkan dalam Tabel 43A.

Tabel 43A – Nilai k untuk konduktor

Sifat/ kondisi	Tipe insulasi konduktor							
	PVC Termoplastik		PVC Termoplastik 90° C		EPR XLPE Termoseting	Karet 60° C Termoseting	Mineral Berselubung PVC Polos nirselubung	
Luas penampang Konduktor mm ²	≤ 300	> 300	≤ 300	> 300				
Suhu awal °C	70		90		90	60	70	105
Suhu akhir °C	160	140	160	140	250	200	160	250
Bahan Konduktor								
Tembaga	115	103	100	86	143	141	115	135 -115 ^a
Aluminium	76	68	66	57	94	93	-	-
Sambungan solder timah pada konduktor tembaga	115	-	-	-	-	-	-	-
^a Nilai ini harus digunakan untuk kabel polos yang terbuka dan dapat disentuh								
<p>CATATAN 1 Nilai lain k sedang dalam pertimbangan untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - konduktor kecil (terutama untuk luas penampang kurang dari 10 mm²); - jenis lain sambungan pada konduktor; - konduktor polos. <p>CATATAN 2 Arus nominal GPHP boleh lebih besar dari KHA kabel.</p> <p>CATATAN 3 Faktor diatas berdasarkan IEC 60724.</p> <p>CATATAN 4 Lihat Lampiran Bagian 5-54 untuk metode perhitungan faktor k.</p>								

434.5.3 Untuk sistem berumbung rel (*busbar trunking system*) yang memenuhi IEC 60439-2 dan *powertrack* yang memenuhi seri IEC 61534, salah satu persyaratan berikut harus berlaku:

- Arus ketahanan hubung pendek pengenal (I_{cw}) dan arus ketahanan puncak pengenal sistem brumbung rel atau *powertrack*, masing-masing tidak boleh kurang dari nilai efektif

arus hubung pendek prospektif dan nilai puncak hubung pendek prospektif. Waktu maksimum dimana I_{CW} ditentukan untuk sistem berumbung rel atau *powertrack* tidak boleh kurang dari waktu operasi maksimum gawai proteksi.

- Arus hubung pendek kondisional pengenalan sistem berumbung rel atau *powertrack* terkait dengan gawai proteksi spesifik, tidak boleh kurang dari arus hubung pendek prospektif.

435 (3.24.6) Koordinasi proteksi beban lebih dan hubung pendek

435.1 (3.24.6.1) Proteksi dilakukan oleh satu gawai

Gawai proteksi untuk proteksi terhadap beban lebih dan hubung pendek harus memenuhi persyaratan yang dapat diterapkan dari Ayat 433 dan 434.

435.2 (3.24.5.2) Proteksi dilakukan oleh gawai terpisah

Persyaratan Ayat 433 dan 434 berlaku masing-masing pada GPBL dan GPHP.

Karakteristik gawai harus dikoordinasikan sedemikian sehingga energi yang dilewatkan oleh GPHP tidak melebihi yang dapat ditahan tanpa menimbulkan kerusakan oleh GPBL.

CATATAN Persyaratan ini tidak melarang jenis koordinasi yang ditentukan dalam IEC 60947-4-1

436 (3.24.7) Pembatasan arus lebih oleh karakteristik suplai.

Konduktor dianggap diproteksi terhadap arus beban lebih dan hubung pendek jika konduktor disuplai dari sumber yang tidak mampu menyuplai arus melebihi KHA konduktor (misal transformator lonceng tertentu, transformator las tertentu dan jenis tertentu set pembangkit termoelektrik)

Lampiran A (informatif)

Proteksi konduktor paralel terhadap beban lebih

A.1 Pendahuluan

Proteksi beban lebih untuk konduktor yang dihubungkan paralel sebaiknya menyediakan proteksi yang memadai untuk semua konduktor paralel tersebut. Untuk dua konduktor dengan luas penampang yang sama, panjang bahan konduktor dan cara pemasangan yang disusun untuk menghantarkan arus yang secara substansial sama, persyaratan untuk proteksi beban lebih adalah *straightforward*. Untuk susunan konduktor yang lebih kompleks, pertimbangan rinci sebaiknya diberikan pada pembagian arus yang tidak sama antara konduktor dan berbagai lintasan arus gangguan. Lampiran ini memberikan pedoman pertimbangan yang diperlukan.

CATATAN Metode lebih rinci perhitungan arus antara konduktor paralel diberikan dalam IEC 60287-1-3

A.2 Proteksi beban lebih konduktor paralel

Bila beban lebih terjadi dalam sirkit yang terdiri atas konduktor paralel kabel multiinti, arus disetiap konduktor akan bertambah dengan proporsi yang sama. Asalkan arus dibagi sama di antara konduktor paralel, gawai proteksi tunggal dapat digunakan untuk memproteksi semua konduktor. KHA (I_z) konduktor paralel adalah jumlah KHA tiap konduktor, dengan pengelompokan yang sesuai dan diterapkan faktor lain.

Pembagian arus di antara kabel paralel adalah fungsi impedans kabel. Untuk kabel inti tunggal besar, komponen reaktif impedans lebih besar daripada komponen resistif dan akan mempunyai efek signifikan pada pembagian arus. Komponen reaktif dipengaruhi oleh posisi fisik relatif setiap kabel. Jika misalnya sirkit terdiri atas dua kabel besar per fase, mempunyai panjang, konstruksi dan luas penampang yang sama dan disusun paralel tapi dengan posisi relatif merugikan (yaitu kabel dengan fase sama dibundel bersama), pembagian arus dapat 70 %/30 % dibandingkan 50 %/50 %

Bila perbedaan impedans di antara konduktor paralel menyebabkan pembagian arus yang tidak sama, misalnya perbedaan lebih dari 10%, arus dan persyaratan desain untuk proteksi beban lebih setiap konduktor sebaiknya dipertimbangkan secara individual.

Arus desain setiap konduktor dapat dihitung dari beban total dan impedans setiap konduktor.

Untuk sejumlah konduktor m dalam paralel, arus desain I_{Bk} untuk konduktor k adalah:

$$I_{Bk} = \frac{I_B}{\left(\frac{Z_k}{Z_1} + \frac{Z_k}{Z_2} + \dots + \frac{Z_k}{Z_{k-1}} + \frac{Z_k}{Z_k} + \frac{Z_k}{Z_{k+1}} + \dots + \frac{Z_k}{Z_m} \right)} \quad (\text{A.1})$$

dengan

I_B adalah arus desain sirkit;

I_{Bk} adalah arus desain untuk konduktor k ;

Z_k adalah impedans konduktor k ;

Z_1 dan Z_m masing-masing adalah impedans konduktor 1 dan m .

Dalam hal konduktor paralel sampai dengan 120 mm^2 , arus desain I_{Bk} untuk konduktor k adalah:

$$I_{Bk} = I_B \frac{S_k}{S_1 + S_2 + \dots + S_m} \quad (\text{A.2})$$

dengan

S_k adalah luas penampang konduktor k ;

S_1, \dots, S_m adalah luas penampang konduktor.

Dalam hal kabel inti tunggal, impedans adalah fungsi posisi relatif kabel sebagaimana desain kabel, misalnya berarmor atau nirarmor. Cara menghitung impedans diberikan dalam IEC 60287-1-3. Direkomendasikan bahwa pembagian arus di antara kabel paralel diverifikasi dengan pengukuran.

Arus desain I_{Bk} menggantikan I_B untuk Persamaan (1) dari 433.1 sebagai berikut:

$$I_{Bk} \leq I_n \leq I_{zk} \quad (\text{A.3})$$

Nilai yang dipakai untuk I_z dalam 433.1, Persamaan (1) dan (2) adalah:

baik KHA kontinu setiap konduktor, I_{zk} , jika GPBL disediakan untuk setiap konduktor (lihat Gambar A.1), maka:

$$I_{Bk} \leq I_{nk} \leq I_{zk} \quad (\text{A.4})$$

maupun

Jumlah KHA semua konduktor, $\sum I_{zk}$, jika GPBL tunggal disediakan untuk konduktor paralel (lihat Gambar A.2), maka ;

$$I_B \leq I_n \leq \sum I_{zk} \quad (\text{A.5})$$

dengan

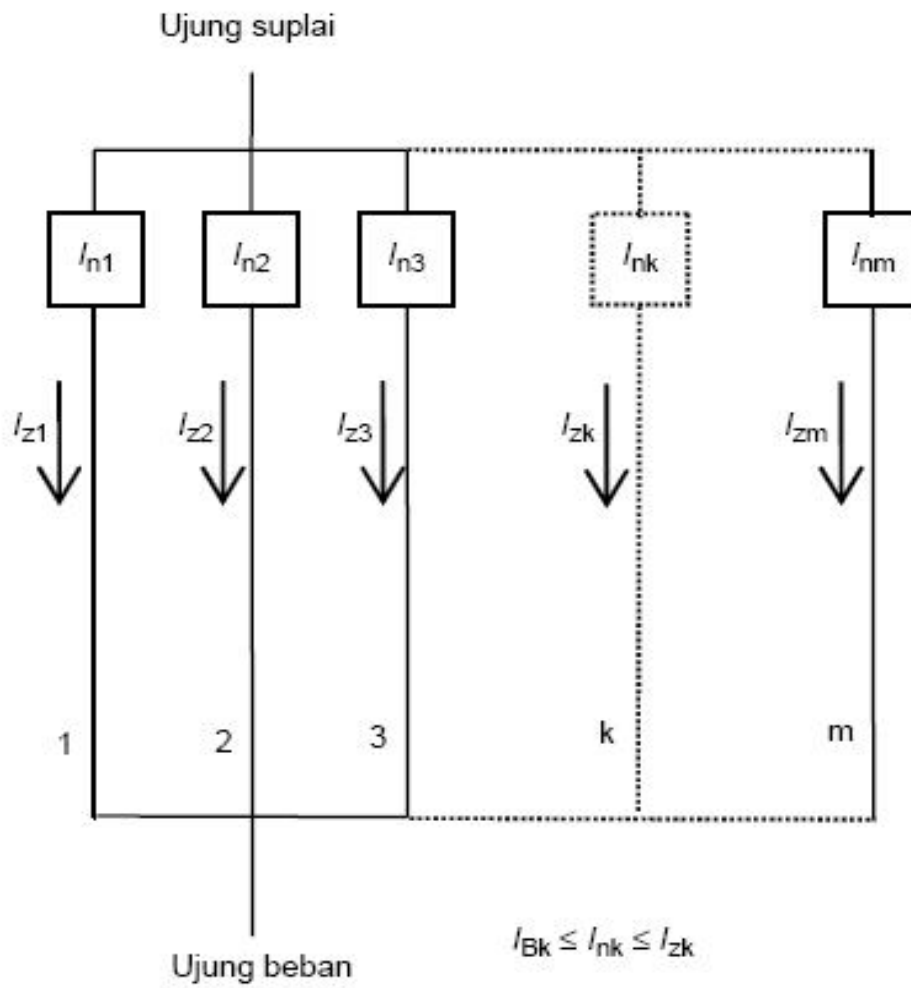
I_{nk} adalah arus nominal gawai proteksi untuk konduktor k ;

I_{zk} adalah KHA kontinu konduktor k ;

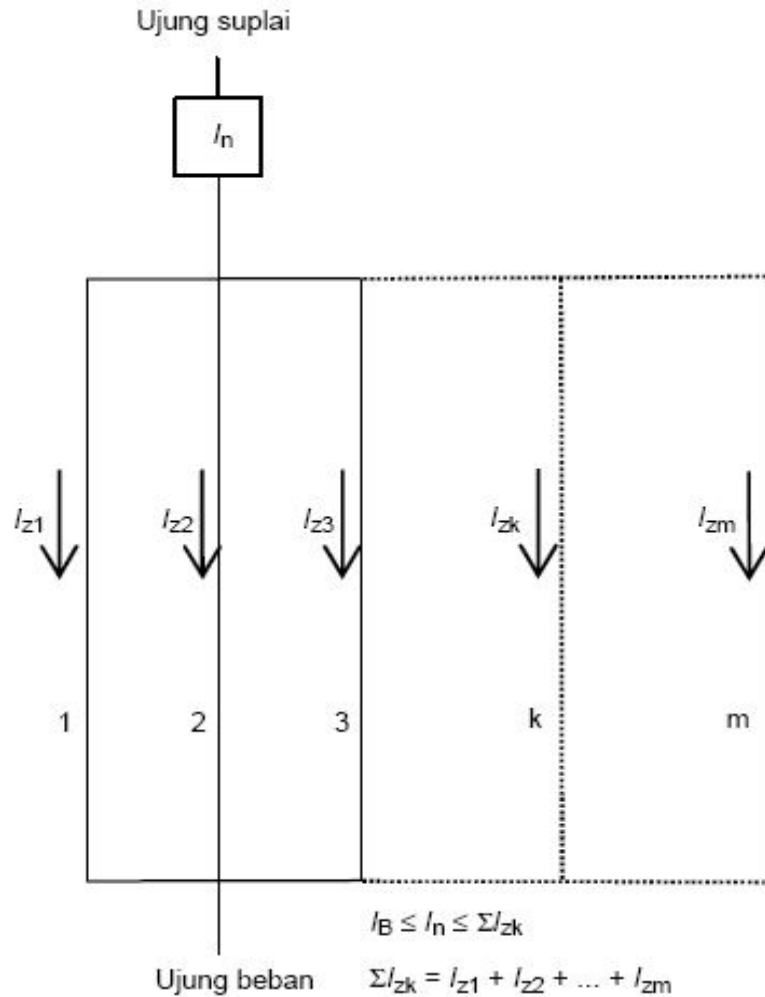
I_n adalah arus pengenalan gawai proteksi;

$\sum I_{zk}$ adalah jumlah KHA kontinu m konduktor paralel.

CATATAN Untuk sistem rel, informasi sebaiknya diperoleh dari pabrikan atau dari IEC 60439-2.



Gambar A.1 – Sirkit dengan GPBL tunggal disediakan untuk setiap m konduktor paralel



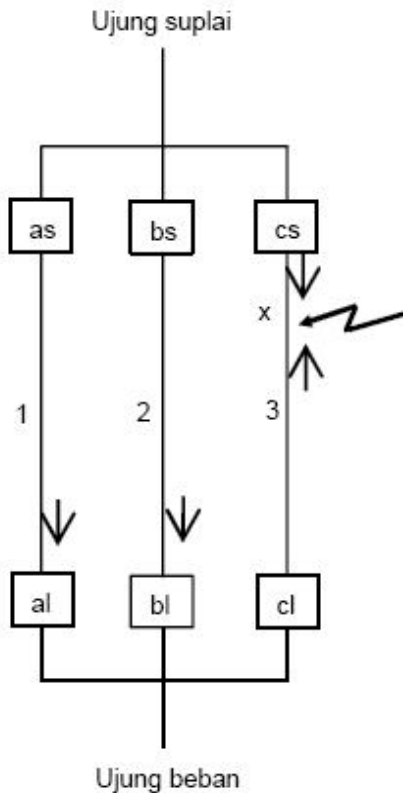
Gambar A.2 – Sirkit dengan GPBL tunggal disediakan untuk m konduktor paralel

A.3 Proteksi hubung pendek konduktor paralel

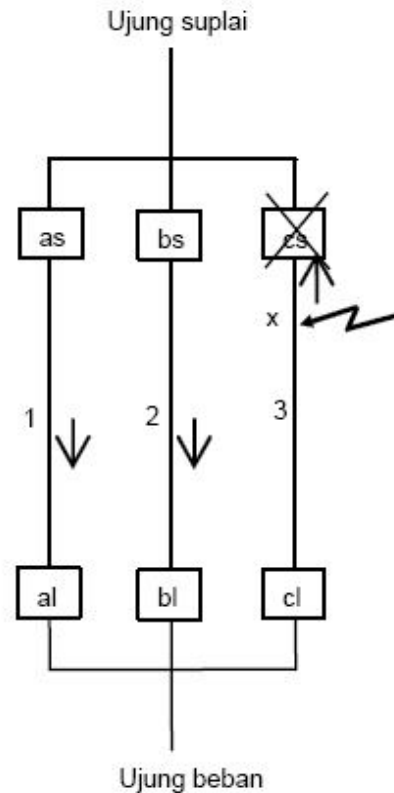
Bila konduktor dihubungkan paralel, efek hubung pendek dalam bagian paralel sebaiknya dipertimbangkan berkaitan dengan susunan gawai proteksi.

Konduktor individu dalam susunan paralel mungkin tidak dapat diproteksi secara efektif bila menggunakan gawai proteksi tunggal, maka sebaiknya dipertimbangkan untuk memberikan susunan proteksi lain. Hal ini dapat mencakup gawai proteksi individu untuk setiap konduktor, gawai proteksi di ujung suplai dan ujung beban dari konduktor paralel, dan gawai proteksi yang terhubung di ujung suplai. Penentuan susunan proteksi khusus tergantung pada kemungkinan kondisi gangguan.

Bila konduktor dihubungkan paralel, maka beberapa lintasan arus gangguan dapat terjadi yang menyebabkan energisasi kontinu pada satu sisi lokasi gangguan. Hal ini dapat ditunjukkan dengan memasang proteksi hubung pendek di kedua ujung suplai (s) dan beban (l) setiap konduktor paralel. Situasi ini digambarkan pada Gambar A.3 dan A.4



Gambar A.3 – Aliran arus pada awal gangguan

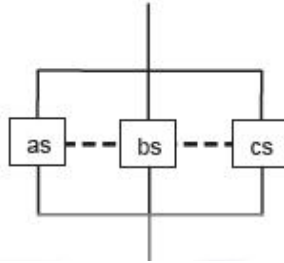


Gambar A.4 – Aliran arus sesudah operasi gawai proteksi cs

Gambar A.3 memperlihatkan bahwa jika gangguan terjadi pada konduktor paralel 3 di titik x, arus gangguan akan mengalir dalam konduktor 1, 2 dan 3. Besarnya arus gangguan dan proporsi arus gangguan yang mengalir melewati gawai proteksi cs dan cl akan tergantung pada lokasi gangguan. Pada contoh tersebut diasumsikan bahwa proporsi tertinggi arus gangguan akan mengalir melewati gawai proteksi cs. Gambar A.4 memperlihatkan bahwa sekali cs beroperasi, arus akan tetap mengalir ke gangguan di x melalui konduktor 1 dan 2. Karena konduktor 1 dan 2 paralel, arus yang terbagi melewati gawai proteksi as dan bs tidak cukup bagi gawai proteksi untuk beroperasi dalam waktu yang disyaratkan. Bila kasus seperti ini, gawai proteksi cl diperlukan. Sebaiknya dicatat bahwa arus yang mengalir melewati cl akan lebih kecil daripada arus yang menyebabkan cs beroperasi. Jika gangguan cukup dekat ke cl, maka cl akan beroperasi terlebih dulu. Situasi yang sama akan terjadi jika gangguan terjadi pada konduktor 1 dan 2, karena itu gawai proteksi al dan bl akan diperlukan.

Metode pemasangan gawai proteksi pada kedua ujung memiliki dua kerugian dibanding dengan metode pemasangan gawai proteksi hanya pada ujung suplai. Pertama, jika gangguan x dihilangkan oleh beroperasinya cs dan cl, maka sirkit akan tetap beroperasi dengan beban dihantarkan oleh konduktor 1 dan 2. Karena itu, gangguan dan pembebanan lebih berikutnya pada konduktor 1 dan 2 tidak dapat dideteksi, tergantung pada impedans gangguan. Kedua, gangguan pada x dapat membuat sirkit terbuka pada sisi cl dan meninggalkan satu sisi gangguan tetap aktif dan tidak terdeteksi.

Sebagai alternatif terhadap enam gawai proteksi dapat dipasang gawai proteksi terhubung pada ujung suplai. Lihat Gambar A.5. Hal ini akan mencegah terus beroperasinya sirkit dalam kondisi gangguan.



Gambar A.5 – ilustrasi gawai proteksi terhubung

Lampiran B
(informatif)

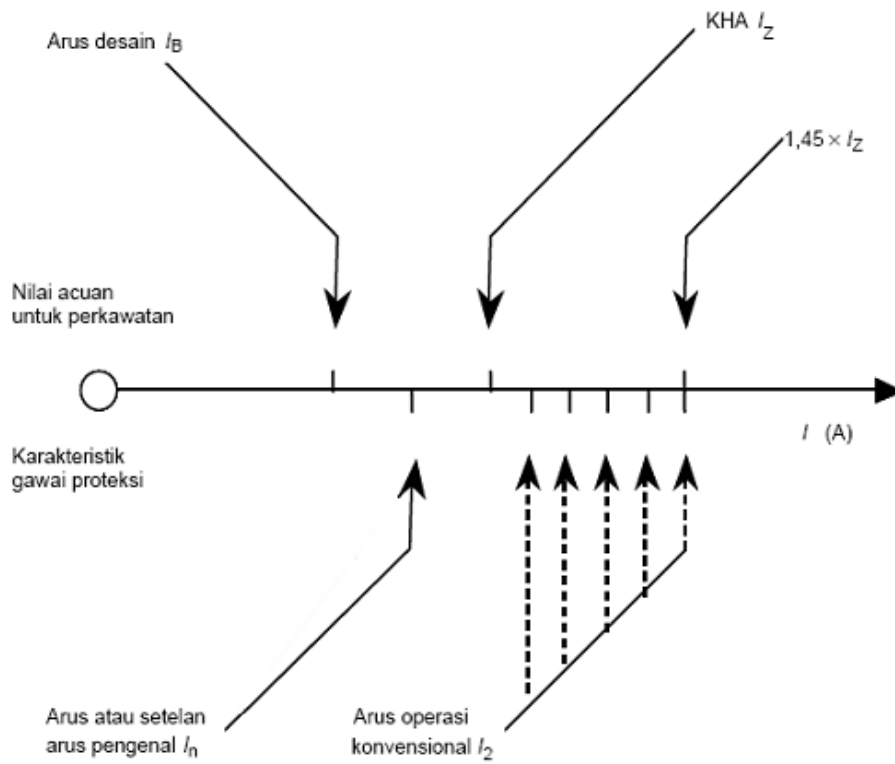
Kondisi 1 dan 2 Ayat 433.1

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

(B.1)

$$I_2 \leq 1,45 \times I_Z$$

(B.2)



Gambar B.1 – Ilustrasi kondisi 1 dan 2 Ayat 433.1

Lampiran C (Informatif)

Penempatan atau peniadaan GPBL

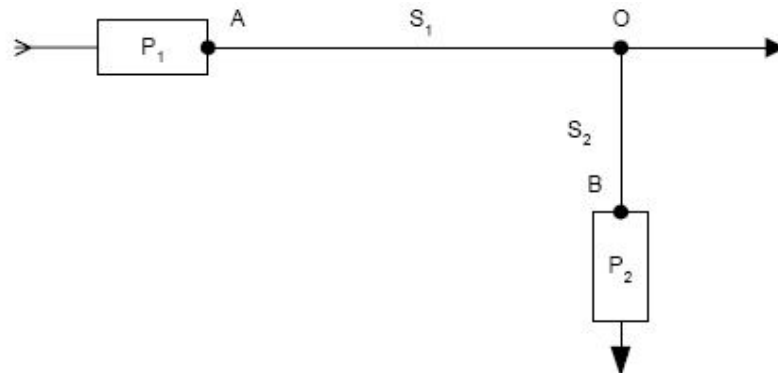
C.1 Umum

GPBL dan GPHP harus dipasang untuk setiap sirkit. Gawai proteksi ini biasanya perlu ditempatkan pada awal setiap sirkit.

Untuk beberapa penerapan, salah satu GPBL atau GPHP boleh tidak mengikuti persyaratan umum ini, asalkan proteksi lain tetap beroperasi.

C.2 Kasus jika proteksi beban lebih tidak perlu ditempatkan di awal sirkit cabang.

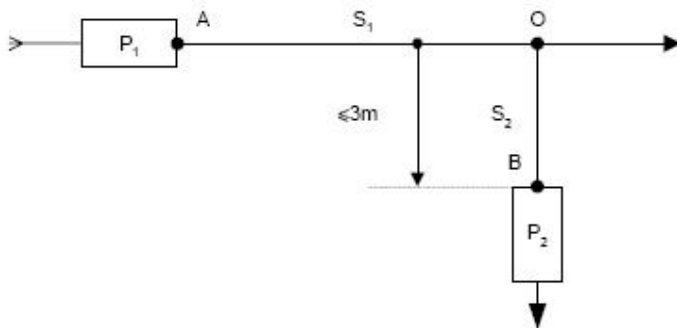
- a) Dengan mengacu pada 433.2.2a) dan Gambar C.1, GPBL P_2 boleh dipindahkan dari awal (O) sirkit cabang (B) asalkan tidak ada hubungan lain atau kotak kontak pada sisi suplai dari P_2 , gawai proteksi sirkit cabang ini, dan sesuai dengan persyaratan 433.2.2a), dipasang proteksi hubung pendek untuk bagian sirkit cabang ini.



Gambar C.1 – GPBL (P_2) tidak di awal sirkit cabang (B) (mengacu pada 433.2.2a)).

GPBL adalah untuk memproteksi sistem perkawatan. Hanya pemanfaat listrik dapat menimbulkan beban lebih; karena itu GPBL boleh dipindah sepanjang lintasan sirkit cabang ke sembarang tempat asalkan proteksi hubung pendek sirkit cabang tetap beroperasi.

- b) Dengan mengacu pada 433.2.2b) dan Gambar C.2, GPBL P_2 boleh dipindah sampai dengan 3 m dari awal (O) sirkit cabang (B) asalkan tidak ada hubungan lain atau kotak kontak sepanjang sirkit cabang, dan sesuai dengan persyaratan 433.2.2 b) panjangnya tidak melebihi 3 m, dan risiko hubung pendek, kebakaran dan bahaya pada manusia dikurangi ke tingkat minimum untuk panjang tersebut.

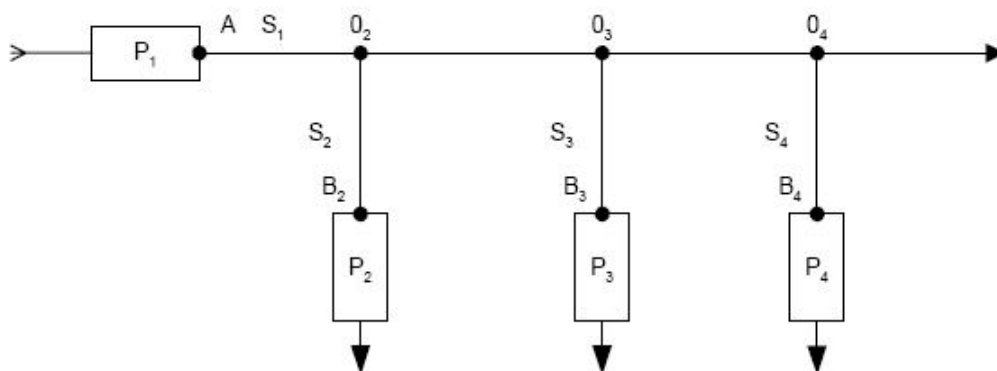


Gambar C.2 – GPBL (P_2) dipasang tidak lebih 3 m dari awal sirkit cabang (B) (mengacu pada 433.2.2 b)).

Dapat diterima bahwa untuk panjang 3 m, sirkit cabang tidak diproteksi terhadap hubung pendek, tapi tindakan pencegahan harus dilakukan untuk memastikan keselamatan. Lihat 433.2.2 b). Sebagai tambahan boleh dimungkinkan bahwa proteksi hubung pendek sirkit suplai juga menyediakan proteksi hubung pendek ke sirkit cabang sampai dengan titik dimana P_2 dipasang (Lihat Lampiran D)

C.3 Kasus jika proteksi beban lebih dapat ditiadakan

- a) Dengan mengacu pada 433.3.1 dan Gambar C.3, peniadaan proteksi beban lebih diizinkan asalkan tidak ada hubungan lain atau kotak kontak pada sisi suplai dari gawai proteksi sirkit cabang, dan berlaku salah satu hal berikut:
- sirkit cabang S_2 diproteksi terhadap beban lebih oleh P_1 (mengacu pada 433.2.1a)); atau
 - sirkit cabang S_3 tidak mungkin menghantarkan beban lebih (mengacu pada 433.2.1b)); atau
 - sirkit cabang S_4 untuk telekomunikasi, kendali, sinyal dan sejenis (mengacu pada 433.3.1d)).



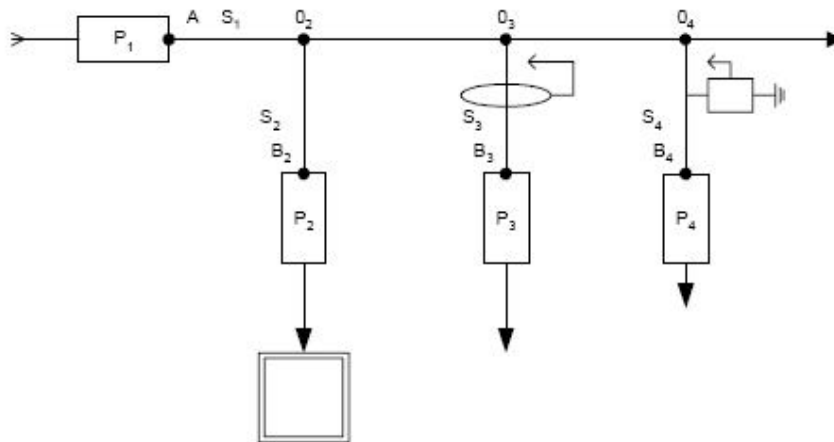
CATATAN P_2 , P_3 dan P_4 masing-masing adalah GPHP untuk sirkit cabang S_2 , S_3 dan S_4 .

Gambar C.3 – Ilustrasi kasus jika proteksi beban lebih boleh ditiadakan (mengacu pada 433.3.1a), b) dan d)).

- b) Dengan mengacu pada 433.3.2.1 dan Gambar C.4, persyaratan tambahan Ayat C.2 dan Ayat C.3 a) hanya dapat diterapkan pada sistem IT, yang disyaratkan oleh 433.3.2.1. Proteksi beban lebih boleh ditiadakan dengan ketentuan tidak ada hubungan lain atau

kotak kontak pada sisi suplai dari P_2 , gawai proteksi sirkit cabang, dan berlaku salah satu hal berikut:

- sirkit cabang S_2 menggunakan tindakan proteksi seperti diuraikan dalam Ayat 412 Bagian 4-41 dan terdiri atas perlengkapan Kelas II; atau
- sirkit cabang S_3 diproteksi oleh GPAS yang akan segera beroperasi saat terjadinya gangguan kedua; atau
- sirkit cabang S_4 dilengkapi dengan gawai monitor insulasi yang menyebabkan diskoneksi sirkit bila terjadi gangguan pertama atau memberikan sinyal alarm yang mengindikasikan adanya gangguan.



CATATAN P_2 , P_3 dan P_4 masing-masing adalah GPHP untuk sirkit cabang S_2 , S_3 dan S_4

Gambar C.4 – Ilustrasi kasus jika proteksi beban lebih boleh ditiadakan dalam sistem IT

Pada sistem IT, perlu dipertimbangkan kemungkinan terjadinya dua gangguan insulasi terpisah yang mempengaruhi sirkit berbeda. Dalam kebanyakan kasus, terjadinya dua gangguan terpisah mengakibatkan situasi hubung pendek. Namun impedans gangguan, panjang dan luas penampang kedua sirkit yang bersangkutan mungkin tidak diketahui. Sebagai akibatnya, kemungkinan terjadinya gangguan insulasi terpisah dapat mengakibatkan situasi beban lebih untuk sekurang-kurangnya satu gawai proteksi.

Lampiran D (informatif)

Penempatan atau peniadaan GPHP

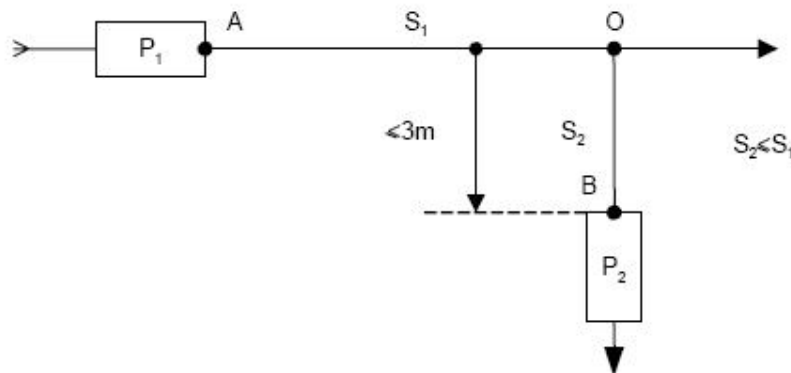
D.1 Umum

GPBL dan GPHP harus dipasang untuk setiap sirkit. Gawai proteksi ini biasanya perlu dipasang pada awal setiap sirkit.

Untuk beberapa penerapan, salah satu GPBL atau GPHP boleh tidak mengikuti persyaratan umum ini, asalkan proteksi lain tetap beroperasi.

D.2 Kasus jika proteksi hubung pendek tidak perlu ditempatkan pada awal sirkit cabang

Dengan mengacu pada 434.2.1 dan Gambar D.1, GPHP P_2 boleh dipindahkan sampai dengan 3 m dari awal (O) sirkit cabang (S_2) asalkan tidak ada hubungan lain atau kotak kontak sepanjang sirkit cabang, dan dalam kasus 434.2.1 risiko hubung pendek, kebakaran dan bahaya terhadap manusia berkurang sampai tingkat minimum pada panjang tersebut.

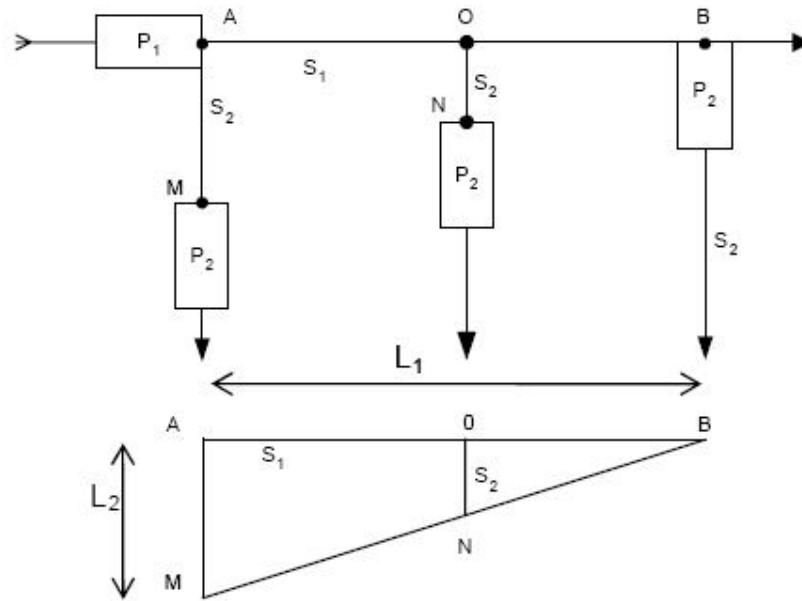


CATATAN S = penampang konduktor

Gambar D.1 – Perubahan terbatas posisi GPHP (P_2) pada sirkit cabang (mengacu pada 434.2.1)

Konduktor sepanjang 3 m dalam sirkit cabang tidak diproteksi terhadap hubung pendek, tapi proteksi hubung pendek yang disediakan untuk sirkit suplai masih menyediakan proteksi hubung pendek untuk sirkit cabang sampai dengan titik tempat P_2 dipasang.

Dengan mengacu pada 434.2.2 dan Gambar D.2, GPHP P_2 boleh dipasang di titik pada sisi suplai awal (O) sirkit cabang asalkan sesuai dengan 434.2.2, panjang maksimum antara awal sirkit cabang dan GPHP sirkit cabang memenuhi spesifikasi yang diusulkan oleh “kaidah segitiga “



AB adalah panjang maksimum L_1 dari konduktor dengan luas penampang S_1 yang diproteksi terhadap hubung pendek oleh gawai proteksi P_1 yang ditempatkan pada A.

AM adalah panjang maksimum L_2 dari konduktor dengan luas penampang S_2 yang diproteksi terhadap hubung pendek oleh gawai proteksi P_1 yang ditempatkan pada A.

Gambar D.2 – GPHP P_2 dipasang di titik pada sisi suplai awal sirkit cabang (mengacu pada 434.2.2 a))

Panjang maksimum konduktor yang dicabang di O, dengan luas penampang S_2 , yang diproteksi terhadap hubung pendek oleh gawai proteksi P_1 yang ditempatkan di A, diberikan sebagai panjang ON dalam segitiga BON.

Ayat ini boleh digunakan dalam kasus jika hanya disediakan proteksi terhadap hubung pendek. Proteksi terhadap beban lebih tidak dipertimbangkan dalam contoh ini (lihat Ayat C.3).

Panjang maksimum ini berkaitan dengan kemampuan hubung pendek minimum untuk menggerakkan gawai proteksi P_1 . Gawai proteksi yang memproteksi sirkit cabang S_1 sampai dengan panjang AB juga memproteksi sirkit cabang S_2 . Panjang maksimum sirkit cabang S_2 yang diproteksi oleh P_1 tergantung pada lokasi tempat sirkit cabang S_2 dihubungkan ke S_1 .

Panjang sirkit cabang S_2 tidak dapat melebihi nilai yang ditentukan oleh diagram segitiga. Dalam hal ini, gawai proteksi P_2 boleh dipindahkan sepanjang sirkit cabang S_2 sampai dengan titik N.

CATATAN 1 Metode ini boleh juga diterapkan dalam kasus tiga konduktor berurutan dengan penampang berbeda.

CATATAN 2 Jika, untuk bagian S_2 , panjang perkawatan berbeda menurut sifat insulasi, metode ini dapat diterapkan dengan mengambil panjangnya;

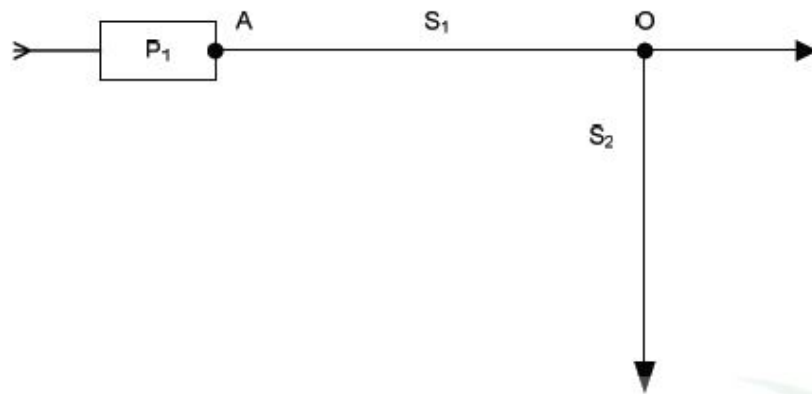
$$AB = L_2 S_1/S_2$$

Jika, untuk bagian S_2 , panjang perkawatan adalah sama apapun sifat insulasinya, metode ini dapat diterapkan dengan mengambil panjangnya;

$$AB = L_1$$

D.3 Kasus jika proteksi hubung pendek boleh ditiadakan

Dengan mengacu pada 434.3 dan Gambar D.5, gawai proteksi hubung pendek boleh ditiadakan untuk beberapa aplikasi misalnya transformator atau sirkit pengukuran, dengan ketentuan sesuai dengan persyaratan 434.3, risiko hubung pendek, kebakaran dan bahaya terhadap manusia dikurangi sampai ke tingkat minimum.



Gambar D.3 – Situasi jika GPHP boleh ditiadakan untuk beberapa penerapan (mengacu pada 434.3)

Perhatikan bahwa sirkit pengukuran dengan menggunakan transformator arus tidak boleh dengan sirkit terbuka, jika sebaliknya akan terjadi voltase lebih.

Untuk beberapa penerapan, seperti misalnya derek magnetik, proteksi hubung pendek boleh ditiadakan (mengacu pada 434.3)

**Bagian 4-44:
Proteksi untuk keselamatan –
Proteksi terhadap gangguan voltase dan gangguan elektromagnetik**

CATATAN Bagian 4-44 merupakan adopsi dari IEC 60364-4-44:2007 dengan modifikasi. Modifikasi dapat berupa penambahan, perubahan atau pengurangan. Ayat, subayat, tabel, catatan atau lampiran yang merupakan modifikasi diberi tanda MOD.

440.1 Ruang lingkup

Persyaratan standar ini dimaksudkan untuk memberikan persyaratan untuk keselamatan instalasi listrik saat gangguan voltase dan gangguan elektromagnetik yang timbul karena alasan berbeda yang ditentukan.

Persyaratan standar ini tidak dimaksudkan untuk berlaku pada sistem distribusi energi ke publik, atau pembangkitan dan transmisi tenaga listrik untuk sistem tersebut, walaupun gangguan tersebut dapat dihantarkan ke atau antara instalasi listrik melalui sistem suplai ini.

440.2 Acuan normatif

Dokumen acuan berikut sangat diperlukan untuk penerapan dokumen ini. Untuk acuan bertahun, hanya berlaku edisi yang disebutkan. Untuk acuan tak bertahun, berlaku edisi termutakhir dokumen acuan (termasuk setiap amandemen).

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60050-604:1987, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60364-1, *Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC 60364-4-41:2005, *Electrical installations of buildings – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-5-54:2002, *Electrical installations of building – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors*

IEC 60479-1:2005, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

IEC 60664-1:2007, *Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60950-1, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 61000-2-5:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 5: Classification of electromagnetic environments – Basic EMC publication*

IEC 61000-6-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

SNI 0225:2011

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IEC 61000-6-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

IEC 61558-2-1, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products – Part 2-1: Particular requirements for tests for separating transformers and power supplies incorporating separating transformer for general applications*

IEC 61558-2-4, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2-4: Particular requirements for isolating transformer for general use*

IEC 61558-2-6, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2-6: Particular requirements for safety isolating transformers for general use*

IEC 61558-2-15, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2-15: Particular requirements for isolating transformer for the supply of medical locations*

IEC 61643 (all parts), *Low-voltage surge protective devices*

IEC 61936-1, *Power installations exceeding 1 kV a.c. – Part 1: Common rules*

IEC 62305-1, *Protection against lightning – Part 1: General principles*

IEC 62305-3, *Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazards*

IEC 62305-4, *Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures*

441 (Kosong)

442 Proteksi instalasi voltase rendah (VR) terhadap voltase lebih temporer karena gangguan bumi pada sistem voltase menengah (VM) dan karena gangguan pada sistem VR

442.1 Lingkup penerapan

Persyaratan ini memberikan persyaratan untuk keselamatan instalasi VR saat:

- gangguan antara sistem VM dan bumi pada gardu transformator yang menyuplai instalasi VR,
- lepasnya netral suplai pada sistem VR,
- hubung pendek antara konduktor lin dan netral,
- pembumian tak sengaja konduktor saluran lin dari sistem IT VR.

Persyaratan untuk susunan pembumian pada gardu transformator diberikan pada IEC 61936-1.

442.1.1 Persyaratan umum

Karena Ayat 442 mencakup gangguan antara lin VM dan bumi pada gardu distribusi VM/VR, ayat ini memberikan persyaratan untuk perancang dan instalatur gardu distribusi. Perlu untuk mempunyai informasi berikut mengenai sistem VM:

- mutu pembumian sistem;
- tingkat maksimum arus gangguan bumi;
- resistans susunan pembumian.

Subayat berikut mempertimbangkan empat situasi seperti dijelaskan dalam 442.1 yang umumnya menyebabkan voltase lebih temporer terganag seperti didefinisikan dalam IEC 60050-604:

- gangguan antara sistem VM dan bumi (lihat 442.2);
- lepasnya netral suplai pada sistem VR (lihat 442.3);
- pembumian tak sengaja sistem IT VR (442.4)
- hubung pendek pada instalasi VR (lihat 442.5).

442.1.2 Simbol

Pada Ayat 442 digunakan simbol berikut (lihat Gambar 44.A1):

I_E bagian arus gangguan bumi pada sistem VM yang mengalir melalui susunan pembumian gardu transformator.

R_E resistans susunan pembumian gardu transformator.

R_A resistans susunan pembumian BKT perlengkapan instalasi VR.

R_B resistans susunan pembumian netral sistem VR, untuk sistem VR yang susunan pembumian gardu transformator dan netral sistem VR secara listrik independen.

U_0 pada sistem TN dan TT: voltase a.b. efektif nominal lin ke bumi.
Pada sistem IT: voltase a.b. nominal antara konduktor lin dan konduktor netral.

U_t voltase gangguan frekuensi daya yang timbul pada sistem VR antara BKT dan bumi selama durasi gangguan.

U_1 voltase stres frekuensi daya antara konduktor lin dan BKT perlengkapan VR gardu transformator selama gangguan.

U_2 voltase stres frekuensi daya antara konduktor lin dan BKT perlengkapan instalasi VR selama gangguan.

CATATAN 1 Voltase stres frekuensi daya (U_1 dan U_2) adalah voltase yang timbul di antara insulasi perlengkapan VR dan di antara gawai proteksi surja (GPS) yang dihubungkan ke sistem VR.

Simbol tambahan berikut digunakan berkaitan dengan sistem IT yang BKT perlengkapan instalasi VR yang dihubungkan ke susunan pembumian secara listrik independen dari susunan pembumian gardu transformator.

I_h arus gangguan yang mengalir melalui susunan pembumian BKT perlengkapan instalasi VR selama periode ketika terjadi gangguan VM dan gangguan pertama pada instalasi VR (lihat Tabel 44.A1).

I_d arus gangguan, sesuai dengan 411.6.2, yang mengalir melalui susunan pembumian BKT instalasi VR selama gangguan pertama pada sistem VR (lihat Tabel 44.A1).

Z impedans (misalnya impedans internal IMD, impedans netral tiruan) antara sistem VR dan susunan pembumian.

CATATAN 2 Susunan pembumian dapat dianggap secara listrik independen dari susunan pembumian lain jika kenaikan potensial berkaitan dengan bumi pada salah satu susunan pembumian tidak menyebabkan kenaikan potensial yang tak dapat diterima berkaitan dengan bumi pada susunan pembumian lain. Lihat IEC 61936-1.

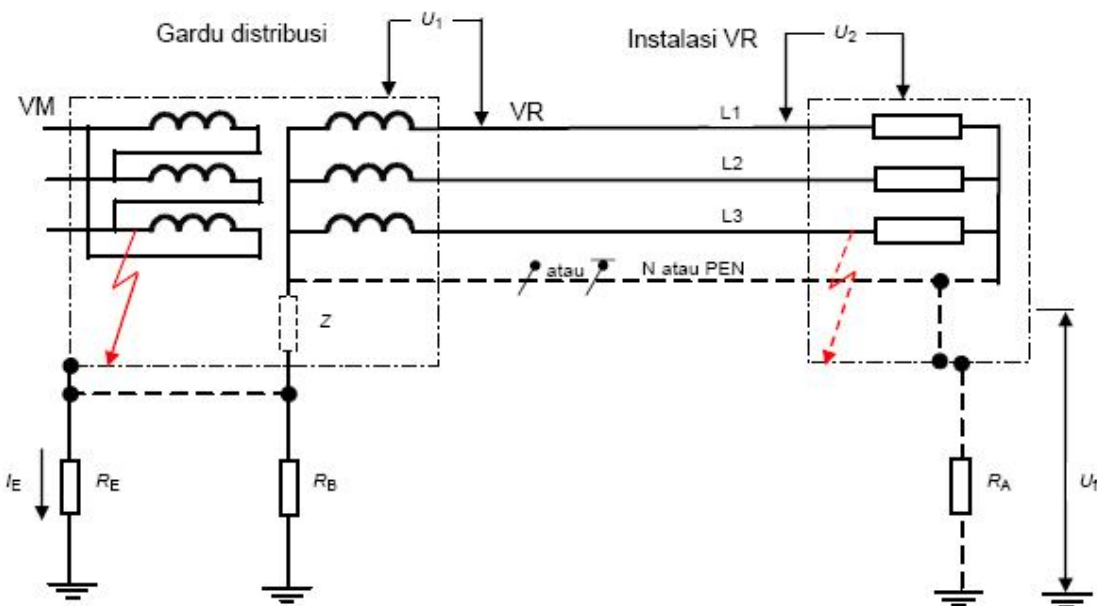
442.2 Voltase lebih pada sistem VR selama gangguan bumi VM

Dalam hal gangguan ke bumi pada sisi VM gardu distribusi, jenis voltase lebih berikut dapat mempengaruhi instalasi VR:

- voltase gangguan frekuensi daya (U_i);
- voltase stres frekuensi daya (U_1 dan U_2).

Tabel 44.A1 memberikan metode perhitungan relevan untuk jenis voltase lebih yang berbeda.

CATATAN 1 Tabel 44.A1 hanya berkaitan dengan sistem IT dengan titik netral. Untuk sistem IT nirtitik netral, sebaiknya rumus disesuaikan.



Gambar 44.A1 Sketsa skematik representatif untuk hubungan ke bumi yang mungkin pada gardu distribusi dan instalasi VR dan terjadinya voltase lebih dalam hal gangguan

Jika sistem pembumian VM dan VR berdekatan satu sama lain, saat ini digunakan dua praktik:

- interkoneksi semua sistem pembumian VM (R_E) dan VR (R_B);
- pemisahan sistem pembumian VM (R_E) dari VR (R_B).


Metode umum yang digunakan adalah interkoneksi. Sistem pembumian VM dan VR harus diinterkoneksi jika sistem VR secara total dibatasi di dalam area yang dicakup oleh sistem pembumian VM (lihat IEC 61936-1).

CATATAN 2 Rincian jenis pembumian sistem yang berbeda (TN, TT, IT) diperlihatkan dalam Bagian 3.

Tabel 44.A1 Voltase stres frekuensi daya dan voltase gangguan frekuensi daya pada sistem VR

Jenis pembumian sistem	Jenis hubungan bumi	U_1	U_2	U_f
TT	R_E dan R_B dihubungkan	$U_0^*)$	$R_E \times I_E + U_0$	$0^*)$
	R_E dan R_B dipisah	$R_E \times I_E + U_0$	$U_0^*)$	$0^*)$
TN	R_E dan R_B dihubungkan	$U_0^*)$	$U_0^*)$	$R_E \times I_E^{**})$
	R_E dan R_B dipisah	$R_E \times I_E + U_0$	$U_0^*)$	$0^*)$
IT	R_E dan Z dihubungkan	$U_0^*)$	$R_E \times I_E + U_0$	$0^*)$
	R_E dan R_A dipisah	$U_0 \times \sqrt{3}$	$R_E \times I_E + U_0 \times \sqrt{3}$	$R_A \times I_h$
	R_E dan Z dihubungkan	$U_0^*)$	$U_0^*)$	$R_E \times I_E$
	R_E dan R_A diinterkoneksi	$U_0 \times \sqrt{3}$	$U_0 \times \sqrt{3}$	$R_E \times I_E$
	R_E dan Z dipisah	$R_E \times I_E + U_0$	$U_0^*)$	$0^*)$
	R_E dan R_A dipisah	$R_E \times I_E + U_0 \times \sqrt{3}$	$U_0 \times \sqrt{3}$	$R_A \times I_d$

*) Tidak perlu diberi pertimbangan.
 **) Lihat 442.2.1 paragraf kedua.

 Dengan gangguan bumi yang sudah ada pada instalasi.

CATATAN 3 Persyaratan untuk U_1 dan U_2 didapat dari kriteria desain untuk insulasi perlengkapan VR berkaitan dengan voltase lebih frekuensi daya temporer (lihat juga Tabel 44.A2).

CATATAN 4 Pada sistem yang netralnya dihubungkan ke susunan pembumian gardu transformator, voltase lebih frekuensi daya temporer tersebut juga diperkirakan melewati insulasi yang bukan dalam selungkup dibumikan jika perlengkapan berada di luar bangunan.

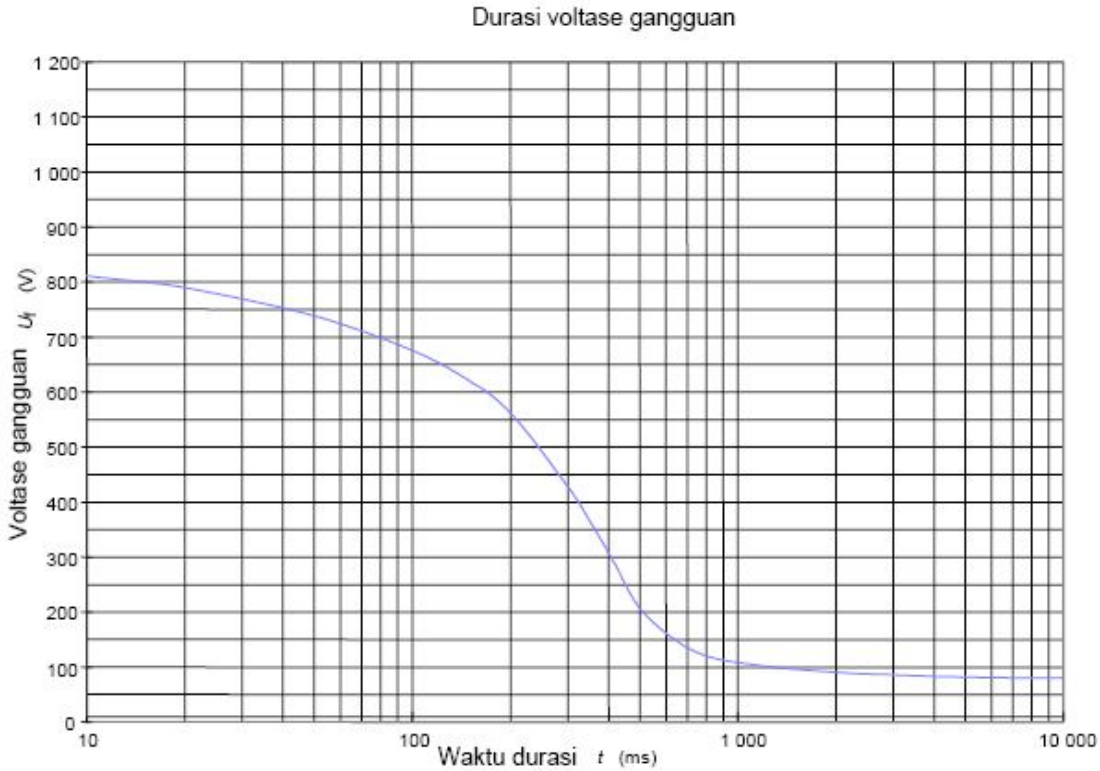
CATATAN 5 Pada sistem TT dan TN, pernyataan “dihubungkan” dan “dipisahkan” mengacu pada hubungan listrik antara R_E dan R_B . Untuk sistem IT, mengacu pada hubungan listrik antara R_E dan Z dan hubungan antara R_E dan R_A .

442.2.1 Besaran dan durasi voltase gangguan frekuensi daya

Besaran dan durasi voltase gangguan U_f (seperti dihitung dalam Tabel 44.A1) yang timbul pada instalasi VR antara BKT dan bumi, tidak boleh melebihi nilai yang diberikan untuk U_f oleh kurva pada Gambar 44.A2 selama durasi gangguan.

Biasanya konduktor PEN sistem VR dihubungkan ke bumi pada lebih dari satu titik. Dalam hal ini resistans total berkurang. Untuk konduktor PEN dibumikan banyak, U_f dapat dihitung sebagai:

$$U_f = 0,5 R_F \times I_F$$



Gambar 44.A2 Voltase gangguan yang dapat ditoleransi karena gangguan bumi pada sistem VM

CATATAN Kurva yang diperlihatkan dalam Gambar 44.A2 diambil dari IEC 61936-1. Berdasarkan bukti probabilistik dan statistik, kurva ini memperlihatkan tingkat risiko rendah untuk kasus sederhana terburuk jika konduktor netral sistem VR hanya dibumikan pada susunan pembumian gardu transformator. Pedoman diberikan dalam IEC 61936-1 mengenai situasi yang lain.

442.2.2 Besaran dan durasi voltase stres frekuensi daya

Besaran dan durasi voltase stres frekuensi daya (U_1 dan U_2) seperti dihitung dalam Tabel 44.A1 pada perlengkapan VR di instalasi VR karena gangguan bumi pada sistem VM tidak boleh melebihi persyaratan yang diberikan dalam Tabel 44.A2.

Tabel 44.A2 Voltase stres frekuensi daya yang diizinkan

Durasi gangguan bumi pada sistem VM t	Voltase stres frekuensi daya yang diizinkan pada perlengkapan pada instalasi VR U
$> 5 \text{ s}$	$U_o + 250 \text{ V}$
$\leq 5 \text{ s}$	$U_o + 1200 \text{ V}$
Pada sistem tanpa konduktor netral, U_o harus merupakan voltase lin ke lin.	
<p>CATATAN 1 Baris pertama tabel berkaitan dengan sistem VM yang mempunyai waktu diskoneksi lama, misalnya sistem VM netral terisolasi dan dibumikan resonan. Baris kedua berkaitan dengan sistem VM yang mempunyai waktu diskoneksi singkat, misalnya sistem VM dibumikan impedans rendah. Kedua baris tersebut bersama-sama merupakan kriteria desain relevan untuk insulasi perlengkapan VR berkaitan dengan voltase lebih frekuensi daya temporer, lihat IEC 60664-1.</p> <p>CATATAN 2 Pada sistem yang netralnya dihubungkan ke susunan pembumian gardu transformator, voltase lebih frekuensi daya temporer tersebut juga diperkirakan di antara insulasi yang tidak berada dalam selungkup dibumikan ketika perlengkapan berada di luar bangunan.</p>	

442.2.3 Persyaratan untuk perhitungan batas

Jika disyaratkan oleh Tabel 44.A1, voltase stres frekuensi daya yang diizinkan tidak boleh melebihi nilai yang diberikan dalam Tabel 44.A2.

Jika disyaratkan oleh Tabel 44.A1, voltase gangguan frekuensi daya yang diizinkan tidak boleh melebihi nilai yang diberikan dalam Tabel 44.A2.

Persyaratan 442.2.1 dan 442.2.2 dianggap dipenuhi untuk instalasi yang menerima suplai VR dari sistem distribusi listrik publik.

Untuk memenuhi persyaratan di atas, diperlukan koordinasi antara operator sistem VM dan instalatur sistem VR. Kesesuaian dengan persyaratan di atas terutama merupakan tanggung jawab instalatur/pemilik/operator gardu distribusi yang juga perlu memenuhi persyaratan yang diberikan oleh IEC 61936-1. Karena itu perhitungan untuk U_1 , U_2 dan U_f biasanya tidak diperlukan untuk instalatur sistem VR.

Tindakan yang mungkin untuk memenuhi persyaratan di atas adalah misalnya:

- pemisahan susunan pbumian antara VM dan VR;
- perubahan pbumian sistem VR;
- pengurangan resistans bumi R_E .

442.3 Voltase stres frekuensi daya dalam hal hilang kontak konduktor netral pada sistem TN dan TT

Harus dipertimbangkan fakta bahwa jika konduktor netral pada sistem multifase terputus, insulasi dasar, dobel dan diperkuat seperti juga komponen yang diperingkat untuk voltase antara konduktor lin dan netral dapat secara temporer terkena stres voltase lin ke lin. Voltase stres dapat mencapai sampai dengan $U = \sqrt{3} U_0$.

442.4 Voltase stres frekuensi daya saat gangguan bumi pada sistem IT dengan netral terdistribusi

Harus dipertimbangkan fakta bahwa jika konduktor lin sistem IT dibumikan secara tak sengaja, insulasi atau komponen yang diperingkat untuk voltase antara konduktor lin dan netral dapat secara temporer terkena stres voltase lin ke lin. Voltase stres dapat mencapai sampai dengan $U = \sqrt{3} U_0$.

442.5 Voltase stres frekuensi daya saat hubung pendek antara konduktor lin dan konduktor netral

Harus dipertimbangkan fakta bahwa jika hubung pendek terjadi pada instalasi VR antara konduktor lin dan konduktor netral, voltase antara konduktor lin lain dan konduktor netral dapat mencapai nilai $1,45 \times U_0$ selama waktu sampai dengan 5 detik.

443 Proteksi terhadap voltase lebih asal atmosfer atau karena penyakelaran

443.1 Umum

Ayat ini berkaitan dengan proteksi instalasi listrik terhadap voltase lebih transien asal atmosfer yang disalurkan oleh sistem distribusi suplai dan terhadap voltase lebih penyakelaran.

Umumnya voltase lebih penyakelaran lebih rendah dari voltase lebih transien asal atmosfer dan karena itu persyaratan terkait proteksi terhadap voltase lebih asal atmosfer biasanya mencakup proteksi terhadap voltase lebih penyakelaran.

CATATAN 1 Evaluasi statistik pengukuran telah memperlihatkan bahwa risiko-rendah voltase-lebih penyakelaran lebih tinggi dari tingkat voltase lebih kategori II. Lihat 443.2.

Pertimbangan harus diberikan pada voltase lebih yang dapat terjadi di awal instalasi, pada tingkat keraunik yang diperkirakan dan pada lokasi dan karakteristik gawai proteksi surja (GPS), sedemikian sehingga probabilitas insiden karena stres voltase-lebih berkurang ke tingkat yang dapat diterima untuk keselamatan manusia dan properti, demikian pula untuk kontinuitas pelayanan yang diinginkan.

Nilai voltase lebih transien tergantung pada sifat sistem distribusi suplai (bawah tanah atau lin udara) dan kemungkinan terdapatnya GPS di sisi hulu awal instalasi serta pada tingkat voltase sistem suplai.

Ayat ini memberikan pedoman jika proteksi terhadap voltase lebih dicakup oleh kendali inheren atau dipastikan oleh kendali proteksi. Jika proteksi menurut ayat ini tidak disediakan, koordinasi insulasi tidak dipastikan dan risiko karena voltase lebih harus dievaluasi.

Ayat ini tidak berlaku dalam hal voltase lebih karena petir langsung atau di dekatnya. Untuk proteksi terhadap voltase lebih transien karena petir langsung, dapat diterapkan IEC 62305-1, IEC 62305-3, IEC 62305-4 dan seri IEC 61643. Ayat ini tidak mencakup voltase lebih melalui sistem transmisi data.

CATATAN 2 Berkaitan dengan voltase lebih atmosfer transien, tidak ada perbedaan antara sistem dibumikan dan tak dibumikan.

CATATAN 3 Voltase lebih penyakelaran yang timbul di luar instalasi dan ditransmisikan oleh jaringan suplai dalam pertimbangan.

CATATAN 4 Risiko karena voltase lebih dipertimbangkan dalam IEC 61662 dan amandemennya.

443.2 Klasifikasi voltase ketahanan impuls (kategori voltase lebih)

443.2.1 Tujuan klasifikasi voltase ketahanan impuls (kategori voltase lebih)

CATATAN 1 Kategori voltase lebih ditentukan di dalam instalasi listrik untuk keperluan koordinasi insulasi dan disediakan klasifikasi perlengkapan terkait dengan voltase ketahanan impuls, lihat Tabel 44.A3.

CATATAN 2 Voltase ketahanan impuls pengenalan adalah voltase ketahanan impuls yang diberikan oleh pabrikan pada perlengkapan atau bagiannya, yang mencirikan kemampuan ketahanan yang ditentukan dari insulasinya terhadap voltase lebih (sesuai dengan 3.9.2 dari IEC 60664-1).

Voltase ketahanan impuls (kategori voltase lebih) digunakan untuk mengklasifikasi perlengkapan yang dienergisasi langsung dari jaringan.

Voltase ketahanan impuls untuk perlengkapan yang dipilih menurut voltase nominal diberikan untuk membedakan tingkat ketersediaan perlengkapan yang berbeda berkaitan dengan kontinuitas pelayanan dan risiko kegagalan yang dapat diterima. Dengan pemilihan perlengkapan dengan voltase ketahanan impuls yang diklarifikasi, koordinasi insulasi dapat dicapai pada seluruh instalasi, yang mengurangi risiko hingga tingkat risiko yang dapat diterima

CATATAN 3 Voltase lebih transien yang ditransmisikan oleh sistem distribusi suplai tidak secara signifikan dilemahkan di sisi hilir pada kebanyakan instalasi.

443.2.2 Hubungan antara voltase ketahanan impuls perlengkapan dan kategori voltase lebih

Perlengkapan dengan voltase ketahanan impuls yang berkaitan dengan voltase lebih kategori IV, sesuai untuk digunakan pada atau di dekat awal instalasi, misalnya sisi hulu panel distribusi utama. Perlengkapan kategori IV mempunyai kemampuan ketahanan impuls sangat tinggi yang memberikan tingkat keandalan tinggi yang disyaratkan.

CATATAN 1 Contoh perlengkapan tersebut adalah meter listrik, gawai proteksi arus lebih primer dan unit kendali riak.

Perlengkapan dengan voltase ketahanan impuls berkaitan dengan voltase lebih kategori III, sesuai untuk digunakan pada instalasi magun sisi hilir dari dan termasuk panel distribusi utama, yang memberikan tingkat ketersediaan tinggi.

CATATAN 2 MOD Contoh perlengkapan tersebut adalah panel distribusi, pemutus sirkit, sistem perkawatan (lihat Ayat 14 Bagian 1, definisi IEV 826-15-01), termasuk kabel, rel, kotak sambung, sakelar, kotak kontak) pada instalasi magun, dan perlengkapan untuk penggunaan industri serta beberapa perlengkapan lain, misalnya motor stasioner dengan hubungan permanen ke instalasi magun.

Perlengkapan dengan voltase ketahanan impuls yang berkaitan dengan voltase lebih kategori II, sesuai untuk hubungan ke instalasi listrik magun, yang memberikan tingkat ketersediaan normal yang umumnya disyaratkan untuk pemanfaat listrik.

CATATAN 3 Contoh perlengkapan tersebut adalah peranti rumah tangga dan beban sejenis.

Perlengkapan dengan voltase ketahanan impuls berkaitan dengan voltase lebih kategori I, hanya sesuai untuk digunakan pada instalasi magun bangunan jika sarana proteksi diterapkan di luar perlengkapan – untuk membatasi voltase lebih transien ke tingkat yang ditentukan.

CATATAN 4 Contoh perlengkapan tersebut adalah yang terdiri atas sirkit elektronik seperti komputer, peranti dengan program elektronik dsb.

Perlengkapan dengan voltase ketahanan impuls yang berkaitan dengan voltase lebih kategori I tidak boleh mempunyai hubungan langsung ke sistem suplai publik.

443.3 Susunan untuk kendali voltase lebih

Kendali voltase lebih disusun sesuai dengan persyaratan berikut.

443.3.1 Kendali voltase lebih inheren

Subayat ini tidak berlaku jika digunakan asesmen risiko menurut 443.3.2.2

Jika instalasi disuplai oleh sistem VR yang ditanam seluruhnya dan tidak mencakup lin udara, voltase ketahanan impuls perlengkapan sesuai dengan Tabel 44.A3 adalah cukup dan tidak diperlukan proteksi spesifik terhadap voltase lebih asal atmosfer.

CATATAN 1 Kabel yang digantung yang mempunyai konduktor berinsulasi dengan skrin logam dibumikan dianggap setara seperti kabel bawah tanah.

Jika instalasi disuplai oleh atau termasuk lin udara VR dan tingkat keraunik lebih rendah dari atau sama dengan 25 hari per tahun (AQ 1), tidak disyaratkan proteksi spesifik terhadap voltase lebih berasal dari atmosfer.

CATATAN 2 Terlepas dari nilai AQ, proteksi terhadap voltase lebih dapat diperlukan pada penerapan jika diperkirakan keandalan lebih tinggi atau risiko lebih tinggi (misalnya kebakaran).

Pada kedua kasus, pertimbangan berkaitan dengan proteksi terhadap voltase lebih transien harus diberikan pada perlengkapan dengan voltase ketahanan impuls menurut voltase lebih kategori I (lihat 443.2.2).

443.3.2 Kendali proteksi voltase lebih

Dalam semua hal pertimbangan berkaitan dengan proteksi terhadap voltase lebih transien harus diberikan pada perlengkapan dengan voltase ketahanan impuls menurut voltase lebih kategori I (lihat 443.2.2).

443.3.2.1 Kendali proteksi voltase lebih berdasarkan kondisi pengaruh eksternal

Jika instalasi disuplai oleh atau mencakup lin udara, dan tingkat keraunik lokasi lebih besar dari 25 hari per tahun (AQ 2), disyaratkan proteksi terhadap voltase lebih asal atmosfer. Tingkat proteksi gawai proteksi tidak boleh lebih tinggi dari tingkat voltase lebih kategori II dalam Tabel 44.A3.

CATATAN 1 Tingkat voltase lebih dapat dikendalikan oleh GPS dekat dengan awal instalasi, baik pada lin udara (lihat Lampiran B) atau pada instalasi bangunan.

CATATAN 2 Menurut Ayat A.1 IEC 62305-3, 25 hari guruh per tahun setara dengan nilai 2,5 kilat per km² per tahun. Hal ini didapat dari rumus:

$$N_g = 0,1 T_d$$

dengan

N_g adalah kekerapan kilat per km² per tahun;

T_d adalah jumlah hari guruh per tahun (tingkat keraunik).

443.3.2.2 Kendali voltase lebih proteksi berdasarkan asesmen risiko

CATATAN 1 Metode asesmen risiko umum dijelaskan dalam IEC 61662. Sejauh Ayat 443 terkait, penyederhanaan penting metode ini telah diterima. Hal ini didasarkan pada panjang kritis d_c dari lin masuk dan tingkat konsekuensi seperti dijelaskan di bawah ini.

Berikut adalah tingkat konsekuensi yang berbeda dari proteksi.

- a) konsekuensi berkaitan dengan hidup manusia, misalnya pelayanan keselamatan, perlengkapan medis di rumah sakit;
- b) konsekuensi berkaitan dengan pelayanan publik, misalnya pelayanan publik, pusat teknologi informasi (TI), museum;

- c) konsekuensi ke kegiatan komersial atau industri, misalnya hotel, bank, industri, pasar komersial, pertanian;
- d) konsekuensi ke kelompok individu, misalnya bangunan perumahan besar, bangunan ibadah, kantor, sekolah;
- e) konsekuensi ke individu, misalnya bangunan perumahan, kantor kecil.

Untuk tingkat konsekuensi a) hingga c), harus disediakan proteksi terhadap voltase lebih.

CATATAN 2 Tidak perlu melakukan perhitungan asesmen risiko menurut Lampiran C untuk tingkat konsekuensi a) hingga c) karena perhitungan ini selalu mengarah pada hasil bahwa proteksi disyaratkan.

Untuk tingkat konsekuensi d) dan e), persyaratan untuk proteksi tergantung pada hasil perhitungan. Perhitungan harus dilakukan dengan menggunakan rumus dalam Lampiran C untuk penentuan panjang d , yang didasarkan pada konvensi dan disebut panjang konvensional.

Proteksi disyaratkan jika:

$$d > d_c$$

dengan

d adalah panjang konvensional dalam km lin suplai dari struktur yang dipertimbangkan dengan nilai maksimum 1 km;

d_c adalah panjang kritis;

d_c dalam km, sama dengan $1/N_g$ untuk tingkat konsekuensi d) dan sama dengan $2/N_g$ untuk tingkat konsekuensi e) dengan N_g adalah kekerapan kilat per km² per tahun.

Jika perhitungan ini menunjukkan bahwa GPS disyaratkan, tingkat proteksi gawai proteksi ini tidak boleh lebih tinggi dari tingkat voltase lebih kategori II dalam Tabel 44.A3.

443.4 Voltase ketahanan impuls perlengkapan yang disyaratkan

Perlengkapan harus dipilih sedemikian sehingga voltase ketahanan impuls tidak kurang dari voltase ketahanan impuls yang disyaratkan seperti ditentukan dalam Tabel 44.B.

Tabel 44.B MOD Voltase ketahanan impuls pengenal perlengkapan yang disyaratkan

Voltase nominal instalasi ^a V	Voltase ketahanan impuls yang disyaratkan untuk kV ^b			
	Perlengkapan pada awal instalasi (voltase lebih kategori IV)	Perlengkapan distribusi dan sirkuit akhir (voltase lebih kategori III)	Peranti dan pemanfaat (voltase lebih kategori II)	Perlengkapan diproteksi khusus (voltase lebih kategori I)
230/400	6	4	2,5	1,5
400/690	8	6	4	2,5
1000	12	8	6	4

^a Menurut IEC 60038.

^b Voltase ketahanan impuls ini diterapkan antara konduktor aktif dan PE.

444 Tindakan terhadap pengaruh elektromagnetik

444.1 Umum

Ayat 444 memberikan rekomendasi dasar untuk pengurangan gangguan elektromagnetik. Interferens elektromagnetik (*electromagnetic interference* - EMI) dapat mengganggu atau merusak sistem TI atau perlengkapan TI seperti juga perlengkapan dengan komponen atau sirkuit elektronik. Arus karena petir, operasi penyakelaran, hubung pendek dan fenomena elektromagnetik lain dapat menyebabkan voltase lebih dan interferens elektromagnetik.

Efek ini paling ganas:

- jika terjadi lingkaran logam besar; dan
- jika sistem perkawatan listrik berbeda dipasang pada rute bersama, misalnya untuk suplai daya dan untuk sinyal perlengkapan TI dalam bangunan.

Nilai voltase yang diinduksikan tergantung pada laju kenaikan (di/dt) arus interferens dan pada ukuran lingkaran.

Kabel daya yang mengalirkan arus besar dengan laju kenaikan arus (di/dt) tinggi (misalnya arus asut lift atau arus yang dikendalikan oleh penyearah) dapat menginduksi voltase-lebih dalam kabel sistem TI, yang dapat mempengaruhi atau merusak perlengkapan TI atau perlengkapan listrik sejenis.

Di dalam atau dekat ruangan untuk penggunaan medis, medan listrik atau magnet yang berkaitan dengan instalasi listrik dapat mempengaruhi perlengkapan listrik medis.

Ayat ini memberikan informasi untuk arsitek gedung dan untuk perancang dan instalatur instalasi listrik bangunan mengenai beberapa konsep instalasi yang membatasi pengaruh elektromagnetik. Pertimbangan dasar diberikan disini untuk mengurangi pengaruh tersebut yang dapat menyebabkan gangguan.

444.2 Kosong

CATATAN Subayat ini untuk cadangan selanjutnya.

444.3 Definisi

Lihat Bagian 1 untuk definisi dasar. Untuk keperluan dokumen ini, berlaku definisi berikut:

444.3.1

jaringan ikatan (*bonding network* – BN)

Set struktur konduktif terinterkoneksi yang memberikan “perisai elektromagnetik” untuk sistem elektronik pada frekuensi dari arus searah (a.s.) hingga frekuensi radio (RF) rendah.

[3.2.2 dari ETS 300 253:1995]

CATATAN Istilah “perisai elektromagnetik” menyatakan setiap struktur yang digunakan untuk mengalihkan, memblokir, atau menghalangi lintasan energi elektromagnetik. Umumnya BN tidak perlu dihubungkan ke bumi tetapi BN dalam standar ini dianggap dihubungkan ke bumi.

444.3.2

konduktor cincin ikatan (*bonding ring konduktor* – BRC)

Suatu konduktor bus dibumikan dalam bentuk cincin tertutup

[3.1.3 dari EN 50310:2000]

CATATAN Biasanya konduktor cincin ikatan, sebagai bagian jaringan ikatan, mempunyai multihubungan ke CBN yang meningkatkan kinerjanya

444.3.3

sistem ikatan ekuipotensial bersama jaringan ikatan bersama (*common bonding network – CBN*)

sistem ikatan ekuipotensial yang memberikan ikatan ekuipotensial proteksi dan ikatan ekuipotensial fungsional

[IEV 195-2-25]

444.3.4

ikatan ekuipotensial

Hubungan listrik antara bagian konduktif, yang dimaksudkan untuk mencapai keekuipotensialan (kesamaan potensial)

[IEV 195-01-10]

444.3.5

jaringan elektrode bumi

bagian susunan pembumian yang hanya terdiri atas elektrode bumi dan interkoneksinya

[IEV 195-02-21]

444.3.6

jaringan ikatan jala (*meshed bonding network – MESH-BN*)

jaringan ikatan tempat semua rangka perlengkapan terkait, rak dan lemari serta biasanya konduktor balik daya a.s. diikat bersama-sama seperti juga pada multitikit ke CBN dan dapat mempunyai bentuk jala

[3.2.2 dari ETS 300 253:1995]

CATATAN MESH-BN memperbesar CBN

444.3.7

konduktor ikatan ekuipotensial pintas/ konduktor pembumian paralel (*parallel earthing conductor – PEC*)

konduktor pembumian yang dihubungkan paralel dengan skrin kabel sinyal dan/atau data guna membatasi arus yang mengalir melalui skrin

444.4 Pengurangan interferens elektromagnetik (*electromagnetic interference – EMI*)

Hanya perlengkapan listrik yang memenuhi persyaratan dalam standar kesesuaian elektromagnetik (KEM) yang sesuai atau persyaratan KEM dari standar produk relevan, harus digunakan.

444.4.1 Sumber EMI

Perlengkapan listrik yang peka pada pengaruh elektromagnetik sebaiknya tidak berlokasi di dekat sumber potensial emisi elektromagnetik seperti

- gawai sakelar untuk beban induktif,
- motor listrik,
- lampu fluoresen,
- mesin las,

- komputer,
- penyearah,
- pemancung (*chopper*),
- konverter/regulator frekuensi,
- lift,
- transformator,
- perlengkapan hubung bagi,
- rel distribusi daya

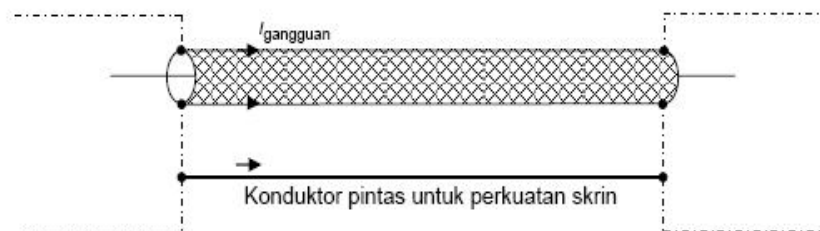
444.4.2 Tindakan untuk mengurangi EMI

Tindakan berikut mengurangi EMI.

- Untuk perlengkapan listrik yang peka pada EMI, GPS dan/atau filter direkomendasikan untuk meningkatkan kesesuaian elektromagnetik (KEM) berkaitan dengan fenomena elektromagnetik yang dikonduksikan
- Selubung logam kabel sebaiknya diikat ke CBN.
- Lingkar induktif sebaiknya dihindari dengan pemilihan rute bersama untuk perkawatan sirkuit daya, sinyal dan data.
- Kabel daya dan sinyal sebaiknya dijaga terpisah dan sebaiknya, jika dapat dipraktikkan, menyilang satu sama lain pada sudut siku-siku (lihat 444.6.3).
- Penggunaan kabel dengan konduktor konsentris untuk mengurangi arus yang diinduksikan ke dalam konduktor proteksi.
- Penggunaan kabel multiinti simetris (misalnya kabel berskrin yang terdiri atas konduktor proteksi terpisah) untuk hubungan listrik antara konvertor dan motor, yang mempunyai penggerak motor dikendalikan frekuensi.
- Penggunaan kabel sinyal dan data menurut persyaratan KEM petunjuk pabrikan.

Jika sistem proteksi petir dipasang,

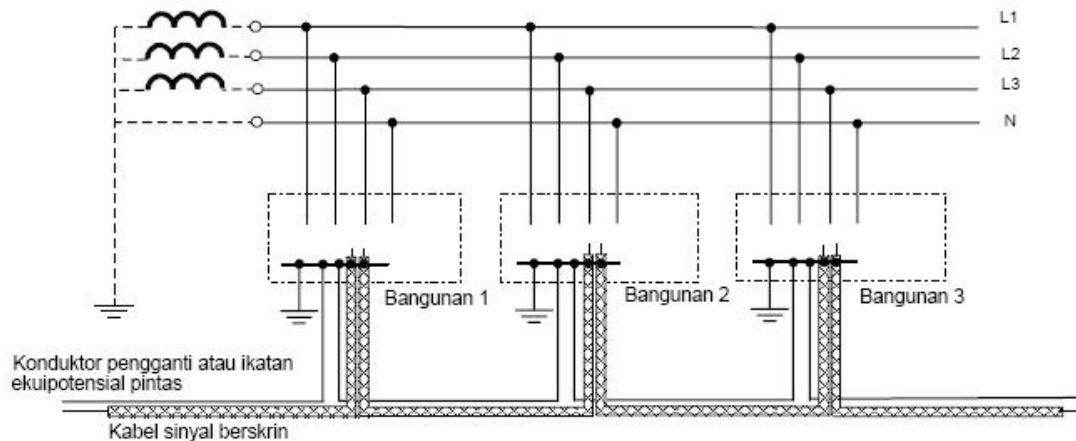
- kabel daya dan sinyal harus dipisah dari konduktor turun sistem proteksi petir (SPP) dengan jarak minimum atau dengan menggunakan skrin. Jarak minimum harus ditentukan oleh perancang SPP sesuai dengan IEC 62305-3;
 - selubung atau perisai logam kabel daya dan sinyal sebaiknya diikat sesuai dengan persyaratan proteksi petir yang diberikan dalam IEC 62305-3 dan IEC 62305-4.
- h) Jika digunakan kabel sinyal atau data berskrin, harus diperhatikan untuk membatasi arus gangguan dari sistem daya yang mengalir melalui skrin dan inti kabel sinyal atau kabel data yang dibumikan. Konduktor tambahan dapat diperlukan, misalnya konduktor ikatan ekuipotensial pintas untuk perkuatan skrin; lihat Gambar 44.R1.



Gambar 44.R1 Konduktor pintas untuk perkuatan skrin untuk memberikan sistem ikatan ekuipotensial bersama

CATATAN 1 Ketentuan konduktor pintas di dekat selubung kabel sinyal atau data juga mengurangi luas lingkaran yang terkait dengan perlengkapan, yang hanya dihubungkan dengan

- konduktor proteksi ke bumi. Praktik ini mengurangi efek KEM dari pulsa elektromagnetik petir (LEMP).
- j) Jika kabel sinyal atau kabel data berskrin bersama-sama untuk beberapa bangunan yang disuplai dari sistem TT, konduktor ikatan ekuiopotensial pintas sebaiknya digunakan; lihat Gambar 44.R2. Konduktor pintas harus mempunyai luas penampang minimum 16 mm^2 Cu atau setara. Luas penampang setara harus didimensi sesuai dengan 544.1 Bagian 5-54.



Gambar 44.R2 Contoh konduktor pengganti atau ikatan ekuiopotensial pintas pada sistem TT

- CATATAN 2** Jika perisai dibumikan digunakan sebagai jalur balik sinyal, dapat digunakan kabel koaksial dubel.
- CATATAN 3** Perlu diingat jika izin menurut 413.1.2.1 (paragraf terakhir) tidak dapat diperoleh, adalah tanggung jawab pemilik atau operator untuk menghindari setiap bahaya karena tidak masuknya kabel tersebut ke hubungan ikatan ekuiopotensial utama.
- CATATAN 4** Masalah voltase diferensial bumi pada jaringan telekomunikasi publik besar adalah tanggung jawab operator jaringan, yang dapat menerapkan metode lain.
- k) Hubungan ikatan ekuiopotensial sebaiknya mempunyai impedans serendah mungkin,
- dengan sependek mungkin,
 - dengan mempunyai bentuk penampang yang menghasilkan reaktans dan impedans induktif rendah per meter rute, misalnya anyaman ikatan dengan rasio lebar dan tebal sebesar lima hingga satu.
- l) Jika rel pembumian dimaksudkan (menurut 444.5.8) untuk menunjang sistem ikatan ekuiopotensial instalasi TI signifikan pada bangunan, maka dapat dipasang sebagai cincin tertutup.

CATATAN 5 Tindakan ini lebih baik diterapkan dalam bangunan industri telekomunikasi.

444.4.3 Sistem TN

Untuk meminimalkan pengaruh elektromagnetik, berlaku subayat berikut.

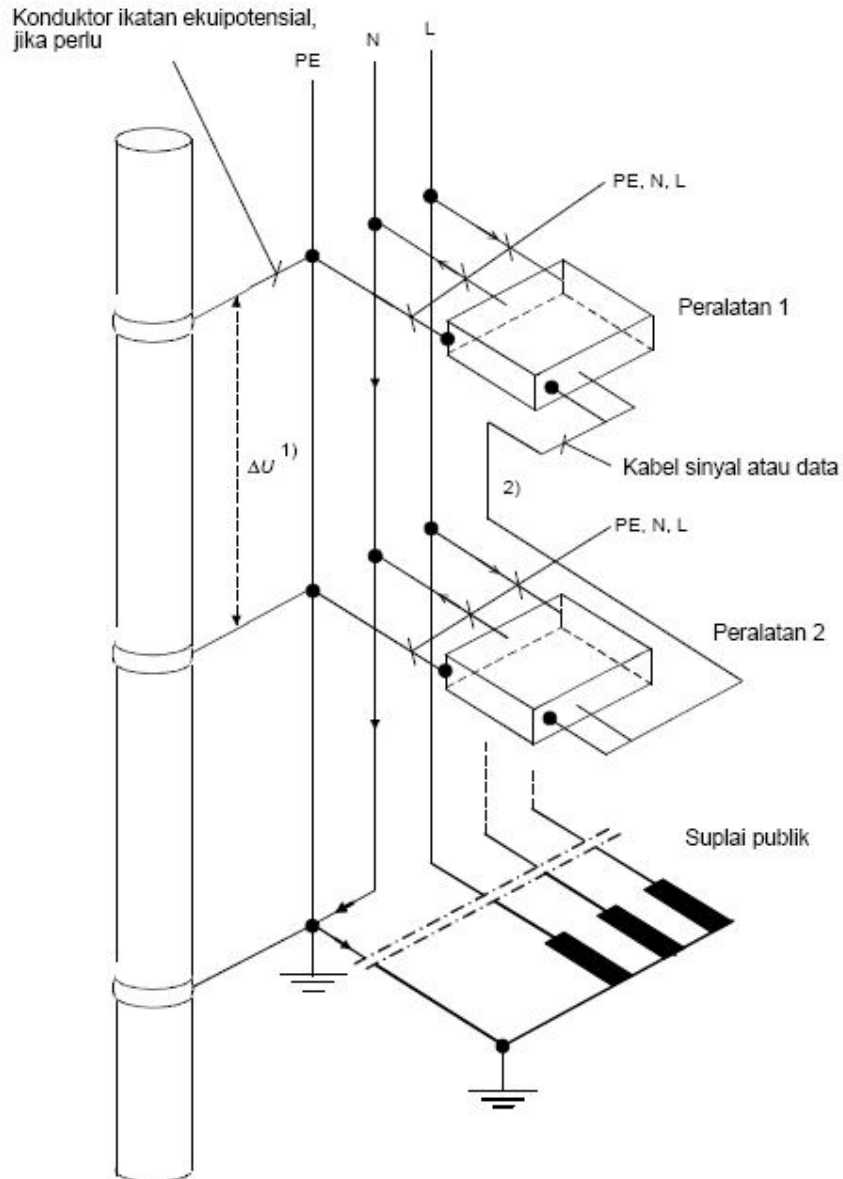
444.4.3.1 Sistem TN-C dilarang baik pada bangunan lama maupun baru.

CATATAN Setiap instalasi TN-C mungkin mempunyai arus beban atau gangguan yang dialihkan lewat ikatan ekuiopotensial ke dalam pelayanan dan struktur logam di dalam bangunan.

444.4.3.2 Pada bangunan yang sudah ada yang disuplai dari jaringan VR publik dan yang berisikan atau mungkin berisikan sejumlah signifikan perlengkapan TI, sistem TN-S sebaiknya dipasang di sisi hilir awal instalasi; lihat Gambar 44.R3A.

Pada bangunan baru, sistem TN-S harus dipasang di sisi hilir awal instalasi; lihat Gambar 44.R3A.

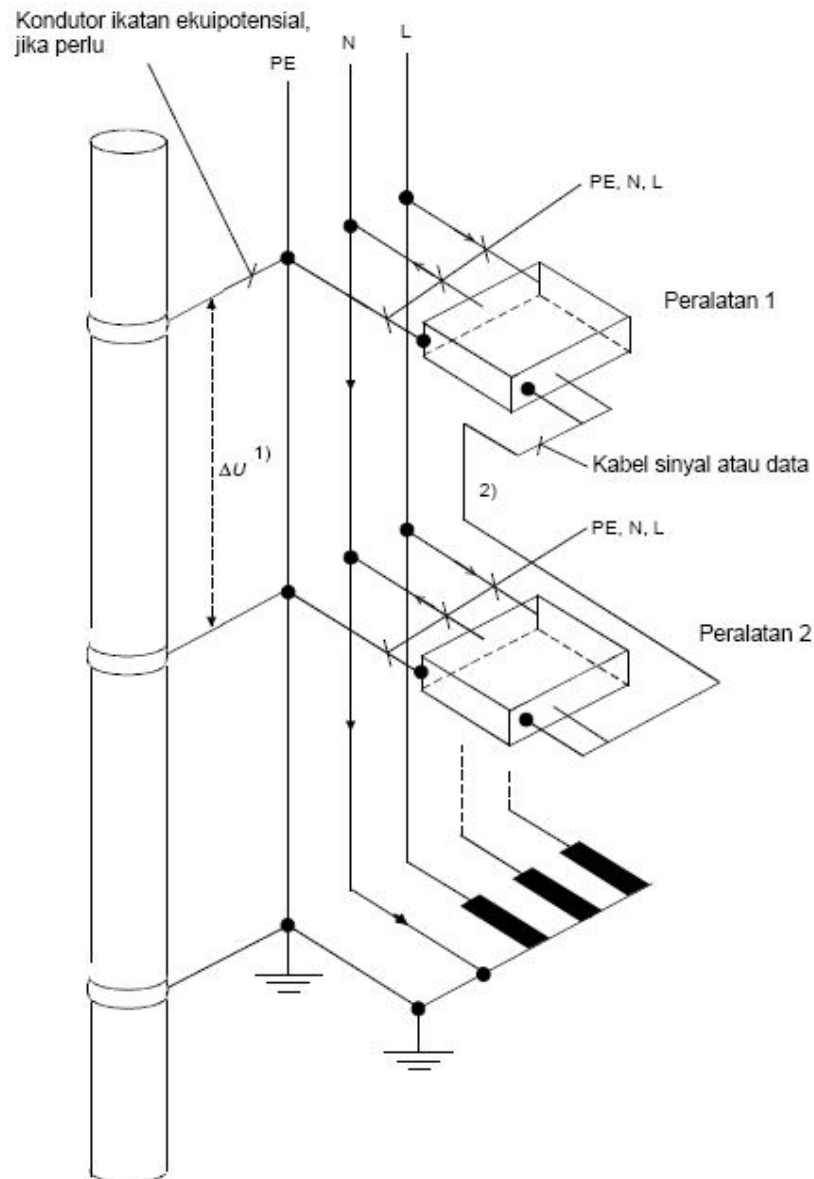
CATATAN Keefektifan sistem TN-S dapat dikembangkan dengan penggunaan gawai monitor arus sisa, yang memenuhi IEC 62020.



- 1) Tidak ada drop voltase ΔU sepanjang konduktor PE pada kondisi operasi normal.
- 2) Lingkaran area terbatas dibentuk oleh kabel sinyal atau data.

Gambar 44.R3A Penghindaran arus konduktor netral pada struktur terikat dengan menggunakan sistem TN-S dari awal suplai publik sampai dengan sirkuit akhir di dalam bangunan.

444.4.3.3 Pada bangunan yang ada jika instalasi VR lengkap termasuk transformator hanya dioperasikan oleh pengguna dan yang berisikan atau mungkin berisikan sejumlah signifikan perlengkapan TI, sebaiknya dipasang sistem TN-S ; lihat Gambar 44.R3B.



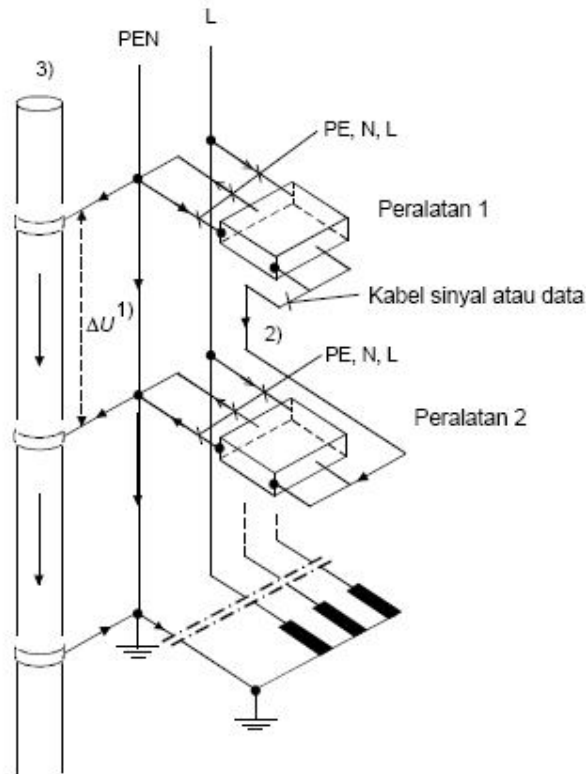
- 1) Tidak ada drop voltase ΔU sepanjang konduktor PE pada kondisi operasi normal.
- 2) Lingkaran area terbatas dibentuk oleh kabel sinyal atau data.

Gambar 44.R3B Penghindaran arus konduktor netral pada struktur terikat dengan menggunakan sistem TN-S di sisi hilir transformator suplai privat pelanggan.

444.4.3.4 Jika instalasi yang sudah ada adalah sistem TN-C-S (lihat Gambar 44.R4), lingkaran kabel sinyal dan data sebaiknya dihindari dengan

- merubah semua bagian TN-C instalasi yang diperlihatkan dalam Gambar 44.R4 menjadi TN-S, seperti diperlihatkan dalam Gambar 44.R3A, atau

- jika perubahan ini tidak mungkin, dengan menghindari interkoneksi kabel sinyal dan data antara bagian berbeda instalasi TN-S.



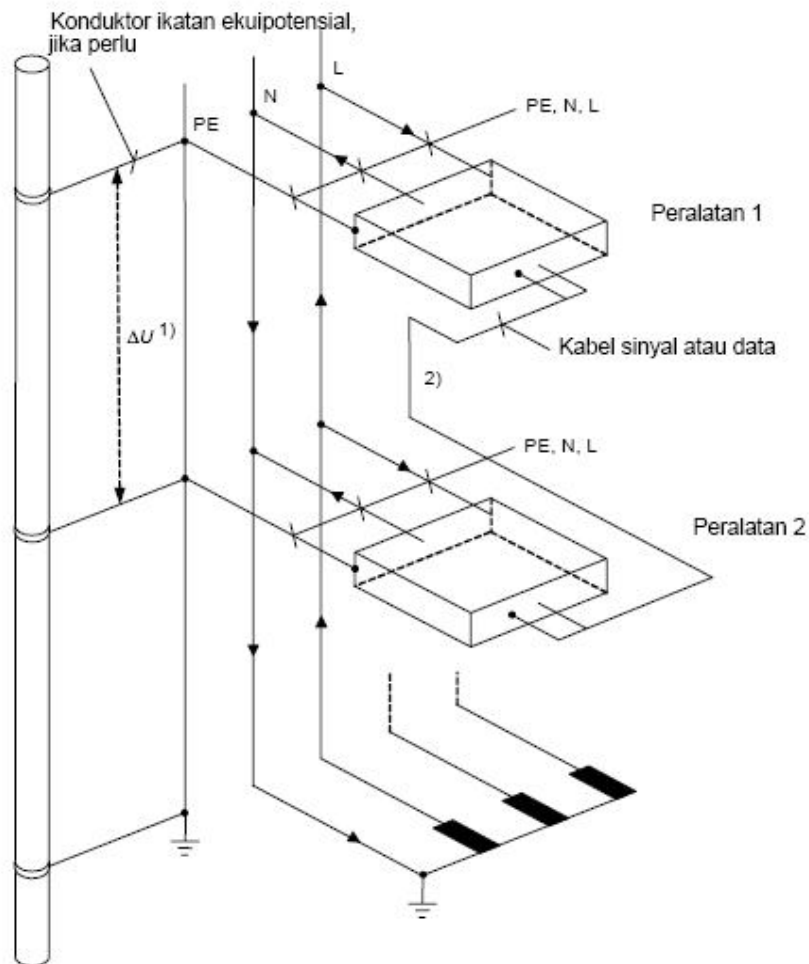
- 1) Drop voltase ΔU sepanjang PEN pada operasi normal
- 2) Lingkaran area terbatas dibentuk oleh kabel sinyal atau data
- 3) Bagian konduktif ekstra (BKE)

CATATAN Pada sistem TN-C-S, arus yang pada sistem TN-S akan mengalir hanya melalui konduktor netral, juga mengalir melalui skrin atau konduktor acuan kabel sinyal, BKT dan BKE sedemikian seperti kerja logam struktur.

Gambar 44.R4 Sistem TN-C-S di dalam instalasi bangunan yang sudah ada

444.4.4 Sistem TT

Pada sistem TT, seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 44.R5, pertimbangan harus diberikan pada voltase lebih yang akan terjadi antara bagian aktif dan BKT ketika BKT bangunan yang berbeda dihubungkan ke elektrode bumi yang berbeda.



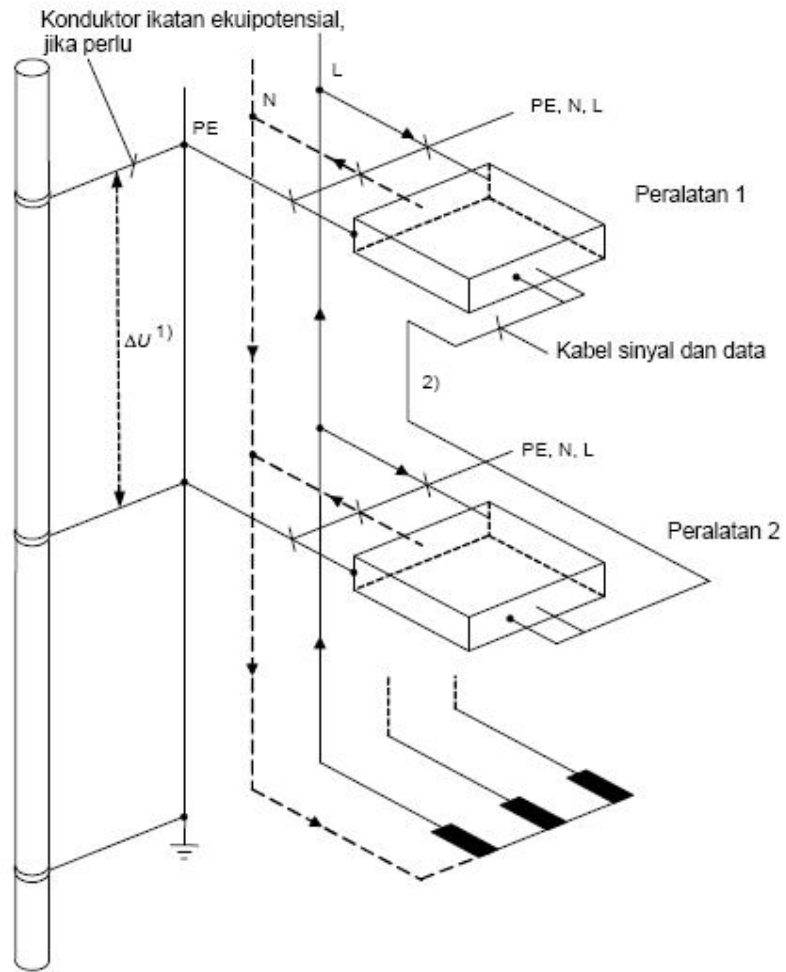
- 1) Drop voltase ΔU sepanjang PEN pada operasi normal
- 2) Lingkaran area terbatas dibentuk oleh kabel sinyal atau data

Gambar 44.R5 Sistem TT di dalam instalasi bangunan

444.4.5 Sistem IT

Pada sistem IT trifase (lihat Gambar 44.R6), voltase antara konduktor lin yang sehat dan BKT dapat naik ke tingkat voltase lin ke lin ketika terjadi gangguan insulasi tunggal antara konduktor lin dan BKT; kondisi ini sebaiknya dipertimbangkan.

CATATAN Perlengkapan elektronik yang langsung disuplai antara konduktor lin dan netral sebaiknya dirancang untuk tahan terhadap voltase antara konduktor lin dan BKT; lihat persyaratan terkait dari IEC 60950-1 untuk perlengkapan TI.



- 1) Drop voltase ΔU sepanjang PEN pada operasi normal
- 2) Lingkaran area terbatas dibentuk oleh kabel sinyal atau data

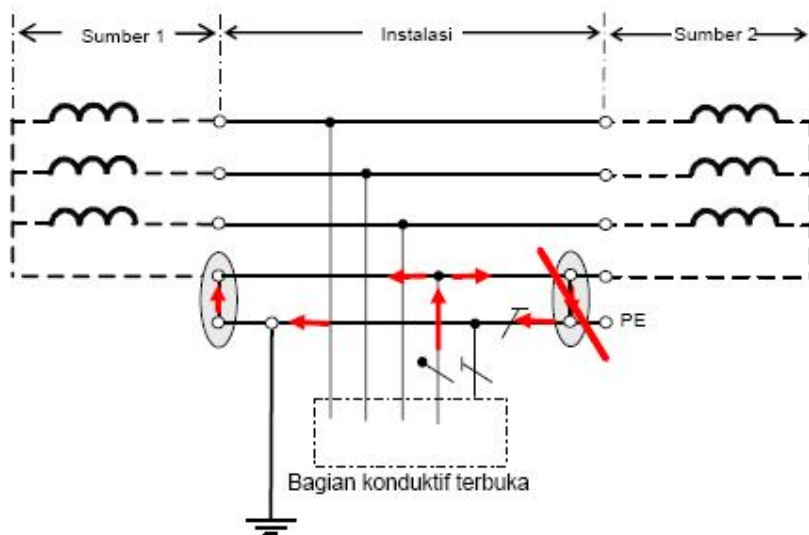
Gambar 44.R6 Sistem IT di dalam instalasi bangunan

444.4.6 Suplai multisumber

Untuk suplai daya multisumber, ketentuan 444.4.6.1 dan 444.4.6.2 harus diterapkan.

CATATAN Jika multipembumian titik bintang sumber suplai diterapkan, arus konduktor netral dapat mengalir balik ke titik bintang yang relevan, tidak hanya lewat konduktor netral, tapi juga lewat konduktor proteksi seperti diperlihatkan dalam Gambar 44.R7A. Untuk alasan ini jumlah arus parsial yang mengalir dalam instalasi tidak lagi nol dan terjadi medan dasar magnetik, serupa seperti pada kabel konduktor tunggal.

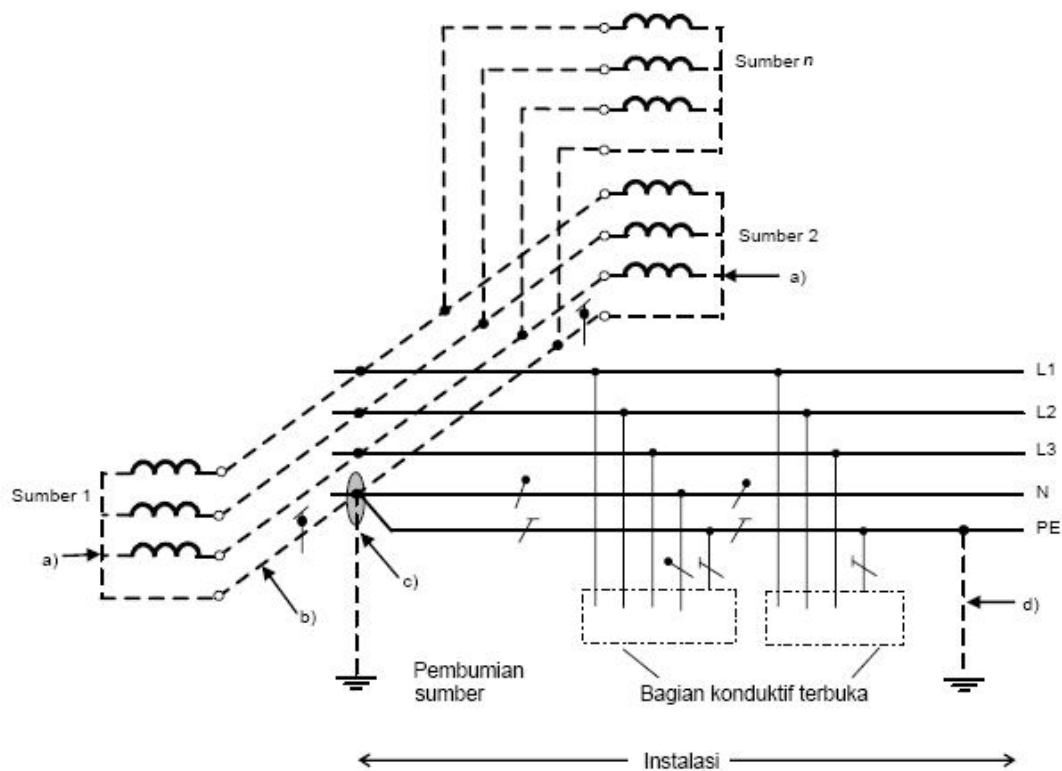
Dalam hal kabel konduktor tunggal yang mengalirkan arus a.b., medan elektromagnetik bulat dibangkitkan sekeliling konduktor inti yang dapat mengganggu perlengkapan elektronik. Arus harmonik menghasilkan medan elektromagnetik serupa tapi lebih cepat mengecil dari yang dihasilkan oleh arus fundamental.



Gambar 44.R7A Suplai daya multisumber TN dengan multihubungan tak sesuai antara PEN dan bumi

444.4.6.1 Suplai daya multisumber TN

Dalam hal suplai daya multisumber TN pada instalasi, untuk alasan KEM titik bintang sumber yang berbeda harus diinterkoneksi oleh konduktor berinsulasi yang dihubungkan ke bumi yang terpusat pada satu dan titik yang sama; lihat Gambar 44.R7B.

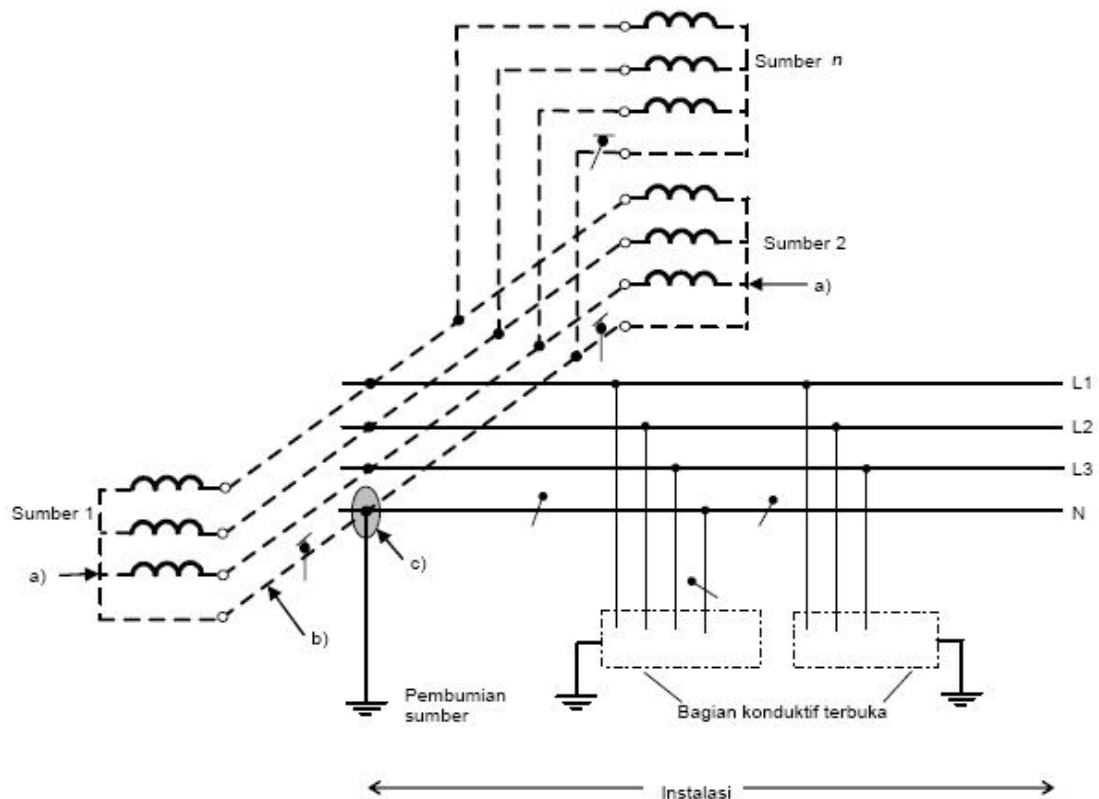


- Tak boleh ada hubungan langsung dari titik netral transformator atau titik bintang generator ke bumi.
- Konduktor yang menginterkoneksi titik netral transformator atau titik bintang generator harus diinsulasi. Fungsi konduktor ini seperti konduktor PEN dan dapat ditandai; namun tidak boleh dihubungkan ke perlengkapan pemanfaat listrik dan harus dipasang tanda peringatan terhadap efek itu pada konduktor tersebut, atau ditempatkan di dekatnya.
- Harus disediakan hanya satu hubungan antara titik netral sumber terinterkoneksi dan PE. Hubungan ini harus terletak di dalam rakitan PHB utama.
- Dapat disediakan pembumian tambahan PE dalam instalasi.

Gambar 44.R7B Suplai daya multisumber TN pada instalasi dengan hubungan ke bumi titik bintang pada satu dan titik yang sama

444.4.6.2 Suplai daya multisumber TT

Dalam hal suplai daya multisumber TT pada instalasi, untuk alasan KEM direkomendasikan bahwa titik bintang sumber yang berbeda diinterkoneksi dan dihubungkan ke bumi terpusat pada hanya satu titik; lihat Gambar 44.R8.

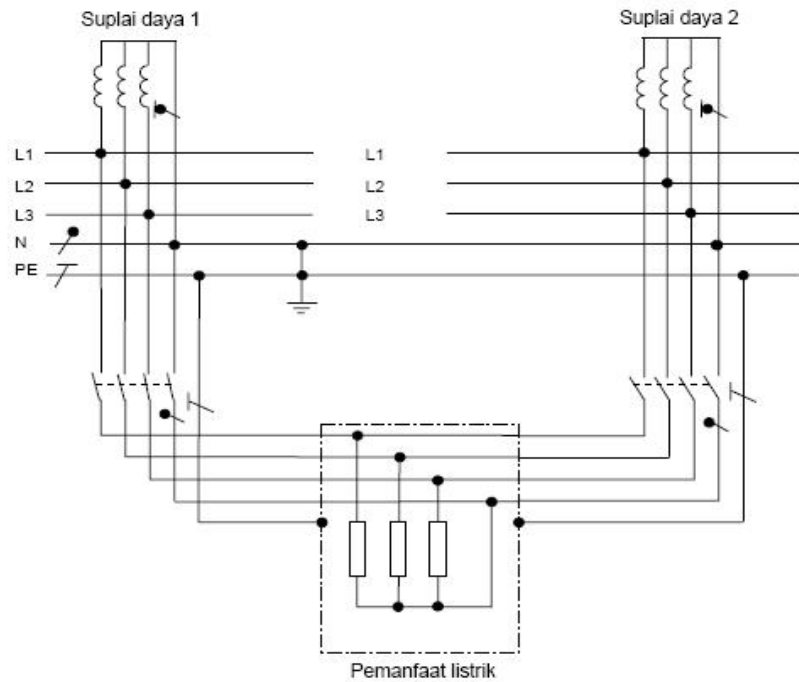


- Tak boleh ada hubungan langsung dari titik netral transformator atau titik bintang generator ke bumi.
- Konduktor yang menginterkoneksi titik netral transformator atau titik bintang generator harus diinsulasi. Fungsi konduktor ini seperti konduktor PEN dan dapat ditandai; namun tidak boleh dihubungkan ke perlengkapan pemanfaat listrik dan harus dipasang tanda peringatan terhadap efek itu pada konduktor tersebut, atau ditempatkan di dekatnya.
- Hanya satu hubungan yang harus disediakan antara titik netral sumber terinterkoneksi dan PE. Hubungan ini harus terletak di dalam rakitan PHB utama.

Gambar 44.R8 Suplai daya multisumber TT pada instalasi dengan hubungan ke bumi titik bintang pada satu dan titik yang sama

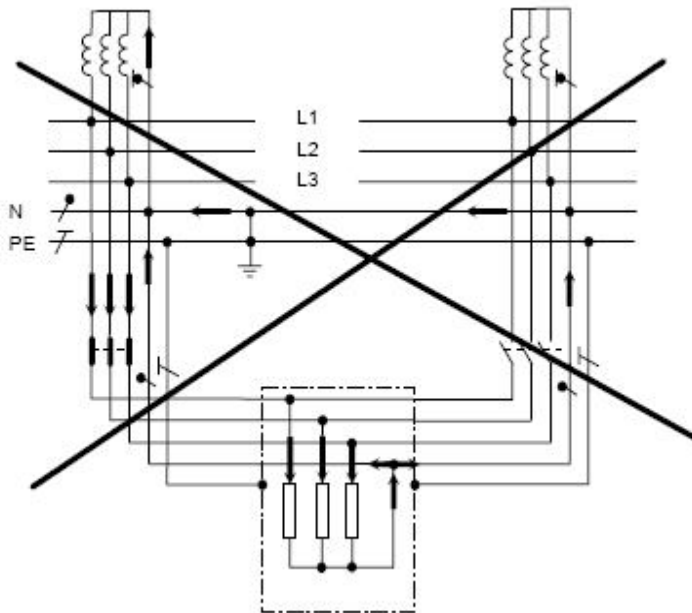
444.4.7 Alih suplai

Pada sistem TN, pengalihan dari satu suplai ke suplai alternatif harus dengan sarana gawai sakelar, yang menyakelar konduktor lin dan netral, jika ada; lihat Gambar 44.R9A, 44.R9B dan 44.R9C.



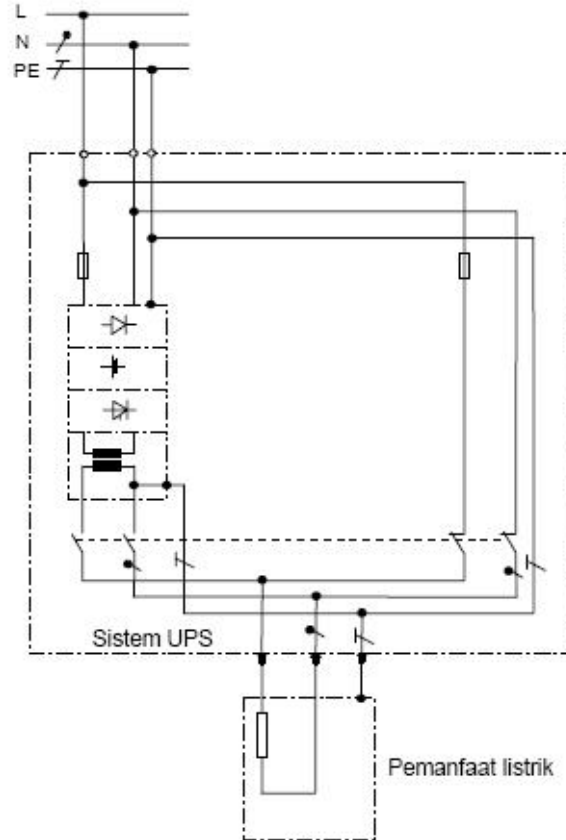
CATATAN Metode ini mencegah medan elektromagnetik karena arus sasar dalam sistem suplai utama instalasi. Jumlah arus di dalam satu kabel harus nol. Hal ini memastikan bahwa arus netral hanya mengalir dalam konduktor netral sirkuit, yang disakelar "on". Arus harmonik ketiga (150 Hz) konduktor lin akan ditambahkan dengan sudut fase sama ke arus konduktor netral.

Gambar 44.R9A Suplai daya alternatif trifase dengan sakelar 4 kutub



CATATAN Suplai daya alternatif trifase dengan sakelar 3 kutub yang tak sesuai akan menyebabkan arus sirkulasi tak diinginkan, yang akan membangkitkan medan elektromagnetik.

Gambar 44.R9B Arus netral mengalir dalam suplai daya alternatif trifase dengan sakelar 3 kutub yang tak sesuai.



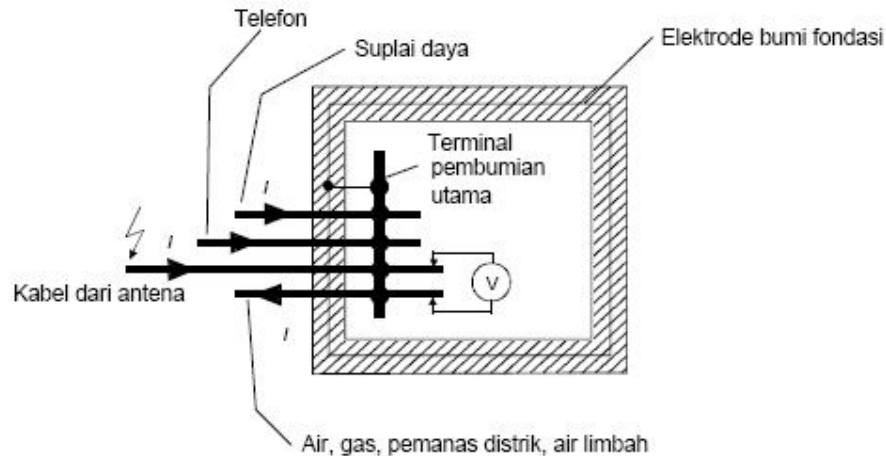
CATATAN Hubungan bumi ke sirkuit sekunder UPS tidak wajib. Jika hubungan diabaikan, suplai dalam mode UPS akan berbentuk sistem IT dan dalam mode pintas, akan sama seperti sistem suplai VR.

Gambar 44.R9C Suplai daya alternatif fase tunggal dengan sakelar 2 kutub

444.4.8 Pelayanan yang memasuki bangunan

Pipa logam (misalnya air, gas atau pemanas distrik) dan kabel daya dan sinyal masuk sebaiknya memasuki bangunan pada tempat yang sama. Pipa logam dan armor logam kabel harus diikat ke terminal pembumian utama dengan sarana konduktor yang mempunyai impedans rendah; lihat Gambar 44.R10.

CATATAN Interkoneksi hanya diperbolehkan dengan izin operator pelayanan eksternal.



I Arus induksi

CATATAN Titik masuk bersama lebih disukai, $U = 0 \text{ V}$.

Gambar 44.R10 Kabel berarmor dan pipa logam memasuki bangunan (contoh)

Untuk alasan KEM, void bangunan tertutup yang mempunyai instalasi listrik sebaiknya dicadangkan terutama untuk perlengkapan listrik dan elektronik (seperti gawai monitor, kendali atau proteksi, gawai hubung dsb.) dan harus disediakan akses untuk pemeliharannya.

444.4.9 Bangunan terpisah

Jika bangunan berbeda mempunyai sistem ikatan ekuipotensial terpisah, kabel serat optik bebas logam atau sistem nonkonduksi lain dapat digunakan untuk transmisi sinyal dan data, misalnya transmormator sinyal gelombang mikro untuk isolasi sesuai dengan IEC 61558-2-1, IEC 61558-2-4, IEC 61558-2-6, IEC 61558-2-15 dan IEC 60950-1.

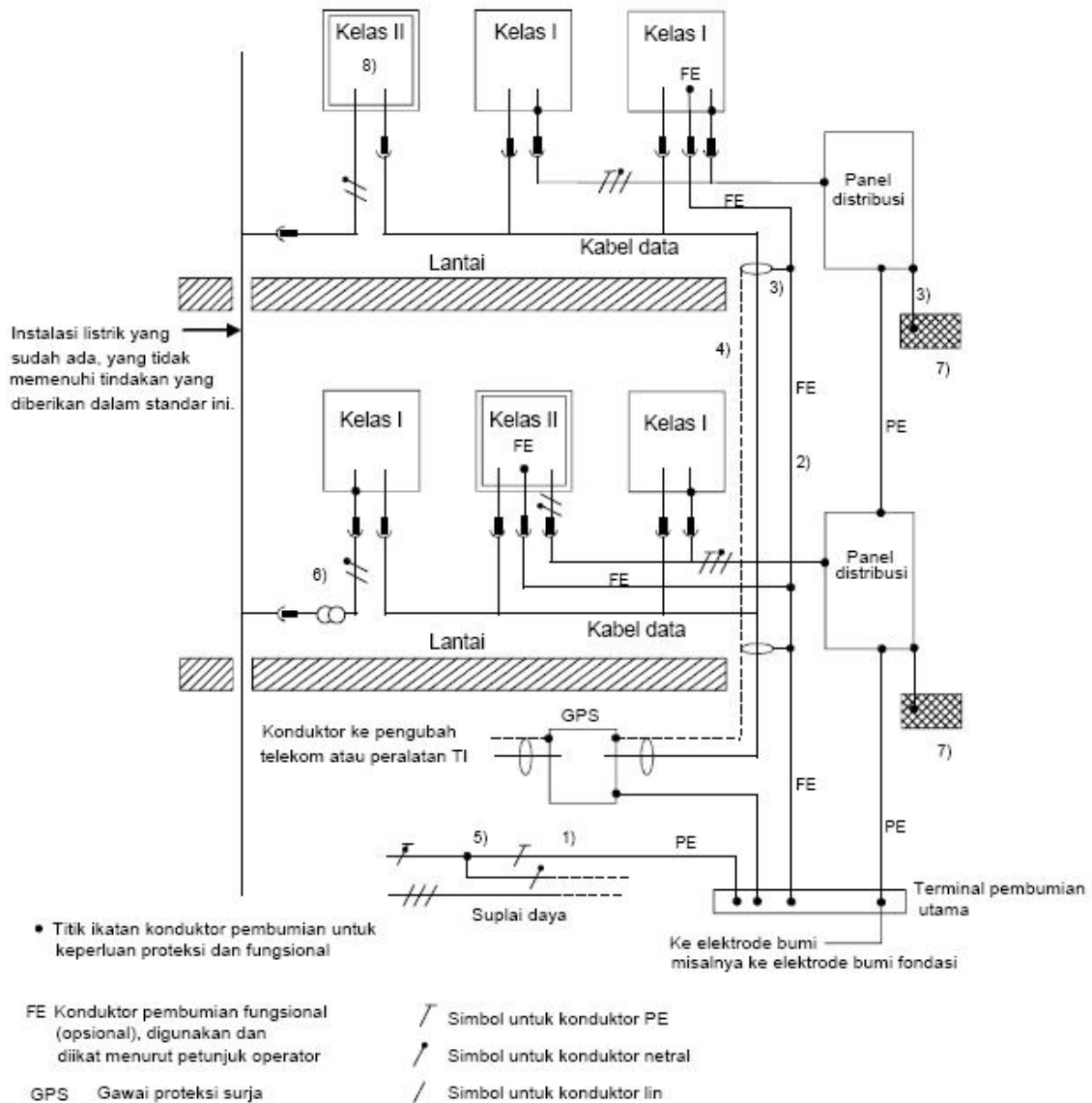
CATATAN 1 Masalah voltase diferensial bumi pada jaringan telekomunikasi publik yang besar adalah tanggung jawab operator jaringan, yang dapat menggunakan metode lain.

CATATAN 2 Dalam hal sistem transmisi data nonkonduksi, penggunaan konduktor pintas tidak diperlukan.

444.4.10 Di dalam bangunan

Jika terdapat masalah pada instalasi bangunan yang ada karena pengaruh elektromagnetik, tindakan berikut dapat memperbaiki situasi; lihat Gambar 44.R11:

- 1) penggunaan tautan (*link*) serat optik bebas logam untuk sirkit sinyal dan data, lihat 444.4.9;
- 2) penggunaan perlengkapan Kelas II;
- 3) penggunaan transformator belitan double sesuai dengan IEC 61558-2-1 atau IEC 61558-2-4 atau IEC 61558-2-6 atau IEC 61558-2-15. Sirkit sekunder sebaiknya dihubungkan seperti sistem TN-S, tapi sistem TT dapat digunakan jika disyaratkan untuk penerapan spesifik.



Referensi	Uraian tindakan yang diilustrasikan	Subayat/standar
1)	Kabel dan pipa logam memasuki bangunan pada tempat yang sama	444.4.8
2)	Rute bersama dengan pemisahan memadai dan penghindaran lingkaran	444.4.2
3)	Kawat ikatan sependek mungkin dan penggunaan konduktor pembumian paralel dengan kabel	IEC 61000-2-5 444.4.2
4)	Kabel sinyal berskrin dan/atau konduktor pilin berpasangan	444.4.12
5)	Penghindaran TN-C di luar titik suplai masuk	444.4.3
6)	Penggunaan transformator dengan belitan terpisah	444.4.10
7)	Sistem ikatan horizontal lokal	444.5.4
8)	Penggunaan perlengkapan kelas II	444.4.10

Gambar 44.R11 Ilustrasi tindakan dalam bangunan yang sudah ada

444.4.11 Gawai proteksi

Sebaiknya dipilih gawai proteksi dengan fungsi yang sesuai untuk menghindari trip tak diinginkan karena tingkat arus transien yang tinggi, misalnya tunda waktu dan filter.

444.4.12 Kabel sinyal

Kabel berperisai dan/atau kabel pilin berpasangan sebaiknya digunakan untuk kabel sinyal.

444.5 Penumbumian dan ikatan ekuipotensial

444.5.1 Interkoneksi elektrode bumi

Untuk beberapa bangunan, konsep elektrode bumi terdedikasi dan independen yang dihubungkan ke jaringan konduktor ekuipotensial mungkin tidak memadai jika perlengkapan elektronik digunakan untuk komunikasi dan perpindahan data antara bangunan berbeda untuk alasan berikut:

- kopling yang ada antara elektrode bumi yang berbeda ini dan mengarah pada kenaikan voltase yang tak terkendali pada perlengkapan;
- perlengkapan terinterkoneksi dapat mempunyai acuan bumi berbeda;
- risiko kejutan listrik yang ada, khususnya dalam hal voltase lebih berasal dari atmosfer.

Karena itu semua konduktor proteksi dan penumbumian fungsional sebaiknya dihubungkan ke satu terminal penumbumian utama tunggal.

Selain itu, semua elektrode bumi yang terkait dengan bangunan, yaitu proteksi, fungsional dan proteksi petir harus diinterkoneksi; lihat Gambar 44.R12.

Dalam hal beberapa bangunan, jika interkoneksi elektrode bumi tidak mungkin atau tidak praktis, direkomendasikan bahwa pemisahan galvanik jaringan komunikasi diterapkan, misalnya dengan penggunaan tautan serat optik; lihat juga 444.4.10.



Gambar 44.R12 Elektrode bumi terinterkoneksi

Konduktor proteksi dan ikatan fungsional harus dihubungkan secara individu ke terminal penumbumian utama sedemikian sehingga jika salah satu konduktor terdiskoneksi, hubungan semua konduktor lain masih aman.

444.5.2 Interkoneksi jaringan lin masuk dan susunan pembumian

BKT perlengkapan TI dan elektronik di dalam bangunan diinterkoneksi lewat konduktor proteksi.

Untuk rumah yang biasanya menggunakan sejumlah terbatas perlengkapan elektronik, jaringan konduktor proteksi berbentuk bintang mungkin dapat diterima; lihat Gambar 44.R13.

Untuk bangunan komersial dan industri serta bangunan serupa yang berisikan penerapan multielektronik, sistem ekuipotensial bersama berguna guna memenuhi persyaratan KEM dari jenis perlengkapan yang berbeda; lihat Gambar 44.R15.

444.5.3 Struktur berbeda untuk jaringan konduktor ekuipotensial dan konduktor pembumian

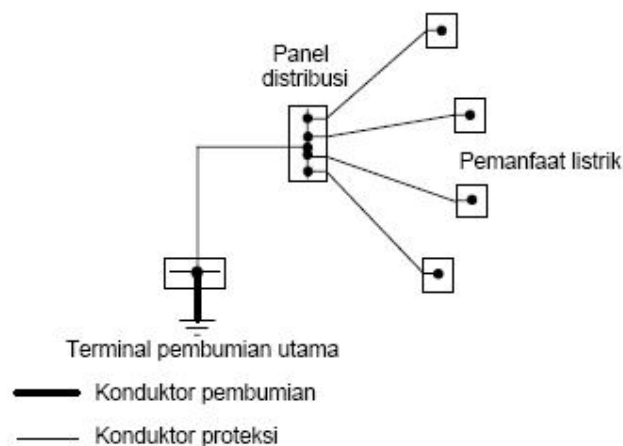
Empat struktur dasar yang dijelaskan dalam subayat berikut dapat digunakan, tergantung pada pentingnya dan kerapuhan perlengkapan.

444.5.3.1 Konduktor proteksi dihubungkan ke konduktor cincin ikatan

Jaringan ikatan ekuipotensial berbentuk konduktor cincin ikatan, BRC, diperlihatkan dalam Gambar 44.R16 di atas lantai atas struktur. BRC sebaiknya dibuat dari tembaga, telanjang atau berinsulasi, dan dipasang sedemikian sehingga tetap dapat diakses di setiap tempat, misalnya dengan menggunakan rak kabel, konduit logam (lihat seri IEC 61386), metode pemasangan terpasang permukaan atau saluran kabel (*cable trunking*). Semua konduktor proteksi dan pembumian fungsional dapat dihubungkan ke BRC.

444.5.3.2 Konduktor proteksi pada jaringan bintang

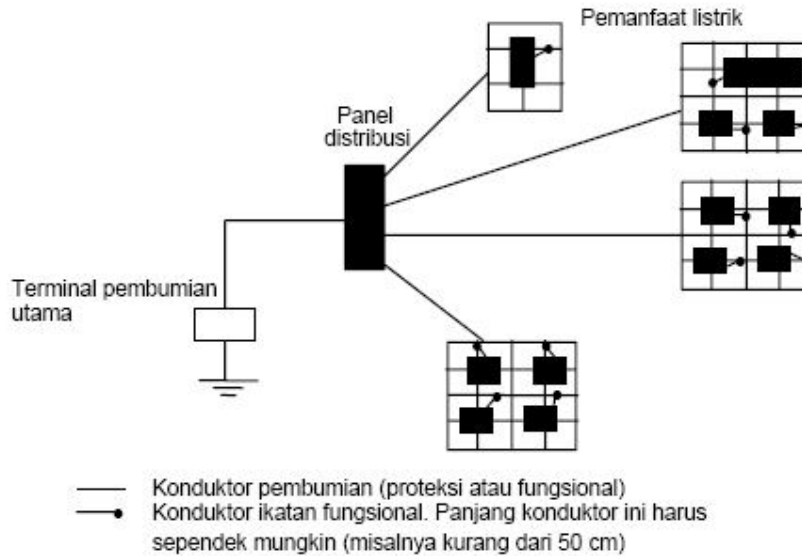
Jenis jaringan ini dapat diterapkan untuk instalasi kecil berkaitan dengan rumah, bangunan komersial kecil dsb., dan dari titik pandang umum perlengkapan, tidak diinterkoneksi dengan kabel sinyal; lihat Gambar 44.R13.



Gambar 44.R13 Contoh konduktor proteksi pada jaringan bintang

444.5.3.3 Jaringan bintang ikatan multijala

Jenis jaringan ini dapat diterapkan pada instalasi kecil dengan kelompok kecil berbeda perlengkapan komunikasi terinterkoneksi. Hal ini memungkinkan penyebaran lokal arus yang disebabkan oleh interferens elektromagnetik; lihat Gambar 44.R14.



Gambar 44.R14 Contoh jaringan bintang ikatan multijala

444.5.3.4 Jaringan bintang ikatan jala bersama

Jenis jaringan ini dapat diterapkan pada instalasi dengan kerapatan tinggi perlengkapan komunikasi berkaitan dengan penerapan kritis; lihat Gambar 44.R15.

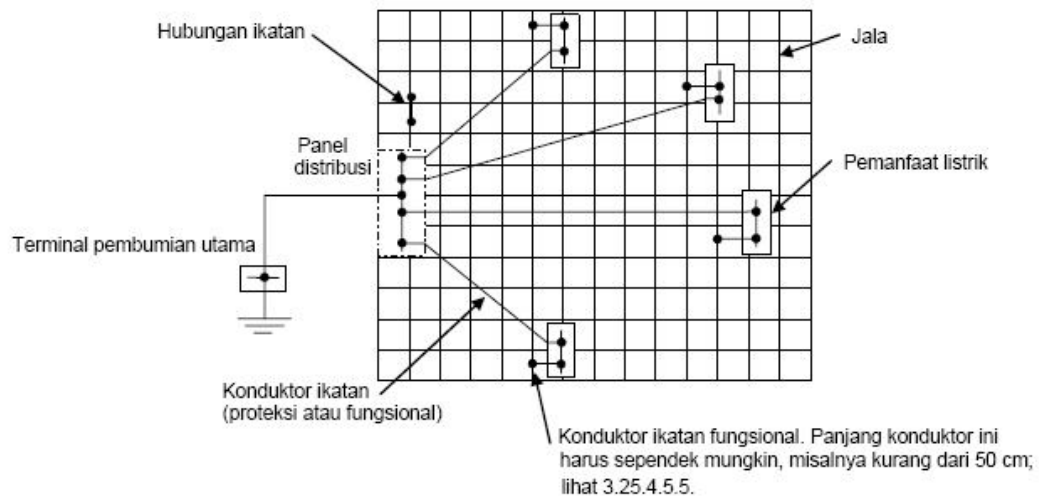
Jaringan ikatan ekuipotensial jala dimungkinkan dengan struktur logam yang ada dari bangunan. Jaringan ini disuplemen oleh konduktor yang membentuk jala persegi.

Ukuran jala tergantung pada tingkat proteksi terpilih terhadap petir, pada tingkat imunitas bagian perlengkapan instalasi dan pada frekuensi yang digunakan untuk transmisi data.

Ukuran jala harus disesuaikan dengan dimensi instalasi yang akan diproteksi, tapi tidak boleh melebihi luas 2 m x 2 m jika dipasang perlengkapan yang peka pada interferens elektromagnetik.

Hal ini sesuai untuk proteksi PABX dan sistem proses data terpusat.

Dalam beberapa kasus, bagian jaringan ini dapat dihubungkan lebih rapat guna memenuhi persyaratan spesifik.

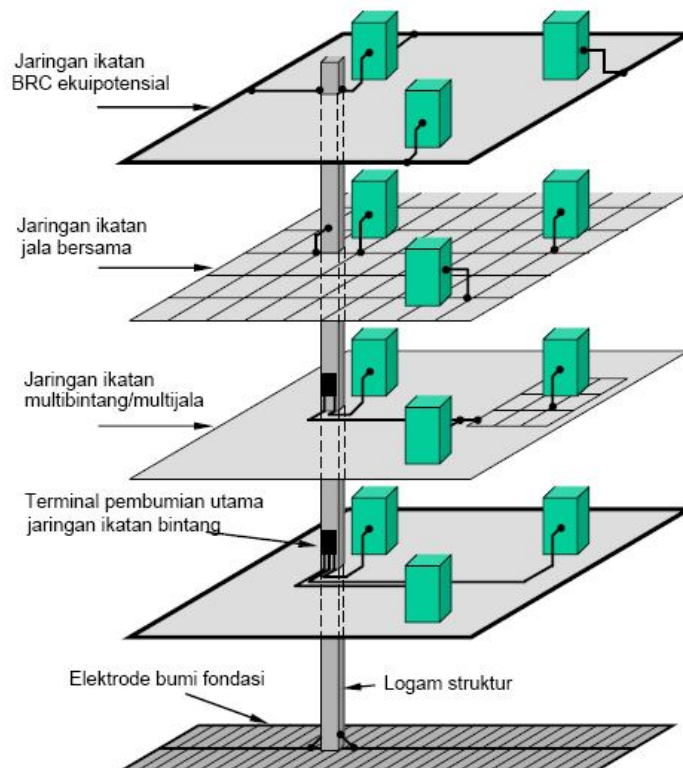


Luas yang dicakup oleh jala harus mempunyai dimensi total; ukuran jala mengacu pada dimensi ruang persegi terselungkup konduktor yang membentuk jala.

Gambar 44.R15 Contoh jaringan bintang ikatan jala bersama

444.5.4 Jaringan ikatan ekuipotensial dalam bangunan dengan beberapa lantai

Untuk bangunan dengan beberapa lantai, direkomendasikan bahwa pada setiap lantai dipasang sistem ekuipotensial; lihat Gambar 44.R16 untuk contoh jaringan ikatan pada penggunaan bersama; setiap lantai adalah jenis jaringan. Sistem ikatan lantai berbeda sebaiknya diinterkoneksi, sekurangnya dua kali, dengan konduktor.



Gambar 44.R16 Contoh jaringan ikatan ekuipotensial dalam struktur tanpa sistem proteksi petir

444.5.5 Konduktor pembumian fungsional

Beberapa perlengkapan elektronik mensyaratkan voltase acuan pada sekitar potensial bumi guna berfungsi dengan tepat; voltase acuan ini disediakan oleh konduktor pembumian fungsional.

Konduktor untuk pembumian fungsional dapat berupa bilah logam, anyaman pipih dan kabel dengan penampang bulat.

Untuk peralatan yang beroperasi pada frekuensi tinggi, bilah logam, anyaman pipih lebih disukai dan hubungan harus dijaga sependek mungkin.

Untuk konduktor pembumian fungsional, warna tidak ditentukan. Namun, warna hijau-kuning yang ditentukan untuk konduktor proteksi tidak boleh digunakan. Direkomendasikan untuk menggunakan warna sama di seluruh instalasi untuk menandai konduktor pembumian fungsional di setiap ujungnya.

Untuk perlengkapan yang beroperasi pada frekuensi rendah, luas penampang seperti ditunjukkan dalam 544.1.1 Bagian 5-54 dianggap memuaskan, tidak tergantung pada bentuk konduktor; lihat 444.4.2 b) dan k).

444.5.6 Bangunan komersial dan industri berisikan sejumlah signifikan perlengkapan TI

Spesifikasi tambahan berikut dimaksudkan untuk mengurangi pengaruh gangguan elektromagnetik pada operasi perlengkapan TI.

Pada lingkungan elektromagnetik ganas, direkomendasikan untuk mengadopsi jaringan bintang ikatan jala bersama yang dijelaskan dalam 444.5.3.3.

444.5.6.1 Ukuran dan pemasangan konduktor jaringan cincin ikatan

Ikatan ekuipotensial yang dirancang sebagai jaringan cincin ikatan harus mempunyai dimensi minimum:

- penampang tembaga pipih: 30 mm x 2 mm;
- tembaga bulat, diameter: 8 mm.

Konduktor telanjang harus diproteksi terhadap korosi pada penopangnya dan pada lintasannya yang melalui dinding.

444.5.6.2 Bagian yang harus dihubungkan ke jaringan ikatan ekuipotensial

Bagian berikut juga harus dihubungkan ke jaringan ikatan ekuipotensial:

- skrin konduktif, selubung konduktif atau armor kabel transmisi data atau armor perlengkapan TI;
- konduktor pembumian sistem antena;
- konduktor pembumian kutub dibumikan suplai a.s. untuk perlengkapan TI;
- konduktor pembumian fungsional.

444.5.7 Susunan pembumian dan ikatan ekuipotensial instalasi TI untuk keperluan fungsional

444.5.7.1 Rel pembumian

Jika rel pembumian disyaratkan untuk keperluan fungsional, terminal pembumian utama (MET) bangunan dapat diperluas dengan menggunakan rel pembumian. Hal ini memungkinkan instalasi TI dihubungkan ke terminal pembumian utama dengan rute praktis terpendek dari sebarang titik dalam bangunan. Jika rel pembumian dipasang untuk menunjang jaringan ikatan ekuipotensial dari sejumlah signifikan perlengkapan TI dalam bangunan, maka dapat dipasang sebagai jaringan cincin ikatan; lihat Gambar 44.R16.

CATATAN 1 Rel pembumian dapat telanjang atau berinsulasi.

CATATAN 2 Rel pembumian sebaiknya dipasang sedemikian sehingga dapat diakses melalui panjangnya, misalnya pada permukaan berumbung (*trunking*). Untuk mencegah korosi, mungkin perlu untuk memproteksi konduktor telanjang pada penyangga dan pada tempat lewat melalui dinding.

444.5.7.2 Luas penampang rel pembumian

Keefektifan rel pembumian tergantung pada rute dan impedans konduktor yang digunakan. Untuk instalasi yang dihubungkan ke suplai yang mempunyai kapasitas 200 A per fase atau lebih, luas penampang rel pembumian tidak boleh kurang dari 50 mm² tembaga dan harus didimensi sesuai dengan 444.4.2 k).

CATATAN Pernyataan ini berlaku untuk frekuensi sampai dengan 10 MHz.

Jika rel pembumian digunakan sebagai jalur arus balik a.s., luas penampangnya harus didimensi menurut arus balik a.s. yang diperkirakan. Drop voltase a.s. maksimum sepanjang setiap rel pembumian, yang diperuntukkan sebagai konduktor balik distribusi a.s., harus dirancang kurang dari 1 V.

444.6 Pemisahan sirkit

444.6.1 Umum

Kabel TI dan kabel suplai daya, yang bersama-sama mempunyai sistem manajemen kabel yang sama atau rute yang sama, harus dipasang menurut persyaratan subayat berikut.

Verifikasi keselamatan listrik, sesuai dengan Bagian 6 dan/atau 528.1 Bagian 5-52, dan separasi listrik disyaratkan; lihat Ayat 413 Bagian 4-41 dan/atau 444.7.2. Keselamatan listrik dan KEM mensyaratkan jarak bebas berbeda pada beberapa kasus. Keselamatan listrik selalu merupakan prioritas yang lebih tinggi.

BKT sistem perkawatan, misalnya selubung, fitting dan penghalang, harus diproteksi dengan persyaratan untuk proteksi gangguan; lihat Ayat 413 Bagian 4-41.

444.6.2 Pedoman desain

Pemisahan minimum antara kabel daya dan kabel TI untuk menghindari gangguan, berkaitan dengan banyak faktor seperti

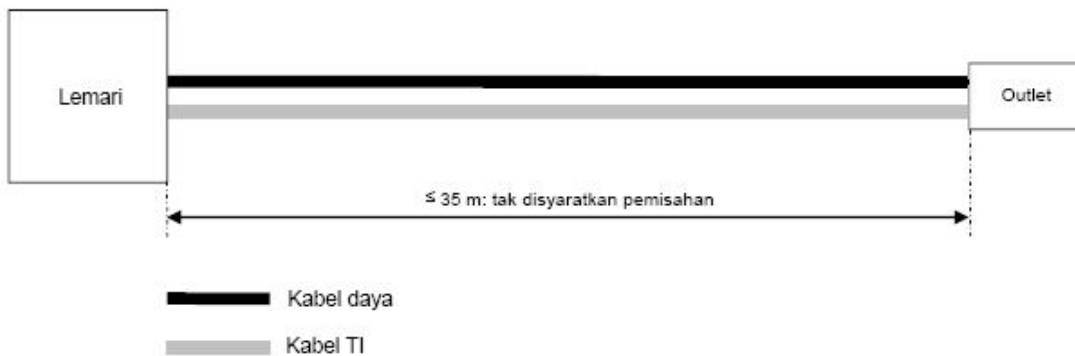
- a) tingkat imunitas perlengkapan yang dihubungkan ke sistem kabel TI untuk gangguan elektromagnetik berbeda (transien, pulsa petir, lonjakan transien (*burst*), gelombang cincin, gelombang kontinu dsb),
- b) hubungan perlengkapan ke sistem pembumian,
- c) lingkungan elektromagnetik lokal (terjadi gangguan simultan, misalnya harmonik dengan lonjakan transien dengan gelombang kontinu),
- d) spektrum frekuensi elektromagnetik,
- e) jarak kabel yang dipasang dalam rute paralel (zone kopling),

- f) jenis kabel,
- g) atenuasi kopling kabel
- h) jumlah kelengkapan (*attachment*) antara konektor dan kabel,
- i) jenis dan konstruksi sistem manajemen kabel.

Untuk keperluan standar ini diasumsikan bahwa lingkungan elektromagnetik mempunyai tingkat gangguan kurang dari tingkat uji untuk gangguan konduksi dan radiasi yang terdapat dalam IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3 dan IEC 61000-6-4.

Untuk kabel daya dan TI paralel, berlaku berikut; lihat Gambar 44.R17A dan Gambar 44.R17B.

Jika panjang kabel paralel sama dengan atau kurang dari 35 m, tidak disyaratkan pemisahan.

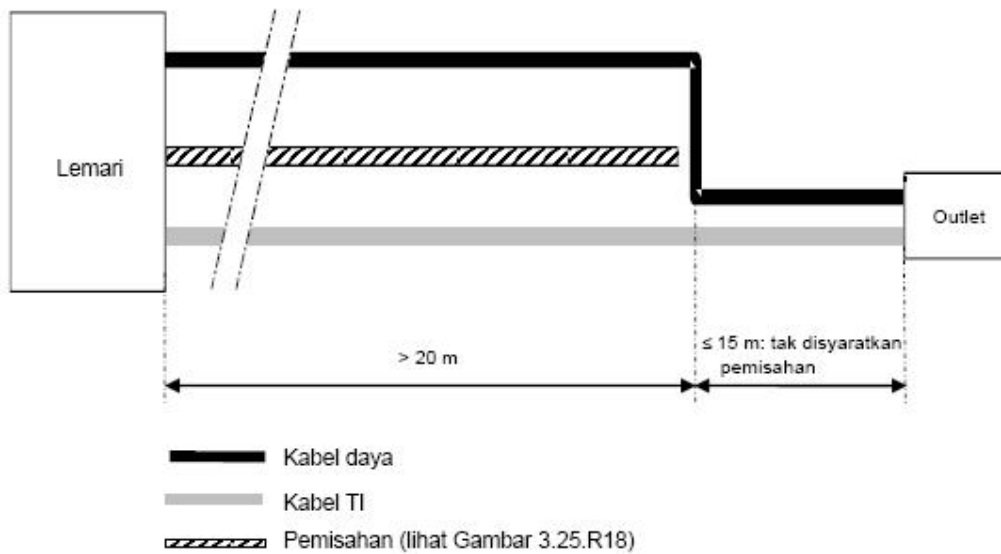


Gambar 44.17A Pemisahan antara kabel daya dan TI untuk panjang rute kabel ≤ 35 m

Jika panjang kabel paralel dari kabel nirskrin lebih dari 35 m, jarak pisah berlaku pada panjang penuh di luar akhir 15 m yang dipasang ke outlet.

CATATAN Pemisahan dapat dicapai misalnya dengan jarak pisah di udara 30 mm atau pemisah logam dipasang di antara kabel; lihat juga Gambar 44.R18.

Jika panjang kabel paralel dari kabel berskrin lebih dari 35 m, jarak separasi tak dapat diterapkan.



Gambar 44.17B Pemisahan antara kabel daya dan TI untuk panjang rute kabel > 35 m

444.6.3 Pedoman pemasangan

Jarak minimum antara kabel TI dan lampu fluoresen, neon dan uap merkuri (atau luah intensitas tinggi lain) harus 130 mm. Rakitan perkawatan listrik dan rakitan perkawatan data sebaiknya dalam lemari terpisah. Rak perkawatan data dan perlengkapan listrik sebaiknya selalu dipisah.

Jika dapat dipraktikkan, kabel sebaiknya menyilang pada sudut siku-siku. Kabel untuk keperluan berbeda (misalnya kabel daya jaringan dan TI) sebaiknya tidak berada pada bundel yang sama. Bundel berbeda sebaiknya dipisah secara elektromagnetik satu sama lain; lihat Gambar 44.R18.



Gambar 44.R18 Pemisahan kabel pada sistem perkawatan

444.7 Sistem manajemen kabel

444.7.1 Umum

Sistem manajemen kabel tersedia dalam bentuk logam dan nonlogam. Sistem logam menawarkan berbagai tingkat proteksi EMI yang diperluas asalkan dipasang sesuai dengan 444.7.3.

444.7.2 Pedoman desain

Pilihan bahan dan bentuk sistem manajemen kabel tergantung pada pertimbangan berikut:

- kuat medan elektromagnetik sepanjang jalur (kedekatan sumber pengganggu konduksi dan radiasi elektromagnetik)
- tingkat emisi konduksi dan radiasi yang berlaku,
- jenis kabel (berskrin, pilin, serat optik),
- imunitas perlengkapan yang dihubungkan ke sistem kabel TI,
- gangguan lingkungan lain (kimia, mekanis, iklim, kebakaran dsb),
- setiap perluasan sistem kabel TI yang akan datang.

Sistem kabel nonlogam sesuai untuk kasus berikut:

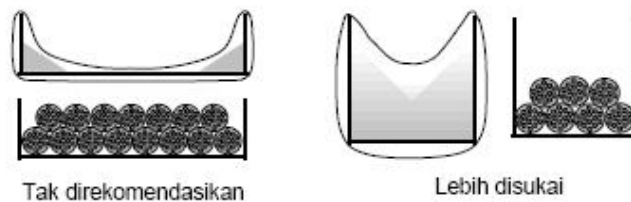
- lingkungan elektromagnetik dengan tingkat gangguan rendah permanen,
- sistem kabel dengan tingkat emisi rendah,
- kabel serat optik.

Untuk komponen logam sistem penyangga kabel, bentuk (datar, bentuk U, tabung dsb), selain penampang, akan menentukan impedans karakteristik sistem manajemen kabel. Bentuk terselungkup adalah terbaik karena mengurangi kopling mode bersama.

Ruang luang di dalam rak kabel sebaiknya memungkinkan dapat dipasang jumlah kabel tambahan yang disetujui. Tinggi bundel kabel harus lebih rendah dari sisi dinding rak kabel, seperti diperlihatkan dalam Gambar 44.R19. Penggunaan tutup tumpang tindih meningkatkan kinerja KEM rak kabel.

Untuk rak kabel bentuk U, medan magnetik berkurang di dekat dua sudut. Untuk alasan ini, lebih disukai sisi dinding dalam; lihat Gambar 44.R19.

CATATAN Kedalaman rak sebaiknya sekurangnya dua kali diameter kabel terbesar yang akan dipertimbangkan.



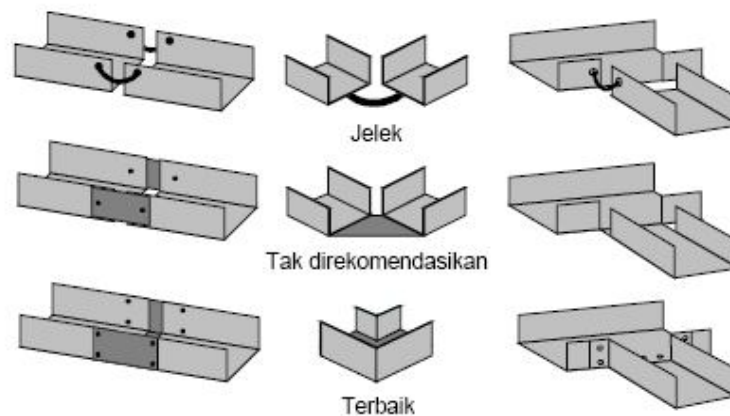
Gambar 44.R19 Susunan kabel dalam rak kabel logam

444.7.3 Pedoman pemasangan

444.7.3.1 Sistem manajemen kabel logam atau komposit yang khusus dirancang untuk keperluan KEM

Sistem manajemen kabel logam atau komposit yang dirancang khusus untuk keperluan KEM harus selalu dihubungkan ke sistem ikatan ekuipotensial lokal di kedua ujungnya. Untuk jarak jauh, yaitu lebih besar dari 50 m, direkomendasikan hubungan tambahan ke sistem ikatan ekuipotensial. Semua hubungan harus sependek mungkin. Jika sistem manajemen kabel dikonstruksi dari beberapa elemen, sebaiknya diperhatikan untuk memastikan kontinuitas dengan ikatan efektif antara elemen berdekatan. Lebih disukai elemen sebaiknya dilas bersama sepanjang perimeter penuhnya. Sambungan paku keling, baut atau sekrup diizinkan, asalkan permukaan kontak adalah penghantar yang baik, yaitu yang tak mempunyai penutup cat atau insulasi, sehingga dilindungi terhadap korosi dan dipastikan terjadi kontak listrik yang baik antara elemen yang berdekatan.

Bentuk rak logam sebaiknya dipertahankan pada seluruh panjangnya. Semua interkoneksi harus mempunyai impedans rendah. Hubungan kawat tunggal pendek antara dua bagian sistem manajemen kabel akan menyebabkan impedans lokal tinggi dan karena itu terjadi degradasi kinerja KEM; lihat Gambar 44.R20.



Gambar 44.R20 Kontinuitas komponen sistem logam

Dari frekuensi beberapa MHz ke atas, sabuk jala sepanjang 10 cm antara dua bagian sistem manajemen kabel akan mendegradasi efek perisai dengan lebih dari suatu faktor 10.

Jika dilakukan pengaturan atau perluasan, adalah penting bahwa pekerjaan disupervisi secara ketat untuk memastikan bahwa rekomendasi KEM terpenuhi, misalnya tidak mengganti conduit logam dengan plastik.

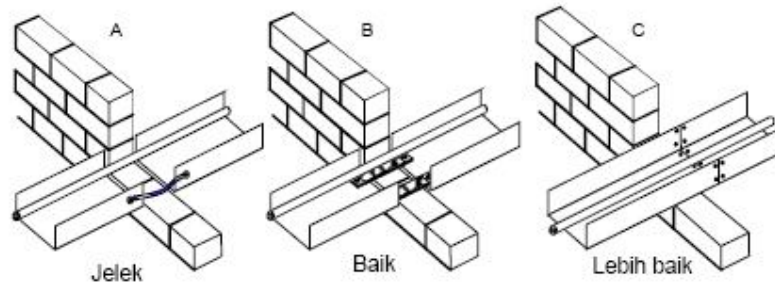
Elemen konstruksi logam bangunan dapat membantu keperluan KEM dengan sangat baik. Balok baja bentuk L, H, U atau T sering membentuk struktur dibumikan kontinu, sehingga terdiri atas penampang dan permukaan yang luas dengan banyak hubungan antara ke bumi. Kabel lebih disukai diletakkan terhadap balok tersebut. Di dalam permukaan lebih disukai daripada di luar permukaan; lihat Gambar 44.R21.



Gambar 44.R21 Lokasi kabel di dalam elemen konstruksi logam

Penutup untuk rak kabel logam harus memenuhi persyaratan yang sama seperti rak kabel. Penutup dengan banyak kontak pada seluruh panjangnya lebih disukai. Jika hal ini tidak mungkin, penutup sebaiknya dihubungkan ke rak kabel sekurang-kurangnya pada kedua ujungnya dengan hubungan pendek kurang dari 10 cm, misalnya sabuk dianyam atau jala.

Jika sistem manajemen kabel logam atau komposit yang dirancang khusus untuk keperluan KEM dibagi guna melewati dinding, misalnya pada penghalang kebakaran, kedua bagian logam harus diikat dengan hubungan impedans rendah sedemikian seperti sabuk dianyam atau jala.



Gambar 44.R22 Hubungan bagian logam

444.7.3.2 Sistem manajemen kabel nonlogam

Jika perlengkapan yang dihubungkan ke sistem kabel dengan kabel nirskrin tidak dipengaruhi oleh gangguan frekuensi rendah, kinerja sistem manajemen kabel nonlogam ditingkatkan dengan memasang kawat tunggal di dalamnya, seperti konduktor ikatan ekuiptensial pintas. Kawat harus secara efisien dihubungkan ke sistem pembumian perlengkapan pada kedua ujungnya. (misalnya di atas panel logam lemari perlengkapan).

Konduktor ikatan ekuiptensial pintas harus dirancang untuk menahan arus besar mode bersama dan arus gangguan teralih.

445 Proteksi terhadap voltase kurang

445.1 Persyaratan umum

445.1.1 Jika drop voltase atau hilang voltase dan restorasi berikutnya dari voltase dapat menimbulkan situasi berbahaya untuk manusia atau properti, harus dilakukan tindakan pencegahan yang sesuai. Tindakan pencegahan juga harus dilakukan jika bagian instalasi atau pemanfaat listrik dapat rusak karena drop voltase.

Gawai proteksi voltase kurang tidak disyaratkan jika kerusakan instalasi atau pemanfaat listrik dianggap pada risiko yang dapat diterima, asalkan tidak terjadi bahaya untuk manusia.

445.1.2 Operasi gawai proteksi voltase kurang dapat ditunda jika operasi peranti yang diproteksi memungkinkan pemutusan atau hilang voltase singkat tanpa bahaya.

445.1.3 Jika digunakan kontaktor, penundaan pada buka dan tutup baliknya tidak boleh menghalangi diskoneksi sesaat oleh gawai kendali atau proteksi.

445.1.4 Karakteristik gawai proteksi voltase kurang harus kompatibel dengan persyaratan standar IEC untuk pengasutan dan penggunaan perlengkapan.

445.1.5 Jika penutupan balik gawai proteksi mungkin menimbulkan situasi berbahaya, penutupan balik tidak boleh otomatis.

Lampiran A (informatif)

Catatan penjelasan mengenai 442.1 dan 442.2

A.442.1 Umum

Persyaratan pada kedua ayat dimaksudkan untuk memberikan keselamatan manusia dan perlengkapan pada sistem VR saat gangguan bumi pada sistem VM.

Gangguan antara sistem pada voltase berbeda tersebut dapat terjadi pada sisi VM gardu distribusi yang menyuplai sistem VR melalui sistem distribusi yang beroperasi pada VM. Gangguan tersebut menyebabkan arus mengalir pada elektrode bumi yang dihubungkan ke BKT gardu distribusi.

Besaran arus gangguan tergantung pada impedans lingkaran gangguan, yaitu pada cara netral VM dibumikan.

Arus gangguan yang mengalir pada elektrode bumi BKT gardu distribusi menyebabkan kenaikan potensial berkaitan dengan bumi BKT gardu distribusi yang besarnya ditentukan oleh

- besarnya arus gangguan, dan
- resistans elektrode bumi BKT gardu distribusi.

Voltase gangguan dapat setinggi beberapa ribu volt dan tergantung pada sistem pembumian instalasi, dapat menyebabkan

- kenaikan umum potensial BKT sistem VR berkaitan dengan bumi, yang dapat meningkatkan voltase gangguan atau sentuh,
- kenaikan umum potensial sistem VR berkaitan dengan bumi, yang dapat menyebabkan tembus pada perlengkapan VR.

Biasanya memerlukan waktu lebih lama untuk menghilangkan gangguan pada sistem VM daripada sistem VR, karena relai mempunyai tunda waktu untuk diskriminasi terhadap trip tak diinginkan pada transien. Waktu operasi PHB VM juga lebih lama dari PHB VR. Hal ini berarti bahwa durasi yang dihasilkan voltase gangguan dan voltase sentuh terkait pada BKT sistem VR dapat lebih lama dari yang disyaratkan oleh persyaratan instalasi VR.

Juga ada risiko tembus pada sistem VR gardu distribusi atau instalasi pelanggan. Operasi gawai proteksi pada kondisi abnormal voltase pulih transien dapat meningkatkan kesulitan pembukaan sirkit atau bahkan gagal untuk melakukannya.

Kondisi gangguan berikut pada sistem VM perlu dipertimbangkan.

Sistem VM dibumikan efektif

Sistem ini mencakup sistem yang netralnya dihubungkan ke bumi baik langsung atau lewat impedans rendah dan gangguan bumi dihilangkan dalam waktu singkat yang wajar yang diberikan oleh perlengkapan proteksi.

Tidak dipertimbangkan adanya hubungan ke netral pada gardu transformator yang relevan.

Umumnya arus kapasitif diabaikan.

Sistem VM terisolasi

Hanya kondisi gangguan tunggal karena gangguan bumi pertama antara bagian aktif VM dan BKT gardu transformator yang diperhitungkan. Arus kapasitif ini dapat atau tidak dapat diputus, tergantung pada besaran dan sistem proteksinya.

Sistem VM dengan kumparan supresi busur listrik

Tidak dipertimbangkan adanya kumparan supresi busur listrik pada gardu transformator yang relevan.

Jika gangguan bumi pada sistem VM terjadi antara konduktor VM dan BKT gardu distribusi, hanya terjadi arus gangguan yang kecil (kebanyakan arus sisa adalah sekitar beberapa puluh ampere). Arus ini dapat bertahan untuk waktu yang lama.

A.442.2 Voltase lebih pada sistem VR selama gangguan bumi VM

Gambar 44.A2 telah didapat dari kurva c_2 Gambar 20 IEC 60479-1 dan juga diambil sebagai keputusan sah praktis dalam IEC 61396-1.

Ketika mempertimbangkan nilai arus gangguan, berikut sebaiknya diperhitungkan:

- a) risiko rendah gangguan bumi pada sistem VM;
- b) fakta bahwa voltase sentuh selalu lebih rendah dari arus gangguan karena ikatan ekuipotensial utama yang disyaratkan dalam [411.3.1.2](#) Bagian 4-41 dan adanya elektrode bumi tambahan pada instalasi pelanggan atau dimana saja.

Nilai yang diberikan oleh ITU-T 640 V selama 0,2 s dan 430 V untuk diskoneksi otomatis yang lebih lama dari 0,2 s, sedikit lebih tinggi dari nilai dalam Gambar 44.A2.

Lampiran B
(informatif)










Pedoman untuk kendali voltase lebih oleh GPS yang diterapkan pada lin udara

Pada kondisi 443.3.2.1 dan menurut Catatan 1, kendali proteksi tingkat voltase lebih dapat diperoleh baik dengan memasang GPS langsung pada instalasi maupun dengan izin operator jaringan, pada lin udara jaringan distribusi suplai.

Sebagai contoh, tindakan berikut dapat diterapkan:

- a) Dalam hal jaringan distribusi suplai udara, proteksi voltase lebih dipasang pada titik sambungan jaringan dan khususnya pada ujung setiap penyulang yang lebih panjang dari 500 m. Gawai proteksi voltase lebih (GPVL) sebaiknya dipasang di setiap jarak 500 m sepanjang lin distribusi suplai. Jarak antara GPVL sebaiknya kurang dari 1000 m.
- b) Jika jaringan distribusi suplai dipasang sebagian sebagai jaringan udara dan sebagian sebagai jaringan bawah tanah, proteksi voltase lebih pada lin udara sebaiknya diterapkan sesuai dengan a) di setiap titik transisi dari lin udara ke kabel bawah tanah;
- c) Pada jaringan distribusi TN yang menyuplai instalasi listrik, jika proteksi terhadap sentuh tak langsung diberikan oleh diskoneksi suplai otomatis, konduktor pembumian GPVL yang dihubungkan ke konduktor lin, dihubungkan ke konduktor PEN atau ke konduktor PE;
- d) Pada jaringan distribusi IT yang menyuplai instalasi listrik, jika proteksi terhadap sentuh tak langsung diberikan oleh diskoneksi suplai otomatis, GPVL diberikan untuk konduktor lin dan konduktor netral. Pada tempat dimana konduktor netral jaringan suplai dibumikan efektif, GPVL untuk konduktor netral tak diperlukan.

**Tabel B.1 – Kemungkinan berbeda untuk sistem IT
(dengan memperhitungkan gangguan pertama dalam instalasi VR)**

Sistem	BKT peralatan VR gardu distribusi	Impedans netral, jika ada	BKT peralatan instalasi VR	U_1	U_2	U_f
a				$U_0 \sqrt{3}$	$U_0 \sqrt{3}$	$R \times I_m$
b			0	$U_0 \sqrt{3}$	$R \times I_m + U_0 \sqrt{3}$	0^a
c ^b	0	0	0	$R \times I_m + U_0 \sqrt{3}$	$U_0 \sqrt{3}$	0^a
d	0			$R \times I_m + U_0 \sqrt{3}$	$U_0 \sqrt{3}$	0^a
e ^b		0		$R \times I_m + U_0 \sqrt{3}$	$R \times I_m + U_0 \sqrt{3}$	$R \times I_m$

^a Faktanya U_f sama dengan hasil arus gangguan pertama karena resistans elektrode bumi BKT ($R_A \times I_d$) yang harus kurang atau sama dengan U_L . Selanjutnya, dalam sistem a, b dan d, arus kapasitif yang mengalir melalui gangguan pertama dalam kasus tertentu dapat meningkatkan nilai U_f , tetapi hal ini diabaikan.

^b Dalam sistem c1 dan e1, impedans dipasang antara netral dan bumi (netral impedans). Dalam sistem c2 dan e2, tidak ada impedans dipasang antara netral dan bumi (netral terisolasi)

Lampiran C (normatif)

Penentuan panjang konvensional, d

Konfigurasi lin udara VR, pembumiannya, tingkat insulasinya, dan fenomena yang dipertimbangkan (kopling induksi, kopling resistif) mengarah pada pilihan berbeda untuk d . Penentuan yang diusulkan di bawah ini, dengan konvensi, adalah kasus terburuk.

CATATAN Metode disederhanakan ini berdasarkan IEC 61662.

$$d = d_1 + d_2/K_g + d_3/ K_t$$

d dengan konvensi dibatasi hingga 1 km,

dengan

d_1 adalah panjang lin suplai udara VM dari struktur, dibatasi hingga 1 km;

d_2 adalah panjang lin nirskrin bawah tanah VR dari struktur, dibatasi hingga 1 km;

d_3 adalah panjang lin suplai udara VM dari struktur, dibatasi hingga 1 km.

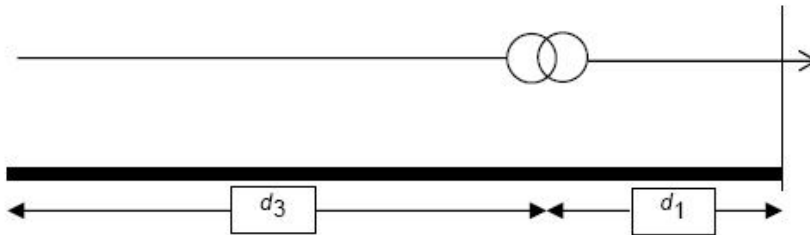
Panjang lin bawah tanah VM diabaikan.

Panjang lin bawah tanah VR berskrin diabaikan.

$K_g = 4$ adalah faktor reduksi yang didasarkan pada rasio pengaruh sambaran antara lin udara dan kabel nirskrin bawah tanah, dihitung untuk resistivitas tanah 250 Ωm ;

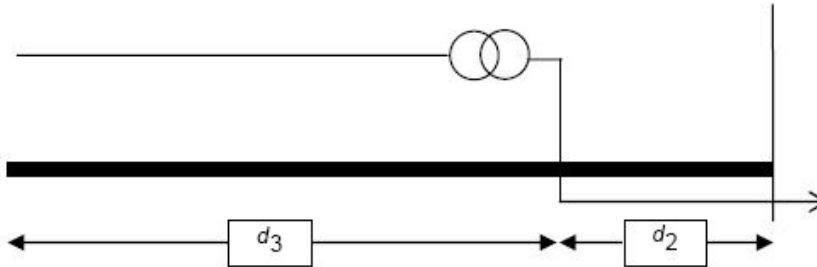
$K_t = 4$ adalah faktor reduksi tipikal untuk transformator.

Lin udara VM dan VR



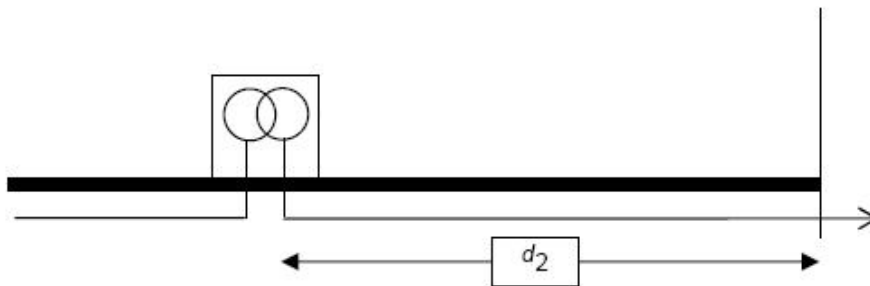
$$d = d_1 + \frac{d_3}{K_t}$$

Lin udara VM dan lin VR tertanam



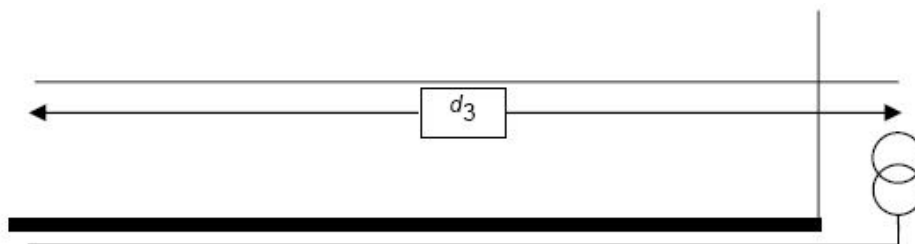
$$d = \frac{d_3}{K_t} + \frac{d_2}{K_g}$$

Lin VM dan VR tertanam



$$d = \frac{d_2}{K_g}$$

Lin udara VM



$$d = \frac{d_3}{K_t}$$

CATATAN Jika transformator VM/VR berada di dalam bangunan, $d_1 = d_2 = 0$.

Gambar 44.Q – Contoh cara menerapkan d_1 , d_2 dan d_3 untuk penentuan d

Bibliografi

- IEC 60050-195:1998, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 195: Earthing and protection against electric shock*
- IEC 60050-826, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 826: Electrical installations of buildings*
- IEC 61000-2 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment*
- IEC 61000-5 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines*
- IEC 61156 (all parts), *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communication*
- IEC seri 61386, *Conduit systems for electrical installations*
- IEC 61662:1995, *Assessment of the risk of damage due to lightning*
Amandemen 1 (1996)
- IEC 61663-1, *Lightning protection – Telecommunication lines – Part 1: Fibre optic installations*
- IEC 62020:1998, *Electrical accessories – Residual current monitors for household and similar uses (RCMs)*
- ETS 300 253:1995, *Equipment Engineering (EE) – Earthing and bonding of telecommunication equipment in telecommunication centres*
- EN 50310, *Application of equipotential bonding and earthing in buildings with information technology equipment*
- EN 50288 (all parts), *Multi-element metallic cables used in analogue and digital communication and control*

Bagian 5-51: Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik – Persyaratan umum

CATATAN Bagian 5-51 merupakan adopsi dari IEC 60364-5-51:2005 dengan modifikasi. Modifikasi dapat berupa penambahan, perubahan atau pengurangan. Ayat, subayat, tabel, catatan atau lampiran yang merupakan modifikasi diberi tanda MOD.

510 Pendahuluan

510.1 Ruang lingkup

Bagian 5-51 mencakup pemilihan perlengkapan dan pemasangannya. Standar ini menyiapkan persyaratan umum agar sesuai dengan tindakan proteksi untuk keselamatan, persyaratan agar berfungsi dengan benar untuk penggunaan instalasi yang dimaksudkan, dan persyaratan yang sesuai terhadap pengaruh eksternal yang akan dihadapi.

510.2 Acuan normatif

Acuan dokumen normatif berikut sangat diperlukan untuk penerapan dokumen ini. Untuk acuan bertanggal, hanya berlaku edisi yang mengacu. Untuk acuan tanpa tanggal, berlaku edisi terakhir dari dokumen (termasuk amandemennya) yang mengacu.

IEC 60068-2-11:1981, *Environmental testing – Part 2: Test. Test Ka: Salt mist*

IEC 60073:1996, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Coding principles for indication devices and actuators*

IEC 60079 (all parts), *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres*

IEC 60255-22-1:1988, *Electrical relays – Part 22: Electrical disturbance tests for measuring relays and protection equipment – Section 1: 1 MHz burst disturbance tests*

IEC 60364-1:2001, *Electrical installations of buildings – Part 1: Fundamental principles*

IEC 60364-4-41:2001, *Electrical installations of buildings – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-42:2001, *Electrical installations of buildings – Part 4-42: Protection for safety – Protection against thermal effects*

IEC 60364-4-44:2001, *Electrical installations of buildings – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-5-52:2001 *Electrical installations of buildings – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

IEC 60364-5-54, *Electrical installations of buildings – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing systems and protective conductors and equipotential bonding*

IEC 60446:1999, *Basis and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of conductors by colours or numerals*

IEC 60447:1993, *Man-machine interface (MMI) – Actuating principles*

IEC 60617 (all parts), *Graphical symbols for diagrams*

- IEC 60707:1999, *Flammability of solid non-metallic materials when exposed to flame sources – List of test methods*
- IEC 60721-3-0:1984, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities . Introduction*
- IEC 60721-3-3:1994, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 3: Stationary use at weather-protected locations*
- IEC 60721-3-4:1995, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities . Introduction*
- IEC 60721-3-3:1994, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 3:*
- IEC 61000-2 (all parts): *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment*
- IEC 61000-2-1:1990, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 1: Description of the environment – Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signaling in public power supply systems*
- IEC 61000-2-2:1990, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 2: Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signaling in public low-voltage power supply systems*
- IEC 61000-2-5:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 5: Classification of electromagnetic environments. Basic EMC publication*
- IEC 61000-4-2:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 2: Electrostatic discharge immunity test. Basic EMC Publication*
- IEC 61000-4-4:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 4: Electrical and transient/burst immunity test. Basic EMC Publication*
- IEC 61000-4-6:1996, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 6: Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*
- IEC 61000-4-8:1993, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 8: Power frequency magnetic fields immunity test. Basic EMC Publication*
- IEC 61000-4-12:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 12: Oscillatory waves immunity test. Basic EMC publication*
- IEC 61024-1:1990, *Protection of structures against lightning – Part 1: General principles*
- IEC 61082 (all parts), *Preparation of documents used in electrotechnology*
- IEC 61140:1997, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC 61346-1:1996, *Industrial systems, installation and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations – Part 1: Basic rules*

510.3 MOD Umum

Setiap jenis perlengkapan harus dipilih dan dipasang sedemikian sehingga dapat sesuai dengan persyaratan yang dinyatakan dalam ayat-ayat berikut dari Bagian 5-51 dan persyaratan relevan dalam bagian lain PUIL.

511 Kesesuaian dengan standar

511.1 Setiap bagian perlengkapan harus memenuhi standar terkait dan sebagai tambahan, memenuhi standar ISO yang dapat diterapkan.

511.2 Bila tidak ada standar ISO yang dapat diterapkan, bagian perlengkapan terkait harus dipilih dengan kesepakatan khusus antara personel yang menentukan spesifikasi dan yang instalatur.

512 Kondisi operasional dan pengaruh eksternal

512.1 Kondisi operasional

512.1.1 Voltase

Perlengkapan harus sesuai untuk voltase nominal (nilai efektif untuk a.b.) instalasi.

Jika dalam instalasi IT konduktor netral terdistribusi, perlengkapan yang dihubungkan antara fase dan netral harus diinsulasi untuk voltase antar fase.

CATATAN Untuk perlengkapan tertentu, mungkin diperlukan untuk memperhitungkan voltase tertinggi dan/atau terendah yang mungkin terdapat dalam pelayanan normal.

512.1.2 Arus

Perlengkapan harus dipilih untuk arus desain (nilai efektif untuk a.b.) yang harus dihantarkan dalam pelayanan normal.

Perlengkapan juga harus mampu untuk menghantarkan arus yang mungkin mengalir dalam kondisi abnormal untuk periode waktu yang ditentukan oleh karakteristik dari gawai proteksi.

512.1.3 Frekuensi

Jika frekuensi mempunyai pengaruh pada karakteristik perlengkapan, frekuensi pengenalan perlengkapan harus sesuai dengan frekuensi arus dalam sirkuit terkait.

512.1.4 Daya

Perlengkapan yang dipilih dari karakteristik dayanya, harus sesuai untuk kondisi operasional normal dengan memperhitungkan faktor beban.

512.1.5 Kompatibilitas

Kecuali jika tindakan hati-hati yang sesuai diambil selama pemasangan, semua perlengkapan harus dipilih sedemikian sehingga tidak akan menyebabkan efek yang merusak pada perlengkapan lain maupun mengganggu suplai selama pelayanan normal, termasuk operasi penyakelaran.

512.2 Pengaruh eksternal

512.2.1 Perlengkapan listrik harus dipilih dan dipasang menurut persyaratan Tabel 51A, yang menunjukkan karakteristik perlengkapan yang perlu menurut pengaruh eksternal yang akan dialami oleh perlengkapan.

Karakteristik perlengkapan harus ditentukan dengan tingkat proteksi atau dengan kesesuaian pengujian.

512.2.2 Jika perlengkapan berkaitan dengan konstruksinya tidak mempunyai karakteristik yang relevan terhadap pengaruh eksternal di lokasinya, namun boleh digunakan pada kondisi yang tersedia dengan proteksi tambahan yang sesuai pada pemasangan instalasi. Proteksi demikian tidak boleh berpengaruh buruk terhadap operasi dari perlengkapan yang diproteksi demikian.

512.2.3 Jika pengaruh eksternal yang berlainan terjadi secara simultan, pengaruh ini dapat mempunyai efek independen atau bersama dan tingkat proteksi harus disediakan yang sesuai.

512.2.4 Pemilihan perlengkapan sesuai dengan pengaruh eksternal tidak saja untuk berfungsinya secara baik, tetapi juga untuk memastikan keandalan dari tindakan proteksi untuk keselamatan sesuai dengan persyaratan PUIL secara umum. Tindakan proteksi yang diberikan oleh konstruksi dari perlengkapan dapat berlaku hanya untuk kondisi yang diberikan pada pengaruh eksternal jika pengujian spesifikasi perlengkapan yang terkait dilakukan pada kondisi pengaruh eksternal tersebut.

CATATAN 1 Untuk tujuan standar ini, kelas pengaruh eksternal berikut secara konvensional dianggap sebagai normal:

AA	Suhu ambien	AA4
AB	Kelembapan atmosfer	AB4
	Kondisi lingkungan lain (AC hingga AR)	XX1 dari setiap parameter
	Utilisasi dan konstruksi bangunan (B dan C)	{ XX1 dari setiap parameter, kecuali XX2 untuk parameter BC

CATATAN 2 Kata "normal" yang ada di kolom ketiga dari tabel menunjukkan bahwa perlengkapan biasanya harus memenuhi standar IEC yang dapat diterapkan

Tabel 51A – Karakteristik pengaruh eksternal

Kode	Pengaruh eksternal	Karakteristik yang disyaratkan untuk pemilihan dan pemasangan perlengkapan	Acuan
A	Kondisi lingkungan		
AA	Suhu ambien Suhu ambien adalah suhu udara lingkungan tempat perlengkapan akan dipasang Diasumsikan bahwa lingkungan mencakup efek dari perlengkapan lain yang terpasang di lokasi yang sama. Suhu ambien yang akan diperkirakan untuk perlengkapan adalah suhu di tempat perlengkapan akan dipasang sebagai hasil dari pengaruh perlengkapan lain di lokasi yang sama, bila beroperasi, dengan tidak memperhitungkan kontribusi termal dari perlengkapan yang akan dipasang Batas bawah dan batas atas dari julat suhu ambien:		
AA1	-60 °C +5 °C	Perlengkapan di desain khusus atau susunan yang sesuai ^a	Mencakup julat suhu dalam IEC 60721-3-3, kelas 3K8, dengan suhu udara tinggi dibatasi hingga +5 °C. Bagian julat suhu dari IEC 60721-3-4, kelas 4K4, dengan suhu udara rendah dibatasi hingga -60 °C dan suhu udara tinggi dibatasi hingga +5 °C.
AA2	-40 °C +5 °C		Bagian julat suhu dari IEC 60721-3-3, kelas 3K7, dengan suhu udara tinggi dibatasi hingga +5 °C. Termasuk bagian julat suhu dari IEC 60721-3-4, kelas 4K3, dengan suhu udara tinggi dibatasi hingga +5 °C
AA3	-25 °C +5 °C		Bagian julat suhu dari IEC 60721-3-3, kelas 3K6, dengan suhu udara tinggi dibatasi hingga +5 °C. Termasuk julat suhu dari IEC 60721-3-4, kelas 4K1, dengan suhu udara tinggi dibatasi hingga +5 °C
AA4	-5 °C +40 °C		Normal (dalam kasus tertentu tindakan khusus mungkin diperlukan)

Tabel 51A (lanjutan)

Kode	Pengaruh eksternal	Karakteristik yang disyaratkan untuk pemilihan dan pemasangan perlengkapan	Acuan
AA5	+5 °C +40°C	Normal	Identik dengan julat suhu dari IEC 60721-3-3, kelas 3K3
AA6	+5 °C +60 °C	Perlengkapan didesain khusus atau susunan yang sesuai	Bagian julat suhu dari IEC 60721-3-3, kelas 3K7, dengan suhu rendah udara dibatasi hingga +5 °C dan suhu tinggi udara dibatasi hingga +60 °C. termasuk julat suhu dari IEC 60721-3-4, kelas 4K4 dengan suhu rendah udara dibatasi hingga +5 °C
AA7	-25 °C +55 °C	Perlengkapan didesain khusus atau susunan yang sesuai	- Identik dengan julat suhu dari IEC 60721-3-3 kelas 3K6
AA8	-50 °C +40 °C		- Identik dengan julat suhu dari IEC 60721-3-4 kelas 4K3
<p>Kelas suhu ambien hanya diterapkan jika kelembapan tidak berpengaruh</p> <p>Suhu rata-rata selama periode 24 jam tidak boleh melebihi 5 °C dibawah batas atas</p> <p>Kombinasi dari dua julat untuk menentukan beberapa lingkungan mungkin diperlukan. Instalasi terkena suhu di luar julat memerlukan konsiderasi khusus</p> <p>^a Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)</p> <p>^b Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan</p> <p>^c Ini berarti bahwa sebaiknya dibuat susunan khusus, misalnya, antara pendesain instalasi dan pabrikan perlengkapan, misalnya untuk perlengkapan yang didesain khusus</p>			

Tabel 51A (lanjutan)

Kode	Pengaruh eksternal			Karakteristik yang disyaratkan untuk pemilihan dan pemasangan perlengkapan	Acuan
	Suhu udara °C a)rendah b) tinggi	Kelembapan relatif % c)rendah d) tinggi	Kelembapan absolut g/m ³ e)rendah f) tinggi		
AB	Kelembapan atmosfer				
AB1	-60 +5	3 100	0,003 7	Lokasi di dalam dan di luar dengan suhu ambien sangat rendah Harus dibuat susunan yang sesuai	Mencakup julat suhu dari IEC 60721-3-3, kelas 3K8, dengan suhu udara tinggi dibatasi hingga +5 °C. Bagian julat suhu dari IEC 60721-3-4, kelas 4K4, dengan suhu udara rendah dibatasi hingga 60 °C dan suhu udara tinggi dibatasi hingga +5 °C
AB2	-40 +5	10 100	0,1 7	Lokasi di dalam dan di luar dengan suhu ambien rendah Harus dibuat susunan yang sesuai	Bagian julat suhu dari IEC 60721-3-3, kelas 3K7, dengan suhu tinggi dibatasi hingga +5 °C. Bagian dari julat suhu dari IEC 60721-3-4, kelas 4K4, dengan suhu udara rendah dibatasi hingga 60 °C dan suhu udara tinggi dibatasi hingga +5 °C
AB3	-5 +40	5 95	1 29	Lokasi di dalam dan di luar dengan suhu ambien rendah. Harus dibuat susunan yang sesuai	Bagian julat suhu dari IEC 60721-3-3, kelas 3K6, dengan suhu udara tertinggi dibatasi hingga +5 °C. Mencakup julat suhu dari IEC 60721-3-4, kelas 4K1, dengan julat suhu udara tinggi dibatasi hingga +5 °C
<p>^a Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)</p> <p>^b Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan</p> <p>^c Ini berarti bahwa sebaiknya dibuat susunan khusus, misalnya, antara pendesain instalasi dan pabrikan perlengkapan, misalnya untuk perlengkapan yang didesain khusus</p>					

Tabel 51A (lanjutan)

Kode	Pengaruh eksternal			Karakteristik yang disyaratkan untuk pemilihan dan pemasangan perlengkapan	Acuan
	Suhu udara °C rendah tinggi	Kelembapan relatif % rendah tinggi	Kelembapan absolut g/m ³ rendah tinggi		
AB4	-5 +40	5 95	1 29	Lokasi dilindungi terhadap cuaca yang tidak dilengkapi dengan kendali suhu maupun kendali kelembapan. Pemanasan boleh digunakan untuk menaikkan suhu ambien yang rendah	Identik dengan julat suhu dari IEC 60721-3-3, kelas 3K5. Suhu udara tinggi dibatasi hingga +40 °C
AB5	+5 +40	5 85	1 25	Normal ^b Lokasi dilindungi terhadap cuaca dengan kendali suhu	Identik dengan julat suhu dari IEC 60721-3-3 kelas 3K3
AB6	+5 +60	10 100	1 35	Normal ^b Lokasi di dalam dan di luar dengan suhu ambien sangat tinggi, pengaruh suhu lingkungan yang dingin dicegah. Terjadi radiasi matahari dan bahang	Sebagian dengan julat suhu dari IEC 60721-3-3 kelas 3K7, dengan suhu udara rendah dibatasi hingga +5 °C dan suhu udara tinggi dibatasi hingga +60 °C. Termasuk julat suhu dari IEC 60721-3-4, kelas 4K4, dengan suhu udara rendah dibatasi hingga +5 °C
AB7	-25 +55	15 100	0,5 29	Lokasi di dalam dilindungi terhadap cuaca yang tidak dilengkapi kendali suhu maupun kendali kelembapan, lokasi dapat berlubang langsung ke udara terbuka dan terkena radiasi matahari	Identik dengan julat suhu dari IEC 60721-3-3, kelas 3K6
AB8	-50 +40	15 100	0,04 36	Lokasi di luar dan tidak terlindung terhadap cuaca dengan suhu rendah dan tinggi Harus dilakukan pengaturan yang sesuai ^c	Identik dengan julat suhu dari IEC 60721-3-4 kelas 4K3
<p>^a Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)</p> <p>^b Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan</p> <p>^c Ini berarti bahwa pengaturan khusus perlu dilakukan, misalnya, antara pendesain instalasi dan pabrikan perlengkapan, yaitu untuk perlengkapan didesain khusus</p>					
<p>CATATAN 1 Semua nilai yang ditentukan adalah nilai maksimum atau nilai batas yang kecil kemungkinannya akan dilampaui</p> <p>CATATAN 2 Kelembapan relatif rendah dan tinggi dibatasi oleh kelembapan absolut rendah dan tinggi, sehingga misalnya untuk parameter lingkungan a dan c, atau b dan d, nilai batas yang diberikan tidak terjadi secara simultan. Oleh karena itu Lampiran B memuat klimatogram yang menguraikan interdependensi dari suhu udara, kelembapan relatif dan kelembapan absolut untuk kelas iklim yang ditentukan.</p>					

Tabel 51A (lanjutan)

Kode	Pengaruh eksternal	Karakteristik yang disyaratkan untuk pemilihan dan pemasangan perlengkapan	Acuan
AC	Ketinggian		
AC1	$\leq 2\ 000\ m$	Normal ^b	
AC2	$> 2\ 000\ m$	Mungkin memerlukan tindakan khusus seperti penerapan factor <i>derating</i> Untuk beberapa perlengkapan pengaturan khusus mungkin perlu pada ketinggian 1 000 m dan lebih tinggi	
AD	Terdapat air		
AD1	Diabaikan	Kemungkinan terdapatnya air diabaikan Lokasi yang biasanya tidak terdapat dinding yang memperlihatkan jejak air tetapi mungkin hanya ada selama periode singkat, misalnya dalam bentuk uap air yang mengering cepat dengan ventilasi yang baik IPX0	IEC 60721-3-4, kelas4Z6 IEC 60529
AD2	Tetes jatuh bebas	Kemungkinan tetesan air jatuh vertikal Lokasi yang sewaktu-waktu uap air mengondensasi sebagai butiran air atau uap sewaktu-waktu ada IPX1 atau IPX2	IEC 60721-3-3, kelas3Z7 IEC 60529
AD3	Siraman	Kemungkinan air jatuh sebagai siraman dengan sudut hingga 60° dari vertical Lokasi tempat air yang disiramkan membentuk lapisan tipis pada lantai dan atau dinding IPX3	IEC 60721-3-3, kelas3Z8 IEC 60721-3-4, kelas4Z7 IEC 60529
AD4	Semprotan	Kemungkinan air menyemprot dari setiap arah Lokasi tempat perlengkapan terkena semprotan air, kejadian ini, misalnya, pada luminer eksternal tertentu, perlengkapan konstruksi proyek IPX4	IEC 60721-3-3, kelas3Z9 IEC 60721-3-4, kelas4Z7 IEC 60529
AD5	Semburan	Kemungkinan semburan air dari semua arah Lokasi tempat air panas biasanya digunakan (kebun, tempat cuci mobil) IPX5	IEC 60721-3-3, kelas3Z10 IEC 60721-3-4, kelas4Z8 IEC 60529
AD6	Ombak	Kemungkinan ombak air Lokasi pinggir laut misalnya dermaga, pantai, kade, dsb. IPX6	IEC 60721-3-4, kelas4Z8 IEC 60529
<p>^a Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)</p> <p>^b Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan</p> <p>^c Ini berarti bahwa pengaturan khusus perlu dilakukan, misalnya, antara pendesain instalasi dan pabrikan perlengkapan, yaitu untuk perlengkapan didesain khusus</p>			

Tabel 51A (lanjutan)

Kode	Pengaruh eksternal	Karakteristik yang disyaratkan untuk pemilihan dan pemasangan perlengkapan	Acuan
AD7	Pencelupan	<p>Kemungkinan intermiten sebagian atau seluruhnya tertutup oleh air Lokasi yang mungkin dibanjiri dan atau tempat perlengkapan dicelupkan sebagai berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perlengkapan dengan ketinggian kurang dari 850 mm ditempatkan sedemikian sehingga titik terendahnya tidak lebih dari 1 000 mm di bawah permukaan air • Perlengkapan dengan ketinggian yang sama dengan atau lebih besar dari 850 mm ditempatkan sedemikian sehingga titik tertingginya tidak lebih dari 150 mm di bawah permukaan air. <p>IPX7</p>	IEC 60529
AD8	Perendaman	<p>Kemungkinan tertutup dengan air secara permanen dan keseluruhan. Lokasi seperti kolam renang yang perlengkapan listriknya secara permanen dan seluruhnya tertutup dengan air pada tekanan yang lebih besar dari 10 kPa.</p> <p>IPX8</p>	
AE	Terdapat benda padat asing atau debu		
AE1	Diabaikan	<p>Banyaknya atau sifat debu atau benda padat asing tidak signifikan</p> <p>IP0X</p>	IEC 60721-3-3, kelas 3S1 IEC 60721-3-4, kelas 4S1 IEC 69529
AE2	Benda kecil (2,5 mm)	<p>Terdapat benda padat asing dengan ukuran terkecil tidak kurang dari 2,5 mm</p> <p>IPX3</p>	IEC 60721-3-3, kelas 3S2 IEC 60721-3-4, kelas 4S2 IEC 60529
AE3	Benda sangat kecil (1 mm)	<p>Perkakas dan benda kecil adalah contoh benda padat asing dengan ukuran terkecil paling sedikit 2,5 mm</p> <p>Terdapat benda padat asing dengan ukuran terkecil tidak kurang dari 1 mm</p> <p>IP4X</p> <p>Kawat adalah contoh benda padat asing dengan ukuran terkecil tidak kurang dari 1 mm</p>	IEC 60721-3-3, kelas 3S3 IEC 60721-3-4, kelas 4S2 IEC 60529
<p>^a Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)</p> <p>^b Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan</p> <p>^c Ini berarti bahwa pengaturan khusus perlu dilakukan, misalnya, antara pendesain instalasi dan pabrikan perlengkapan, yaitu untuk perlengkapan didesain khusus</p>			

Tabel 51A (lanjutan)

Kode	Pengaruh eksternal	Karakteristik yang disyaratkan untuk pemilihan dan pemasangan perlengkapan	Acuan
AE4	Debu sedikit	Terdapat endapan tipis debu 10 < endapan debu ≤ 35 mg/m ² per hari IPX5 atau perlengkapan IP6X jika debu tidak akan masuk ke perlengkapan	IEC 60721-3-3, kelas 3S2 IEC 60721-3-4, kelas 4S3 IEC 60529
AE5	Debu sedang	Terdapat endapan debu sedang 35 < endapan debu ≤ 350 mg/m ² per hari IP5X atau perlengkapan IP6X jika debu tidak akan masuk ke perlengkapan	IEC 60721-3-3, kelas 3S3 IEC 60721-3-4, kelas 4S3 IEC 60529
AE6	Debu banyak	Terdapat endapan debu banyak 350 < endapan debu ≤ 1 000 mg/m ² per hari IP6X	IEC 60721-3-3, kelas 3S4 IEC 60721-3-4, kelas 4S4 IEC 60529
AF	Terdapat zat yang korosif atau penyebab polusi		
AF1	Diabaikan	Banyaknya atau sifat zat korosif atau penyebab polusi tidak berarti Normal ^b	IEC 60721-3-3, kelas 3C1 IEC 60721-3-4, kelas 4C1
AF2	Pengaruh atmosfer	Terdapat zat korosif atau penyebab polusi dari sumber atmosfer yang signifikan Instalasi terletak dekat laut atau dekat zone industri yang memproduksi polusi atmosfer yang serius, seperti pabrik kimia, pabrik semen; jenis polusi ini timbul khususnya dalam produksi debu yang menggerus, menginsulasi atau konduktif.	IEC 60721-3-3, kelas 3C2 IEC 60721-3-4, kelas 4C2
AF3	Intermiten atau sewaktu-waktu	Menurut sifat zat (misalnya memenuhi uji kabut garam sesuai IEC 60068-2-11) Intermiten atau sewaktu-waktu terkena zat kimia yang korosif atau menyebabkan polusi yang sedang digunakan atau diproduksi Lokasi tempat beberapa produk kimia sedang dikerjakan dalam jumlah kecil dan produk tersebut dapat terkena dengan tidak sengaja ke perlengkapan listrik; kondisi demikian terdapat dalam laboratorium pabrik, laboratorium lainnya atau dalam lokasi tempat hidrokarbon digunakan (ruang ketel uap, bengkel mobil dsb.) Proteksi terhadap korosi menurut spesifikasi perlengkapan	IEC 60721-3-3, kelas 3C3 IEC 60721-3-4, kelas 4C3
^a Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)			
^b Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan			
^c Ini berarti bahwa pengaturan khusus perlu dilakukan, misalnya, antara pendesain instalasi dan pabrikan perlengkapan, yaitu untuk perlengkapan didesain khusus			

Tabel 51A (lanjutan)

Kode	Pengaruh eksternal	Karakteristik yang disyaratkan untuk pemilihan dan pemasangan perlengkapan	Acuan
AF4	Kontinu	Secara kontinu terkena zat kimia korosif atau menyebabkan polusi dalam jumlah yang substansial, misalnya pabrik kimia Perlengkapandi desain khusus menurut sifat zat	IEC 60721-3-3, kelas 3C4 IEC 60721-3-4, kelas 4C4
<p>^a Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)</p> <p>^b Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan</p> <p>^c Ini berarti bahwa pengaturan khusus perlu dilakukan, misalnya, antara pendesain instalasi dan pabrikan perlengkapan, yaitu untuk perlengkapan didesain khusus.</p>			
AG	Kejut mekanikal (lihat Lampiran C)		
AG1	Kekasaran rendah	Normal, misalnya perlengkapan rumah tangga dan yang sejenis	IEC 60721-3-3, kelas 3M1/3M2/3M3 IEC 60721-3-4, kelas 4M1/4M2/4M3
AG2	Kekasaran sedang	Perlengkapan industri standar, jika ada, proteksi diperkuat	IEC 60721-3-3, kelas 3M4/3M5/3M6 IEC 60721-3-4, kelas 4M4/4M5/4M6
AG3	Kekasaran tinggi	Proteksi diperkuat	IEC 60721-3-3, kelas 3M7/3M8 IEC 60721-3-4, kelas 4M7/4M8
AH	Getaran (lihat Lampiran C)		
AH1	Getaran rendah	Kondisi rumah tangga dan yang sejenis yang efek getaran biasanya diabaikan Normal ^a	IEC 60721-3-3, kelas 3M1/3M2/3M3 IEC 60721-3-4, kelas 4M1/4M2/4M3
AH2	Getaran sedang	Kondisi industri biasa Perlengkapan didesain khusus atau susunan khusus	IEC 60721-3-3, kelas 3M4/3M5/3M6 IEC 60721-3-4, kelas 4M4/4M5/4M6
AH3	Getaran keras	Instalasi industri terkena getaran keras. Perlengkapan didesain khusus atau susunan khusus	IEC 60721-3-3, kelas 3M7/3M8 IEC 60721-3-4, kelas 4M7/4M8
^a Ini berarti perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan			

Tabel 51A (lanjutan)

Kode	Pengaruh eksternal	Karakteristik yang disyaratkan untuk pemilihan dan pemasangan perlengkapan	Acuan
AK	Terdapat tanaman dan atau tumbuhan lumut		
AK1	Tidak berbahaya	Bahaya merusak dari tanaman dan atau tumbuhan lumut Normal ^a	IEC 60721-3-3, kelas 3B1 IEC 60721-3-4, kelas 4B1
AK2	Berbahaya	Bahaya merusak dari tanaman dan atau tumbuhan lumut Bahaya tergantung pada kondisi setempat dan sifat tanaman. Sebaiknya membedakan antara tumbuhan berbahaya dari tanaman atau kondisi untuk memperbesar tumbuhnya lumut Proteksi khusus, misalnya: - Menaikkan tingkat proteksi (lihat AE) - material khusus atau pelapisan proteksi pada selungkup - susunan tanpa tanaman di lokasi	IEC 60721-3-3, kelas 3B2 IEC 60721-3-4, kelas 4B2
^a Ini berarti perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan			

Tabel 51A (lanjutan)

Kode	Pengaruh eksternal	Karakteristik yang disyaratkan untuk pemilihan dan pemasangan perlengkapan	Acuan
AL	Terdapat binatang		
AL1	Tak berbahaya	Tidak ada bahaya merusak disebabkan binatang	IEC 60721-3-3, kelas 3B1 IEC 60721-3-4, kelas 4B1
AL2	Berbahaya	Normal ^b Bahaya yang merusak oleh binatang (serangga, burung, binatang kecil) Bahaya tergantung pada sifat binatang. Sebaiknya membedakan antara: - adanya serangga dalam jumlah merusak atau bersifat agresif; - adanya binatang kecil atau burung dalam jumlah merusak atau bersifat agresif Proteksi dapat mencakup: - tingkat proteksi yang sesuai terhadap masuknya benda padat asing (lihat AE) - daya tahan mekanikal yang cukup (lihat AG) - tindakan pencegahan untuk mencegah binatang dari lokasi (seperti kebersihan, penggunaan pestisida); - perlengkapan khusus atau pelapisan proteksi pada selungkup	IEC 60721-3-3, kelas 3B2 IEC 60721-3-4, kelas 4B2
AM	Pengaruh elektromagnetik, elektrostatik, atau ionisasi (lihat seri IEC 61000-2 dan seri IEC 61000-4)		
	Fenomena elektromagnetik frekuensi rendah		
	Harmonik, interharmonik		
AM1-1	Tingkat dikendalikan	Sebaiknya berhati-hati agar situasi terkendali tidak terganggu	Sesuai dengan Tabel 1 dari IEC 61000-2-2
AM1-2	Tingkat normal	Tambahan khusus dalam desain instalasi, misalnya filter	Setempat lebih tinggi dari Tabel 1 dari IEC 61000-2-2
AM1-3	Tingkat tinggi		
	Voltase pemberi sinyal		
AM2-1	Tingkat dikendalikan	Kemungkinan memblok sirkuit	Lebih rendah dari yang ditentukan dibawah IEC 61000-2-1 dan
AM2-2	Tingkat menengah	Tidak ada persyaratan tambahan	IEC 61000-2-2
AM2-3	Tingkat tinggi	Tindakan sesuai	
^a Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)			
^b Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan			
^c Ini berarti bahwa pengaturan khusus perlu dilakukan, misalnya, antara pendesain instalasi dan pabrikan perlengkapan, yaitu untuk perlengkapan didesain khusus			

Tabel 51A (lanjutan)

Kode	Pengaruh eksternal	Karakteristik yang disyaratkan untuk pemilihan dan pemasangan perlengkapan	Acuan
AM-3-1 AM-3-2	Variasi amplitudo voltase		
	Tingkat terkendali Tingkat normal	Sesuai dengan IEC 60364-4-44	
AM-4	Voltase tak seimbang		Sesuai dengan IEC 61000-2-2
AM-5	Variasi frekuensi daya		± 1 Hz menurut IEC 61000-2-2
AM-6	Voltase frekuensi rendah terinduksi		
	Tidak ada klasifikasi	Mengacu ke IEC 60364-4-44 Daya tahan tinggi dari sinyal dan sistem kendali dari PHBK	ITU-T
AM-7	Arus searah dalam jejaring a.b.		
	Tidak ada klasifikasi	Tindakan untuk membatasi keadaannya dalam tingkatan dan waktu dalam perlengkapan pengguna listrik atau sekitarnya	
AM-8-1 AM-8-2	Medan magnetic teradiasi		
	Tingkat menengah Tingkat tinggi	Normal ^b Proteksi dengan tindakan yang sesuai misalnya penyaringan dan atau pemisahan	Tingkat 2 dari IEC 61000-4-8 Tingkat 4 dari IEC 61000-4-8
AM-9-1 AM-9-2 AM-9-3 AM-9-4	Medan listrik		IEC 61000-2-5
	Tingkat diabaikan	Normal ^b	
	Tingkat menengah	Mengacu ke IEC 61000-2-5	
	Tingkat tinggi	Mengacu ke IEC 61000-2-5	
AM-21	Fenomena elektromagnetik frekuensi tinggi dikonduksikan, dialirkan atau teradiasi (secara kontinu atau transien)		
	Voltase atau arus beresilasi dialirkan Tidak ada klasifikasi	Normal ^b	IEC 61000-4-6
^a Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)			
^b Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan			
^c Ini berarti bahwa pengaturan khusus perlu dilakukan, misalnya, antara pendesain instalasi dan pabrikan perlengkapan, yaitu untuk perlengkapan didesain khusus			

Tabel 51A (lanjutan)

Kode	Pengaruh eksternal	Karakteristik yang disyaratkan untuk pemilihan dan pemasangan perlengkapan	Acuan
	<i>Transien terkonduksi unidireksional dari skala waktu nano detik</i>		IEC 61000-4-4
AM-22-1	Tingkat diabaikan	Tindakan proteksi diperlukan	Tingkat 1
AM-22-2	Tingkat menengah	Tindakan proteksi diperlukan (lihat 321.10.2.2)	Tingkat 2
AM-22-3	Tingkat tinggi	Perlengkapan normal	Tingkat 3
AM-22-4	Tingkat sangat tinggi	Perlengkapan dengan imunitas tinggi	Tingkat 4
	<i>Transien terkonduksi unidireksional dari skala waktu mikrodetik hingga milidetik</i>		
AM-23-1	Tingkat dikendalikan	Daya tahan impuls dari perlengkapan dan sarana proteksi voltase lebih dipilih dengan mempertimbangkan voltase suplai nominal dan kategori daya tahan impuls sesuai IEC 60364-4-44	IEC 60364-4-44
AM-23-2	Tingkat menengah		IEC 69364-4-44
AM-23-2	Tingkat tinggi		
	<i>Transien beresilasi yang dialirkan</i>		
AM-24-1	Tingkat menengah	Mengacu ke IEC 61000-4-12	IEC 61000-4-12
AM-24-2	Tingkat tinggi	Mengacu ke IEC 60255-22-1	IEC 60255-22-1
	<i>Fenomena frekuensi tinggi teradiasi</i>		IEC 61000-4-3
AM-25-1	Tingkat diabaikan	Normal ^b Tingkat diperkuat	Tingkat 1
AM-25-2	Tingkat menengah		Tingkat 2
AM-25-3	Tingkat tinggi		Tingkat 3
	<i>Peluhan elektrostatik</i>		IEC 61000-4-2
AM-31-1	Tingkat kecil	Normal ^b	Tingkat 1
AK-31-2	Tingkat menengah	Normal ^b	Tingkat 2
AM-31-3	Tingkat tinggi	Normal ^b	Tingkat 3
AM-31-4	Tingkat sangat tinggi	Diperkuat	Tingkat 4
AM-41-1	<i>Ionisasi</i> Tidak ada klasifikasi	Proteksi khusus seperti: - Terpisah dari sumber - Interposisi dari skrin, selungkup dengan material khusus	
^a Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus) ^b Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan ^c Ini berarti bahwa pengaturan khusus perlu dilakukan, misalnya, antara pendesain instalasi dan pabrikan perlengkapan, yaitu untuk perlengkapan didesain khusus			

Tabel 51A (lanjutan)

Kode	Pengaruh eksternal	Karakteristik yang disyaratkan untuk pemilihan dan pemasangan perlengkapan	Acuan
AN AN1	<i>Radiasi matahari</i>		
AN2	Rendah	Intensitas $\leq 500 \text{ W/m}^2$ Normal ^b	IEC 60721-3-3
AN3	Menengah	$500 \text{ W/m}^2 < \text{intensitas} \leq 700 \text{ W/m}^2$ Harus dibuat susunan yang sesuai ^c	IEC 60721-3-3
	Tinggi	$700 \text{ W/m}^2 < \text{intensitas} \leq 1200 \text{ W/m}^2$ Harus dibuat susunan yang sesuai ^c Susunan demikian dapat: - material tahan terhadap radiasi ultra violet - pelapisan dengan warna khusus - interposisi dari skrin	IEC 60721-3-4
AP	<i>Efek seismic</i>		
AP1	Diabaikan	Akselerasi $\leq 30 \text{ Gal}$ (1 Gal = 1 cm/s ²)	
	Goncangan rendah	Normal	
AP2	Goncangan menengah	$30 \text{ Gal} < \text{akselerasi} \leq 300 \text{ Gal}$ masih dipertimbangkan	
AP3	Goncangan keras	$300 \text{ Gal} < \text{akselerasi} \leq 600 \text{ Gal}$ masih dipertimbangkan	
AP4		$600 \text{ Gal} < \text{akselerasi}$ masih dipertimbangkan Getaran yang dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan ada di luar pertimbangan frekuensi tidak turut dipertimbangkan dalam klasifikasi; walaupun demikian, jika gelombang seismic beresonansi dengan bangunan, efek seismic harus khusus dipertimbangkan. Pada umumnya, frekuensi akselerasi seismic berada antara 0 Hz dan 10 Hz	
AQ	<i>Petir</i>		
AQ1	Diabaikan	≤ 25 hari per tahun atau hasil penilaian risiko sesuai dengan Ayat 443 dari IEC 60464-4-44	
AQ2	Pemaparan tidak langsung	Normal > 25 hari per tahun atau penilaian risiko sesuai dengan Ayat 443 dari IEC 60364-4-44	
AQ3	Pemaparan langsung	Normal Bahaya dari pemaparan perlengkapan Jika diperlukan proteksi petir, harus diatlas sesuai IEC 61024-1	
^a Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)			
^b Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan			
^c Ini berarti bahwa pengaturan khusus perlu dilakukan, misalnya, antara pendesain instalasi dan pabrikan perlengkapan, yaitu untuk perlengkapan didesain khusus			

Tabel 51A (lanjutan)

Kode	Pengaruh eksternal	Karakteristik yang disyaratkan untuk pemilihan dan pemasangan perlengkapan	Acuan
AR	<i>Gerakan udara</i>		
AR1	Rendah	Laju ≤ 1 m/s Normal ^b	
AR2	Menengah	1 m/s < laju ≤ 5 m/s Harus dibuat pengaturan yang sesuai ^c	
AR3	Tinggi	5 m/s < laju ≤ 10 m/s Harus dibuat pengaturan yang sesuai ^c	
AS	<i>Angin</i>		
AS1	Rendah	Laju ≤ 20 m/s Normal ^b	
AS2	Menengah	20 m/s < laju ≤ 30 m/s Harus dibuat pengaturan yang sesuai ^c	
AS3	Tinggi	30 m/s < laju ≤ 50 m/s Harus dibuat pengaturan yang sesuai ^c	
B	<i>Utilisasi</i>		
BA	<i>Kemampuan seseorang</i>		
BA1	Biasa	Orang awam Normal ^b	
BA2	Anak-anak	Lokasi dimaksudkan adanya kelompok anak-anak ^d Perawatan anak-anak Perlengkapan dengan tingkat proteksi lebih tinggi dari IP2X. Harus dilengkapi dengan kotak kontak dengan paling sedikit IP2X atau IPXXB dan dengan proteksi ditingkatkan sesuai IEC 60884-1 Perlengkapan tidak dapat dijangkau yang suhu eksternalnya melebihi 80 °C (60 °C untuk ruang perawatan anak dan yang sejenis)	
BA3	Orang cacat	Orang yang tidak menguasai semua kemampuan fisik dan intelektualnya (orang sakit, orang tua) Hospital Sesuai sifat orang cacat	
BA4	Orang terlatih	Orang yang cukup terlatih atau diawasi oleh orang trampil untuk memungkinkan mereka menghindari bahaya yang dapat disebabkan listrik (staf operasi dan pemeliharaan) Daerah operasi listrik	
BA5	Orang trampil	Orang dengan pengetahuan teknik atau berpengalaman cukup untuk memungkinkan menghindari bahaya yang dapat disebabkan listrik (insinyur dan teknisi) Daerah operasi listrik tertutup	
<p>^a Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)</p> <p>^b Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan</p> <p>^c Ini berarti bahwa pengaturan khusus perlu dilakukan, misalnya, antara pendesain instalasi dan pabrikan perlengkapan, yaitu untuk perlengkapan didesain khusus</p>			

Tabel 51A (lanjutan)

Kode	Pengaruh eksternal	Karakteristik yang disyaratkan untuk pemilihan dan pemasangan perlengkapan	Acuan
BB		<i>Resistans listrik badan manusia (masih dipertimbangkan)</i>	
BC		<i>Kontak orang dengan potensial bumi</i>	
		Kelas perlengkapan menurut IEC 61140	
		0-0I I II III	
BC1	Tidak ada	Orang dalam situasi nonkonduktif	413.3 dari IEC 60364-4-41
		A Y A A	
BC2	Rendah	Orang yang yang tidak dalam kondisi biasa menyentuh BKE atau berdiri pada permukaan konduktif:	
		A A A A	
BC3	Sering	Orang yang sering menyentuh BKE atau berdiri pada permukaan yang konduktif	
		Lokasi dengan BKE banyak atau daerahnya luas	
		X A A A	
		A Perlengkapan diijinkan X Perlengkapan dilarang Y Dijinkan bila digunakan sebagai kelas 0	
BC4	Terus menerus	Orang yang masuk dalam air atau dalam waktu lama kontak permanen dengan sekitar yang metalik dan yang bagi mereka kemungkinannya memutuskan kontak terbatas	
		Sekitar yang metalik seperti ketel dan tangki	
		Dalam pertimbangan	
BD	<i>Kondisi evakuasi dalam keadaan darurat</i>		
BD1	<i>(Kepadatan rendah/ jalan keluar mudah)</i>	<i>Okupasi kepadatan rendah, kondisi mudah waktu evakuasi</i> <i>Bangunan ketinggian normal atau rendah untuk kehidupan</i> <i>Normal</i>	
BD2	<i>(Kepadatan rendah/keluar sulit)</i>	<i>Okupasi kepadatan rendah, evakuasi kondisi sulit</i>	
BD3	<i>(Kepadatan tinggi/keluar mudah)</i>	<i>Bangunan tinggi</i> <i>Okupasi kepadatan tinggi, kondisi sulit waktu evakuasi</i>	
BD4	<i>(Kepadatan tinggi/keluar sulit)</i>	<i>Lokasi terbuka bagi umum (gedung pertunjukan, bioskop, pertokoan, dsb)</i> <i>Okupasi kepadatan tinggi, kondisi sulit waktu evakuasi</i> <i>Bangunan tinggi terbuka bagi umum (hotel, hospital, dsb)</i>	
^a Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)			
^b Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan			
^c Ini berarti bahwa pengaturan khusus perlu dilakukan, misalnya, antara pendesain instalasi dan pabrikan perlengkapan, yaitu untuk perlengkapan didesain khusus			

Tabel 51A (lanjutan)

Kode	Pengaruh eksternal	Karakteristik yang disyaratkan untuk pemilihan dan pemasangan perlengkapan	Acuan
BE	<i>Sifat material yang diolah atau disimpan</i>		
BE1	Tidak ada risiko signifikan	Normal ^b	
BE2	Risiko kebakaran	Fabrikasi, pengolahan atau penyimpanan material yang dapat menyala termasuk terdapatnya debu Gudang, bengkel pengerjaan kayu, pabrik kertas Perlengkapan terbuat dari material yang memperlambat penyebaran api. Susunan sedemikian, sehingga kenaikan suhu yang signifikan atau latu di dalam perlengkapan listrik tidak menyulut api eksternal	IEC 60364-4-42 IEC 60364-5-52
BE3	Risiko ledakan	Pengolahan atau penyimpanan material dapat meledak atau dengan titik nyala rendah termasuk adanya debu eksplosif Penyulingan minyak, penyimpanan hidrokarbon Persyaratan untuk apparatus listrik untuk atmosfer eksplosif (lihat IEC 60079)	Masih dipertimbangkan
BE4	Risiko kontaminasi	Terdapat bahan makanan, obat-obatan tidak diproteksi, dan produk sejenis tanpa proteksi Industri bahan makanan, dapur Tindakan pencegahan mungkin diperlukan, jika terdapat gangguan, untuk mencegah material terkontaminasi oleh perlengkapan listrik, misalnya oleh lampu yang pecah Susunan yang sesuai, umpamanya - proteksi terhadap puing dari lampu pecah dan benda pecah lainnya yang jatuh: - skrin untuk radiasi yang merusak seperti radiasi ultra merah atau ultra violet	Masih dipertimbangkan
^a Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus) ^b Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan ^c Ini berarti bahwa pengaturan khusus perlu dilakukan, misalnya, antara pendesain instalasi dan pabrikan perlengkapan, yaitu untuk perlengkapan didesain khusus ^d Dapat dilengkapi dengan detektor api			

Tabel 51A (lanjutan)

Kode	Pengaruh eksternal	Karakteristik yang disyaratkan untuk pemilihan dan pemasangan perlengkapan	Acuan
C	<i>Pembangunan gedung</i>		
CA	Bahan bangunan		
CA1	Tidak dapat terbakar	Normal ^b	
CA2	Dapat terbakar	Bangunan yang dibangun terutama terbuat dari bahan yang dapat terbakar Bangunan kayu Dalam pertimbangan	IEC 60364-4-42
CB	<i>Desain bangunan</i>		
CB1	Risiko diabaikan	Normal ^b	
CB2	Penyebaran api	Bangunan yang bentuk dan dimensinya memungkinkan penyebaran kebakaran (misalnya efek cerobong asap) Bangunan tinggi, Sistem ventilasi paksa	IEC 60364-4-42 IEC 60364-5-52
CB3	Pergerakan	Perlengkapan terbuat dari bahan yang memperlambat penyebaran api termasuk api yang tidak berasal dari instalasi listrik. Pembatas api ^d Risiko yang disebabkan gerakan struktur (misalnya pergeseran antara bagian yang berbeda dari bangunan atau antara bangunan dengan tanah atau fundasi bangunan) Bangunan yang sangat panjang atau didirikan pada tanah tak stabil	Kontraksi atau sambungan ekspansi (dalam pertimbangan) IEC 60364-4-42
CB4	Fleksibel atau tak stabil	Kontraksi dari sambungan ekspansi pada perkawatan listrik Struktur yang lemah atau terkena gerakan (misalnya osilasi) Tenda, bangunan disangga udara, plafon tergantung, partisi dapat dilepas, instalasi yang strukturnya menyangga sendiri Dalam pertimbangan	Perkawatan fleksibel (dalam pertimbangan) IEC 60364-5-52
^a Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus) ^b Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan ^c Ini berarti bahwa pengaturan khusus perlu dilakukan, misalnya, antara pendesain instalasi dan pabrikan perlengkapan, yaitu untuk perlengkapan didesain khusus ^d Dapat dilengkapi dengan detektor api			

513 Kemungkinan dapat diakses

513.1 Umum

Semua perlengkapan, termasuk perkawatannya, harus disusun sedemikian sehingga memungkinkan beroperasi, pemeriksaan dan pemeliharaan dan akses ke hubungannya. Fasilitas demikian tidak boleh dirusak oleh perlengkapan pemasangannya dalam selengkap atau kompartemen.

514 Identifikasi

514.1 Umum

Harus dilengkapi dengan label atau sarana yang sesuai untuk identifikasi untuk menandakan tujuan perlengkapan hubung bagi dan kendali, kecuali tidak terdapat kemungkinan terhadap keragu-raguan.

Bila berfungsinya perlengkapan hubung bagi dan kendali tidak dapat terlihat oleh operator dan bila hal ini dapat menyebabkan bahaya, indikator yang sesuai, yang diterapkan sesuai IEC 60073 dan IEC 60447, harus dipasang dalam posisi yang terlihat oleh operator.

514.2 Sistem perkawatan

Perkawatan harus disusun atau ditandai sedemikian sehingga dapat dikenali untuk pemeriksaan, pengujian, perbaikan atau perubahan instalasi.

514.3 Identifikasi untuk konduktor netral dan proteksi

514.3.1 Identifikasi untuk konduktor netral dan proteksi yang terpisah harus sesuai IEC 60446.

514.3.2 Konduktor PEN, jika diinsulasi, harus ditandai dengan salah satu metode berikut:

- hijau/kuning sepanjang jalurnya dengan, sebagai tambahan, penandaan biru muda pada terminasinya, atau
- biru muda sepanjang jalurnya dengan, sebagai tambahan, penandaan hijau/kuning pada terminasinya.

CATATAN Pemilihan metode dilakukan oleh panitia nasional.

514.4 Gawai proteksi

Gawai proteksi harus disusun dan diidentifikasi sedemikian sehingga sirkit yang diproteksi dapat mudah dikenali; untuk tujuan ini mungkin lebih mudah untuk mengelompokkannya dalam panel distribusi.

514.5 Gambar

514.5.1 Bila sesuai, gambar, skema atau tabel menurut seri IEC 61346-1 dan IEC 61082 harus dilengkapi, khususnya menandai:

- jenis dan komposisi sirkit (titik penggunaan yang dilayani, jumlah dan ukuran konduktor, jenis perkawatan);
- karakteristik yang perlu untuk identifikasi dari gawai yang melakukan fungsi proteksi, isolasi dan penyakelaran dan lokasinya.

Untuk instalasi yang sederhana informasi yang terdahulu boleh diberikan dalam skedul.

514.5.2 Lambang yang digunakan harus dipilih dari seri IEC 60617.

515 Pencegahan terhadap pengaruh merusak bersama

515.1 Perlengkapan harus dipilih dan dipasang sedemikian sehingga mencegah sembarang pengaruh yang merusak antara instalasi listrik dan sembarang instalasi non-listrik.

Perlengkapan yang tidak dilengkapi dengan pelat belakang tidak boleh dipasang pada permukaan bangunan kecuali persyaratan berikut dipenuhi:

- penerusan voltase ke permukaan bangunan dicegah;
- pemisah api dilengkapi antara perlengkapan dan permukaan bangunan yang dapat terbakar.

Jika permukaan bangunan non-metal dan tidak dapat terbakar, tidak perlu ada penambahan tindakan yang disyaratkan. Jika tidak, persyaratan ini dapat dipenuhi dengan salah satu dari tindakan berikut:

- jika permukaan bangunan mengandung metal, maka harus diberi ikatan penyama ke konduktor proteksi (PE) atau ke konduktor ikatan ekuipotensial dari instalasi, sesuai 413.1.6 dari IEC 60364-4-41 dan IEC 60364-5-54;
- Jika permukaan bangunan dapat terbakar, perlengkapan harus dipisahkan dari dinding dengan lapisan material insulasi di antaranya yang sesuai yang mempunyai peringkat penyalaan FH! menurut IEC 60707.

515.2 Bila perlengkapan yang mengalirkan arus dengan jenis yang berbeda atau voltase yang berlainan dikelompokkan pada rakitan bersama (misalnya panel distribusi, kubikel atau meja atau kotak kendali), maka semua perlengkapan yang terdapat pada salah satu jenis arus atau sembarang voltase dipisahkan secara efektif bila diperlukan untuk menghindari pengaruh merusak bersama.

515.3 Kompatibilitas elektromagnetik

515.3.1 Pemilihan tingkat kekebalan dan emisi

515.3.1.1 Derajat imunitas dari perlengkapan harus memperhitungkan pengaruh elektromagnetik (lihat tabel 51A) yang dapat terjadi jika dihubungkan dan dipasang seperti penggunaan normal, dan dengan memperhitungkan tingkat kontinuitas yang dimaksudkan untuk pelayanan yang perlu untuk penerapannya.

515.3.1.2 Perlengkapan harus dipilih dengan tingkat emisi yang cukup rendah sehingga tidak dapat menyebabkan interferens elektromagnetik disebabkan konduksi listrik atau penerusan di udara dengan perlengkapan listrik lainnya di dalam maupun di luar bangunan. Jika, sarana mitigasi harus dipasang untuk meminimalkan emisi (lihat IEC 60364-4-44).

CATATAN Peranti atau perlengkapan sebaiknya sesuai dengan CISPR 11, CISPR 13, CISPR 14, CISPR 15, CISPR 22 dan panitia teknis standar IEC 77 (seri IEC 61000), yang relevan.

Lampiran A
(Lampiran A IEC 60364-3)
(informatif)

Daftar ringkasan dari pengaruh eksternal

A	AA	<i>Suhu (°C)</i>	AF	<i>Korosi</i>	AM	<i>Radiasi</i>
	AA1	-60 +5	AF1	Diabaikan	AM1	Diabaikan
	AA2	-40 +5	AF 2	Atmosfer	AM2	Arus sebar
	AA3	-25 +5	AF3	Intermiten	AM3	Elektromagnetik
	AA4	- 5 +40	AF4	Terus menerus	AM4	Ionisasi
	AA5	+ 5 +40			AM5	Elektrostatik
	AA6	+ 5 +60	AG	<i>Pukulan</i>	AM6	Induksi
	AB	<i>Suhu dan kelembapan</i>	AG1	Pelan	AN	<i>Sinar matahari</i>
			AG2	Sedang		
			AG3	Keras	AN1	Rendah
	AC	<i>Ketinggian (m)</i>			AN2	Menengah
	AC	≤ 2 000	AH	<i>Vibrasi</i>	AN3	Tinggi
	AC	> 2 000	AH1	Rendah	AP	<i>Seismik</i>
			AH2	Sedang	AP1	Diabaikan
	AD	<i>Air</i>	AH3	Kuat	AP2	Rendah
					AP3	Sedang
	AD1	Diabaikan	AJ	<i>Stres mekanis lain</i>	AP4	Tinggi
	AD2	Tetes				
	AD3	Siraman	AK	<i>Tanaman</i>	AQ	<i>Petir</i>
	AD4	Semprotan				
	AD5	Semburan	AK1	Tidak merusak	AQ1	Diabaikan
	AD6	Ombak	AK2	Merusak	AQ2	Tidak langsung
	AD7	Celupan			AQ3	Langsung
	AD8	Rendaman	AL	<i>Binatang</i>		
	AE	<i>Benda asing</i>	AL1	Tidak merusak	AR	<i>Gerakan udara</i>
			AL2	Merusak	AR1	Rendah
	AE1	Diabaikan			AR2	Sedang
	AE2	Kecil			AR3	Tinggi
	AE3	Sangat kecil				
	AE4	Debu tipis			AS	<i>Angin</i>
	AE5	Debu sedang				
	AE6	Debu tebal			AS1	Pelan
				AS2	Sedang	
				AS3	Kencang	
B	BA	<i>Kemampuan</i>	BD	<i>Evakuasi</i>	BE	<i>Material</i>
	BA1	Biasa	BD1	Normal	BE1	Tanpa risiko
	BA2	Anak-anak	BD2	Sulit	BE2	Risiko kebakaran
	BA3	Cacat	BD3	Ramai	BE3	Risiko ledakan
	BA4	Terlatih	BD4	Sulit dan ramai	BE4	Risiko kontaminasi
	BA5	Ahli				
	BB	<i>Daya tahan</i>				
	BC	<i>Kontak ke bumi</i>				
	BC1	Tidak ada				
	BC2	Jarang				
	BC3	Sering				
	BC4	Terus menerus				
	C	CA	<i>Material</i>	CB	<i>Struktur</i>	
CA1		Tidak dapat terbakar	CB1	Diabaikan		
CA2		Dapat terbakar	CB2	Menyebarkan api		
			CB3	Gerakan struktur		
			CB4	Fleksibel.3		

Lampiran B
(Lampiran B IEC 60364-3)
(informatif)

**Interdependensi dari suhu udara, kelembapan udara relatif
dan kelembapan udara absolut**

Lampiran ini memuat klimatogram untuk setiap kelas dari kondisi iklim lingkungan, dengan memperlihatkan interdependensi dari suhu udara, kelembapan udara relatif dan kelembapan udara absolut dengan kurva untuk kelembapan absolut konstan dan garis untuk suhu dan kelembapan relatif.

Sepanjang berkaitan dengan suhu udara, klimatogram memperlihatkan perbedaan suhu maksimum yang mungkin untuk sembarang lokasi yang dicakup oleh kelasnya.

Sepanjang berkaitan dengan kelembapan udara, klimatogram terdiri dari sebaran nilai yang lengkap dari kelembapan udara relatif sesuai dengan sembarang suhu udara yang terjadi dalam julat yang dicakup oleh kelasnya.

Seperti yang telah dinyatakan dalam catatan dari tabel 51A, nilai batas dari, misalnya suhu udara tinggi dan kelembapan udara relatif tinggi yang diberikan dalam kelasnya secara normal tidak akan terjadi dalam kombinasi. Secara normal nilai yang lebih tinggi dari suhu udara akan terjadi dengan nilai yang lebih rendah dari kelembapan udara relatif.

Pengecualian untuk ketentuan ini akan terdapat untuk kelas AB1, AB2 dan AB3, yang sembarang nilai kelembapan relatif yang ditentukan untuk julatnya dapat dikombinasi dengan nilai tertinggi dari suhu udara. Fakta ini sebaiknya dipertimbangkan dalam kaitannya dengan nilai yang agak rendah dari kelembapan absolut tinggi untuk nilai batas dari suhu udara tinggi dalam kelas tersebut.

Untuk memberikan tinjauan situasi ini, dalam tabel berikut untuk setiap kelas dari nilai tertinggi dari suhu udara yang mungkin terjadi diberikan bersamaan dengan nilai tertinggi dari kelembapan udara relatif dari kelasnya. Pada suhu udara yang lebih tinggi dan nilai yang diberikan dalam tabel kelembapan udara relatif akan lebih rendah, yaitu dibawah nilai limit dari kelasnya.

Kode kelas	Nilai batas dari kelembapan udara relatif	Nilai tertinggi dari suhu udara yang terjadi dengan nilai batas dari kelembapan udara relatif
AB1	100 %	+5 °C
AB2	100 %	+5 °C
AB3	100 %	+5 °C
AB4	95 %	+31 °C
AB5	85 %	+28 °C
AB6	100 %	+33 °C
AB7	100 %	+27 °C
AB8	100 %	+33 °C

Dalam praktik, klimatogram dapat digunakan sebagai berikut:

Nilai relevan dari kelembapan udara relatif pada nilai tertentu dari suhu udara dalam batas suhu dalam kelasnya dapat diperoleh pada suatu titik dimana kurva untuk kelembapan udara absolut konstan memotong garis lurus untuk suhu udara dan kelembapan udara relatif masing-masing.

Contoh:

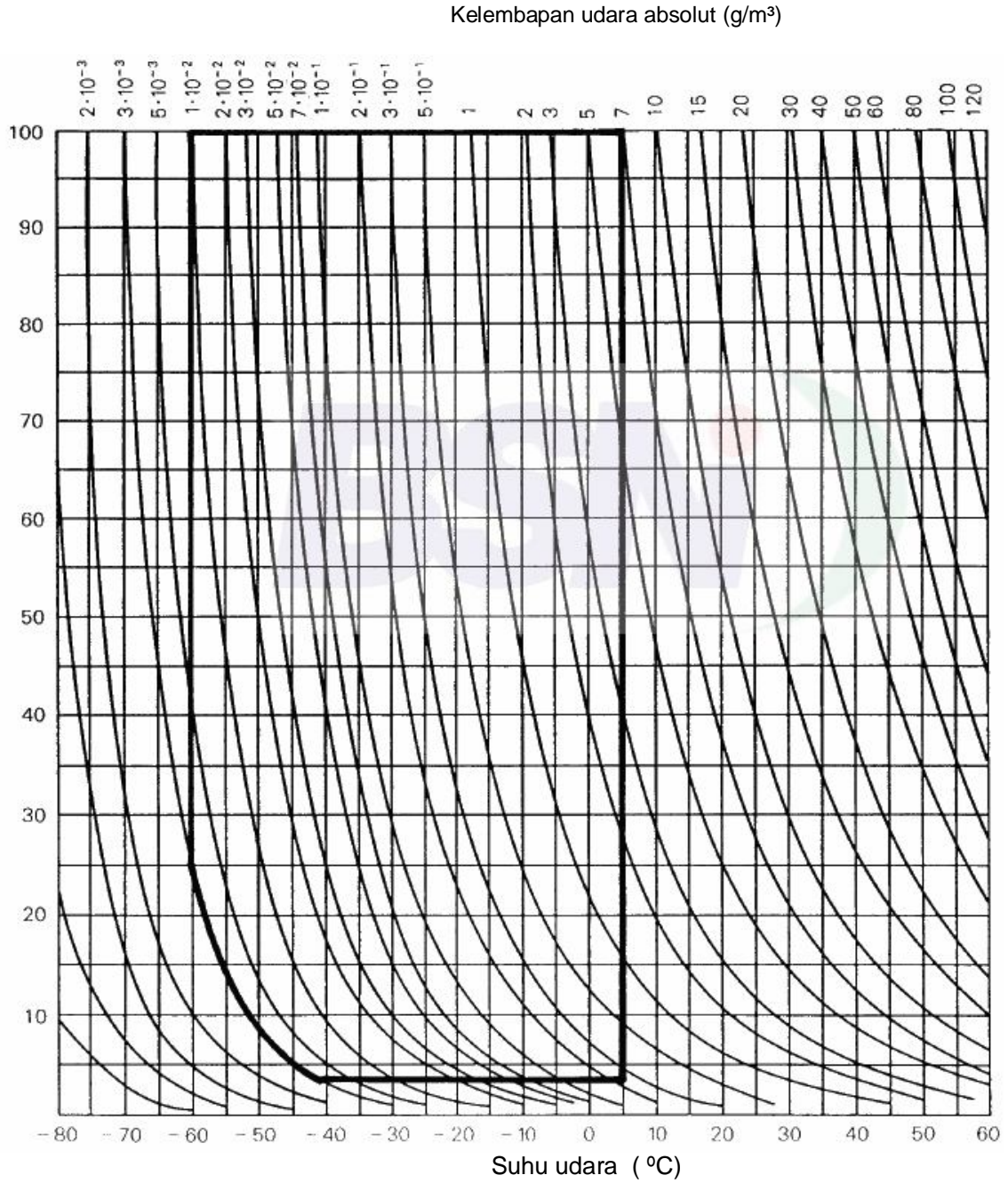
Suatu produk dapat dipilih untuk kondisi instalasi yang tercakup pada kelas AB6. Untuk mendapatkan kelembapan udara relatif mana yang akan ditahan oleh produk pada yang paling parah pada, misalnya 40 °C dalam klimatogram untuk kelas AB6 hingga titik dimana memotong kurva pada 35 g/m³ kelembapan udara absolut yang merupakan nilai batas untuk kelembapan udara absolut tinggi untuk kelas ini. Dari titik ini harus ditarik garis horizontal ke skala kelembapan udara relatif, dan akan menemukan nilai 67 % kelembapan udara relatif.

Dengan menggunakan metode ini, maka setiap kombinasi yang mungkin lainnya dari suhu udara dan kelembapan udara relatif dalam julat kelasnya dapat diperoleh, misalnya, dalam kelas AB6 nilai 27 % kelembapan udara relatif akan diperoleh pada nilai batas dari suhu udara tinggi yang 60 °C.

Klimatogram

Interdependensi dari suhu udara, kelembapan udara relatif dan kelembapan udara absolut.

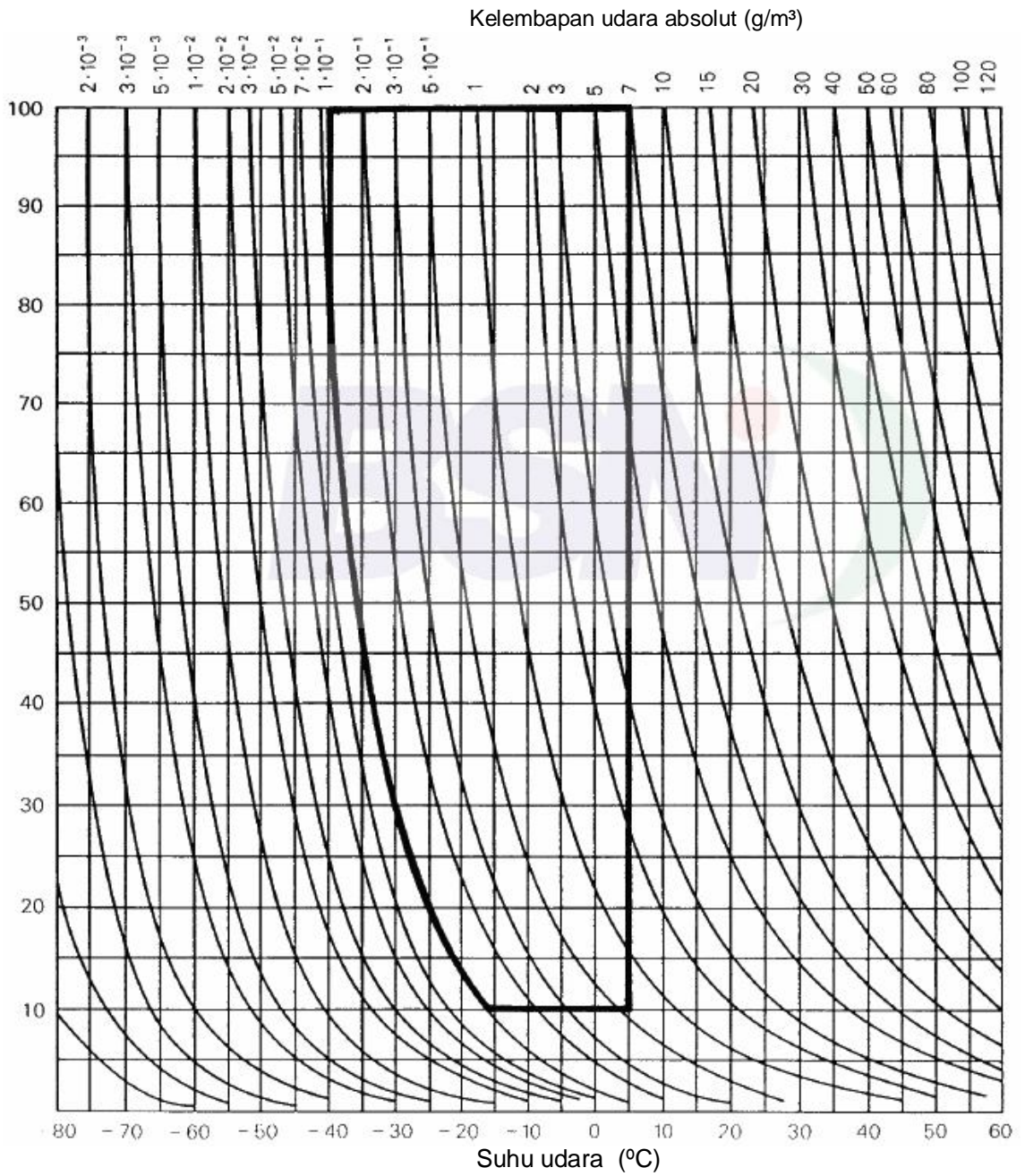
Kelas AB 1



Klimatogram

Interdependensi dari suhu udara, kelembapan udara relatif dan kelembapan udara absolut.

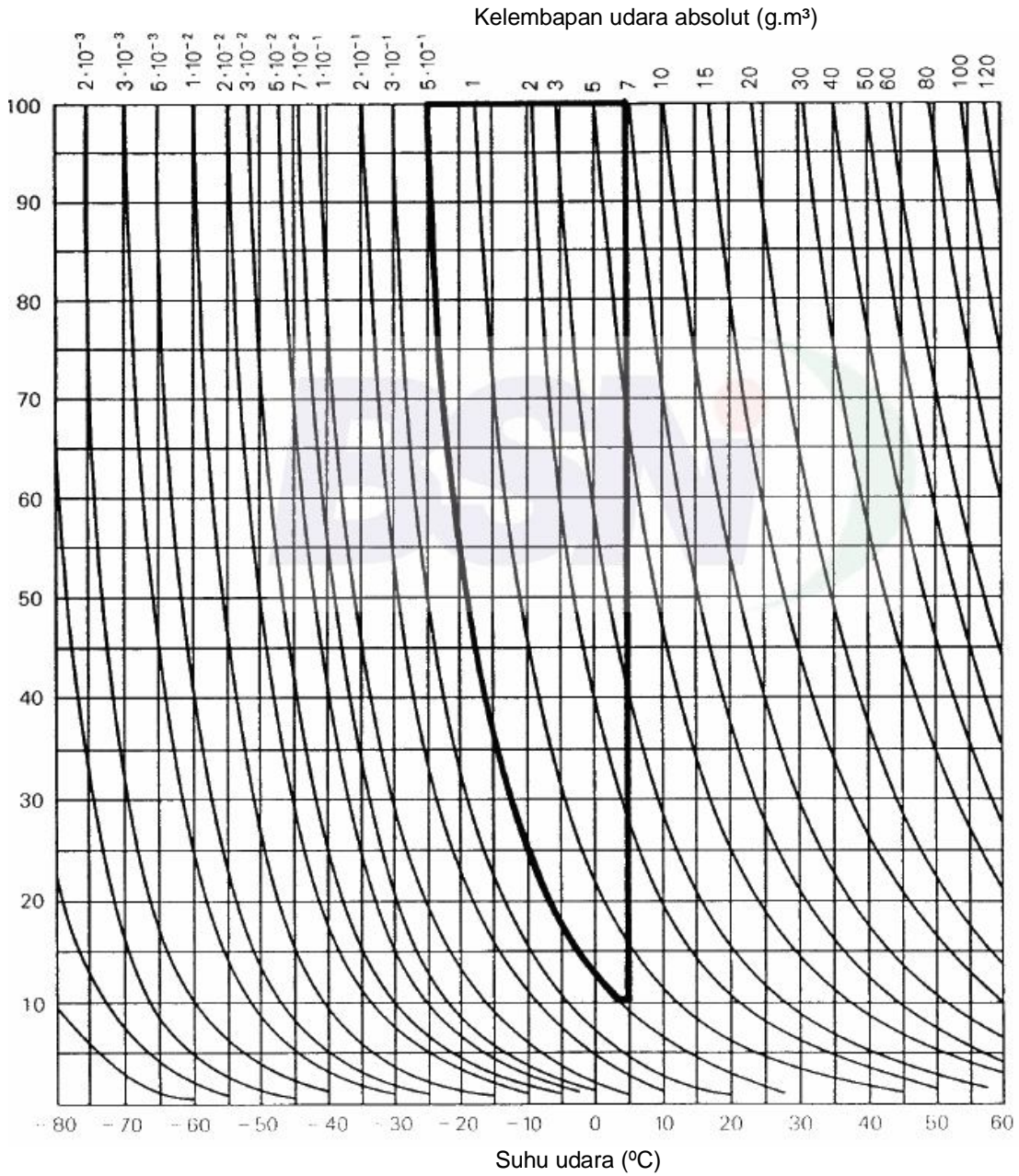
Kelas AB 2



Klimatogram

Interdependensi dari suhu udara, kelembapan udara relatif dan kelembapan udara absolut.

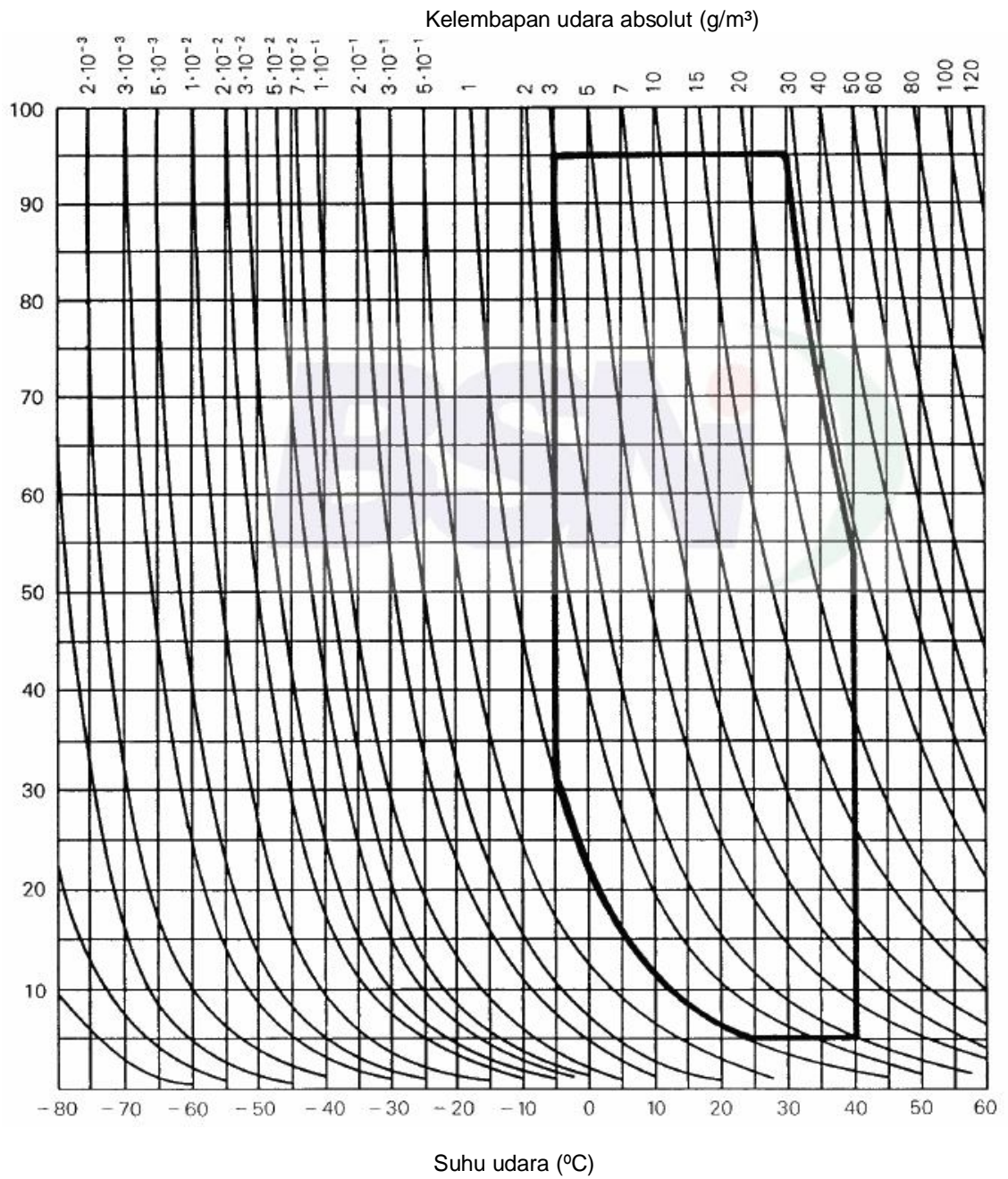
Kelas AB 3



Klimatogram

Interdependensi dari suhu udara, kelembapan udara relatif dan kelembapan udara absolut.

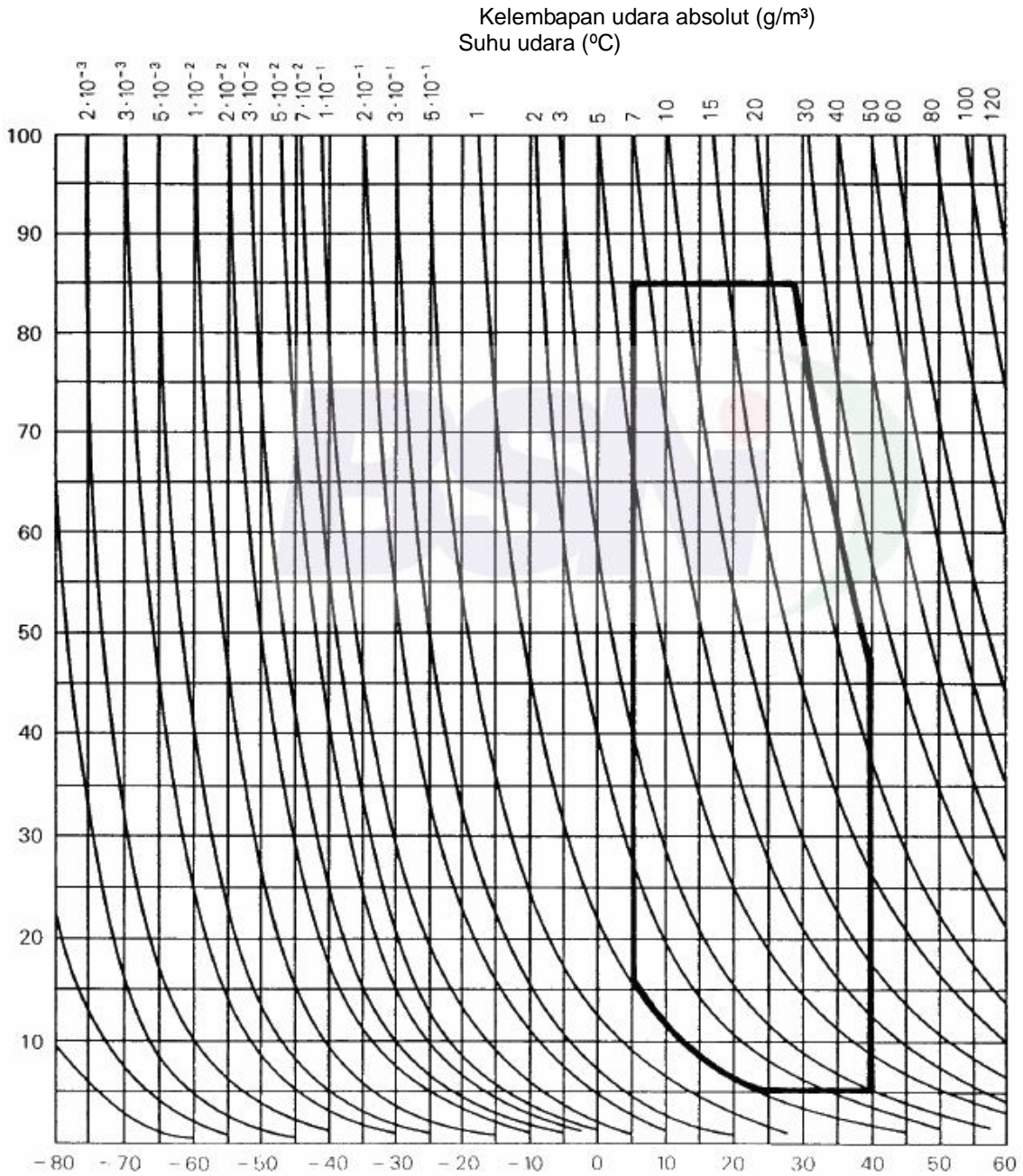
Kelas AB 4



Klimatogram

Interdependensi dari suhu udara, kelembapan udara relatif dan kelembapan udara absolut.

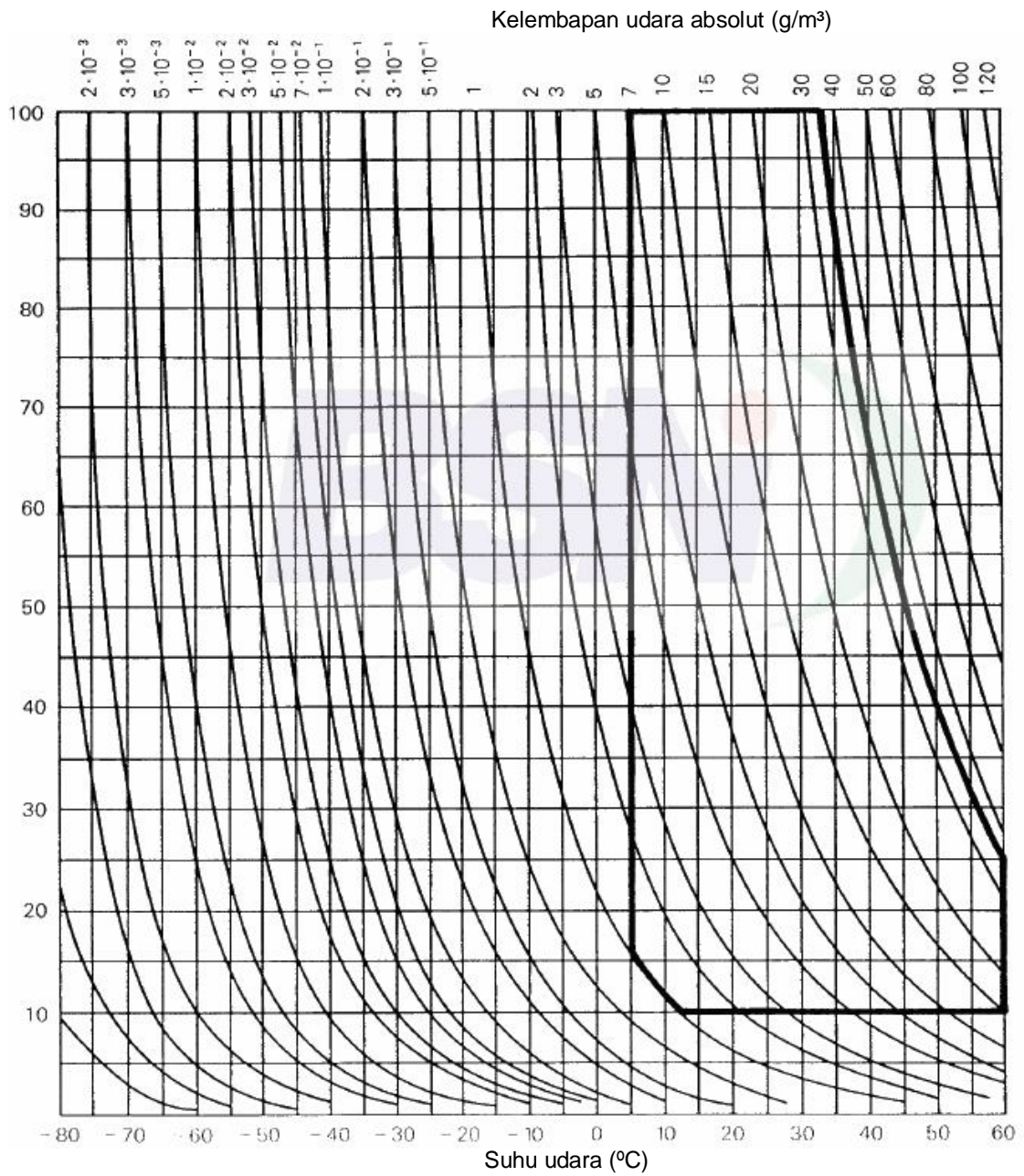
Kelas AB 5



Klimatogram

Interdependensi dari suhu udara, kelembapan udara relatif dan kelembapan udara absolut.

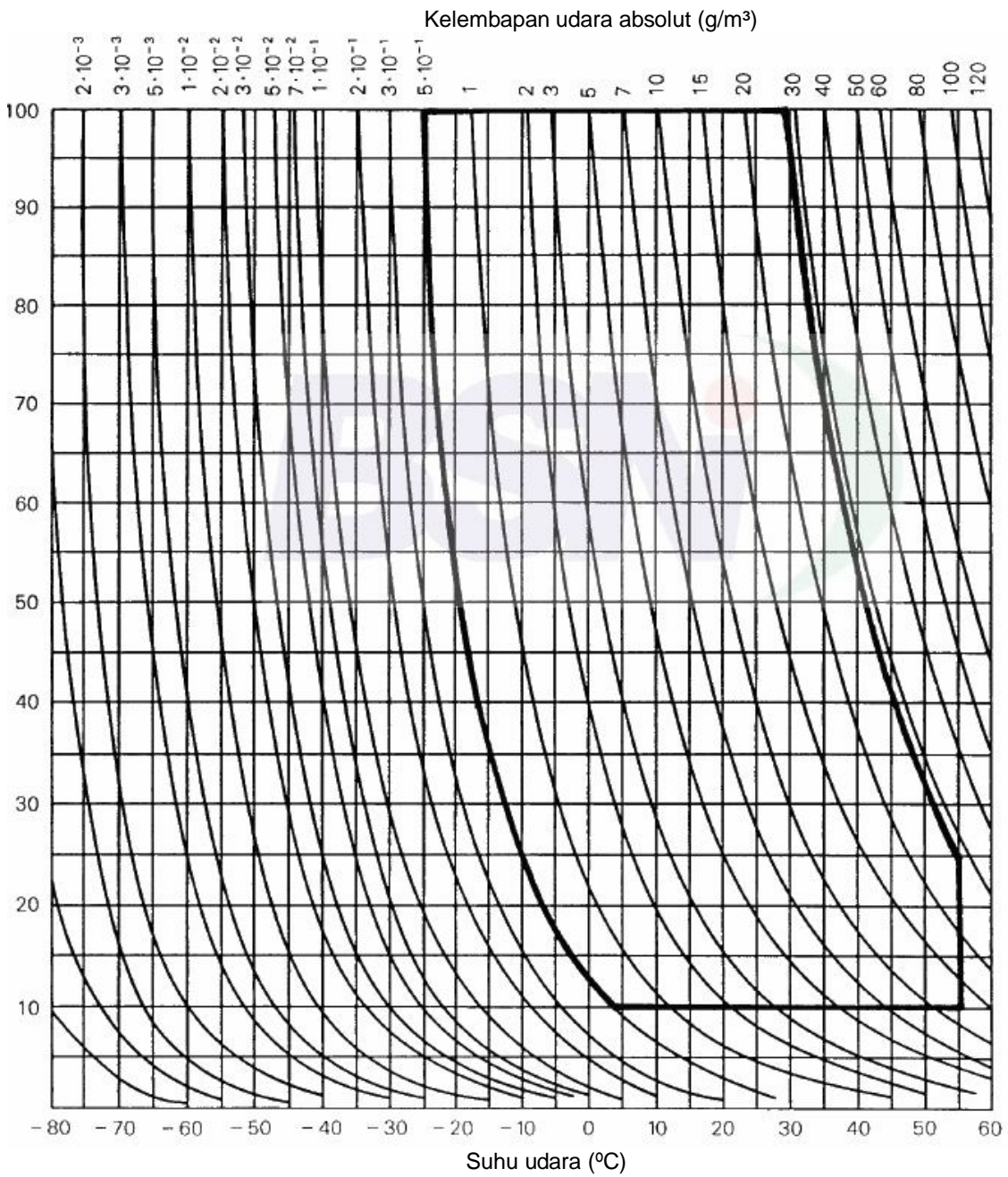
Kelas AB 6



Klimatogram

Interdependensi dari suhu udara, kelembapan udara relatif dan kelembapan udara absolut.

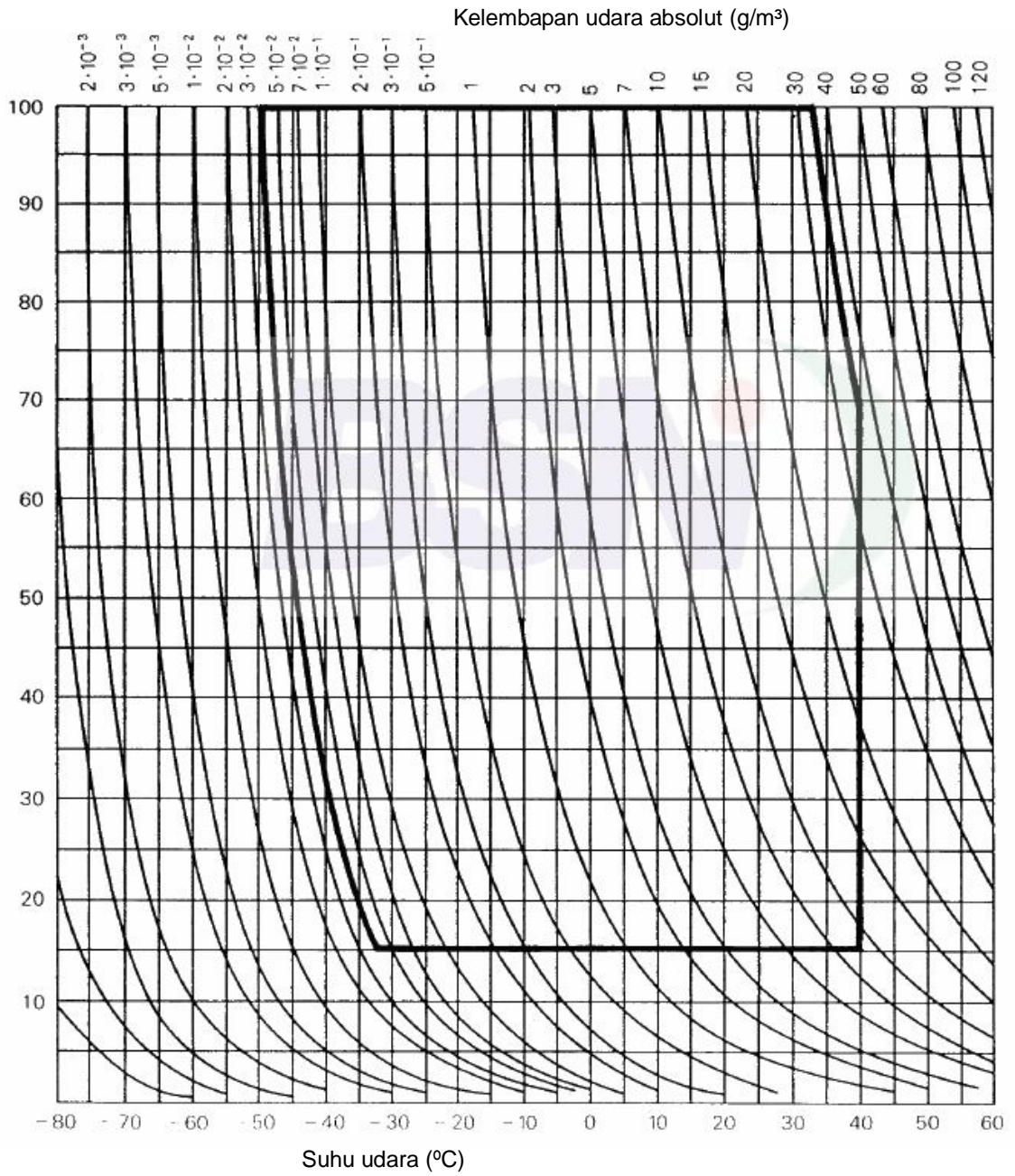
Kelas AB 7



Klimatogram

Interdependensi dari suhu udara, kelembapan udara relatif dan kelembapan udara absolut.

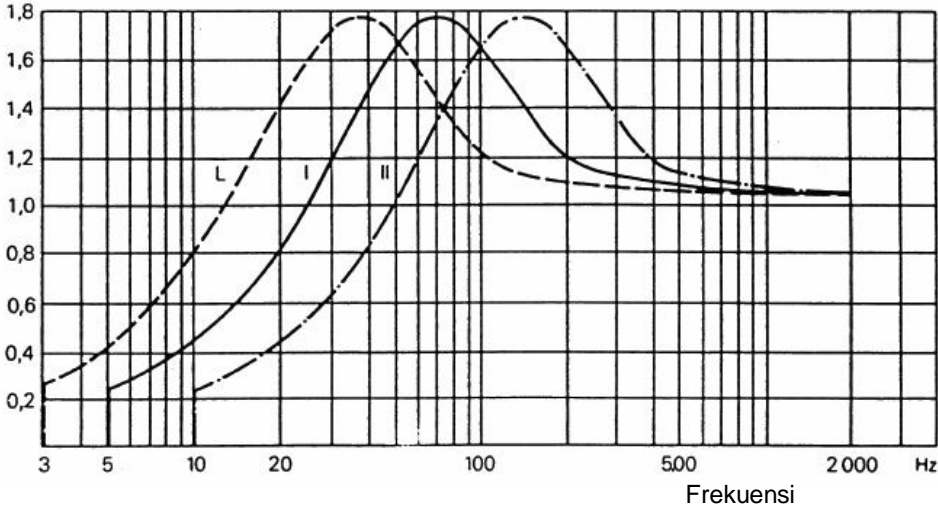
Kelas AB 8



Lampiran C
(Lampiran C dari IEC 60364-3)
(normatif)

Klasifikasi untuk kondisi mekanikal

Parameter lingkungan	Unit	Kelas															
		AG1/AH1						AG2/AH2				AG3/AH3					
		3M1 4M1		3M2 4M2		3M3 4M3		3M4 4M4		3M5 4M5		3M6 4M6		3M7 4M7		3M8 4M8	
Vibrasi stasioner, sinusoidal																	
Amplitude pemindahan	mm	0,3		1,5		1,5		3,0		3,0		7,0		10		15	
Amplitude akselerasi	m/s ²		1		5		5		10		10		20		30		50
Julat frekuensi	Hz	2-9	9-200	2-9	9-200	2-9	9-200	2-9	9-200	2-9	9-200	2-9	9-200	2-9	9-200	2-9	9-200
Vibrasi non stasioner, termasuk kejut																	
Spektrum respons kejut tipe L (â)	m/s ²	40		40		70		-		-		-		-		-	
Spektrum respons kejut tipe I (â)	m/s ²	-		--		-		100		-		-		-		-	
Spektrum respons kejut tipe II (â)	m/s ²	-		-		-		-		250		250		250		250	
CATATAN	â = akselerasi maksimum																



Spektrum tipe L	Durasi = 22 ms
Spektrum tipe I	Durasi = 11 ms
Spektrum tipe II	Durasi = 6 ms

Gambar C.1 – Spektrum respons kejut model (spektrum respons kejut urutan pertama “maksima”)

Lampiran D
(Lampiran D dari IEC 60364-3)
(normatif)

Klasifikasi untuk lingkungan-makro

Kategori dari lingkungan	Kondisi iklim	Zat aktif secara kimiawi dan mekanikal
I	AB 5 3K 3	AF 2/AE 1 3C 2/3S 1
II	AB 4 3K 5, tetapi tinggi suhu udara dibatasi hingga +40 °C	AF 1/AE 4 3C 1/3S 2
III	AB 7 3K 6	AF 2/AE5 3C 2/3S 3
IV	AB 8 4K 3	AF 3/AE 6 3C 3/3S 4
^a Baris pertama dalam setiap kotak memperlihatkan penentuan kelas menurut Tabel 51A. Baris kedua memperlihatkan penentuan kelas menurut IEC 60721-3-0.		
CATATAN Lingkungan makro adalah lingkungan dari ruangan atau lokasi lain tempat perlengkapan dipasang atau digunakan		

Lampiran E (informatif)

Arus konduktor proteksi untuk perlengkapan yang diizinkan

Sebagai informasi tambahan untuk Ayat 516, IEC 61140:2001 menentukan arus konduktor proteksi dan batasnya sebagai berikut.

CATATAN Subayat 7.5.2 sampai dengan 7.5.2.5 didapat langsung dari IEC 61140:2001.

7.5.2 Arus konduktor proteksi

Harus diambil tindakan dalam instalasi dan dalam perlengkapan untuk mencegah arus konduktor proteksi yang berlebih yang mengganggu keselamatan atau penggunaan normal dari instalasi listrik. Harus dipastikan kesesuaian untuk arus dari semua frekuensi yang disuplai ke dan dihasilkan oleh perlengkapan.

7.5.2.1 Persyaratan untuk mencegah arus konduktor proteksi yang berlebih dari perlengkapan yang menggunakan listrik.

Persyaratan untuk perlengkapan listrik yang menyebabkan, pada kondisi operasi normal, arus mengalir pada konduktor proteksi, harus memungkinkan penggunaan normal dan sesuai dengan proteksi yang tersedia. Persyaratan dari 7.5 (lihat IEC 61140) memperhitungkan perlengkapan yang dimaksudkan untuk disuplai dengan sistem tusuk kontak dan kotak kontak, atau dengan hubungan permanen, atau dalam hal perlengkapan stasioner.

7.5.2.2 Batas a.b. maksimum dari arus konduktor proteksi pada perlengkapan pengguna listrik

CATATAN Metode pengukuran arus konduktor proteksi, yang memperhitungkan komponen frekuensi tinggi dibandingkan terhadap IEC 60479-2 masih dipertimbangkan oleh **TC 108**.

Pengukuran harus dilakukan pada perlengkapan pada waktu diterima.

Batas berikut berlaku untuk perlengkapan yang disuplai pada frekuensi pengenal 50 Hz atau **60 Hz**.

- a) Perlengkapan yang menggunakan tusuk kontak yang dilengkapi dengan sistem tusuk kontak fase tunggal atau multi fase dan kotak kontak dengan julat sampai dengan 32 A. Nilai batas diberikan dalam Lampiran B dari IEC 61140.
- b) Perlengkapan pengguna listrik untuk hubungan permanen dan perlengkapan stasioner pengguna listrik, kedua-duanya tanpa tindakan khusus untuk konduktor proteksi, atau perlengkapan dengan penggunaan tusuk kontak yang terpasang dengan sistem tusuk kontak dan kotak kontak fase tunggal atau multiphase, dengan nilai pengenal lebih dari 32 A. Nilai batas diberikan dalam Lampiran B dari IEC 61140.
- c) Perlengkapan pengguna listrik untuk hubungan permanen yang dimaksudkan untuk dihubungkan pada konduktor proteksi yang diperkuat menurut 7.5.2.4 (lihat IEC 61140). Panitia produk sebaiknya menyatakan nilai maksimum dari arus konduktor proteksi, yang tidak boleh melebihi 5 % dari arus masukan pengenal per fase.

Walaupun demikian, panitia produk harus mempertimbangkan bahwa, untuk alasan proteksi, gawai arus sisa boleh dilengkapi dalam instalasi, yang dalam hal ini, arus konduktor proteksi harus sesuai dengan tindakan proteksi yang ada. Sebagai alternatif, transformator dengan belitan terpisah dan paling sedikit dengan pemisahan sederhana, harus digunakan.

7.5.2.3 Arus konduktor proteksi a.s.

Dalam penggunaan normal, perlengkapan a.b. tidak boleh membangkitkan arus dengan komponen a.s. dalam konduktor proteksi yang dapat mempengaruhi berfungsinya gawai arus sisa atau perlengkapan lain dengan baik.

CATATAN Persyaratan yang berkaitan dengan arus gangguan dengan komponen a.s. masih dalam pertimbangan.

7.5.2.4 Kelengkapan dalam perlengkapan dalam hal hubungan ke sirkit konduktor proteksi yang diperkuat untuk arus konduktor proteksi melebihi 10 mA

Yang berikut harus dilengkapi dalam perlengkapan pengguna listrik:

- terminal hubungan yang didesain untuk hubungan konduktor proteksi, dengan ukuran paling sedikit 10 mm² Cu atau 16 mm² Al, atau
- terminal kedua yang disediakan untuk hubungan konduktor proteksi dengan luas penampang yang sama dengan konduktor proteksi normal sehingga menghubungkan konduktor proteksi kedua ke perlengkapan pengguna listrik.

7.5.2.5 Informasi

Untuk perlengkapan yang dimaksudkan untuk hubungan permanen dengan konduktor proteksi yang diperkuat, nilai arus konduktor proteksi harus dilengkapi oleh pabrikan dalam dokumentasinya dan harus memberikan indikasi dalam petunjuk untuk instalasi, bahwa perlengkapan harus dipasang seperti diuraikan dalam 7.5.3.2 (lihat IEC 61140).

Reproduksi dari Lampiran B dari IEC 61140
(informatif)

Nilai dari batas a.b. maksimum arus konduktor proteksi untuk kasus 7.5.2.2 a) dan 7.5.2.2 b)

7.5.2.6 Nilai batas a.b. maksimum dari arus konduktor proteksi untuk kasus 7.5.2.2 a) dan 7.5.2.2 b)

Nilai ini untuk dipertimbangkan panitia produk agar mencegah arus konduktor proteksi yang berlebih dan untuk memberi koordinasi dari perlengkapan listrik dan dari tindakan proteksi dalam instalasi listrik.

Panitia produk agar menggunakan nilai praktis yang terendah dari batas arus konduktor proteksi.

Panitia produk sebaiknya sadar bahwa adopsi untuk batas yang tidak melebihi nilai dibawah dapat mencegah trip yang tidak dikehendaki dari gawai arus sisa dalam banyak hal.

Nilai untuk 7.5.2.2 a)

Nilai untuk arus tusuk kontak pada perlengkapan pengguna listrik dengan fase tunggal atau sistem tusuk kontak multi fase dan kotak kontak, dengan nilai pengenal sampai dengan 32 A.

Arus pengenal perlengkapan	Arus konduktor proteksi maksimum
≤ 4 A	2 mA
> 4 A tetapi ≤ 10 A	0,5 mA/A
> 10 A	5 mA

Nilai untuk 7.5.2.2.b)

Nilai untuk perlengkapan pengguna listrik untuk hubungan permanen dan perlengkapan stasioner pengguna listrik, kedua-duanya tanpa tindakan khusus untuk konduktor proteksi, atau perlengkapan listrik dengan tusuk kontak, yang dilengkapi dengan sistem fase tunggal atau tusuk kontak multi fase dan kotak kontak, dengan nilai pengenal melebihi 32 A.

Arus pengenal perlengkapan	Arus konduktor proteksi maksimum
≤ 7 A	3,5 mA
> 7 A tetapi ≤ 20 A	0,5 mA/A
> 20 A	10 mA

Kepustakaan

CISPR 11:1997, *Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electro-magnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

CISPR 12:1997, *Vehicles, motorboats and spark-ignited engine-driven devices – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

CISPR 13:1996, *Limits and methods of measurement of radio interference characteristics of sound and television broadcast receivers and associated equipment*

CISPR 14-1:2000, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*

CISPR 14-2:2000, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 2: Immunity – Product family standard*

CISPR 15:1996, *Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lightning and similar equipment*

CISPR 22:1997, *Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

IEC 60364-5-53:2001, *Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

IEC 60479-2:1987, *Effects of current passing through the human body – Part 2: Special aspects – Chapter 4: Effects of alternating current with frequencies above 100 Hz – Chapter 5: Effects of special waveforms of current – Chapter 6: Effects of unidirectional single impulse currents of short duration*

Bagian 5-52: Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik – Sistem perkawatan

CATATAN Bagian 5-52 merupakan adopsi dari IEC 60364-5-52:2001 dengan modifikasi. Modifikasi dapat berupa penambahan, perubahan atau pengurangan. Ayat, subayat, tabel, catatan atau lampiran yang merupakan modifikasi diberi tanda MOD.

520 Pendahuluan

520.1 Ruang lingkup

Bagian 5-52 berkaitan dengan pemilihan dan pemasangan sistem perkawatan.

CATATAN Standar ini juga berlaku secara umum untuk konduktor proteksi, sedangkan Bagian 5-54 berisi persyaratan lebih lanjut untuk konduktor ini.

520.2 MOD Acuan normatif

Dokumen normatif berikut berisi ketentuan yang melalui acuan dalam naskah ini, merupakan ketentuan Bagian 5-52. Untuk acuan bertahun, amandemen atau revisi sesudahnya dari setiap publikasi ini tidak berlaku. Namun pihak yang bersepakat berdasarkan Bagian 5-52 dianjurkan untuk memeriksa kemungkinan menerapkan edisi mutakhir dari dokumen normatif yang dicantumkan di bawah. Untuk acuan tak bertahun, berlaku edisi termutakhir dari dokumen normatif yang diacu.

IEC 60228:1978, *Conductors of insulated cables*

IEC 602852-1-1:1994, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – Section 1: General*

IEC 602852-2-1:1994, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 2: Thermal resistance – Section 1: Calculation of thermal resistance*

IEC 602852-3-1:1995, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 3: Sections on operating conditions – Section 1: Reference operating conditions and selection of cable type*
Amandment 1:1999

IEC 60332-1:1993, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 1: Test on a single vertical insulated wire or cable*

IEC 60332-3-24:2000, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 3-24: Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wire or cables – Category C*

IEC 60439-2:2000, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 2: Particular requirements for busbar trunking systems (busways)*

IEC 60502 (all parts), *Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV)*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP code)*
Amandment 1:1999

IEC 60614 (all parts), *Specification for conduits for electrical installations*

IEC 60702 (all parts), *Mineral insulated cables with a rated voltage not exceeding 750 V*

SNI 0225:2011

IEC 61000 (*all parts*), *Electromagnetic compatibility (EMC)*

IEC 61200-52:1993, *Electrical installation guide – Part 52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

ISO 834 (*all parts*), *Fire resistance tests – Elements of building construction*

520.3 Umum

Harus diberikan pertimbangan pada penerapan prinsip fundamental Bagian 1 yang berlaku untuk kabel dan konduktor, pada terminasi dan/atau sambungannya, pada penopang atau penggantung terkaitnya dan selungkupnya atau metode proteksi terhadap pengaruh eksternal.

521 Jenis sistem perkawatan

521.1 Metode instalasi sistem perkawatan tentang jenis konduktor atau kabel yang digunakan harus sesuai dengan Tabel 52-1, asalkan pengaruh eksternal dicakup oleh persyaratan standar produk yang relevan.

521.2 Metode instalasi sistem perkawatan tentang situasi terkait harus sesuai dengan Tabel 52-2.

521.3 Contoh sistem perkawatan bersama-sama dengan acuan tabel kapasitas hantar arus (KHA) yang sesuai diperlihatkan pada Tabel 52-3.

CATATAN 1 Jenis sistem perkawatan lain, yang tidak dicakup dalam standar ini, dapat digunakan asalkan memenuhi persyaratan umum standar ini.

CATATAN 2 MOD Tabel 52-3 memberikan metode instalasi acuan jika dianggap bahwa KHA yang sama dapat digunakan dengan aman.

521.4 Sistem berumbung rel (*busbar trunking systems*)

Sistem berumbung rel harus memenuhi IEC 60439-2 dan harus dipasang sesuai dengan petunjuk pabrikan. Pemasangan harus sesuai dengan persyaratan ayat 522 (dengan pengecualian 522.1.1, 522.3.3, 522.8.7, 522.8.8 dan 522.8.9), 525, 526, 527 dan 528.

521.5 Sirkuit a.b.

Konduktor sirkuit a.b. yang dipasang dalam selungkup feromagnetik harus disusun sedemikian sehingga semua konduktor setiap sirkuit berada dalam selungkup yang sama.

CATATAN Jika kondisi ini tidak dipenuhi, pemanasan dan drop voltase berlebihan dapat terjadi karena efek induktif.

Tabel 52-1 Pemilihan sistem perkawatan

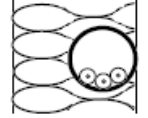
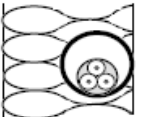
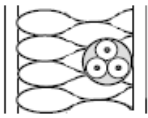
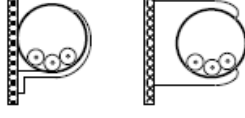
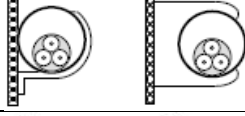
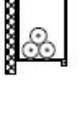

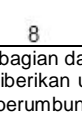
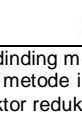
Konduktor dan kabel	Metode pemasangan							
	Tanpa pemagun	Diklip langsung	Konduit	Berumbung kabel (termasuk berumbung pinggiran (<i>skirt</i>), berumbung benam di lantai)	Talang kabel	Tangga kabel Rak kabel Braket kabel	Di atas insulator	Kawat penyangga
Konduktor polos	–	–	–	–	–	–	+	–
Konduktor berinsulasi	–	–	+	+	+	–	+	–
Kabel berselubung (termasuk berarmor dan berinsulasi mineral)	Multiinti	+	+	+	+	+	0	+
	Inti tunggal	0	+	+	+	+	0	+
+ Diizinkan. – Tidak diizinkan. 0 Tidak dapat diterapkan, atau tidak biasa digunakan dalam praktik.								

Tabel 52-2 Pemasangan sistem perkawatan

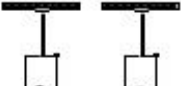

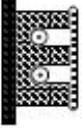







Situasi	Metode pemasangan							
	Tanpa pemagun	Dengan pemagun	Konduit	Berumbung (termasuk berumbung pinggiran, berumbung benam di lantai)	Talang kabel	Tangga kabel Rak kabel Braket kabel	Di atas insulator	Kawat penyangga
Void bangunan	40, 46, 15, 16	0	15, 16, 41, 42	–	43	30, 31, 32, 33, 34	–	–
Kanal kabel	56	56	54, 55	0	44, 45	30, 31, 32, 33, 34	–	–
Ditanam dalam tanah	72, 73	0	70, 71	–	70, 71	0	–	–
Ditanam dalam struktur	57, 58	3	1, 2, 59, 60	50, 51, 52, 53	44, 45	0	–	–
Pasangan permukaan	–	20, 21, 22, 23	4, 5	6, 7, 8, 9, 12, 13, 14	6, 7, 8, 9	30, 31, 32, 33, 34	36	–
Saluran udara	–	–	0	10, 11	–	30, 31, 32, 33, 34	36	35
Terendam	80	80	0	–	0	0	–	–
Angka dalam setiap kotak menunjukkan nomor urut dalam Tabel 52-3. – Tidak diizinkan. 0 Tidak dapat diterapkan atau tidak biasa digunakan dalam praktik.								

Tabel 52-3 Contoh metode instalasi yang memberikan pedoman untuk memperoleh KHA

CATATAN Ilustrasi tidak dimaksudkan untuk menggambarkan produk aktual praktik instalasi, tetapi merupakan indikasi metode yang diuraikan.

No urut	Metode instalasi	Uraian	Metode acuan instalasi yang digunakan untuk memperoleh KHA (lihat Lampiran A)
1	 <p>Kamar</p>	Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam conduit dalam dinding berinsulasi secara termal ^a	A1
2	 <p>Kamar</p>	Kabel multiinti dalam conduit dalam dinding berinsulasi secara termal ^a	A2
3	 <p>Kamar</p>	Kabel multiinti langsung dalam dinding berinsulasi secara termal ^a	A1
4		Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam conduit pada dinding kayu atau tembok atau berjarak kurang dari 0,3 x diameter conduit dari dinding	B1
5		Kabel multiinti dalam conduit pada dinding kayu atau tembok atau berjarak kurang dari 0,3 x diameter conduit dari dinding	B2
6	 <p>6</p>	Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam berumbung kabel pada dinding kayu - arah horizontal ^b - arah vertikal ^{b,c}	B1
7	 <p>7</p>		
8	 <p>8</p>	Kabel multiinti dalam berumbung kabel pada dinding kayu - arah horizontal ^b - arah vertikal ^{b,c}	Dalam pertimbangan
9	 <p>9</p>		
<p>^a Permukaan bagian dalam dinding mempunyai konduktans termal tidak kurang dari 10 W/m²·K. ^b Nilai yang diberikan untuk metode instalasi B1 dan B2 dalam Lampiran A adalah untuk sirkit tunggal. Jika terdapat lebih dari satu sirkit dalam berumbung, faktor reduksi kelompok yang diberikan dalam Tabel A.52-17 dapat diterapkan, tidak tergantung dari adanya penghalang internal atau partisi. ^c Harus diperhatikan jika kabel mengarah vertikal dan ventilasi terbatas. Suhu ambien pada puncak seksi vertikal dapat sangat meningkat. ^d Nilai untuk metode acuan B2 dapat digunakan.</p>			

Tabel 52-3 (lanjutan)

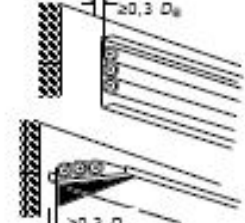
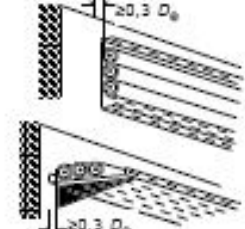
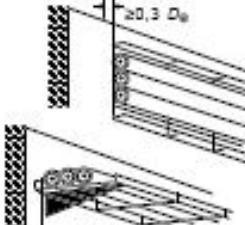
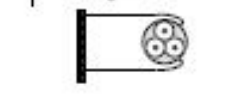
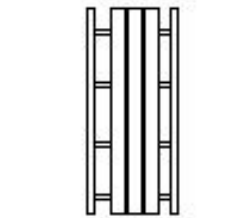

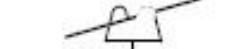
No urut	Metode instalasi	Uraian	Metode acuan instalasi yang digunakan untuk memperoleh KHA (lihat Lampiran A)
10		Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam berumbung kabel gantung ^a	B1
11		Kabel multiinti dalam berumbung kabel gantung ^a	B2
12		Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam cetakan ^b	A1
13		Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal di dalam	B1
14		Kabel multiinti dalam berumbung pinggir	B2
15		Kabel berinsulasi dalam konduit atau kabel inti tunggal atau multiinti dalam <i>architrave</i> ^c	A1
16		Kabel berinsulasi dalam konduit atau kabel inti tunggal atau multiinti pada rangka jendela ^c	A1
20		Kabel inti tunggal atau multiinti: - magun pada atau berjarak kurang dari 0,3 x diameter dari dinding kayu	C
21		- magun langsung di bawah plafon	C, dengan nomer urut 3 Tabel 52-17
22		- berjarak dari plafon	Dalam pertimbangan

^a Nilai yang diberikan untuk metode instalasi B1 dan B2 dalam Lampiran A adalah untuk sirkit tunggal. Jika terdapat lebih dari satu sirkit dalam berumbung, faktor reduksi kelompok yang diberikan dalam Tabel A.52-17 dapat diterapkan, tidak tergantung dari adanya penghalang internal atau partisi.

^b Resistivitas termal selungkup diasumsikan buruk karena bahan konstruksi dan kemungkinan ruang udara. Jika konstruksi secara termal setara dengan metode instalasi 6 atau 7, dapat digunakan metode acuan B1.

^c Resistivitas termal selungkup diasumsikan buruk disebabkan bahan konstruksi dan kemungkinan adanya ruang udara. Jika konstruksi secara termal setara dengan metode instalasi 6, 7, 8, atau 9, dapat digunakan metode acuan B1 atau B2.

Tabel 52-3 (lanjutan)

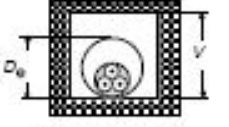

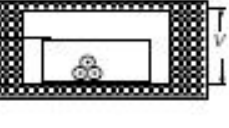
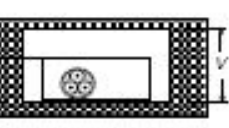
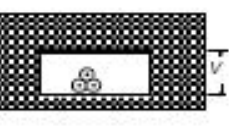
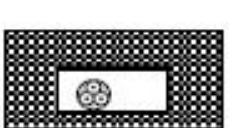
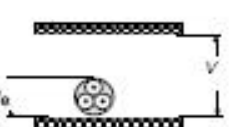


No urut	Metode instalasi	Uraian	Metode acuan instalasi yang digunakan untuk memperoleh KHA (lihat Lampiran A)
30		Pada rak tak berlubang ^c	C dengan nomor urut 2 Tabel A.52-17 ^a
31		Pada rak berlubang ^c	E atau F dengan nomor urut 4 Tabel A.52-17 ^{a, b}
32		Pada braket atau pada jala kawat	E atau F
33		Berjarak lebih dari 0,3 kali diameter kabel dari dinding	E atau F dengan nomor urut 4 Tabel A.52-17 atau metode G
34		Pada tangga	E atau F
35		Kabel inti tunggal atau multiinti yang digantung dari atau dilengkapi kawat penyangga	E atau F
36		Konduktor polos atau berinsulasi di atas insulator	G

^a Untuk penerapan tertentu mungkin lebih sesuai untuk menggunakan faktor spesifik, misalnya Tabel A.52-20 dan A.52-21 (lihat A.52.4.2 Lampiran A).

^b Harus diperhatikan jika kabel mengarah vertikal dan ventilasi dibatasi. Suhu ambien pada puncak seksi vertikal dapat sangat meningkat.

^c D_e = diameter eksternal kabel multiinti:
 - 2,2 x diameter kabel jika tiga kabel inti tunggal diikat dalam trefoil, atau
 - 3 x diameter kabel jika tiga kabel inti tunggal diletakkan pada formasi datar.

Tabel 52-3 (lanjutan)

No urut	Metode instalasi	Uraian	Metode acuan instalasi yang digunakan untuk memperoleh KHA (lihat Lampiran A)
40		Kabel inti tunggal atau multiinti dalam void bangunan	1,5 $D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
42		Kabel inti tunggal atau multiinti dalam konduit dalam void bangunan	Dalam pertimbangan
24		Konduktor berinsulasi dalam talang kabel dalam void bangunan	1,5 $D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
43		Kabel inti tunggal atau multiinti dalam talang kabel dalam void bangunan	Dalam pertimbangan
44		Konduktor berinsulasi dalam talang kabel dalam tembok yang mempunyai resistivitas termal tidak lebih dari 2 K·m/W	1,5 $D_e \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1
45		Kabel inti tunggal atau multiinti dalam talang kabel dalam tembok yang mempunyai resistivitas termal tidak lebih dari 2 K·m/W	Dalam pertimbangan
46		Kabel inti tunggal atau multiinti: - dalam void plafon - dalam lantai gantung	1,5 $D_e \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1
50		Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam berumbung kabel tanam dalam lantai	B1
51		Kabel multiinti dalam berumbung kabel tanam dalam lantai	B2

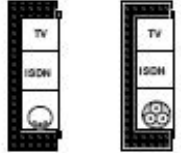

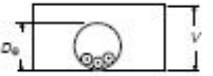

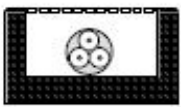
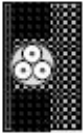

^a V = dimensi terkecil atau diameter talang atau void tembok, atau kedalaman vertikal talang persegi, void lantai atau plafon.

^b D_e = diameter eksternal kabel multiinti:
- 2,2 x diameter kabel jika tiga kabel inti tunggal diikat dalam trefoil, atau
- 3 x diameter kabel jika tiga kabel inti tunggal diletakkan pada formasi datar.

^c D_e = diameter eksternal konduit atau kedalaman vertikal talang kabel.

^d Harus diperhatikan jika kabel mengarah vertikal dan ventilasi dibatasi. Suhu ambien pada puncak seksi vertikal dapat sangat meningkat.

Tabel 52-3 (lanjutan)

No urut	Metode instalasi	Uraian	Metode acuan instalasi yang digunakan untuk memperoleh KHA (lihat Lampiran A)
52		Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam talang tertanam	B1
53		Kabel multiinti dalam talang tertanam	B2
54		Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam konduit dalam kanal kabel nirventilasi horizontal atau vertikal ^{a, b}	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
55		Konduktor berinsulasi dalam konduit dalam kanal kabel terbuka atau berventilasi dalam lantai ^{c, d}	B1
56		Kabel inti tunggal atau multiinti berselubung dalam kanal kabel terbuka atau berventilasi horizontal atau vertikal ^d	B1
57		Kabel inti tunggal atau multiinti langsung dalam tembok yang mempunyai resistivitas termal tidak lebih besar dari 2 K-m/W Tanpa proteksi mekanis tambahan ^{e, f}	C
58		Kabel inti tunggal atau multiinti langsung dalam tembok yang mempunyai resistivitas termal tidak lebih besar dari 2 K-m/W Dengan proteksi mekanis tambahan ^{e, f}	C

^a D_e = diameter eksternal konduit
 V = kedalaman internal kanal.

^b Harus diperhatikan jika kabel mengarah vertikal dan ventilasi dibatasi. Suhu ambien pada puncak seksi vertikal dapat sangat meningkat.


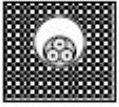
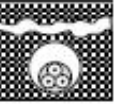
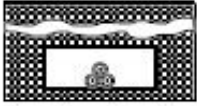
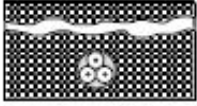
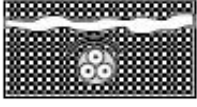
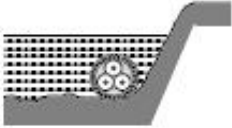
^c Untuk kabel multiinti yang dipasang dengan metode 55, gunakan peringkat untuk metode acuan B2.

^d Direkomendasikan bahwa metode instalasi ini hanya digunakan dalam area yang aksesnya dibatasi untuk personel berwenang sedemikian sehingga pengurangan KHA dan bahaya kebakaran karena akumulasi debu dapat dicegah.

^e Untuk kabel yang mempunyai konduktor tidak lebih besar dari 16 mm², KHA dapat lebih tinggi.

^f Resistivitas termal tembok tidak lebih besar dari 2 K-m/W

Tabel 52-3 (lanjutan)

No urut	Metode instalasi	Uraian	Metode acuan instalasi yang digunakan untuk memperoleh KHA (lihat Lampiran A)
59		Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam conduit dalam tembok ^a	B1
60		Kabel multiinti dalam conduit dalam tembok ^a	B2
70		Kabel multiinti dalam conduit atau dalam talang kabel dalam tanah	D
71		Kabel inti tunggal dalam conduit atau dalam talang kabel dalam tanah	D
72		Kabel inti tunggal atau multiinti langsung dalam tanah - tanpa proteksi mekanis tambahan (lihat catatan)	D
73		Kabel inti tunggal atau multiinti langsung dalam tanah - dengan proteksi mekanis tambahan (lihat catatan)	D
80		Kabel inti tunggal atau multiinti berselubung terendam dalam air	Dalam pertimbangan

CATATAN Masuknya kabel yang ditanam langsung akan memuaskan jika resistivitas termal tanah sekitar 2,5 K·m/W. Untuk resistivitas tanah yang lebih rendah, KHA untuk kabel yang ditanam langsung lumayan lebih tinggi daripada untuk kabel dalam talang.

^a Resistivitas termal tembok tidak lebih besar dari 2 K·m/W

521.6 Konduit dan sistem berumbung

Beberapa sirkit diizinkan dalam konduit atau berumbung yang sama asalkan semua konduktor diinsulasi terhadap voltase nominal tertinggi yang ada.

522 Pemilihan dan pemasangan sistem perkawatan berkaitan dengan pengaruh eksternal

CATATAN Pengaruh eksternal yang dikategorikan dalam Tabel 51A Bagian 5-51 yang signifikan dengan sistem perkawatan dicakup dalam ayat ini.

522.1 Suhu ambien (AA)

522.1.1 Sistem perkawatan harus dipilih dan dipasang sedemikian sehingga sesuai untuk suhu ambien lokal tertinggi dan untuk memastikan bahwa suhu batas yang ditunjukkan dalam Tabel 54-4 tidak akan dilampaui.

522.1.2 Komponen sistem perkawatan termasuk kabel dan perlengkapan perkawatan harus hanya dipasang dan ditangani pada suhu dalam batas yang dinyatakan dalam spesifikasi produk relevan atau seperti diberikan oleh pabrikan.

522.2 Sumber bahang (*heat*) eksternal

Guna menghindari efek bahang dari sumber eksternal, salah satu metode berikut atau metode efektif yang sama harus digunakan untuk memproteksi sistem perkawatan:

- pemerisaian;
- penempatan yang cukup jauh dari sumber bahang;
- pemilihan sistem yang berkaitan untuk kenaikan suhu tambahan yang akan terjadi;
- perkuatan lokal atau substitusi bahan insulasi.

CATATAN Bahang dari sumber eksternal dapat diradiasi, dikonveksi atau dikonduksi, misalnya:

- dari sistem air panas,
- dari peranti dan luminer pabrik,
- dari proses pabrikasi,
- melalui bahan konduktor bahang,
- dari sinar matahari sistem perkawatan atau medium sekitarnya.

522.3 Keberadaan air (AD)

522.3.1 Sistem perkawatan harus dipilih dan dipasang sedemikian sehingga tidak terjadi kerusakan yang disebabkan masuknya air. Sistem perkawatan lengkap harus memenuhi tingkat proteksi IP yang relevan pada lokasi khusus tersebut.

CATATAN Umumnya selubung dan insulasi kabel untuk instalasi magun, jika lengkap, dapat dianggap tahan terhadap penetrasi uap air. Pertimbangan khusus berlaku untuk kabel yang tahan terhadap pancaran air yang sering, pencelupan atau perendaman.

522.3.2 Jika air dapat terkumpul atau kondensasi dapat terbentuk dalam sistem perkawatan, harus dibuat ketentuan untuk mengeluarkannya.

522.3.3 Jika sistem perkawatan dapat terkena gelombang (AD6), proteksi terhadap kerusakan mekanis harus diupayakan dengan satu atau lebih metode 522.6, 522.7 dan 522.8.

522.4 Keberadaan benda asing padat (AE)

522.4.1 Sistem perkawatan harus dipilih dan dipasang sedemikian sehingga meminimalkan bahaya yang timbul dari masuknya benda asing padat. Sistem perkawatan lengkap harus memenuhi tingkat proteksi IP yang relevan pada lokasi khusus tersebut.

522.4.2 Pada lokasi yang berdebu dengan jumlah yang signifikan (AE4), tindakan pencegahan tambahan harus diambil untuk mencegah akumulasi debu atau zat lain dalam jumlah yang dapat mempengaruhi secara merugikan disipasi bahang dari sistem perkawatan.

CATATAN Mungkin perlu sistem perkawatan yang memfasilitasi penghilangan debu (lihat ayat 529).

522.5 Keberadaan zat korosif atau polusi (AF)

522.5.1 Jika keberadaan zat korosif atau polusi, termasuk air, mungkin menyebabkan korosi atau pemburukan, bagian sistem perkawatan yang mungkin dipengaruhi harus diproteksi yang sesuai atau dibuat dari bahan yang tahan terhadap zat tersebut.

CATATAN Proteksi yang sesuai untuk penerapan selama pemasangan dapat mencakup pita proteksi, cat atau gemuk.

522.5.2 Logam berbeda yang dapat menimbulkan aksi elektrolitik tidak boleh ditempatkan sehingga dapat kontak satu sama lain, kecuali dilakukan susunan khusus untuk menghindari konsekuensi akibat kontak tersebut.

522.5.3 Bahan yang dapat menyebabkan pemburukan mutual atau individual atau degradasi berbahaya tidak boleh ditempatkan sehingga dapat kontak satu sama lain.

522.6 Tumbukan (AG)

522.6.1 Sistem perkawatan harus dipilih dan dipasang sedemikian sehingga meminimalkan kerusakan yang timbul dari stres mekanis, misalnya karena tumbukan, penetrasi atau kompresi.

522.6.2 Pada instalasi magun jika tumbukan dengan keganasan medium (AG2) atau keganasan tinggi (AG3) dapat terjadi, proteksi harus diupayakan dengan:

- karakteristik mekanis sistem perkawatan; atau
- lokasi terpilih; atau
- ketentuan mengenai proteksi lokal tambahan atau mekanis umum; atau
- setiap kombinasi di atas.

522.7 Vibrasi (AH)

522.521 Sistem perkawatan yang ditopang oleh atau magun ke struktur perlengkapan yang terkena vibrasi dengan keganasan medium (AH2) atau keganasan tinggi (AH3) harus sesuai untuk kondisi tersebut, khususnya jika terkait dengan kabel dan hubungan kabel.

CATATAN Perhatian khusus sebaiknya diberikan untuk hubungan ke perlengkapan vibrasi. Tindakan lokal dapat diadopsi seperti sistem perkawatan fleksibel.

522.522 Instalasi magun dari perlengkapan pemanfaat gantung, misalnya luminer, harus dihubungkan dengan kabel dengan inti fleksibel. Jika diperkirakan tidak ada vibrasi atau gerakan, dapat digunakan kabel dengan inti nonfleksibel.

522.8 Stres mekanis lain (AJ)

522.8.1 Sistem perkawatan harus dipilih dan dipasang sedemikian sehingga selama pemasangan, penggunaan atau pemeliharaan, mencegah kerusakan pada selubung atau insulasi kabel, konduktor berinsulasi dan terminasinya.

522.8.2 Jika ditanam dalam struktur, conduit atau sistem talang kabel harus secara lengkap dipasang untuk setiap sirkit sebelum setiap konduktor berinsulasi atau kabel ditarik.

522.8.3 Radius setiap belokan dalam sistem perkawatan harus sedemikian sehingga konduktor atau kabel tidak boleh rusak (Lihat Lampiran 52E).

522.8.4 Jika konduktor atau kabel tidak ditopang secara kontinu karena metode pemasangannya, maka harus ditopang dengan sarana yang sesuai pada interval yang memadai sedemikian sehingga konduktor atau kabel tidak rusak karena beratnya sendiri (Lihat Lampiran 52E).

522.8.5 Jika stres tarik permanen diterapkan pada sistem perkawatan (misalnya karena beratnya sendiri pada jalur vertikal), jenis kabel atau konduktor yang sesuai dengan luas penampang dan metode pemasangan yang sesuai harus dipilih sedemikian sehingga konduktor atau kabel tidak rusak karena beratnya sendiri.

522.8.6 Sistem perkawatan yang dimaksudkan untuk penarikan konduktor atau kabel masuk atau keluar, harus mempunyai sarana akses yang memadai untuk memungkinkan operasi ini.

522.8.7 Sistem perkawatan yang ditanam dalam lantai harus diproteksi secara memadai untuk mencegah kerusakan yang disebabkan oleh penggunaan lantai yang dimaksudkan.

522.8.8 Sistem perkawatan yang magun secara kaku dan ditanam dalam dinding harus dipasang horizontal atau vertikal atau paralel dengan tepi ruangan.

Sistem perkawatan yang tersembunyi dalam struktur tapi tidak magun dapat mengikuti rute praktis terpendek.

522.8.9 Sistem perkawatan fleksibel harus dipasang sedemikian sehingga dihindari stres tarik yang berlebihan pada konduktor dan hubungan.

522.9 Keberadaan flora dan/atau pertumbuhan jamur (AK)

522.9.1 Jika kondisi yang dialami atau diperkirakan menyebabkan bahaya (AL2), sistem perkawatan harus dipilih dengan tepat atau tindakan proteksi khusus harus diadopsi.

CATATAN Mungkin perlu metode instalasi yang memfasilitasi penghilangan pertumbuhan jamur tersebut (lihat ayat 529).

522.10 Keberadaan fauna (AL)

522.10.1 Jika kondisi yang dialami atau diperkirakan menyebabkan bahaya (AL2), sistem perkawatan harus dipilih dengan tepat atau tindakan proteksi khusus harus diadopsi, misalnya dengan:

- karakteristik mekanis sistem perkawatan; atau
- lokasi terpilih; atau
- ketentuan mengenai proteksi lokal tambahan atau mekanis umum; atau
- setiap kombinasi di atas.

522.11 Radiasi matahari (AN)

522.11.1 Jika radiasi matahari signifikan (AN2) dialami atau diperkirakan, sistem perkawatan yang sesuai untuk kondisi tersebut harus dipilih dan dipasang atau harus disediakan pelindung yang memadai.

CATATAN Lihat juga 522.2.1 berkaitan dengan kenaikan suhu.

522.12 Efek seismik (AP)

522.12.1 Sistem perkawatan harus dipilih dan dipasang dengan memperhatikan bahaya seismik lokasi instalasi.

522.12.2 Jika bahaya seismik yang dialami adalah keganasan rendah (AP2) atau lebih tinggi, harus diberikan perhatian khusus pada berikut:

- pemagun sistem perkawatan ke struktur bangunan;
- hubungan antara perkawatan magun dan semua komponen peralatan penting, misalnya pelayanan keselamatan, harus dipilih berdasarkan mutu fleksibelnya.

522.13 Angin (AR)

522.13.1 Lihat 522.7, Vibrasi (AH) dan 522.8, Stres mekanis lain (AJ).

522.14 Sifat bahan yang diproses atau disimpan (BE)

522.14.1 Lihat 527, Pemilihan dan pemasangan sistem perkawatan untuk meminimalkan rambatan api.

522.15 Desain bangunan (CB)

522.15.1 Jika ada risiko karena gerakan struktur (CB3), penopang kabel dan sistem proteksi yang digunakan harus mampu membolehkan gerakan relatif sedemikian sehingga konduktor dan kabel tidak terkena stres mekanis yang berlebihan.

522.15.2 Untuk struktur fleksibel atau tak stabil (CB4), harus digunakan sistem perkawatan fleksibel.

523 Kapasitas hantar arus (KHA)

523.1 Arus yang dihantarkan oleh setiap konduktor untuk periode berkesinambungan selama operasi normal harus sedemikian sehingga batas suhu yang sesuai yang ditentukan dalam Tabel 52-4 tidak dilampaui. Nilai arus harus dipilih sesuai dengan 523.2, atau ditentukan sesuai dengan 523.3.

Tabel 52-4 Suhu operasi maksimum untuk jenis insulasi

Jenis insulasi	Batas suhu ^a °C
Polivinil klorida (PVC)	70 pada konduktor
Polietilen ikat silang (XLPE) dan karet propilen etilen (EPR)	90 pada konduktor ^b
Mineral (ditutup PVC atau polos dapat disentuh)	70 pada selubung
Mineral (polos tidak dapat disentuh dan tidak kontak dengan bahan yang mudah terbakar)	105 pada selubung ^{b, c}
<p>^a Suhu konduktor maksimum yang diizinkan tercantum dalam Tabel 52-4 yang mendasari tabel KHA dalam Lampiran A, diambil dari IEC 60502 (1983) dan IEC 60702 (1981) dan diperlihatkan pada tabel ini</p> <p>^b Jika konduktor beroperasi pada suhu yang melebihi 70 °C, maka harus ditegaskan bahwa perlengkapan yang dihubungkan ke konduktor sesuai untuk suhu yang dihasilkan pada hubungan.</p> <p>^c Untuk kabel berinsulasi mineral, suhu operasi yang lebih tinggi dapat diizinkan tergantung pada peringkat suhu kabel, terminasinya, kondisi lingkungan dan pengaruh eksternal lain.</p>	

523.2 Persyaratan 523.1 dianggap dipenuhi jika arus untuk konduktor berinsulasi dan kabel tanpa armor tidak melebihi nilai yang sesuai yang dipilih dari tabel pada Lampiran A dengan acuan Tabel 52-3, dikenai setiap faktor koreksi yang perlu yang diberikan dalam Lampiran A.

523.3 Nilai KHA yang sesuai juga dapat ditentukan seperti diuraikan dalam IEC 60287, atau dengan pengujian, atau dengan perhitungan dengan menggunakan metode yang dikenal, asalkan metode itu dinyatakan Jika sesuai, harus diperhitungkan karakteristik beban dan untuk kabel tertanam, resistans termal efektif dari tanah.

523.4 Suhu ambien adalah suhu medium sekitar ketika kabel atau konduktor berinsulasi yang dalam pertimbangan dianggap tidak berbeban.

523.5 Kelompok yang terdiri atas lebih dari satu sirkit

Faktor reduksi kelompok dapat diterapkan pada kelompok konduktor berinsulasi atau kabel yang mempunyai suhu operasi maksimum yang sama.

Untuk kelompok yang terdiri atas kabel atau konduktor berinsulasi yang mempunyai suhu operasi maksimum yang berbeda, KHA semua kabel atau konduktor berinsulasi pada kelompok harus didasarkan pada suhu operasi maksimum terendah dari setiap kabel dalam kelompok bersama-sama dengan faktor reduksi kelompok yang sesuai.

Jika karena kondisi operasi yang diketahui, kabel atau konduktor berinsulasi diperkirakan menghantarkan arus tidak lebih besar dari 30 % peringkat kelompoknya, hal itu dapat diabaikan untuk keperluan memperoleh faktor reduksi untuk sisa kelompok.

523.6 Jumlah konduktor berbeban

523.6.1 Jumlah konduktor yang dipertimbangkan dalam suatu sirkit adalah yang menghantarkan arus beban. Jika dapat diasumsikan bahwa konduktor dalam sirkit polifase menghantarkan arus seimbang, konduktor netral terkait tidak perlu dipertimbangkan. Pada kondisi ini kabel 4-inti diberi kapasitas yang sama seperti kabel 3-inti yang mempunyai luas penampang yang sama untuk setiap konduktor fase. Kabel 4-inti dan 5-inti dapat mempunyai KHA lebih tinggi jika hanya tiga konduktor yang dibebani.

523.6.2 Jika konduktor netral pada kabel multiinti menghantarkan arus sebagai hasil ketakseimbangan dalam arus fase, kenaikan suhu karena arus netral diimbangi dengan reduksi pada bahang yang ditimbulkan oleh satu atau lebih konduktor fase. Dalam hal ini ukuran konduktor harus dipilih berdasarkan arus fase tertinggi.

Dalam semua hal konduktor netral harus mempunyai luas penampang yang memadai untuk mendapatkan kesesuaian dengan 523.1.

523.6.3 Jika konduktor netral menghantarkan arus tanpa reduksi terkait pada beban konduktor fase, konduktor netral harus memperhitungkan kepastian peringkat sirkit. Arus tersebut dapat disebabkan oleh arus harmonik yang signifikan dalam sirkit trifase. Jika kadar harmonik lebih besar dari 10 %, konduktor netral tidak boleh lebih kecil dari konduktor fase. Pengaruh termal karena keberadaan arus harmonik dan faktor reduksi terkait untuk arus harmonik yang lebih tinggi diberikan dalam Lampiran D.

523.6.4 Konduktor yang hanya merupakan konduktor proteksi (konduktor PE) tidak dipertimbangkan.

523.7 Konduktor paralel

Jika dua konduktor atau lebih dihubungkan paralel pada fase atau kutub sistem yang sama, maka:

- a) harus diambil tindakan untuk mencapai arus beban yang sama yang terbagi rata;
- Persyaratan ini dianggap terpenuhi jika konduktor berbahan sama, mempunyai luas penampang sama, panjang kira-kira sama dan tidak mempunyai sirkit cabang sepanjang jalurnya, dan
- konduktor paralel merupakan kabel multiinti atau kabel inti tunggal pilin atau konduktor berinsulasi, atau
 - konduktor paralel merupakan kabel inti tunggal nirpilin atau konduktor berinsulasi dalam trefoil atau formasi datar dan mempunyai luas penampang kurang dari atau sama dengan 50 mm² tembaga atau 70 mm² aluminium;
 - atau (jika konduktor paralel merupakan kabel inti tunggal nirpilin atau konduktor berinsulasi dalam trefoil atau dalam formasi datar dan mempunyai luas penampang lebih besar dari 50 mm² tembaga atau 70 mm² aluminium) diadopsi konfigurasi khusus yang diperlukan untuk formasi tersebut. Konfigurasi ini terdiri atas kelompok dan spasi yang sesuai dari fase atau kutub yang berbeda.

atau

- b) harus diberikan pertimbangan khusus pada pembagian arus beban untuk memenuhi persyaratan 523.1.

523.8 Variasi kondisi instalasi sepanjang rute

Jika disipasi bahang berbeda pada salah satu bagian rute terhadap yang lain, KHA harus ditentukan sedemikian sehingga sesuai untuk bagian rute yang mempunyai kondisi yang paling merugikan.

524 Luas penampang konduktor

524.1 Luas penampang konduktor lin dalam sirkit a.b. dan konduktor aktif dalam sirkit a.s. tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan dalam Tabel 52-5.

CATATAN 1 Hal ini untuk alasan mekanis.

CATATAN 2 Untuk batas dimensi konduktor bulat lihat Lampiran 52F.

524.2 Konduktor netral, jika ada, harus mempunyai luas penampang yang sama seperti konduktor lin:

- dalam sirkit fase tunggal, dua kawat, berapapun penampangnya;
- dalam sirkit polifase dan fase tunggal tiga kawat, jika ukuran konduktor lin kurang dari atau sama dengan 16 mm² tembaga atau 25 mm² aluminium.

524.3 Untuk sirkit polifase jika setiap konduktor fase mempunyai luas penampang lebih besar dari 16 mm² tembaga atau 25 mm² aluminium, konduktor netral dapat mempunyai luas penampang lebih kecil dari konduktor lin, jika kondisi berikut secara serentak dipenuhi:

- arus maksimum yang diperkirakan termasuk harmonik, jika ada, pada konduktor netral selama pelayanan normal tidak lebih besar dari KHA luas penampang konduktor netral yang dikurangi;

CATATAN Beban yang dihantarkan oleh sirkit pada kondisi pelayanan normal sebaiknya terdistribusi merata antar fase.

- konduktor netral diproteksi terhadap arus lebih menurut persyaratan 431.2 Bagian 4-43;
- ukuran konduktor netral sekurangnya sama dengan 16 mm² tembaga atau 25 mm² aluminium.

Tabel 52-5 Luas penampang minimum konduktor

Jenis sistem perkawatan		Penggunaan sirkit	Konduktor	
			Bahan	Luas penampang mm ²
Instalasi magun (ter-pasang tetap)	Kabel dan Konduktor berinsulasi	Sirkit daya dan pencahayaan	Tembaga Aluminium	1,5 2,5 (lihat Catatan 1)
		Sirkit sinyal dan kendali	Tembaga	0,5 (lihat Catatan 2)
	Konduktor polos	Sirkit daya	Tembaga Aluminium	10 16
		Sirkit sinyal dan kendali	Tembaga	4
Hubungan fleksibel dengan konduktor berinsulasi dan kabel		Untuk peranti spesifik	Tembaga	Seperti ditentukan dalam standar IEC yang relevan
		Untuk setiap penerapan lain		0,75 ^a
		Sirkit voltase ekstra rendah untuk penerapan khusus		0,75
<p>CATATAN 1 Konektor yang digunakan untuk terminasi konduktor aluminium harus diuji dan disahkan untuk penggunaan spesifik ini.</p> <p>CATATAN 2 Pada sirkit sinyal dan kendali yang dimaksudkan untuk perlengkapan elektronik, diizinkan menggunakan luas penampang minimum 0,1 mm².</p> <p>^a Pada kabel fleksibel multiinti yang berisikan tujuh inti atau lebih, berlaku Catatan 2.</p>				

525 Drop voltase dalam instalasi pelanggan

CATATAN Direkomendasikan bahwa secara praktis drop voltase antara awal instalasi pelanggan dan perlengkapan sebaiknya tidak lebih dari 4 % dari voltase nominal instalasi.

Pertimbangan lain mencakup waktu asut untuk motor dan perlengkapan dengan arus banding (*inrush current*) tinggi.

Kondisi temporer seperti transien voltase dan variasi voltase karena operasi abnormal dapat diabaikan.

526 Hubungan listrik

526.1 Hubungan antara konduktor dan antara konduktor dan perlengkapan lain harus memberikan kontinuitas listrik yang awet serta kuat mekanis dan proteksi yang memadai.

CATATAN Lihat IEC 61200-52.

526.2 Pemilihan sarana hubungan harus memperhitungkan, jika sesuai, untuk:

- bahan konduktor dan insulasinya;
- jumlah dan bentuk kawat yang membentuk konduktor;
- luas penampang konduktor; dan
- jumlah konduktor yang dihubungkan bersama-sama.

CATATAN Penggunaan hubungan solder sebaiknya dihindari pada perkawatan daya. Jika digunakan, hubungan sebaiknya dirancang dengan memperhitungkan stres rambat dan mekanis (lihat 522.6, 522.7 dan 522.8).

526.3 Semua hubungan harus dapat diakses untuk inspeksi, pengujian dan pemeliharaan, kecuali untuk berikut:

- sambungan kabel tertanam;
- sambungan berisi kompon atau berkapsul;
- hubungan antara ujung dingin (*cold tail*) dan elemen pemanas seperti sistem pemanasan plafon, lantai dan teras (*trace*).

526.4 Jika perlu, tindakan pencegahan harus diambil sedemikian sehingga suhu yang dicapai pada hubungan dalam pelayanan normal tidak boleh mengurangi keefektifan insulasi konduktor yang dihubungkan padanya atau menopangnya.

527 Pemilihan dan pemasangan sistem perkawatan untuk meminimalkan rambatan api

527.1 Tindakan pencegahan di dalam kompartemen pemisah api

527.1.1 Risiko rambatan api harus diminimalkan dengan pemilihan bahan yang sesuai dan pemasangan sesuai dengan ayat 522.

527.1.2 Sistem perkawatan harus dipasang sedemikian sehingga kinerja struktur bangunan umum dan keselamatan kebakaran tidak berkurang.

527.1.3 Kabel yang memenuhi sekurangnya persyaratan IEC 60332-1 dan produk yang mempunyai ketahanan api yang diperlukan yang ditentukan dalam IEC 60614 dan standar IEC lain untuk sistem perkawatan, dapat dipasang tanpa tindakan pencegahan khusus.

CATATAN Dalam instalasi jika risiko khusus teridentifikasi, mungkin perlu kabel yang memenuhi pengujian yang lebih berat untuk berkas kabel yang diuraikan dalam IEC 60332-3-24.

527.1.4 Kabel yang tidak memenuhi, sebagai minimum, persyaratan perambatan nyala api IEC 60322-1 jika digunakan harus dibatasi panjangnya sependek mungkin untuk hubungan peranti ke sistem perkawatan permanen dan dalam semua hal tidak melintas dari salah satu kompartemen pemisah api ke kompartemen lain.

52521.5 Bagian sistem perkawatan selain kabel yang tidak memenuhi persyaratan minimum perambatan nyala api IEC 60614 dan standar IEC lain untuk sistem perkawatan, tetapi memenuhi semua yang berkaitan dengan IEC 60614 dan standar IEC lain untuk sistem perkawatan, jika digunakan harus secara utuh terselungkup dalam bahan bangunan yang tak mudah terbakar.

527.2 Penedapan penetrasi sistem perkawatan

527.2.1 Jika sistem perkawatan melintas melalui elemen konstruksi bangunan seperti lantai, dinding, atap, plafon, partisi atau penghalang rongga, lubang yang tersisa setelah pelintasan sistem perkawatan harus dikedap menurut tingkat ketahanan api (jika ada) yang ditentukan untuk elemen konstruksi bangunan masing-masing sebelum penetrasi (lihat ISO 834).

CATATAN 1 Selama pemasangan sistem perkawatan, susunan pendedap temporer mungkin diperlukan.

CATATAN 2 Selama pekerjaan perubahan, pendedapan sebaiknya dipasang kembali secepat mungkin.

527.2.2 Sistem perkawatan seperti konduit, kabel, talang kabel, berumbung kabel, rel atau sistem berumbung rel yang menembus elemen konstruksi bangunan yang mempunyai ketahanan api yang ditentukan harus secara internal dikedap, hingga tingkat ketahanan api elemen masing-masing sebelum penetrasi seperti juga secara eksternal dikedap seperti disyaratkan oleh 527.2.1.

527.2.3 Subayat 527.2.1 dan 527.2.2 dipenuhi jika pendedap sistem perkawatan terkait telah diuji tipe.

527.2.4 Konduit dan sistem berumbung dari bahan yang memenuhi uji rambat api IEC 60614 dan mempunyai luas penampang internal maksimum 710 mm^2 tidak perlu secara internal dikedap asalkan:

- sistem memenuhi pengujian IEC 60529 untuk IP33; dan
- setiap terminasi sistem pada salah satu kompartemen, dipisah oleh konstruksi bangunan yang ditembus, memenuhi pengujian IEC 60529 untuk IP33.

527.2.5 Tidak boleh ada sistem perkawatan yang menembus elemen konstruksi bangunan yang dimaksudkan sebagai penopang beban, kecuali keterpaduan elemen penopang beban dapat dipastikan setelah penetrasi tersebut (lihat ISO 834).

527.2.6 Semua susunan pendedap yang digunakan sesuai dengan 527.2.1 dan 527.2.3 harus memenuhi persyaratan berikut dan persyaratan 527.2.7 (527.3).

CATATAN 1 Persyaratan ini dapat dialihkan ke standar produk, jika standar tersebut disiapkan.

- Sebaiknya kompatibel dengan bahan sistem perkawatan yang kontak dengannya.
- Sebaiknya memungkinkan gerakan termal sistem perkawatan tanpa mengurangi mutu pendedap.
- Sebaiknya kestabilan mekanis memadai untuk menahan stres yang dapat timbul melalui kerusakan penopang sistem perkawatan karena kebakaran.

CATATAN 2 Subayat ini dapat terpenuhi jika:

- baik klem kabel atau penopang kabel dipasang dalam rentang 750 mm dari pendedap, dan mampu menahan beban mekanis yang diperkirakan setelah runtuhnya penopang di sisi kebakaran pendedap hingga taraf tidak ada regangan dialihkan ke pendedap; atau
- rancangan sistem pendedap sendiri memberikan penopang yang memadai.

527.2.7 Susunan pendedap yang dimaksudkan untuk memenuhi 527.2.1 atau 527.2.2 di atas harus tahan terhadap pengaruh eksternal pada tingkat yang sama seperti sistem perkawatan yang digunakan dengannya dan sebagai tambahan harus memenuhi semua persyaratan berikut:

- harus tahan terhadap hasil pembakaran hingga taraf yang sama seperti elemen konstruksi bangunan yang telah ditembus;
- harus memberikan tingkat proteksi yang sama untuk penetrasi air seperti yang disyaratkan untuk elemen konstruksi bangunan tempat pendedap dipasang;
- pendedap dan sistem perkawatan harus diproteksi dari tetesan air yang dapat mengalir sepanjang sistem perkawatan atau selain itu dapat terkumpul sekeliling pendedap, kecuali bahan yang digunakan pada pendedap semuanya tahan terhadap uap air ketika akhirnya dirakit untuk penggunaan.

527.2.8 Susunan pendedap harus diinspeksi untuk memverifikasi apakah sesuai dengan petunjuk pemasangan yang berkaitan dengan uji jenis untuk produk terkait. Tidak ada uji lanjutan yang disyaratkan setelah verifikasi tersebut.

528 Kedekatan sistem perkawatan ke instalasi lain

528.1 Kedekatan ke instalasi listrik

Sirkuit voltase rentang I dan rentang II tidak boleh digabung dalam sistem perkawatan yang sama kecuali setiap kabel diinsulasi untuk voltase tertinggi yang ada atau salah satu metode berikut diadopsi:

- setiap konduktor kabel multiinti diinsulasi untuk voltase tertinggi yang ada pada kabel; atau
- kabel diinsulasi untuk voltase sistemnya dan dipasang dalam kompartemen terpisah pada sistem talang atau berumbung kabel; atau
- digunakan sistem conduit terpisah.

CATATAN Pertimbangan khusus interferens listrik, elektromagnetik dan elektrostatik, dapat berlaku untuk sirkuit telekomunikasi, sitkit transfer data dan sejenis.

528.2 Kedekatan dengan instalasi nonlistrik

528.2.1 Sistem perkawatan tidak boleh dipasang di dekat instalasi yang menghasilkan bahang, asap atau uap yang mungkin merusak perkawatan, kecuali diproteksi dari efek berbahaya dengan perisai yang disusun sedemikian sehingga tidak mempengaruhi disipasi bahang dari perkawatan.

528.2.2 Jika sistem perkawatan mempunyai rute di bawah instalasi yang dapat menyebabkan kondensasi (seperti instalasi air, uap panas atau gas), harus diambil tindakan pencegahan untuk memproteksi sistem perkawatan dari efek yang mengganggu.

528.2.3 Jika instalasi listrik akan dipasang berdekatan dengan instalasi nonlistrik, maka harus disusun sedemikian sehingga setiap operasi yang dapat diketahui yang dilakukan pada instalasi lain tidak akan menyebabkan kerusakan pada sistem instalasi listrik atau sebaliknya.

CATATAN Hal ini dapat dicapai dengan:

- jarak yang sesuai antara instalasi; atau
- penggunaan perisai mekanis atau termal.

528.2.4 Jika instalasi listrik terletak sangat dekat dengan instalasi nonlistrik, kedua kondisi berikut harus dipenuhi:

- sistem perkawatan harus cukup diproteksi terhadap bahaya yang mungkin timbul dari adanya instalasi lain pada penggunaan normal; dan
- proteksi terhadap sentuh tak langsung harus digunakan sesuai dengan persyaratan Ayat 411.3 Bagian 4-41, instalasi logam nonlistrik akan dianggap sebagai BKE.

529 Pemilihan dan pemasangan sistem perkawatan berkaitan dengan kemampuan pemeliharaan, termasuk pembersihan

529.1 Pengetahuan dan pengalaman personel yang mungkin melakukan pemeliharaan harus diperhitungkan pada pemilihan dan pemasangan sistem perkawatan.

529.2 Jika perlu melepas setiap tindakan proteksi guna melakukan pemeliharaan, harus dibuat ketentuan sedemikian sehingga tindakan proteksi dapat dikembalikan lagi tanpa mengurangi tingkat proteksi yang pada mulanya dimaksudkan.

529.3 Harus dibuat ketentuan untuk akses yang aman dan memadai ke semua bagian sistem perkawatan yang mungkin memerlukan pemeliharaan.

CATATAN Pada beberapa situasi, mungkin perlu menyediakan sarana akses yang permanen dengan tangga, gang dsb.

5210 MOD Identifikasi kabel dengan warna

5210.1 MOD Ketentuan umum

Persyaratan warna insulasi inti kabel berlaku untuk semua instalasi magun atau fleksibel, termasuk instalasi dalam perlengkapan listrik.

Hal tersebut di atas diperlukan untuk mendapatkan kesatuan pengertian mengenai penggunaan sesuatu warna atau warna loreng yang digunakan untuk mengidentifikasi inti kabel, guna keseragaman dan mempertinggi keamanan.

CATATAN Lihat 134.1.3 Bagian 1.

5210.2 MOD Penggunaan warna loreng hijau-kuning

Warna loreng hijau-kuning hanya boleh digunakan untuk menandai konduktor pembumian, konduktor proteksi, dan konduktor yang menghubungkan ikatan ekuipotensial ke bumi.

5210.3 MOD Penggunaan warna biru

Warna biru digunakan untuk menandai konduktor netral atau kawat tengah, pada instalasi listrik dengan konduktor netral. Untuk menghindarkan kesalahan, warna biru tersebut tidak boleh digunakan untuk menandai konduktor lainnya. Warna biru hanya dapat digunakan untuk maksud lain, jika pada instalasi listrik tersebut tidak terdapat konduktor netral atau kawat tengah. Warna biru tidak boleh digunakan untuk menandai konduktor pembumian.

Lampiran A
(normatif)

Kapasitas hantar arus (KHA)

A.52.1 Pendahuluan

Persyaratan lampiran ini dimaksudkan untuk memberikan umur konduktor dan insulasi yang memuaskan yang terkena efek termal hantar arus untuk periode waktu yang lama dalam pelayanan normal. Pertimbangan lain mempengaruhi pilihan luas penampang konduktor, seperti persyaratan untuk proteksi terhadap kejutan listrik (Bagian 4-41), proteksi terhadap efek termal (Bagian 4-42), proteksi arus lebih (Bagian 4-43), drop voltase (Ayat 525 standar ini), dan pembatasan suhu untuk terminal perlengkapan yang konduktor dihubungkan padanya (Ayat 526 standar ini).

Untuk saat ini, lampiran ini hanya tentang kabel dan konduktor berinsulasi nonarmor yang mempunyai voltase nominal tidak melebihi 1 kV a.b. atau 1,5 kV a.s. Lampiran ini tidak berlaku untuk kabel inti tunggal berarmor.

CATATAN Jika digunakan kabel inti tunggal berarmor, dapat disyaratkan pengurangan KHA yang cukup besar yang diberikan dalam lampiran ini. Pemasok kabel sebaiknya dikonsultasi. Hal ini juga dapat diterapkan untuk kabel inti tunggal nirarmor dalam talang logam jalur tunggal (lihat 521.5).

Nilai dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-13 berlaku untuk kabel nirarmor dan telah didapatkan sesuai dengan metode yang diberikan dalam IEC 60287 dengan menggunakan dimensi yang ditentukan dalam IEC 60502 dan resistansi konduktor yang diberikan dalam IEC 60228. Variasi praktis yang diketahui dalam konstruksi kabel (misalnya bentuk konduktor) dan hasil toleransi pembuatan pada rentang dimensi yang mungkin dan karena itu KHA untuk setiap ukuran konduktor. Tabel KHA telah dipilih sedemikian sehingga memperhitungkan keselamatan rentang nilai KHA ini dan menempatkan pada kurva yang rata jika diplot terhadap luas penampang konduktor.

Untuk kabel multiinti yang mempunyai konduktor dengan luas penampang 25 mm² atau lebih besar, diizinkan konduktor bulat atau sektor (*shaped*). Nilai tabel telah didapatkan dari dimensi yang sesuai untuk konduktor sektor.

A.52.2 Suhu ambien

A.52.2.1 Tabel KHA dalam lampiran ini berasumsi suhu ambien acuan berikut:

- untuk konduktor berinsulasi dan kabel di udara, tidak tergantung dari metode pemasangan: 30 °C;
- untuk kabel tertanam, baik langsung dalam tanah atau dalam talang dalam tanah: 20 °C.

A.52.2.2 Jika suhu ambien pada lokasi yang dimaksudkan dari konduktor berinsulasi atau kabel, berbeda dari suhu ambien acuan, faktor koreksi yang sesuai yang diberikan dalam Tabel A.52-14 dan A.52-15 harus diterapkan untuk nilai KHA yang ditentukan dalam A.52-2 hingga A.52-13. Untuk kabel tertanam, koreksi tidak diperlukan jika suhu tanah melebihi 25 °C hanya untuk beberapa minggu per tahun.

CATATAN Untuk kabel atau konduktor berinsulasi di udara, jika suhu ambien adakalanya melebihi suhu ambien acuan, kemungkinan penggunaan tabel KHA tanpa koreksi dalam pertimbangan.

A.52.2.3 Faktor koreksi dalam Tabel A.52-14 dan A.52-15 tidak memperhitungkan peningkatan, jika ada, karena matahari atau radiasi infra merah lain. Jika kabel atau konduktor berinsulasi terkena radiasi tersebut, KHA harus didapatkan dengan metode yang ditentukan dalam IEC 602852

A.52.3 Resistivitas termal tanah

Tabel KHA dalam lampiran ini untuk kabel dalam tanah berkaitan dengan resistivitas termal tanah 2,5 K·m/W. Nilai ini dianggap perlu sebagai tindakan untuk penggunaan di seluruh dunia jika jenis tanah dan lokasi geografis tidak ditentukan (lihat IEC 602852-3-1).

Di lokasi jika resistivitas termal tanah efektif lebih tinggi dari 2,5 K·m/W, pengurangan KHA yang sesuai harus dilakukan atau tanah di sekeliling kabel harus diganti dengan bahan yang lebih sesuai. Kasus tersebut biasanya dapat ditemui pada kondisi tanah yang sangat kering. Faktor koreksi untuk resistivitas termal tanah selain 25 K·m/W diberikan dalam Tabel A.52-15.

CATATAN Tabel KHA dalam lampiran ini untuk kabel dalam tanah dimaksudkan hanya berkaitan dengan jalur dalam dan sekitar bangunan. Untuk instalasi lain, jika penyelidikan menentapkan nilai resistivitas termal tanah yang lebih akurat sesuai untuk beban yang dihantarkan, nilai KHA dapat didapatkan dengan metode perhitungan yang diberikan dalam IEC 60287 atau diperoleh dari pabrikan kabel.

A.52.4 Kelompok konduktor berinsulasi atau kabel

A.52.4.1 Jenis instalasi A hingga D dalam Tabel A.52-1

KHA yang diberikan dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-7 berkaitan dengan sirkit tunggal yang terdiri atas jumlah konduktor berikut:

- dua konduktor berinsulasi atau dua kabel inti tunggal, atau satu kabel inti kembar;
- tiga konduktor berinsulasi atau tiga kabel inti tunggal, atau satu kabel 3-inti.

Jika lebih banyak konduktor berinsulasi atau kabel dipasang dalam kelompok yang sama, faktor reduksi kelompok yang ditentukan dalam Tabel A.52-17 hingga A.52-19 harus diterapkan.

CATATAN Faktor reduksi kelompok telah dihitung berdasarkan operasi keadaan tunak yang lama pada faktor beban 100 % untuk semua konduktor aktif. Jika pembebanan kurang dari 100 % sebagai hasil dari kondisi operasi instalasi, faktor reduksi kelompok dapat lebih tinggi.

A.52.4.2 Jenis instalasi E dan F dalam Tabel A.52-1

KHA Tabel A.52-8 hingga A.52-13 berkaitan dengan metode instalasi acuan.

Untuk instalasi di atas rak, begel (*cleat*) dan sejenis, KHA untuk sirkit tunggal maupun sirkit kelompok harus diperoleh dengan mengalikan kapasitas yang diberikan untuk susunan yang relevan dari konduktor berinsulasi atau kabel di udara bebas, seperti ditunjukkan dalam Tabel A.52-8 hingga A.52-13, dengan faktor reduksi instalasi dan kelompok yang diberikan dalam Tabel A.52-20 hingga A.52-21.

Catatan berikut mengenai A.52.4.1 dan A.52.4.2:

CATATAN 1 Faktor reduksi kelompok telah dihitung sebagai rata-rata untuk julat ukuran konduktor, jenis kabel dan kondisi instalasi yang dipertimbangkan. Perlu diperhatikan catatan di bawah setiap tabel. Dalam beberapa hal, dapat diinginkan perhitungan yang lebih tepat.

CATATAN 2 Faktor reduksi kelompok telah dihitung berdasarkan kelompok yang terdiri atas konduktor berinsulasi atau kabel berbeban serupa. Jika kelompok terdiri atas berbagai ukuran kabel atau konduktor berinsulasi, harus diperhatikan pembebanan arus dari yang terkecil (lihat A.52.5).

A.52.5 Kelompok yang terdiri atas ukuran berbeda

Faktor reduksi kelompok dalam tabel dapat diterapkan pada kelompok yang terdiri atas kabel berbeban serupa. Perhitungan faktor reduksi untuk kelompok yang terdiri atas ukuran berbeda dari konduktor berinsulasi atau kabel berbeban serupa tergantung pada jumlah total dalam kelompok dan campuran dari ukuran. Faktor tersebut tidak dapat ditabelkan tetapi harus dihitung untuk setiap kelompok. Metode perhitungan faktor tersebut di luar ruang lingkup standar ini. Beberapa contoh spesifik perhitungan tersebut yang dapat disarankan, diberikan di bawah ini.

CATATAN Kelompok yang terdiri atas ukuran konduktor yang merentang julat lebih dari tiga ukuran standar yang berdekatan dapat dianggap sebagai kelompok yang terdiri atas ukuran berbeda. Kelompok kabel serupa dapat diterima merupakan kelompok jika KHA semua kabel berdasarkan pada suhu konduktor maksimum diizinkan yang sama dan jika julat ukuran konduktor dalam rentang kelompok tidak lebih dari tiga ukuran standar yang berdekatan.

A.52.5.1 Kelompok dalam konduit, berumbung kabel dan talang kabel

Faktor reduksi kelompok yang berada pada sisi aman, untuk kelompok yang terdiri atas ukuran berbeda dari konduktor berinsulasi atau kabel dalam konduit, berumbung kabel atau talang kabel adalah:

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

dengan

F adalah faktor reduksi kelompok

n adalah jumlah kabel atau konduktor berinsulasi dalam kelompok.

Faktor reduksi kelompok yang diperoleh dari persamaan ini akan mengurangi bahaya beban lebih ukuran terkecil tetapi dapat mengarah pada utilisasi kurang dari ukuran terbesar. Utilisasi kurang tersebut dapat dihindari jika ukuran yang besar dan kecil dari kabel atau konduktor berinsulasi tidak dicampur dalam kelompok yang sama.

Penggunaan metode perhitungan yang khusus dimaksudkan untuk kelompok yang terdiri atas ukuran berbeda dari konduktor berinsulasi atau kabel dalam konduit menghasilkan faktor reduksi kelompok yang lebih tepat.

A.52.5.2 Kelompok di atas rak

Jika kelompok terdiri atas ukuran berbeda dari konduktor berinsulasi atau kabel, harus diperhatikan pembebanan arus pada ukuran terkecil. Lebih disukai untuk menggunakan metode perhitungan yang khusus dimaksudkan untuk kelompok yang terdiri atas ukuran berbeda dari konduktor berinsulasi atau kabel.

Faktor reduksi kelompok yang diperoleh sesuai dengan A.52.5.1 akan memberikan nilai pada sisi aman.

A.52.6 Metode instalasi

A.52.6.1 Metode acuan

Metode acuan adalah metode instalasi yang KHA telah ditentukan dengan pengujian atau perhitungan.

Metode acuan A1, butir 1 Tabel 52-3 (konduktor berinsulasi dalam konduit dalam dinding berinsulasi secara termal) dan **A2**, butir 2 Tabel 52-3 (kabel multiinti dalam konduit dalam dinding berinsulasi secara termal).

Dinding terdiri atas lapisan luar tahan cuaca, insulasi termal dan permukaan bagian dalam dari kayu atau bahan serupa kayu yang mempunyai konduktans termal sekurangnya $10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Konduit dimagunkan sedemikian sehingga berdekatan dengan, tetapi tidak perlu menyentuh permukaan bagian dalam. Bahang dari kabel dianggap hanya keluar melalui permukaan bagian dalam. Konduit dapat dari logam atau plastik.

Metode acuan B1, butir 4 Tabel 52-3 (konduktor berinsulasi dalam konduit pada dinding kayu) dan **B2**, butir 5 Tabel 52-3 (kabel multiinti dalam konduit pada dinding kayu).

Konduit dipasang pada dinding kayu sedemikian sehingga celah antara konduit dan permukaan kurang dari 0,3 kali diameter konduit. Konduit dapat dari logam atau plastik. Jika konduit dimagunkan ke dinding tembok, KHA kabel atau konduktor berinsulasi dapat lebih tinggi.

Metode acuan C, butir 20 Tabel 52-3 (kabel inti tunggal atau multiinti pada dinding kayu)

Kabel dipasang pada dinding kayu sedemikian sehingga celah antara kabel dan permukaan kurang dari 0,3 kali diameter kabel. Jika kabel dimagunkan ke atau ditanam dalam dinding tembok, KHA nya dapat lebih tinggi.

CATATAN Istilah “tembok” diambil untuk mencakup batu bata, beton, plesteran atau serupa (selain dari bahan berinsulasi secara termal).

Metode acuan D, butir 70 Tabel 52-3 (kabel multiinti dalam talang dalam tanah)

Kabel ditarik dalam talang plastik, tembikar atau logam yang kontak langsung dengan tanah yang mempunyai resistivitas termal $2,5 \text{ K}\cdot\text{m/W}$ dan dalam 0,7 m (lihat juga A.52..3).

Metode acuan E, F dan G, butir 32 dan 33 Tabel 52-3 (kabel inti tunggal dan multiinti di udara terbuka)

Kabel ditopang sedemikian sehingga disipasi bahang total tidak terhalang. Pemanasan karena radiasi matahari dan sumber lain harus diperhitungkan. Harus diperhatikan bahwa konveksi udara alami tidak terhalang. Dalam praktik jarak bebas antara kabel dan setiap permukaan yang berdekatan sekurangnya 0,3 kali diameter eksternal kabel untuk kabel multiinti atau 1 kali diameter kabel untuk kabel inti tunggal cukup untuk memungkinkan penggunaan KHA yang memadai untuk kondisi udara terbuka.

A.52.6.2 Metode lain

Kabel di atas lantai atau di bawah plafon: hal ini serupa dengan metode acuan C kecuali bahwa peringkat untuk kabel di atas plafon sedikit berkurang (lihat Tabel A.52-17) dari nilai untuk dinding atau lantai karena berkurangnya konveksi alami.

Rak kabel: rak berlubang mempunyai pola lubang regular sedemikian untuk memfalsifikasi penggunaan pemagun kabel. Peringkat kabel untuk rak berlubang telah didapatkan dari kerja uji yang menggunakan rak dengan lubang 30 % dari luas dasar. Jika lubang kurang dari 30 % luas dasar, rak dianggap nirlubang. Hal ini serupa dengan metode acuan C.

Penopang tangga: ini adalah konstruksi yang menawarkan impedans minimum ke aliran udara sekeliling kabel, yaitu logam penopang di bawah kabel menempati kurang dari 10 % luas rencana.

Begel dan gantungan: penopang kabel yang memegang kabel pada interval seluruh panjangnya dan memungkinkan aliran udara terbuka penuh sekeliling kabel.

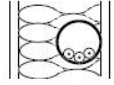
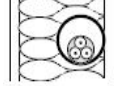

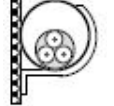
Catatan umum untuk Tabel A.52-1 hingga A.52-21

CATATAN 1 Tabel KHA untuk jenis konduktor berinsulasi dan kabel, dan metode instalasi yang biasa digunakan untuk instalasi listrik magun. Tabel KHA berkaitan dengan operasi keadaan tunak kontinu (faktor beban 100 %) untuk a.s. atau a.b. dengan frekuensi nominal 50 Hz.


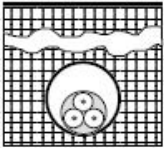

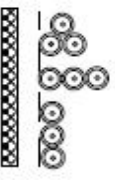
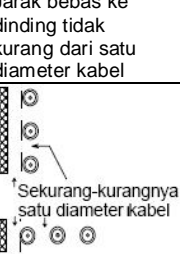
CATATAN 2 Tabel A.52-1 menampilkan jenis metode instalasi acuan yang diacu tabel KHA. Hal ini tidak berarti bahwa semua jenis ini perlu dicantumkan dalam persyaratan nasional semua negara.

CATATAN 3 Untuk baiknya, jika metode desain instalasi dengan bantuan computer digunakan, KHA dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-13 dapat berkaitan dengan konduktor yang diukur dengan rumus sederhana. Rumus ini dengan koefisien yang sesuai diberikan dalam Lampiran C.






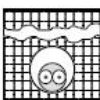
Tabel A.52-1 Daftar metode instalasi acuan yang membentuk dasar tabel KHA

Metode instalasi acuan		Tabel dan kolom							
		KHA untuk sirkit tunggal						Faktor suhu ambien	Faktor reduksi kelompok
		Berinsulasi PVC		Berinsulasi XLPE/EPR		Berinsulasi mineral			
		Jumlah inti							
		2	3	2	3	1, 2 dan 3			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Konduktor berinsulasi dalam konduit dalam dinding berinsulasi secara termal	A1	A.52-2 Kol. 2	A.52-4 Kol. 2	A.52-3 Kol. 2	A.52-5 Kol. 2	-	A.52-14	A.52-17
	Kabel multiinti dalam konduit dalam dinding berinsulasi secara termal	-	A.52-2 Kol. 3	A.52-4 Kol. 3	A.52-3 Kol. 3	A.52-5 Kol. 3	-	A.52-14	A.52-17
	Konduktor berinsulasi dalam konduit pada dinding kayu	B1	A.52-2 Kol. 4	A.52-4 Kol. 4	A.52-3 Kol. 4	A.52-5 Kol. 4	-	A.52-14	A.52-17
	Kabel multiinti dalam konduit pada dinding kayu	B2	A.52-2 Kol. 5	A.52-4 Kol. 5	A.52-3 Kol. 5	A.52-5 Kol. 5	-	A.52-14	52 7A-17

Tabel 52-1 (lanjutan)







Metode instalasi acuan		Tabel dan kolom							Faktor suhu ambien	Faktor reduksi kelompok
		KHA untuk sirkit tunggal					Faktor suhu ambien	Faktor reduksi kelompok		
		Berinsulasi PVC		Berinsulasi XLPE/EPR		Berinsulasi mineral				
		Jumlah inti								
		2	3	2	3	1, 2 dan 3				
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Kabel inti tunggal atau multiinti pada dinding kayu	C	A.52-2 Kol. 6	A.52-4 Kol. 6	A.52-3 Kol. 6	A.52-5 Kol. 6	Selubung 70 °C 52-C5 Selubung 105 °C 52-C6	A.52-14	A.52-17	
	Kabel multiinti dalam talang dalam tanah	D	A.52-2 Kol. 7	A.52-4 Kol. 7	A.52-3 Kol. 7	A.52-5 Kol. 7	–	A.52-15	A.52-19	
	Kabel multiinti pada udara terbuka	E	Tembaga A.52-10 Aluminium A.52-11		Tembaga A.52-12 Aluminium A.52-13		Selubung 70 °C A.52-8 Selubung 105 °C A.52-9	A.52-14	A.52-17	
 Jarak bebas ke dinding tidak kurang dari satu diameter kabel	Kabel inti tunggal, bersentuhan pada udara terbuka	F	Tembaga A.52-10 Aluminium A.52-11		Tembaga A.52-12 Aluminium A.52-13		Selubung 70 °C A.52-8 Selubung 105 °C A.52-9	A.52-14	A.52-17	
 Sekurang-kurangnya satu diameter kabel	Kabel inti tunggal, berjarak pada udara terbuka	G	Tembaga A.52-10 Aluminium A.52-11		Tembaga A.52-12 Aluminium A.52-13		Selubung 70 °C A.52-8 Selubung 105 °C A.52-9	A.52-14	–	

**Tabel A.52-2 KHA dalam ampere untuk metode instalasi dalam Tabel A.52-1 –
Insulasi PVC/dua konduktor berbeban/tembaga atau aluminium –
Suhu konduktor: 70 °C/Suhu ambien: 30 °C di udara, 20 °C dalam tanah**

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Metode instalasi Tabel 7.A-1					
	A1	A2	B1	B2	C	D
						
1	2	3	4	5	6	7
Tembaga						
1,5	14,5	14	17,5	16,5	19,5	22
2,5	19,5	18,5	24	23	27	29
4	26	25	32	30	36	38
6	34	32	41	38	46	47
10	46	43	57	52	63	63
16	61	57	76	69	85	81
25	80	75	101	90	112	104
35	99	92	125	111	138	125
50	119	110	151	133	168	148
70	151	139	192	168	213	183
95	182	167	232	201	258	216
120	210	192	269	232	299	246
150	240	219	–	–	344	278
185	273	248	–	–	392	312
240	321	291	–	–	461	361
300	367	334	–	–	530	408
Aluminium						
2,5	15	14,5	18,5	17,5	21	22
4	20	19,5	25	24	28	29
6	26	25	32	30	36	36
10	36	33	44	41	49	48
16	48	44	60	54	66	62
25	63	58	79	71	83	80
35	77	71	97	86	103	96
50	93	86	118	104	125	113
70	118	108	150	131	160	140
95	142	130	181	157	195	166
120	164	150	210	181	226	189
150	189	172	–	–	261	213
185	215	195	–	–	298	240
240	252	229	–	–	352	277
300	289	263	–	–	406	313






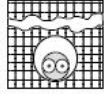
CATATAN Pada kolom 3, 5, 6 dan 7, konduktor bulat dianggap berukuran sampai dengan 16 mm². Nilai untuk ukuran yang lebih besar berkaitan dengan bentuk kompak dan secara aman dapat diterapkan untuk konduktor bulat.

Tabel A.52-3 KHA dalam ampere untuk metode instalasi dalam Tabel A.52-1 – Insulasi XLPE atau EPR/dua konduktor berbeban/tembaga atau aluminium – Suhu konduktor: 90 °C/Suhu ambien: 30 °C di udara, 20 °C dalam tanah

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Metode instalasi Tabel 7.A-1					
	A1	A2	B1	B2	C	D
						
1	2	3	4	5	6	7
Tembaga						
1,5	19	18,5	23	22	24	26
2,5	26	25	31	30	33	34
4	35	33	42	40	45	44
6	45	42	54	51	58	56
10	61	57	75	69	80	73
16	81	76	100	91	107	95
25	106	99	133	119	138	121
35	131	121	164	146	171	146
50	158	145	198	175	209	173
70	200	183	253	221	269	213
95	241	220	306	265	328	252
120	278	253	354	305	382	287
150	318	290	–	–	441	324
185	362	329	–	–	506	363
240	424	386	–	–	599	419
300	486	442	–	–	693	474
Aluminium						
2,5	20	19,5	25	23	26	26
4	27	26	33	31	35	34
6	35	33	43	40	45	42
10	48	45	59	54	62	56
16	64	60	79	72	84	73
25	84	78	105	94	101	93
35	103	96	130	115	126	112
50	125	115	157	138	154	132
70	158	145	200	175	198	163
95	191	175	242	210	241	193
120	220	201	281	242	280	220
150	253	230	–	–	324	249
185	288	262	–	–	371	279
240	338	307	–	–	439	322
300	387	352	–	–	508	364






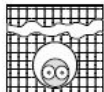
CATATAN Pada kolom 3, 5, 6 dan 7, konduktor bulat dianggap berukuran sampai dengan 16 mm². Nilai untuk ukuran yang lebih besar berkaitan dengan bentuk kompak dan secara aman dapat diterapkan untuk konduktor bulat.

**Tabel A.52-4 KHA dalam ampere untuk metode instalasi dalam Tabel A.52-1 –
Insulasi PVC/tiga konduktor berbeban/ tembaga atau aluminium –
Suhu konduktor: 70 °C/Suhu ambien: 30 °C di udara, 20 °C dalam tanah**

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Metode instalasi Tabel 7.A-1					
	A1	A2	B1	B2	C	D
						
1	2	3	4	5	6	7
Tembaga						
1,5	13,5	13	15,5	15	17,5	18
2,5	18	17,5	21	20	24	24
4	24	23	28	27	32	31
6	31	29	36	34	41	39
10	42	39	50	46	57	52
16	56	52	68	62	76	67
25	73	68	89	80	96	86
35	89	83	110	99	119	103
50	108	99	134	118	144	122
70	136	125	171	149	184	151
95	164	150	207	179	223	179
120	188	172	239	206	259	203
150	216	196	–	–	299	230
185	245	223	–	–	341	258
240	286	261	–	–	403	297
300	328	298	–	–	464	336
Aluminium						
2,5	14	13,5	16,5	15,5	18,5	18,5
4	18,5	17,5	22	21	25	24
6	24	23	28	27	32	30
10	32	31	39	36	44	40
16	43	41	53	48	59	52
25	57	53	70	62	73	66
35	70	65	86	77	90	80
50	84	78	104	92	110	94
70	107	98	133	116	140	117
95	129	118	161	139	170	138
120	149	135	186	160	197	157
150	170	155	–	–	227	178
185	194	176	–	–	259	200
240	227	207	–	–	305	230
300	261	237	–	–	351	260




CATATAN Pada kolom 3, 5, 6 dan 7, konduktor bulat dianggap berukuran sampai dengan 16 mm². Nilai untuk ukuran yang lebih besar berkaitan dengan bentuk kompak dan secara aman dapat diterapkan untuk konduktor bulat.

Tabel A.52-5 KHA dalam ampere untuk metode instalasi dalam Tabel A.52-1 – Insulasi XLPE atau EPR/tiga konduktor berbeban/ tembaga atau aluminium – Suhu konduktor: 90 °C/Suhu ambien: 30 °C di udara, 20 °C dalam tanah

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Metode instalasi Tabel 7.A-1					
	A1	A2	B1	B2	C	D
						
1	2	3	4	5	6	7
Tembaga						
1,5	17	16,5	20	19,5	22	22
2,5	23	22	28	26	30	29
4	31	30	37	35	40	37
6	40	38	48	44	52	46
10	54	51	66	60	71	61
16	73	68	88	80	96	79
25	95	89	117	105	119	101
35	117	109	144	128	147	122
50	141	130	175	154	179	144
70	179	164	222	194	229	178
95	216	197	269	233	278	211
120	249	227	312	268	322	240
150	285	259	–	–	371	271
185	324	295	–	–	424	304
240	380	346	–	–	500	351
300	435	396	–	–	576	396
Aluminium						
2,5	19	18	22	21	24	22
4	25	24	29	28	32	29
6	32	31	38	35	41	36
10	44	41	52	48	57	47
16	58	55	71	64	76	61
25	76	71	93	84	90	78
35	94	87	116	103	112	94
50	113	104	140	124	136	112
70	142	131	179	156	174	138
95	171	157	217	188	211	164
120	197	180	251	216	245	186
150	226	206	–	–	283	210
185	256	233	–	–	323	236
240	300	273	–	–	382	272
300	344	313	–	–	440	308

CATATAN Pada kolom 3, 5, 6 dan 7, konduktor bulat dianggap berukuran sampai dengan 16 mm². Nilai untuk ukuran yang lebih besar berkaitan dengan bentuk kompak dan secara aman dapat diterapkan untuk konduktor bulat.

**Tabel A.52-6 KHA dalam ampere untuk metode instalasi C Tabel A.52-1 –
Insulasi mineral/konduktor tembaga dan selubung –
Selubung PVC atau polos terkena sentuhan (lihat Catatan 2)
Suhu selubung logam: 70 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C**

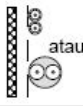
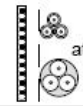
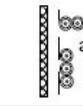
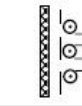

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Jumlah dan susunan konduktor untuk metode C Tabel 7.A-1		
	Dua konduktor berbeban kembar atau inti tunggal	Tiga konduktor berbeban	
		Multiinti atau inti tunggal dalam formasi trefoil	Inti tunggal dalam formasi rata
			
1	2	3	4
500 V			
1,5	23	19	21
2,5	31	26	29
4	40	35	38
750 V			
1,5	25	21	23
2,5	34	28	31
4	45	37	41
6	57	48	52
10	77	65	70
16	102	86	92
25	133	112	120
35	163	137	147
50	202	169	181
70	247	207	221
95	296	249	264
120	340	286	303
150	388	327	346
185	440	371	392
240	514	434	457
CATATAN 1 Untuk kabel inti tunggal, selubung kabel sirkuit dihubungkan bersama-sama pada kedua ujungnya. CATATAN 2 Untuk kabel polos yang saling bersentuhan, nilai sebaiknya dikalikan 0,9.			

**Tabel A.52-7 KHA dalam ampere untuk metode instalasi C Tabel A.52-1 –
Insulasi mineral/konduktor tembaga dan selubung –
Polos tidak terkena sentuhan atau tidak kontak
dengan bahan yang mudah terbakar
Suhu selubung logam: 105 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C**

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Jumlah dan susunan konduktor untuk metode C tabel 7.A-1		
	Dua konduktor berbeban kembar atau inti tunggal	Tiga konduktor berbeban	
		Multiinti atau inti tunggal dalam formasi trefoil	Inti tunggal dalam formasi rata
1	2	3	4
500 V			
1,5	28	24	27
2,5	38	33	36
4	51	44	47
750 V			
1,5	31	26	30
2,5	42	35	41
4	55	47	53
6	70	59	67
10	96	81	91
16	127	107	119
25	166	140	154
35	203	171	187
50	251	212	230
70	307	260	280
95	369	312	334
120	424	359	383
150	485	410	435
185	550	465	492
240	643	544	572

CATATAN 1 Untuk kabel inti tunggal, selubung kabel sirkit dihubungkan bersama-sama pada kedua ujungnya.
CATATAN 2 Tidak ada koreksi untuk pengelompokan yang perlu diterapkan.
CATATAN 3 Untuk tabel ini, metode acuan C mengacu pada dinding tembok, karena suhu selubung yang tinggi biasanya tidak dapat diterima untuk dinding kayu.

Tabel A.52-8 KHA dalam ampere untuk metode instalasi E, F dan G Tabel A.52-1 – Insulasi mineral/Konduktor tembaga dan selubung/ Selubung PVC atau polos terkena sentuhan (lihat Catatan 2) Suhu selubung logam: 70 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C








Luas penampang nominal konduktor mm ²	Jumlah dan susunan kabel untuk metode E, F dan G Tabel 7.A-1				
	Dua konduktor berbeban kembar atau inti tunggal Metode E atau F	Tiga konduktor berbeban			
		Multiinti atau inti tunggal dalam formasi trefoil Metode E atau F	Inti tunggal bersentuhan Metode F	Inti tunggal rata vertikal berjarak Metode G	Inti tunggal horizontal berjarak Metode G
					
1	2	3	4	5	6
500 V					
1,5	25	21	23	26	29
2,5	33	28	31	34	39
4	44	37	41	45	51
750 V					
1,5	26	22	26	28	32
2,5	36	30	34	37	43
4	47	40	45	49	56
6	60	51	57	62	71
10	82	69	77	84	95
16	109	92	102	110	125
25	142	120	132	142	162
35	174	147	161	173	197
50	215	182	198	213	242
70	264	223	241	259	294
95	317	267	289	309	351
120	364	308	331	353	402
150	416	352	377	400	454
185	472	399	426	446	507
240	552	466	496	497	565
CATATAN 1 Untuk kabel inti tunggal, selubung kabel sirkit dihubungkan bersama-sama pada kedua ujungnya. CATATAN 2 Untuk kabel polos yang saling bersentuhan, nilai sebaiknya dikalikan 0,9. CATATAN 3 D_e adalah diameter eksternal kabel.					

Tabel A.52-9 KHA dalam ampere untuk metode instalasi E, F dan G Tabel A.52-1 – Insulasi mineral/Konduktor tembaga dan selubung/ Polos tidak terkena sentuhan (lihat Catatan 2) Suhu selubung logam: 105 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Jumlah dan susunan kabel untuk metode E, F dan G Tabel 7.A-1				
	Dua konduktor berbeban kembar atau inti tunggal Metode E atau F	Tiga konduktor berbeban			
		Multiinti atau inti tunggal dalam formasi trefoil Metode E atau F	Inti tunggal bersentuhan Metode F	Inti tunggal rata vertikal berjarak Metode G	Inti tunggal horizontal berjarak Metode G
	2	3	4	5	6
500 V					
1,5	31	26	29	33	37
2,5	41	35	39	43	49
4	54	46	51	56	64
750 V					
1,5	33	28	32	35	40
2,5	45	38	43	47	54
4	60	50	56	61	70
6	76	64	71	78	89
10	104	87	96	105	120
16	137	115	127	137	157
25	179	150	164	178	204
35	220	184	200	216	248
50	272	228	247	266	304
70	333	279	300	323	370
95	400	335	359	385	441
120	460	385	411	441	505
150	526	441	469	498	565
185	596	500	530	557	629
240	697	584	617	624	704

CATATAN 1 Untuk kabel inti tunggal, selubung kabel sirkuit dihubungkan bersama-sama pada kedua ujungnya.
 CATATAN 2 Tidak ada koreksi untuk pengelompokan yang perlu diterapkan.
 CATATAN 3 D_e adalah diameter eksternal kabel.

Tabel A.52-10 KHA dalam ampere untuk metode instalasi E, F dan G Tabel A.52-1 – Insulasi PVC/Konduktor tembaga Suhu konduktor: 70 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Metode instalasi Tabel 7.A-1						
	Kabel multiinti		Kabel inti tunggal				
	Dua konduktor berbeban	Tiga konduktor berbeban	Dua konduktor berbeban bersentuhan	Tiga konduktor berbeban trefoil	Tiga konduktor berbeban, rata		
					Bersentuhan	Berjarak	
				Horizontal		Vertikal	
	 Metode E	 Metode E	 atau	 Metode F	 atau	 Metode G	 Metode G
1	2	3	4	5	6	7	8
1,5	22	18,5	–	–	–	–	–
2,5	30	25	–	–	–	–	–
4	40	34	–	–	–	–	–
6	51	43	–	–	–	–	–
10	70	60	–	–	–	–	–
16	94	80	–	–	–	–	–
25	119	101	131	110	114	146	130
35	148	126	162	137	143	181	162
50	180	153	196	167	174	219	197
70	232	196	251	216	225	281	254
95	282	238	304	264	275	341	311
120	328	276	352	308	321	396	362
150	379	319	406	356	372	456	419
185	434	364	463	409	427	521	480
240	514	430	546	485	507	615	569
300	593	497	629	561	587	709	659
400	–	–	754	656	689	852	795
500	–	–	868	749	789	982	920
630	–	–	1 005	855	905	1 138	1 070

CATATAN Konduktor bulat dianggap berukuran sampai dengan 16 mm². Nilai untuk ukuran yang lebih besar berkaitan dengan konduktor kompak dan dengan aman dapat diterapkan untuk konduktor bulat.

**Tabel A.52-11 KHA dalam ampere untuk metode instalasi E, F dan G Tabel A.52-1 –
Insulasi PVC/Konduktor aluminium
Suhu konduktor: 70 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C**

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Metode instalasi Tabel 7.A-1						
	Kabel multiinti		Kabel inti tunggal				
	Dua konduktor berbeban	Tiga konduktor berbeban	Dua konduktor berbeban bersentuhan	Tiga konduktor berbeban trefoil	Tiga konduktor berbeban, rata		
					Bersentuhan	Berjarak	
				Horizontal		Vertikal	
	Metode E	Metode E	Metode F	Metode F	Metode F	Metode G	Metode G
1	2	3	4	5	6	7	8
2,5	23	19,5	-	-	-	-	-
4	31	26	-	-	-	-	-
6	39	33	-	-	-	-	-
10	54	46	-	-	-	-	-
16	73	61	-	-	-	-	-
25	89	78	98	84	87	112	99
35	111	96	122	105	109	139	124
50	135	117	149	128	133	169	152
70	173	150	192	166	173	217	196
95	210	183	235	203	212	265	241
120	244	212	273	237	247	308	282
150	282	245	316	274	287	356	327
185	322	280	363	315	330	407	376
240	380	330	430	375	392	482	447
300	439	381	497	434	455	557	519
400	-	-	600	526	552	671	629
500	-	-	694	610	640	775	730
630	-	-	808	711	746	900	852

CATATAN Konduktor bulat dianggap berukuran sampai dengan 16 mm². Nilai untuk ukuran yang lebih besar berkaitan dengan konduktor kompak dan dengan aman dapat diterapkan untuk konduktor bulat.

Tabel A.52-12 KHA dalam ampere untuk metode instalasi E, F dan G Tabel A.52-1 – Insulasi XLPE atau EPR/Konduktor tembaga Suhu konduktor: 90 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Metode instalasi Tabel 7.A-1						
	Kabel multiinti		Kabel inti tunggal				
	Dua konduktor berbeban	Tiga konduktor berbeban	Dua konduktor berbeban bersentuhan	Tiga konduktor berbeban trefoil	Tiga konduktor berbeban, rata		
					Bersentuhan	Berjarak	
						Horizontal	Vertikal
1	2	3	4	5	6	7	8
1,5	26	23	–	–	–	–	–
2,5	36	32	–	–	–	–	–
4	49	42	–	–	–	–	–
6	63	54	–	–	–	–	–
10	86	75	–	–	–	–	–
16	115	100	–	–	–	–	–
25	149	127	161	135	141	182	161
35	185	158	200	169	176	226	201
50	225	192	242	207	216	275	246
70	289	246	310	268	279	353	318
95	352	298	377	328	342	430	389
120	410	346	437	383	400	500	454
150	473	399	504	444	464	577	527
185	542	456	575	510	533	661	605
240	641	538	679	607	634	781	719
300	741	621	783	703	736	902	833
400	–	–	940	823	868	1085	1008
500	–	–	1083	946	998	1253	1169
630	–	–	1 254	1 088	1 151	1 454	1 362

CATATAN Konduktor bulat dianggap berukuran sampai dengan 16 mm². Nilai untuk ukuran yang lebih besar berkaitan dengan konduktor kompak dan dengan aman dapat diterapkan untuk konduktor bulat.

**Tabel A.52-13 KHA dalam ampere untuk metode instalasi E, F dan G Tabel A.52-1 –
Insulasi XLPE atau EPR/Konduktor aluminium
Suhu konduktor: 90 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C**

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Metode instalasi Tabel 7.A-1						
	Kabel multiinti		Kabel inti tunggal				
	Dua konduktor berbeban	Tiga konduktor berbeban	Dua konduktor berbeban bersentuhan	Tiga konduktor berbeban trefoil	Tiga konduktor berbeban, rata		
					Bersentuhan	Berjarak	
Horizontal		Vertikal					
1	2	3	4	5	6	7	8
2,5	28	24	–	–	–	–	–
4	38	32	–	–	–	–	–
6	49	42	–	–	–	–	–
10	67	58	–	–	–	–	–
16	91	77	–	–	–	–	–
25	108	97	121	103	107	138	122
35	135	120	150	129	135	172	153
50	164	146	184	159	165	210	188
70	211	187	237	206	215	271	244
95	257	227	289	253	264	332	300
120	300	263	337	296	308	387	351
150	346	304	389	343	358	448	408
185	397	347	447	395	413	515	470
240	470	409	530	471	492	611	561
300	543	471	613	547	571	708	652
400	–	–	740	663	694	856	792
500	–	–	856	770	806	991	921
630	–	–	996	899	942	1154	1077

CATATAN Konduktor bulat dianggap berukuran sampai dengan 16 mm². Nilai untuk ukuran yang lebih besar berkaitan dengan konduktor kompak dan dengan aman dapat diterapkan untuk konduktor bulat.

Tabel A.52-14 Faktor koreksi untuk suhu udara ambien selain 30 °C yang diterapkan pada KHA kabel di udara

Suhu ambien ^a	Insulasi			
	PVC	XLPE dan EPR	Mineral ^a	
			Berselubung PVC atau polos dan bersentuhan 70 °C	Polos tidak bersentuhan 105 °C
10	1,22	1.15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,87	0,92
45	0,79	0,87	0,85	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,51	0,71	0,45	0,75
65	–	0,65	–	0,70
70	–	0,58	–	0,65
75	–	0,50	–	0,60
80	–	0,41	–	0,54
85	–	–	–	0,47
90	–	–	–	0,40
95	–	–	–	0,32

^a Untuk suhu ambien yang lebih tinggi, hubungi pabrikan.

Tabel A.52-15 Faktor koreksi untuk suhu tanah ambien selain 20 °C yang diterapkan pada KHA kabel dalam talang dalam tanah

Suhu tanah °C	Insulasi	
	PVC	XLPE dan EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	–	0,60
70	–	0,53
75	–	0,46
80	–	0,38

Tabel A.52-16 Faktor koreksi untuk kabel dalam talang tertanam untuk resistivitas termal tanah selain 2,5 K· m/W yang diterapkan pada KHA untuk metode acuan D

Resistivitas termal, K· m/W	1	1,5	2	2,5	3
Faktor koreksi	1,18	1,1	1,05	1	0,96
<p>CATATAN 1 Faktor koreksi yang diberikan telah dirata-rata terhadap julat ukuran konduktor dan jenis instalasi yang termasuk dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-5. Keakuratan total faktor koreksi adalah $\pm 5\%$.</p> <p>CATATAN 2 Faktor koreksi dapat diterapkan pada kabel yang ditarik dalam talang tertanam; untuk kabel yang terletak langsung dalam tanah, faktor koreksi untuk resistivitas termal kurang dari 2,5 K·m/W akan lebih tinggi. Jika diperlukan nilai yang lebih tepat, dapat dihitung dengan metode yang diberikan dalam IEC 602852</p> <p>CATATAN 3 Faktor koreksi dapat diterapkan pada talang yang ditanam pada kedalaman sampai dengan 0,8 m.</p>					


Tabel A.52-17 Faktor reduksi untuk kelompok lebih dari satu sirkit atau lebih dari satu kabel multiinti yang digunakan dengan KHA Tabel A.52-2 hingga A.52-13

No	Susunan (persentuhan kabel)	Jumlah sirkit atau kabel multiinti												Digunakan dengan KHA, acuan
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Disatukan diudara, pada permukaan, tertanam atau terselungkup	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	A.52-2 – A.52-13 Metode A – F
2	Lapisan tunggal pada dinding, lantai atau rak berlubang	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Tidak ada faktor reduksi untuk lebih dari sembilan sirkit atau kabel multiinti			A.52-2 – A.52-7 Metode C
3	Lapisan tunggal magun langsung di bawah plafon kayu	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Lapisan tunggal pada rak berlubang horizontal atau vertical	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				
5	Lapisan tunggal pada penopang tangga atau paku dsb.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				
<p>CATATAN 1 Faktor ini dapat diterapkan untuk kelompok kabel seragam, berbeban sama.</p> <p>CATATAN 2 Jika jarak bebas horizontal antara kabel yang berdekatan melebihi dua kali diameter totalnya, tidak ada faktor reduksi yang perlu diterapkan.</p> <p>CATATAN 3 Faktor yang sama diterapkan untuk: - kelompok dua atau tiga kabel inti tunggal; - kabel multiinti.</p> <p>CATATAN 4 Jika sistem terdiri atas kabel 2-inti dan 3-inti, jumlah total kabel diambil sebagai jumlah sirkit, dan faktor terkait diterapkan pada tabel untuk dua konduktor berbeban untuk kabel 2-inti, dan pada tabel untuk tiga konduktor berbeban untuk kabel 3-inti.</p> <p>CATATAN 5 Jika kelompok terdiri atas n kabel inti tunggal, maka dapat dianggap sebagai $n/2$ sirkit dari dua konduktor berbeban atau $n/3$ sirkit dari tiga konduktor berbeban.</p> <p>CATATAN 6 Nilai yang diberikan telah dirata-rata terhadap julat ukuran konduktor dan jenis instalasi yang termasuk dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-13, keakuratan total nilai tabel adalah $\pm 5\%$.</p> <p>CATATAN 7 Untuk beberapa instalasi dan untuk metode lain yang tidak diberikan dalam tabel di atas, mungkin tepat untuk menggunakan faktor yang dihitung untuk hal khusus, lihat misalnya Tabel A.52-20 hingga A.52-21.</p>														


Tabel A.52-18 Faktor reduksi untuk lebih dari satu sirkit, kabel diletakkan langsung dalam tanah – Metode instalasi D dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-5 – Kabel inti tunggal atau multiinti

Jumlah sirkit	Jarak bebas kabel ke kabel (a) ^a				
	Nol (kabel bersentuhan)	Satu diameter kabel	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

^a Kabel multiinti



^a Kabel inti tunggal



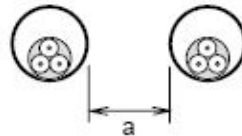
CATATAN Nilai yang diberikan berlaku untuk kedalaman instalasi 0,7 m dan resistivitas termal tanah 2,5 K· m/W. Nilai adalah nilai rerata untuk julat ukuran dan jenis kabel yang diberikan untuk Tabel A.52-2 hingga A.52-5. Proses rerata, bersama-sama dengan pembulatan, dalam beberapa hal dapat menyebabkan eror sampai dengan ± 10 %.
(Jika diperlukan nilai yang lebih tepat, maka dapat dihitung dengan metode yang diberikan dalam IEC 602852-1).

Tabel A.52-19 Faktor reduksi untuk lebih dari satu sirkit, kabel diletakkan dalam talang dalam tanah – Metode instalasi D dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-5 –

A) Kabel multiinti dalam talang jalur tunggal

Jumlah kabel	Jarak bebas talang ke talang (a) ^a			
	Nol (talang bersentuhan)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90

^a Kabel multiinti



CATATAN Nilai yang diberikan berlaku untuk kedalaman instalasi 0,7 m dan resistivitas termal tanah 2,5 K·m/W. Nilai adalah nilai rerata untuk julat ukuran dan jenis kabel yang diberikan untuk Tabel A.52-2 hingga A.52-5. Proses rerata, bersama-sama dengan pembulatan, dalam beberapa hal dapat menyebabkan eror sampai dengan ± 10 %.

Jika diperlukan nilai yang lebih tepat, maka dapat dihitung dengan metode yang diberikan dalam IEC 602852-1.

B) Kabel inti tunggal dalam talang jalur tunggal

Jumlah sirkit inti tunggal dari dua atau tiga kabel	Jarak bebas talang ke talang (a) ^a			
	Nol (talang bersentuhan)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90

^a Kabel inti tunggal



CATATAN Nilai yang diberikan berlaku untuk kedalaman instalasi 0,7 m dan resistivitas termal tanah 2,5 K·m/W. Nilai adalah nilai rerata untuk julat ukuran dan jenis kabel yang diberikan untuk Tabel A.52-2 hingga A.52-5. Proses rerata, bersama-sama dengan pembulatan, dalam beberapa hal dapat menyebabkan eror sampai dengan ± 10 %.

Jika diperlukan nilai yang lebih tepat, maka dapat dihitung dengan metode yang diberikan dalam IEC 602852-1.

Tabel A.52-20 Faktor reduksi untuk kelompok lebih dari satu kabel multiinti yang diterapkan pada peringkat acuan untuk kabel multiinti di udara bebas – Metode instalasi E dalam Tabel A.52-8 hingga A.52-13

Metode instalasi dalam Tabel 52B2			Jumlah rak	Jumlah kabel					
				1	2	3	4	6	9
Rak berlubang (Catatan 3)	31	<p>Bersentuhan</p>	1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,73
			2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68
			3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66
		<p>Berjarak</p>	1	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	-
			2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87	-
			3	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	-
Rak berlubang vertikal (Catatan 4)	31	<p>Bersentuhan</p>	1	1,00	0,88	0,82	0,78	0,73	0,72
			2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70
		<p>Berjarak</p>	1	1,00	0,91	0,89	0,88	0,87	-
			2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	-
Penopang tangga, paku, dsb, (Catatan 3)	32	<p>Bersentuhan</p>	1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78
			2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
			3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70
	34	<p>Berjarak</p>	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
			2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	-
			3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	-

CATATAN 1 Nilai yang diberikan adalah rerata untuk jenis kabel dan julat ukuran konduktor dipertimbangkan dalam Tabel A.52-8 hingga A.52-13. Perbedaan nilai umumnya kurang dari 5 %.

CATATAN 2 Faktor berlaku untuk kelompok lapisan tunggal kabel seperti diperlihatkan di atas dan tidak berlaku jika kabel dipasang pada lebih dari satu lapisan yang bersentuhan satu sama lain. Nilai untuk instalasi tersebut dapat secara signifikan lebih rendah dan harus ditentukan dengan metode yang sesuai.

CATATAN 3 Nilai yang diberikan untuk jarak vertikal antara rak 300 mm dan sekurang-kurangnya 20 mm antara rak dan dinding. Untuk jarak yang lebih dekat, faktor sebaiknya dikurangi.

CATATAN 4 Nilai yang diberikan untuk jarak horizontal antara rak 225 mm dengan rak dipasang beradu punggung. Untuk jarak yang lebih dekat, faktor sebaiknya dikurangi.

Tabel A.52-21 Faktor reduksi untuk kelompok lebih dari satu sirkit kabel inti tunggal (Catatan 2) yang diterapkan pada peringkat acuan untuk satu sirkit kabel inti tunggal di udara bebas – Metode instalasi F dalam Tabel A.52-8 hingga A.52-13

Metode instalasi dalam Tabel 523			Jumlah rak	Jumlah sirkit trifase (catatan 5)			Digunakan sebagai pengali untuk peringkat untuk
				1	2	3	
Rak berlubang (Catatan 3)	31		1	0,98	0,91	0,87	Tiga kabel dalam formasi horizontal
			2	0,96	0,87	0,81	
			3	0,95	0,85	0,78	
Rak berlubang vertikal (Catatan 4)	31		1	0,96	0,86	-	Tiga kabel dalam formasi vertikal
			2	0,95	0,84	-	
Penopang tangga, paku, dsb. (Catatan 3)	32 33 34		1	1,00	0,97	0,96	Tiga kabel dalam formasi horizontal
			2	0,98	0,93	0,89	
			3	0,97	0,90	0,86	
Rak berlubang (Catatan 3)	31		1	1,00	0,98	0,96	Tiga kabel dalam formasi trefoil
			2	0,97	0,93	0,89	
			3	0,96	0,92	0,86	
Rak berlubang vertikal (Catatan 4)	31		1	1,00	0,91	0,89	Tiga kabel dalam formasi trefoil
			2	1,00	0,90	0,86	
Penopang tangga, paku, dsb. (Catatan 3)	32 33 34		1	1,00	1,00	1,00	Tiga kabel dalam formasi trefoil
			2	0,97	0,95	0,93	
			3	0,96	0,94	0,90	

CATATAN 1 Nilai yang diberikan adalah rerata untuk jenis kabel dan julat ukuran konduktor dipertimbangkan dalam Tabel A.52-8 hingga A.52-13. Perbedaan nilai umumnya kurang dari 5 %.

CATATAN 2 Faktor diberikan untuk lapisan tunggal kabel (atau kelompok trefoil) seperti diperlihatkan dalam tabel dan tidak berlaku jika kabel dipasang pada lebih dari satu lapisan yang bersentuhan satu sama lain. Nilai untuk instalasi tersebut dapat secara signifikan lebih rendah dan harus ditentukan dengan metode yang sesuai.

CATATAN 3 Nilai yang diberikan untuk jarak vertikal antara rak 300 mm. Untuk jarak yang lebih dekat, faktor sebaiknya dikurangi.

CATATAN 4 Nilai yang diberikan untuk jarak horizontal antara rak 225 mm dengan rak dipasang beradu punggung dan sekurang-kurangnya 20 mm antara rak dan setiap dinding. Untuk jarak yang lebih dekat, faktor sebaiknya dikurangi.

CATATAN 5 Untuk sirkit yang mempunyai lebih dari satu kabel paralel per fase, setiap set konduktor trifase sebaiknya dianggap sebagai sebuah sirkit untuk keperluan tabel ini.

Lampiran B
(informatif)

Contoh metode penyederhanaan tabel Ayat 523

Lampiran ini dimaksudkan untuk menggambarkan salah satu metode yang mungkin sehingga Tabel A.52-2 hingga A.52-5 (52-C1 hingga 52-C4), A.52-10 hingga A.52-13 (52-C9 hingga 52-C12) dan A.52-17 hingga A.52-21 (52-E1 hingga 52-E5) dapat disederhanakan.

Tabel B.52-1 KHA dalam ampere

Metode acuan dalam Tabel A.52-1	Jumlah konduktor berbeban dan jenis insulasi											
		Tiga PVC	Dua PVC		Tiga XLPE	Dua XLPE						
A1		Tiga PVC	Dua PVC		Tiga XLPE	Dua XLPE						
A2	Tiga PVC	Dua PVC		Tiga XLPE	Dua XLPE							
B1				Tiga PVC	Dua PVC		Tiga XLPE		Dua XLPE			
B2			Tiga PVC	Dua PVC		Tiga XLPE	Dua XLPE					
C					Tiga PVC		Dua PVC	Tiga XLPE		Dua XLPE		
E						Tiga PVC		Dua PVC	Tiga XLPE		Dua XLPE	
F							Tiga PVC		Dua PVC	Tiga XLPE		Dua XLPE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ukuran (mm ²) Tembaga												
1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	19,5	22	23	24	26	–
2,5	17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	–
4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	–
6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	–
10	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	–
16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	–
25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161
35	–	–	–	110	117	126	137	147	158	169	185	200
50	–	–	–	134	141	153	167	179	192	207	225	242
70	–	–	–	171	179	196	213	229	246	268	289	310
95	–	–	–	207	216	238	258	278	298	328	352	377
120	–	–	–	239	249	276	299	322	346	382	410	437
150	–	–	–	–	285	318	344	371	395	441	473	504
185	–	–	–	–	324	362	392	424	450	506	542	575
240	–	–	–	–	380	424	461	500	538	599	641	679
Aluminium												
2,5	13,5	14	15	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28	–
4	17,5	18,5	20	22	25	26	28	31	32	35	38	–
6	23	24	26	28	32	33	36	39	42	45	49	–
10	31	32	36	39	44	46	49	54	58	62	67	–
16	41	43	48	53	58	61	66	73	77	84	91	–
25	53	57	63	70	73	78	83	90	97	101	108	121
35	–	–	–	86	90	96	103	112	120	126	135	150
50	–	–	–	104	110	117	125	136	146	154	164	184
70	–	–	–	133	140	150	160	174	187	198	211	237
95	–	–	–	161	170	183	195	211	227	241	257	289
120	–	–	–	186	197	212	226	245	263	280	300	337
150	–	–	–	–	226	245	261	283	304	324	346	389
185	–	–	–	–	256	280	298	323	347	371	397	447
240	–	–	–	–	300	330	352	382	409	439	470	530

CATATAN Tabel B.52-2 hingga B.52-3 harus dikonsultasikan untuk menentukan julat ukuran konduktor yang KHA dapat diterapkan, untuk setiap metode instalasi.

Tabel B.52-2 KHA (dalam ampere)

Metode instalasi	Ukuran mm ²	Jumlah konduktor berbeban dan jenis insulasi			
		Dua PVC	Tiga PVC	Dua XLPE	Tiga XLPE
D	Tembaga				
	1,5	22	18	26	22
	2,5	29	24	34	29
	4	38	31	44	37
	6	47	39	56	46
	10	63	52	73	61
	16	81	67	95	79
	25	104	86	121	101
	35	125	103	146	122
	50	148	122	173	144
	70	183	151	213	178
	95	216	179	252	211
	120	246	203	287	240
	150	278	230	324	271
	185	312	258	363	304
240	361	297	419	351	
300	408	336	474	396	
D	Aluminium				
	2,5	22	18,5	26	22
	4	29	24	34	29
	6	36	30	42	36
	10	48	40	56	47
	16	62	52	73	61
	25	80	66	93	78
	35	96	80	112	94
	50	113	94	132	112
	70	140	117	163	138
	95	166	138	193	164
	120	189	157	220	186
	150	213	178	249	210
	185	240	200	279	236
	240	277	230	322	272
300	313	260	364	308	

Tabel B.52-3 Faktor reduksi untuk kelompok beberapa sirkit atau beberapa kabel multiinti (yang digunakan dengan KHA Tabel B.52-1)

Nomor	Susunan	Jumlah sirkit atau kabel multiinti								
		1	2	3	4	6	9	12	16	20
1	Tertanam atau terselungkup	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40
2	Lapisan tunggal pada dinding, lantai atau pada rak berlubang	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	–	–	–
3	Lapisan tunggal magun langsung di bawah plafon	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	–	–	–
4	Lapisan tunggal pada rak berlubang horizontal atau vertikal	1,00	0,90	0,75	0,75	0,75	0,70	–	–	–
5	Lapisan tunggal pada penopang tangga kabel atau paku kabel, dsb.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	–	–	–

Lampiran C
(informatif)

Rumus yang menyatakan KHA

Nilai yang diberikan dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-13 terbentang pada kurva rata berkaitan KHA dan luas penampang konduktor.

Kurva ini didapatkan dengan menggunakan rumus berikut:

$$I = A \times S^m - B \times S^n$$

dengan

I adalah KHA, dalam ampere;

S adalah luas penampang nominal konduktor, dalam millimeter kuadrat (mm^2); dalam hal ukuran nominal 50 mm^2 , untuk kabel dengan insulasi diekstrusi, sebaiknya digunakan nilai $47,5 \text{ mm}^2$. Untuk semua ukuran lain dan untuk semua ukuran kabel berinsulasi mineral, nilai nominal cukup tepat.

A dan B adalah koefisien sedangkan m dan n adalah pangkat menurut kabel dan metode instalasi.

Nilai koefisien dan pangkat diberikan dalam tabel yang menyertainya. KHA sebaiknya dibulatkan ke 0,5 A terdekat untuk nilai tidak melebihi 20 A dan ampere terdekat untuk nilai lebih besar dari 20 A.

Angka bilangan signifikan yang diperoleh tidak diambil sebagai indikasi KHA yang akurat.

Praktis untuk semua hal, hanya istilah pertama yang diperlukan. Istilah kedua diperlukan hanya untuk delapan kasus jika digunakan kabel inti tunggal besar.

Tidak disarankan untuk menggunakan koefisien dan pangkat ini untuk ukuran konduktor di luar julat yang sesuai yang digunakan dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-13.

Tabel C.52-1 Tabel koefisien dan eksponen

Tabel KHA	Kolom	Konduktor tembaga		Konduktor aluminium	
		A	m	A	m
A.52-2	2	11,2	0,6118	8,61	0,616
	3 ≤ 120 mm ²	10,8	0,6015	8,361	0,6025
	3 > 120 mm ²	10,19	0,6118	7,84	0,616
	4	13,5	0,625	10,51	0,6254
	5	13,1	0,600	10,24	0,5994
	6 ≤ 16 mm ²	15,0	0,625	11,6	0,625
	6 > 16 mm ²	15,0	0,625	10,55	0,640
A.52-3	7	17,6	0,551	13,5	0,551
	2	14,9	0,611	11,6	0,615
	3 ≤ 120 mm ²	14,46	0,598	11,26	0,602
	3 > 120 mm ²	13,56	0,611	10,56	0,615
	4	17,76	0,6250	13,95	0,627
	5	17,25	0,600	13,5	0,603
	6 ≤ 16 mm ²	18,77	0,628	14,8	0,625
6 > 16 mm ²	17,0	0,650	12,6	0,648	
A.52-4	7	20,8	0,548	15,8	0,550
	2	10,4	0,605	7,94	0,612
	3 ≤ 120 mm ²	10,1	0,592	7,712	0,5984
	3 > 120 mm ²	9,462	0,605	7,225	0,612
	4	11,84	0,628	9,265	0,627
	5	11,65	0,6005	9,03	0,601
	6 ≤ 16 mm ²	13,5	0,625	10,5	0,625
6 > 16 mm ²	12,4	0,635	9,536	0,6324	
A.52-5	7	14,6	0,550	11,3	0,550
	2	13,34	0,611	10,9	0,605
	3 ≤ 120 mm ²	12,95	0,598	10,58	0,592
	3 > 120 mm ²	12,14	0,611	9,92	0,605
	4	15,62	0,6252	12,3	0,630
	5	15,17	0,60	11,95	0,605
	6 ≤ 16 mm ²	17,0	0,623	13,5	0,625
6 > 16 mm ²	15,4	0,635	11,5	0,639	
A.52-6	7	17,3	0,549	13,3	0,551
	500 V 2	18,5	0,56	–	–
	3	14,9	0,612	–	–
	4	16,8	0,59	–	–
	750 V 2	19,6	0,596	–	–
	3	16,24	0,5995	–	–
A.52-7	4	18,0	0,59	–	–
	500 V 2	22,0	0,60	–	–
	3	19,0	0,60	–	–
	4	21,2	0,58	–	–
	750 V 2	20,3	0,60	–	–
	3	20,3	0,60	–	–
A.52-8	4	23,88	0,5794	–	–
	500 V 2	19,5	0,58	–	–
	3	16,5	0,58	–	–
	4	18,0	0,59	–	–
	5	20,2	0,58	–	–
	6	23,0	0,58	–	–

Tabel C.52-1 Tabel koefisien dan eksponen (lanjutan)

Tabel KHA	Kolom	Konduktor tembaga		Konduktor aluminium		
		A	m	A	m	
A.52-8	750 V 2		0,60	—	—	
	3	17,4	0,60	—	—	
	4	20,15	0,5845	—	—	
	5 ≤ 120 mm ²	22,0	0,58	—	—	
	5 > 120 mm ²	22,0	0,58	1 x 10 ⁻¹¹	5,25	
	6 ≤ 120 mm ²	25,17	0,5785	—	—	
	6 > 120 mm ²	25,17	0,5785	1,9 x 10 ⁻¹¹	5,15	
A.52-9	500 V 2	24,2	0,58	—	—	
	3	20,5	0,58	—	—	
	4	23,0	0,57	—	—	
	5	26,1	0,549	—	—	
	6	29,0	0,57	—	—	
	750 V 2	26,04	0,5997	—	—	
	3	21,8	0,60	—	—	
	4	25,0	0,585	—	—	
	5 ≤ 120 mm ²	27,55	0,5792	—	—	
	5 > 120 mm ²	27,55	0,5792	1,3 x 10 ⁻¹⁰	4,8	
	6 ≤ 120 mm ²	31,58	0,5791	—	—	
	6 > 120 mm ²	31,58	0,5791	1,8 x 10 ⁻⁷	3,55	
	A.52-10	2 ≤ 16 mm ²	16,8	0,62	—	—
		2 > 16 mm ²	14,9	0,646	—	—
3 ≤ 16 mm ²		14,30	0,62	—	—	
3 > 16 mm ²		12,9	0,64	—	—	
4		17,1	0,632	—	—	
5 ≤ 300 mm ²		13,28	0,6564	—	—	
5 > 300 mm ²		13,28	0,6564	6 x 10 ⁻⁵	2,14	
6 ≤ 300 mm ²		13,75	0,6581	—	—	
6 > 300 mm ²		13,75	0,6581	1,2 x 10 ⁻⁴	2,01	
7		18,75	0,637	—	—	
8		15,8	0,654	—	—	
A.52-11	2 ≤ 16 mm ²	12,8	0,627	—	—	
	2 > 16 mm ²	11,4	0,64	—	—	
	3 ≤ 16 mm ²	11,0	0,62	—	—	
	3 > 16 mm ²	9,9	0,64	—	—	
	4	12,0	0,653	—	—	
	5	9,9	0,653	—	—	
	6	10,2	0,666	—	—	
	7	13,9	0,647	—	—	
	8	11,5	0,668	—	—	
A.52-12	2 ≤ 16 mm ²	20,5	0,623	—	—	
	2 > 16 mm ²	18,6	0,646	—	—	
	3 ≤ 16 mm ²	17,8	0,623	—	—	
	3 > 16 mm ²	16,4	0,637	—	—	
	4	20,8	0,636	—	—	
	5 ≤ 300 mm ²	16,0	0,6633	—	—	
	5 > 300 mm ²	16,0	0,6633	6 x 10 ⁻⁴	1,793	
	6 ≤ 300 mm ²	16,57	0,665	—	—	
	6 > 300 mm ²	16,57	0,665	3 x 10 ⁻⁴	1,876	
	7	22,9	0,644	—	—	
8	19,1	0,662	—	—		
A.52-13	2 ≤ 16 mm ²	16,0	0,625	—	—	
	2 > 16 mm ²	13,4	0,649	—	—	
	3 ≤ 16 mm ²	13,7	0,623	—	—	
	3 > 16 mm ²	12,6	0,635	—	—	
	4	14,7	0,654	—	—	
	5	11,9	0,671	—	—	
	6	12,3	0,673	—	—	
	7	16,5	0,659	—	—	
8	13,8	0,676	—	—		

Lampiran D
(informatif)

Efek arus harmonik pada sistem trifase yang seimbang

D.1 Faktor reduksi untuk arus harmonik dalam kabel 4-inti dan 5-inti dengan empat inti menghantarkan arus

Subayat 523.6.3 menyatakan bahwa jika konduktor netral menghantarkan arus tanpa pengurangan beban terkait pada konduktor fase, arus yang mengalir dalam konduktor netral harus diperhitungkan dalam memastikan KHA sirkit.

Lampiran ini dimaksudkan untuk mencakup situasi dimana arus mengalir dalam netral sistem trifase seimbang. Arus netral tersebut adalah karena arus fase yang mempunyai kandungan harmonik yang tidak hilang dalam netral. Harmonik yang paling signifikan yang tidak hilang dalam netral biasanya adalah harmonik ketiga. Besarnya arus netral karena harmonik ketiga dapat melebihi besarnya arus fase frekuensi daya. Dalam hal ini arus netral akan mempunyai efek yang signifikan pada KHA kabel dalam sirkit.

Faktor reduksi yang diberikan dalam lampiran ini berlaku pada sirkit trifase seimbang; diketahui bahwa situasi lebih berat jika hanya dua dari tiga fase yang dibebani. Pada situasi ini, konduktor netral akan menghantarkan arus harmonik sebagai tambahan ke arus tak seimbang. Situasi tersebut dapat mengarah pada pembebanan lebih konduktor netral.

Perlengkapan yang mungkin menyebabkan arus harmonik yang signifikan misalnya adalah gugus lampu fluoresen dan suplai daya a.s. yang digunakan di komputer. Informasi lebih lanjut mengenai gangguan harmonik dapat ditemukan dalam IEC 61000.

Faktor reduksi yang diberikan dalam Tabel D.52-1 hanya berlaku untuk kabel yang konduktor netral merupakan kabel 4-inti atau 5-inti dan berbahan dan berluas penampang sama sebagai konduktor fase. Faktor reduksi ini telah dihitung berdasarkan arus harmonik ketiga. Jika harmonik yang lebih tinggi misalnya ke 9, ke 12 dsb diperkirakan signifikan, yaitu lebih dari 10 %, maka faktor reduksi yang lebih rendah dapat diterapkan.

Faktor reduksi dalam tabel jika diterapkan pada KHA kabel dengan tiga konduktor berbeban, akan memberikan KHA kabel dengan empat konduktor berbeban dengan arus pada konduktor keempat adalah karena harmonik. Faktor reduksi juga memperhitungkan efek pemanasan arus harmonik dalam konduktor fase.

Jika arus netral diperkirakan lebih tinggi dari arus fase maka ukuran kabel sebaiknya dipilih berdasarkan arus netral.

Jika pemilihan ukuran kabel didasarkan pada arus netral yang tidak secara signifikan lebih tinggi dari arus fase, maka perlu untuk mengurangi tabel KHA untuk tiga konduktor berbeban.

Jika arus netral lebih dari 135 % arus fase dan ukuran kabel dipilih berdasarkan arus netral, maka tiga konduktor fase tidak akan dibebani penuh. Pengurangan bahang yang ditimbulkan oleh konduktor fase mengimbangi bahang yang ditimbulkan oleh konduktor netral sehingga tidak perlu memberlakukan adanya faktor reduksi pada KHA tiga konduktor berbeban.

Tabel D.52-1 Faktor reduksi untuk arus harmonik dalam kabel 4-inti dan 5-inti

Kandungan harmonik ketiga arus fase %	Faktor reduksi	
	Pemilihan ukuran didasarkan pada arus fase	Pemilihan ukuran didasarkan pada arus netral
0 – 15	1,0	–
15 – 33	0,86	–
33 – 45	–	0,86
> 45	–	1,0

D.2 Contoh penerapan faktor reduksi untuk arus harmonik

Pertimbangkan sirkit trifase dengan beban desain 39 A yang dipasang dengan menggunakan kabel berinsulasi PVC 4-inti diklip ke dinding, metode instalasi C.

Dari Tabel A.52-4 kabel 6 mm² dengan konduktor tembaga mempunyai KHA 41 A dan karena itu cocok jika harmonik tidak ada dalam sirkit.

Jika ada harmonik ketiga 20 %, maka diterapkan faktor reduksi 0,86 dan beban desain menjadi:

$$39/0,86 = 45 \text{ A}$$

Untuk beban ini perlu kabel 10 mm².

Jika ada harmonik ketiga 40 %, pemilihan ukuran kabel didasarkan pada arus netral yang adalah:

$$39 \times 0,4 \times 3 = 46,8 \text{ A}$$

dan faktor reduksi 0,86 diterapkan, mengarah pada beban desain menjadi:

$$46,8/0,86 = 54,4 \text{ A}$$

Untuk beban ini yang sesuai adalah kabel 10 mm².

Jika ada harmonik ketiga 50 %, ukuran kabel dipilih lagi berdasarkan arus netral, yang adalah:

$$39 \times 0,5 \times 3 = 58,5 \text{ A}$$

dalam hal ini faktor peringkat adalah 1 dan diperlukan kabel 16 mm².

Semua pemilihan kabel di atas didasarkan pada KHA kabel; drop voltase dan aspek lain desain tidak dipertimbangkan.

Lampiran E MOD
(normatif)

Jarak maksimum penyangga kabel dan radius belokan maksimum kabel

CATATAN Lampiran ini mengacu pada IEC 62440.

E.1 Jarak maksimum penyangga kabel (magun)

Kabel harus disangga secara memadai. Jarak penyangga maksimum yang direkomendasikan diberikan dalam Tabel E.52.1. Ketika menentukan jarak actual, massa kabel antara penyangga harus diperhitungkan sedemikian sehingga nilai batas tarik tidak dilampaui. Kabel tidak boleh rusak karena setiap pengekangan mekanis yang digunakan untuk penyangganya.

Pada kabel inti tunggal, jarak juga tergantung pada gaya dinamis karena arus hubung pendek; harus diperhatikan rekomendasi pabrikan.

Kabel yang telah digunakan dapat rusak jika terganggu. Hal ini timbul dari efek penuaan alami pada sifat fisik bahan yang digunakan untuk insulasi kabel dan pelindung yang dapat menimbulkan pengerasan pada bahan ini.

Tabel E.52.1 Jarak penyangga untuk kabel nonarmor pada posisi yang dapat diakses

Diameter total (<i>D</i>) kabel ^a mm	Jarak maksimum klip ^b mm			
	Umum		Dalam karavan	
	Horizontal	Vertikal	Horizontal	Vertikal
$D \leq 9$	250	400	150	150
$9 < D \leq 15$	300	400	150	150
$15 < D \leq 20$	350	450	150	150
$20 < D \leq 40$ ^c	400	550	–	–

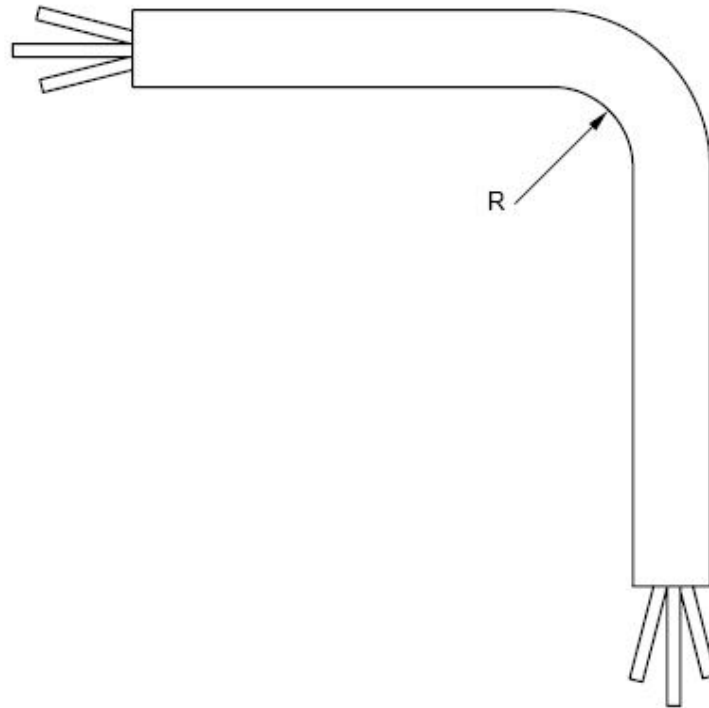
^a Untuk kabel pipih, hal ini diambil sebagai pengukuran sumbu utama.
^b Jarak yang dinyatakan untuk arah horizontal juga dapat diterapkan untuk arah pada sudut lebih dari 30° terhadap vertikal. Untuk arah pada sudut 30° atau kurang terhadap vertikal, dapat diterapkan jarak vertikal.
^c Untuk jarak penyangga kabel berdiameter total melebihi 40 mm, dan untuk kabel inti tunggal yang mempunyai konduktor berluas penampang 300 mm² atau lebih besar, harus diperhatikan rekomendasi pabrikan.

E.2 Radius belokan (kabel magun)

Radius belokan internal (*R*) seperti diperlihatkan dalam Gambar E.52-1 untuk tipe kabel yang berbeda, pada keadaan normal tidak boleh kurang dari yang diberikan dalam Tabel E.52.2.

Harus diperhatikan ketika mengupas insulasi untuk memastikan tidak terjadi kerusakan pada konduktor, karena hal ini akan mempengaruhi radius belokan.

Radius belokan (*R*) direkomendasikan untuk suhu ambien (20 ± 10) °C. Untuk suhu di luar batas ini, rekomendasi pabrikan kabel harus diikuti.

**Kunci**

R radius belokan internal

Gambar E.52-1 – Definisi radius belokan internal**Tabel E.52.2 Radius belokan minimum yang direkomendasikan pada suhu kabel (20 ± 10) °C**

Jenis kabel	Radius belokan minimum			
	Diameter kabel mm ≤ 8	Diameter kabel mm > 8 ≤ 12	Diameter kabel mm > 12 ≤ 20	Diameter kabel mm > 20
Kabel untuk instalasi magun:	4 <i>D</i>	5 <i>D</i>	6 <i>D</i>	6 <i>D</i>
Penggunaan normal				
Belokan hati-hati pada terminasi	2 <i>D</i>	3 <i>D</i>	4 <i>D</i>	4 <i>D</i>

Lampiran F MOD
(informatif)

Pedoman batas dimensi konduktor bulat

CATATAN Lampiran ini mengacu pada IEC 60228 Lampiran C.

F.1 Tujuan

Lampiran ini dimaksudkan sebagai pedoman bagi pabrikan kabel dan konektor kabel untuk membantu memastikan bahwa konduktor dan konektor kompatibel secara dimensi. Lampiran ini memberikan pedoman batas dimensi untuk tipe konduktor berikut yang tercakup dalam standar ini:

- a) konduktor padat bulat, (kelas 1) dari tembaga, aluminium atau paduan aluminium;
- b) konduktor pilin bulat dan pilin bulat kompak, (kelas 2), dari tembaga, aluminium dan paduan aluminium;
- c) konduktor fleksibel (kelas 5 dan 6) dari tembaga.

F.2 Batas dimensi untuk konduktor tembaga bulat

Diameter konduktor tembaga bulat sebaiknya tidak melebihi nilai yang diberikan pada Tabel F.52.1.

Jika diameter minimum untuk konduktor tembaga bulat kelas 1 diperlukan, dapat mengacu pada diameter minimum untuk konduktor aluminium atau paduan aluminium bulat padat yang ditunjukkan pada Tabel F.52.3.

F.3 Batas dimensi untuk konduktor tembaga, aluminium dan paduan aluminium, pilin bulat kompak

Diameter konduktor tembaga, aluminium dan paduan aluminium pilin, bulat kompak sebaiknya tidak melebihi nilai maksimum dan sebaiknya tidak kurang dari nilai minimum yang diberikan pada Tabel F.52.2.

Pada kasus pengecualian untuk konduktor aluminium atau paduan aluminium pilin bulat nonkompak, diameter maksimum sebaiknya tidak melebihi nilai terkait untuk konduktor tembaga yang diberikan pada kolom 3, Tabel F.52.1.

F.4 Batas dimensi untuk konduktor aluminium padat bulat

Diameter konduktor aluminium dan paduan aluminium padat bulat sebaiknya tidak melebihi nilai maksimum dan sebaiknya tidak kurang dari nilai minimum yang diberikan pada Tabel F.52.3.

Tabel F.52.1 Diameter maksimum konduktor tembaga bulat – padat, pilin nonkompak dan fleksibel

1	2	3	4
Luas penampang nominal mm ²	Konduktor pada kabel untuk instalasi		Konduktor fleksibel (kelas 5 and 6) mm
	Padat (kelas 1) mm	Pilin (kelas 2) mm	
0,5	0,9	1,1	1,1
0,75	1,0	1,2	1,3
1,0	1,2	1,4	1,5
1,5	1,5	1,7	1,8
2,5	1,9	2,2	2,4
4	2,4	2,7	3,0
6	2,9	3,3	3,9
10	3,7	4,2	5,1
16	4,6	5,3	6,3
25 ^a	5,7	6,6	7,8
35 ^a	6,7	7,9	9,2
50 ^a	7,8	9,1	11,0
70 ^a	9,4	11,0	13,1
95 ^a	11,0	12,9	15,1
120 ^a	12,4	14,5	17,0
150 ^a	13,8	16,2	19,0
185	15,4	18,0	21,0
240	17,6	20,6	24,0
300	19,8	23,1	27,0
400	22,2	26,1	31,0
500	–	29,2	35,0
630	–	33,2	39,0
800	–	37,6	–
1 000	–	42,2	–

CATATAN Nilai yang diberikan untuk konduktor fleksibel dimaksudkan untuk konduktor kelas 5 dan kelas 6.

^a Lihat 5.1.1 b).

Tabel F.52.2 Diameter maksimum dan minimum konduktor tembaga, aluminium, paduan aluminium, pilin bulat kompak

1	2	3
Luas penampang mm ²	Konduktor pilin bulat kompak dan (kelas 2)	
	Diameter minimum mm	Diameter maksimum mm
10	3,6	4,0
16	4,6	5,2
25	5,6	6,5
35	6,6	7,5
50	7,7	8,6
70	9,3	10,2
95	11,0	12,0
120	12,3	13,5
150	13,7	15,0
185	15,3	16,8
240	17,6	19,2
300	19,7	21,6
400	22,3	24,6
500	25,3	27,6
630	28,7	32,5

CATATAN 1 Batas dimensi konduktor aluminium dengan luas penampang lebih dari 630 mm² tidak diberikan karena teknologi pengompakan umumnya belum mantap.

CATATAN 2 Tidak ada nilai yang diberikan untuk konduktor tembaga kompak pada julat ukuran 1,5 mm² hingga 6 mm².

Tabel F.52.3 Diameter maksimum dan minimum konduktor aluminium bulat padat

1	2	3
Luas penampang mm ²	Konduktor padat (kelas 1)	
	Minimum mm	Maksimum mm
10	3,4	3,7
16	4,1	4,6
25	5,2	5,7
35	6,1	6,7
50	7,2	7,8
70	8,7	9,4
95	10,3	11,0
120	11,6	12,4
150	12,9	13,8
185	14,5	15,4
240	16,7	17,6
300	18,8	19,8
400	21,2	22,2
500	24,0	25,1
630	27,3	28,4
800	30,9	32,1
1 000	34,8	36,0
1 200	37,8	39,0

**Bagian 5-53:
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik –
Isolasi, penyakelaran dan kendali**

CATATAN Bagian 5-53 merupakan adopsi dari IEC 60364-5-53:2001 beserta Amandemen 1:2002 dengan modifikasi. Modifikasi dapat berupa penambahan, perubahan atau pengurangan. Ayat, subayat, tabel, catatan atau lampiran yang merupakan modifikasi diberi tanda MOD.

Untuk memudahkan penelusuran, maka nomor ayat atau subayat PUIL 2000 disertakan dalam tanda kurung.

530 Pendahuluan

530.1 Ruang lingkup

Bagian 5-53 berkaitan dengan persyaratan umum untuk isolasi, penyakelaran dan kendali serta dengan persyaratan untuk pemilihan dan pemasangan gawai yang disediakan untuk memenuhi fungsi tersebut.

530.2 MOD Acuan normatif

Dokumen acuan berikut sangat diperlukan untuk penerapan Bagian ini. Untuk acuan bertahun, hanya berlaku edisi yang dinyatakan. Untuk acuan tak bertahun, berlaku edisi termutakhir dokumen acuan (termasuk setiap amandemen).

IEC 60269-3:1987, *Low-voltage fuses – Part 3: Supplementary requirements for fuses for use by unskilled persons (fuses mainly for household and similar applications)*

IEC 60364-4-41, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-42, *Electrical installations of buildings – Part 4-42: Protection for safety – Protection against thermal effects*

IEC 60364-4-43, *Electrical installations of buildings – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent*

IEC 60364-4-44, *Electrical installations of buildings – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-7-705:1984, *Electrical installations of buildings – Part 7: Requirements for special installations or locations – Section 705: Electrical installations of agricultural and horticultural premises*

IEC 60664-1:1992, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 61008-1:1996, *Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) – Part 1: General rules*

IEC 61009-1:1996, *Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs) – Part 1: General rules*

IEC 61024-1:1990, *Protection of structures against lightning – Part 1: General principles*

IEC 61312-1:1995, *Protection against lightning electromagnetic impulse – Part 1: General principles*

IEC/TS 61312-2:1999, *Protection against lightning electromagnetic impulse (LEMP) – Part 2: Shielding of structures, bonding inside structures and earthing*

IEC/TS 61312-3:2000, *Protection against lightning electromagnetic impulse – Part 3: Requirements of surge protective devices (SPDs)*

IEC 61643-1:1998, *Surge-protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Part 1: Performance requirements and testing method Amendment 1 (2001)*

IEC 61643-12, *Surge-protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Part 12: Selection and application principles*

530.3 Persyaratan umum dan bersama

Bagian 5-53 harus memberikan kesesuaian dengan tindakan proteksi untuk keselamatan, persyaratan untuk berfungsinya secara benar penggunaan instalasi yang diharapkan, dan persyaratan yang sesuai untuk pengaruh eksternal yang diperkirakan. Setiap jenis perlengkapan harus dipilih dan dipasang sedemikian untuk memberikan kesesuaian dengan persyaratan yang dinyatakan dalam ayat berikut dari Bagian 5-53 dan persyaratan relevan dalam bagian lain PUIL.

Persyaratan Bagian 5-53 merupakan tambahan persyaratan bersama yang diberikan dalam IEC 60364-5-51.

530.3.1 (6.7.1.1) Kontak gerak semua kutub dari gawai multikutub harus dikopel secara mekanis sedemikian sehingga dapat menghubungkan dan memutus secara bersama-sama, kecuali kontak tersebut hanya dimaksudkan untuk netral, dapat menutup sebelum dan membuka setelah kontak yang lain.

530.3.2 MOD (6.7.1.2) Kecuali seperti diberikan dalam 536.2.2.7, dalam sirkit multifase, gawai kutub tunggal tidak boleh disisipkan pada konduktor netral.

Pada sirkit fase tunggal, gawai kutub tunggal tidak boleh disisipkan pada konduktor netral, kecuali GPAS yang memenuhi 531.2.1.1 yang disediakan pada sisi suplai.

530.3.3 (6.7.1.3) Gawai yang mewujudkan lebih dari satu fungsi harus memenuhi semua persyaratan Bagian ini yang sesuai untuk masing-masing fungsi yang terpisah.

531 (6.7.2) Gawai untuk proteksi dari sentuh tak langsung dengan diskoneksi otomatis suplai

531.1 (6.7.2.1) GPAL (Gawai Proteksi Arus Lebih)

531.1.1 MOD (6.7.2.1.1) Sistem TN

Pada sistem TN, GPAL harus dipilih dan dipasang menurut kondisi yang ditentukan dalam 434.2 dan 431 serta dalam 533.3 untuk GPHP dan harus memenuhi persyaratan 411.4.4 Bagian 4-41.

531.1.2 Sistem TT

Dalam pertimbangan.

531.1.3 MOD (6.7.2.1.2) Sistem IT

Jika BKT diinterkoneksi, GPAL untuk proteksi pada saat gangguan kedua harus memenuhi 531.1.1 dengan memperhitungkan persyaratan 411.6.4 Bagian 4-41.

531.2 (6.7.2.2) GPAS (Gawai Proteksi Arus Sisa)

531.2.1 (6.7.2.2.1) Kondisi umum instalasi

GPAS dalam sistem a.s. harus secara khusus didesain untuk mendeteksi arus sisa a.s. dan untuk memutuskan arus sirkit pada kondisi normal dan kondisi gangguan.

531.2.1.1 (6.7.2.2.1.1) Suatu GPAS harus memastikan diskoneksi semua konduktor aktif pada sirkit yang diproteksi. Pada sistem TN-S, netral tidak perlu didiskoneksi jika kondisi suplai sedemikian sehingga konduktor netral dapat dianggap berada pada potensial bumi.

CATATAN Kondisi untuk verifikasi bahwa konduktor netral berada pada potensial bumi dalam pertimbangan.

531.2.1.2 (6.7.2.2.1.2) Konduktor proteksi tidak boleh menerobos sirkit magnetik GPAS.

531.2.1.3 (6.7.2.2.1.3) GPAS harus dipilih sedemikian dan sirkit listrik dibagi sedemikian sehingga setiap arus bocor bumi yang dapat diperkirakan terjadi selama operasi normal dari beban terhubung akan tidak mungkin menyebabkan trip yang tak perlu.

CATATAN GPAS dapat beroperasi pada sebarang nilai arus sisa yang melebihi 50 % dari arus operasi pengenal.

531.2.1.4 Pengaruh komponen a.s.

Dalam pertimbangan.

531.2.1.5 MOD (6.7.2.2.1.4) Penggunaan GPAS yang dihubungkan dengan sirkit yang tidak mempunyai konduktor proteksi (sistem TN-C), bahkan jika arus operasi sisa pengenal tidak melampaui 30 mA, tidak boleh dianggap sebagai tindakan yang memadai untuk proteksi dari sentuh tak langsung.

531.2.2 (6.7.2.2.2) Pemilihan gawai menurut metode penerapannya

531.2.2.1 (6.7.2.2.2.1) GPAS boleh atau tidak boleh mempunyai sumber bantu, dengan memperhitungkan persyaratan 531.2.2.2.

CATATAN Sumber bantu dapat berupa sistem suplai.

531.2.2.2 MOD (6.7.2.2.2.2) Penggunaan GPAS dengan sumber bantu yang tidak beroperasi secara otomatis, dalam hal kegagalan sumber bantu hanya diizinkan jika salah satu kondisi berikut dipenuhi:

- proteksi dari sentuh tak langsung menurut 411 Bagian 4-41 dipastikan bahkan dalam hal kegagalan sumber bantu;
- gawai dipasang pada instalasi yang dioperasikan, diuji dan diinspeksi oleh personel terlatih (BA4) atau personel terampil (BA5).

531.2.3 MOD (6.7.2.2.3) Sistem TN

Jika untuk perlengkapan tertentu atau untuk bagian tertentu instalasi, salah satu atau lebih kondisi yang dinyatakan dalam 411.4 tidak dapat dipenuhi, bagian tersebut dapat diproteksi dengan GPAS. Dalam hal ini, BKT tidak perlu dihubungkan ke konduktor proteksi sistem pembumian TN, asalkan BKT dihubungkan ke suatu elektrode bumi yang memberikan resistans yang sesuai dengan arus operasi GPAS. Jadi sirkit yang diproteksi seperti itu diperlakukan sebagai sistem TT dan berlaku 411.5.

Namun jika tidak ada elektrode bumi yang terpisah, hubungan BKT ke konduktor proteksi perlu dibuat pada sisi sumber dari GPAS.

531.2.4 MOD (6.7.2.2.4) Sistem TT

Jika instalasi diproteksi oleh GPAS tunggal, maka GPAS harus ditempatkan pada awal instalasi, kecuali bagian instalasi antara awal instalasi dan gawai memenuhi persyaratan untuk proteksi dengan penggunaan perlengkapan kelas II atau insulasi setara (lihat 412.2.1.1).

CATATAN Jika terdapat lebih dari satu awal instalasi, persyaratan berlaku untuk masing-masing awal instalasi.

531.2.5 (6.7.2.2.4) Sistem IT

Jika proteksi disediakan dengan GPAS, dan diskoneksi yang mengikuti gangguan pertama tidak dipertimbangkan, arus sisa nonoperasi dari gawai sekurang-kurangnya harus sama dengan arus yang bersirkulasi pada gangguan pertama ke bumi dengan impedans yang dapat diabaikan yang mempengaruhi konduktor fase.

531.3 MOD (6.7.2.3) Gawai monitor insulasi

CATATAN Gawai monitor insulasi dapat beroperasi dengan waktu respons yang memadai.

Suatu gawai monitor insulasi yang disediakan menurut 411.6.3.1 adalah suatu gawai yang secara kontinu memantau insulasi instalasi listrik. Gawai ini dimaksudkan untuk menunjukkan penurunan signifikan tingkat insulasi instalasi untuk memungkinkan penyebab penurunan ini diketemukan sebelum terjadinya gangguan kedua, jadi akan menghindari diskoneksi suplai.

Karena itu gawai ini disetel pada nilai di bawah yang ditentukan dalam 612.3 Bagian 6 yang sesuai dengan instalasi yang bersangkutan.

Gawai pemantau insulasi harus didesain atau dipasang sedemikian sehingga modifikasi setelahnya hanya dapat dilakukan dengan menggunakan kunci atau perkakas.

532 (6.7.3) Gawai untuk proteksi terhadap efek termal

Dalam pertimbangan, untuk sementara sebaiknya lihat 422.3.10 Bagian 4-42 dan 705.422 IEC 60364-7-705.

533 (6.7.4) Gawai untuk proteksi terhadap arus lebih

533.1 (6.7.4.1) Persyaratan umum

533.1.1 (6.7.4.1.1) Rumah sekering (*fusebase*) yang menggunakan sekering putar harus dihubungkan sedemikian sehingga kontak tengahnya berada pada sisi suplai dari rumah sekering.

533.1.2 (6.7.4.1.2) Rumah sekering untuk pembawa sekering tusuk harus disusun sedemikian sehingga tidak memungkinkan pembawa sekering membuat kontak antara bagian konduktif dari dua rumah sekering yang berdekatan.

533.1.3 (6.7.4.1.3) Sekering yang mempunyai tautan sekering (*fuse-link*) yang mungkin dilepas atau dipasang oleh orang selain personel terlatih (BA4) atau terampil (BA5) harus dari jenis yang memenuhi persyaratan keselamatan dari IEC 60269-3.

Sekering atau unit kombinasi yang mempunyai tautan sekering yang hanya mungkin dilepas atau dipasang oleh personel terlatih (BA4) atau terampil (BA5), harus dipasang dengan cara sedemikian sehingga dipastikan bahwa tautan sekering dapat dilepas atau dipasang tanpa kontak yang tak disengaja dengan bagian aktif.

533.1.4 (6.7.4.1.3) Jika pemutus sirkit dapat dioperasikan oleh orang selain personel terlatih (BA4) atau terampil (BA5), maka pemutus sirkit harus didesain dan dipasang sedemikian sehingga tidak boleh memodifikasi setelan kalibrasi pelepas arus lebihnya tanpa tindakan yang disengaja dengan menggunakan kunci atau perkakas, dan dengan menghasilkan indikasi yang dapat terlihat dari setelan atau kalibrasinya.

533.2 (6.7.4.2) Pemilihan gawai untuk proteksi sistem perkawatan terhadap beban lebih

Arus nominal (atau setelan arus) dari gawai proteksi harus dipilih menurut 433.1.

CATATAN Dalam hal tertentu, untuk menghindari operasi yang tak disengaja, nilai arus puncak beban harus dijadikan pertimbangan.

Dalam hal beban siklus, nilai I_n dan I_2 harus dipilih dengan dasar nilai I_B dan I_2 untuk beban konstan setara secara termal,

dengan

I_B adalah arus yang sirkit didesain untuknya;

I_2 adalah KHA kontinu kabel;

I_n adalah arus nominal gawai proteksi;

I_2 adalah arus yang memastikan operasi yang efektif dari gawai proteksi.

533.3 (6.7.4.3) Pemilihan gawai untuk proteksi sistem perkawatan terhadap hubung pendek

Penerapan persyaratan Bagian 4-43 untuk durasi hubung pendek sampai dengan 5 detik harus memperhitungkan kondisi hubung pendek maksimum dan minimum.

Jika standar yang mencakup gawai proteksi menentukan kapasitas pemutusan hubung pendek pelayanan pengenalan dan kapasitas pemutusan hubung pendek tertinggi (*ultimate*) pengenalan, dapat diizinkan untuk memilih gawai proteksi dengan dasar kapasitas pemutusan hubung pendek tertinggi untuk kondisi hubung pendek maksimum. Namun keadaan operasional dapat membuat lebih diinginkan untuk memilih gawai proteksi pada kapasitas pemutusan hubung pendek pelayanan, misalnya jika gawai proteksi ditempatkan pada awal instalasi.

534 Gawai untuk proteksi terhadap voltase lebih

534.1 Umum

Ayat ini berisi ketentuan untuk penerapan pembatasan voltase untuk memperoleh koordinasi insulasi seperti dijelaskan dalam Bagian 4-44, IEC 60664-1, IEC 61312-2 dan IEC 61643-12.

Ayat ini memberikan persyaratan untuk pemilihan dan pemasangan:

- Gawai Proteksi Surja (GPS) untuk instalasi listrik bangunan untuk memperoleh pembatasan voltase lebih transien berasal dari atmosfer yang ditransmisikan melalui sistem distribusi suplai dan terhadap voltase lebih penyakelaran.
- GPS untuk proteksi terhadap voltase lebih transien yang disebabkan karena sambaran petir langsung atau sambaran petir di sekitar bangunan, yang diproteksi oleh sistem proteksi petir.

Ayat ini tidak memperhitungkan komponen proteksi surja yang dapat disertakan dalam peranti yang dihubungkan ke instalasi. Adanya komponen tersebut dapat memodifikasi perilaku GPS utama instalasi dan dapat memerlukan koordinasi tambahan.

Ayat ini berlaku untuk sirkit daya a.b. Untuk sirkit a.s., persyaratan ayat ini dapat diterapkan sejauh berguna. Untuk penerapan khusus, persyaratan lain atau tambahan mungkin diperlukan dalam Bagian 8 yang relevan.

534.2 Pemilihan dan pemasangan GPS pada instalasi bangunan

534.2.1 Penggunaan GPS

Bagian 4-44, Ayat 443, mencakup proteksi terhadap voltase lebih berasal dari atmosfer (disebabkan karena sambaran petir jauh, tak langsung) dan voltase lebih penyakelaran. Proteksi ini biasanya diberikan oleh pemasangan GPS kelas uji II dan jika perlu GPS kelas uji III.

Jika disyaratkan sesuai dengan Bagian 4-44 atau ditentukan lain, GPS harus dipasang di dekat awal instalasi atau pada rakitan distribusi utama, yang terdekat dengan awal instalasi di dalam bangunan.

IEC 61312-1 mencakup proteksi terhadap efek sambaran petir langsung atau sambaran di dekat sistem suplai. IEC 61312-3 menjelaskan pemilihan dan penerapan yang tepat dari GPS menurut konsep Zone Proteksi Petir (LPZ – *Lightning Protection Zones*). Konsep LPZ menjelaskan pemasangan GPS kelas uji I, kelas uji II dan kelas uji III.

Jika disyaratkan sesuai dengan IEC 61312-1 atau ditentukan lain, GPS harus dipasang di awal instalasi.

GPS tambahan mungkin diperlukan untuk memproteksi perlengkapan peka. GPS tersebut harus dikoordinasikan dengan GPS yang dipasang di hulu (lihat 534.2.3.6).

Jika GPS merupakan bagian instalasi listrik magun, tapi tidak dipasang di dalam panel distribusi (misalnya pada kotak kontak), keberadaannya harus ditunjukkan dengan label pada atau sedekat mungkin ke awal sirkit yang dalam pertimbangan.

534.2.2 Hubungan GPS

GPS pada atau di dekat awal instalasi harus dihubungkan sekurang-kurangnya antara titik berikut (lihat Lampiran A, B dan C):

a) Jika ada hubungan langsung antara konduktor netral dan PE pada atau dekat awal instalasi atau jika tidak ada konduktor netral:

antara setiap konduktor lin dan terminal pembumian utama atau konduktor proteksi utama, mana yang jaraknya terpendek;

CATATAN Impedans yang menghubungkan netral ke PE pada sistem IT tidak dianggap sebagai hubungan.

b) jika tak ada hubungan langsung antara konduktor netral dan PE pada atau dekat awal instalasi, maka:

antara setiap konduktor lin dan terminal pembumian utama atau konduktor proteksi utama, serta antara konduktor netral dan terminal pembumian utama atau konduktor proteksi, mana yang jaraknya terpendek – hubungan tipe 1;

atau

antara setiap konduktor lin dan konduktor netral serta antara konduktor netral dan terminal pembumian utama atau konduktor proteksi, mana yang jaraknya terpendek – hubungan tipe 2.

CATATAN Jika konduktor lin dibumikan, maka dianggap setara dengan konduktor netral untuk penerapan subayat ini.

GPS pada atau dekat awal instalasi secara umum dipasang seperti diperlihatkan dalam Lampiran A hingga C dan menurut Tabel 53B:

Tabel 53B Hubungan GPS yang tergantung konfigurasi sistem

GPS dihubung- kan antara	Konfigurasi sistem pada titik instalasi GPS							
	TT		TN-C	TN-S		IT dengan netral terdistribusi		IT tanpa netral terdistribusi
	Instalasi menurut			Instalasi menurut		Instalasi menurut		
	Hubungan tipe 1	Hubungan tipe 2		Hubungan tipe 1	Hubungan tipe 2	Hubungan tipe 1	Hubungan tipe 2	
setiap konduktor lin dan konduktor netral	+	•	NA	+	•	+	•	NA
setiap konduktor lin dan konduktor PE	•	NA	NA	•	NA	•	NA	•
konduktor netral dan konduktor PE	•	•	NA	•	•	•	•	NA
setiap konduktor lin dan konduktor PEN	NA	NA	•	NA	NA	NA	NA	NA
konduktor lin	+	+	+	+	+	+	+	+

• : wajib
 NA : tidak dapat diterapkan
 + : opsional, sebagai tambahan

534.2.3 Pemilihan GPS

GPS harus memenuhi IEC 61643-1. Informasi tambahan mengenai pemilihan dan penerapannya diberikan dalam IEC 61643-12.

534.2.3.1 Pemilihan berkaitan dengan tingkat proteksi (U_p)

Jika Ayat 443 PUIL Bagian 4-44 mensyaratkan GPS, tingkat proteksi U_p GPS harus dipilih sesuai dengan voltase ketahanan impuls kategori II dari Tabel 44B (Bagian 4-44).

Jika IEC 61312-1 mensyaratkan GPS untuk proteksi terhadap voltase lebih yang disebabkan oleh sambaran petir langsung, tingkat proteksi GPS ini juga harus dipilih sesuai dengan voltase ketahanan impuls kategori II dari Tabel 44B Bagian 4-44.

Untuk contoh pada instalasi 230/400 V, tingkat proteksi U_p tidak boleh melebihi 2,5 kV.

Jika digunakan hubungan tipe 2 menurut 534.2.2, persyaratan di atas juga berlaku pada tingkat proteksi total antara konduktor lin dan PE.

Jika tingkat proteksi yang disyaratkan tidak dapat dicapai dengan GPS set tunggal, GPS tambahan terkoordinasi harus diterapkan untuk memastikan tingkat proteksi yang disyaratkan.

534.2.3.2 Pemilihan berkaitan dengan voltase operasi kontinu (U_c)

Voltase operasi kontinu maksimum U_c dari GPS harus sama dengan atau lebih tinggi dari yang diperlihatkan dalam Tabel 53C berikut.

Tabel 53C U_c minimum yang disyaratkan dari GPS yang tergantung pada konfigurasi sistem suplai

GPS dihubungkan antara	Konfigurasi sistem jaringan distribusi				
	TT	TN-C	TN-S	IT dengan netral terdistribusi	IT tanpa netral terdistribusi
konduktor lin dan konduktor netral	$1,1 U_o$	NA	$1,1 U_o$	$1,1 U_o$	NA
setiap konduktor lin dan konduktor PE	$1,1 U_o$	NA	$1,1 U_o$	$\sqrt{3} U_o^a$	voltase lin ke lin ^a
konduktor netral dan konduktor PE	U_o^a	NA	U_o^a	U_o^a	NA
setiap konduktor lin dan konduktor PEN	NA	$1,1 U_o$	NA	NA	NA
NA : tidak dapat diterapkan CATATAN 1 U_o adalah voltase lin ke netral sistem voltase rendah, CATATAN 2 Tabel ini didasarkan pada IEC 61643-1 amandemen 1.					
^a Nilai ini berkaitan dengan kondisi gangguan kasus terburuk, karena itu toleransi 10 % tidak diperhitungkan.					

534.2.3.3 Pemilihan berkaitan dengan voltase lebih temporer (TOV)

GPS yang dipilih menurut 534.2.3 harus tahan terhadap voltase lebih temporer karena gangguan di dalam sistem voltase rendah (lihat Ayat 442 Bagian 4-44).

Hal ini dikonfirmasi dengan pemilihan GPS yang memenuhi persyaratan uji relevan 7.7.6 IEC 61643-1.

Untuk menggagalkan secara aman kasus TOV karena gangguan bumi di dalam sistem voltase tinggi (lihat Bagian 4-44, Ayat 442), GPS yang dihubungkan ke PE harus lulus pengujian IEC 61643-1 Subayat 7.7.4.

Sebagai tambahan, GPS yang dipasang di lokasi 4a menurut Gambar B.2 harus tahan terhadap TOV tersebut seperti ditentukan dalam pengujian IEC 61643-1 Subayat 7.7.4.

CATATAN 1 Kriteria lulus yang memadai dalam pertimbangan untuk menentukan arti ketahanan.

CATATAN 2 Putusnya netral tidak dicakup persyaratan ini. Walaupun saat ini tidak ada uji spesifik dalam IEC 61643-1, GPS dianggap gagal.

534.2.3.4 Pemilihan berkaitan dengan arus luahan (I_n) dan arus impuls (I_{imp})

Jika Bagian 4-44 Ayat 443 mensyaratkan GPS, arus luahan nominal I_n tidak boleh kurang dari 5 kA 8/20 untuk setiap mode proteksi.

Dalam hal instalasi menurut 534.2.2 hubungan tipe 2, arus luahan nominal I_n untuk GPS yang dihubungkan antara konduktor netral dan PE tidak boleh kurang dari 20 kA 8/20 untuk sistem fase tiga dan 10 kA 8/20 untuk sistem fase tunggal.

Jika IEC 61643 mensyaratkan GPS, arus impuls petir I_{imp} menurut IEC 61643-1 harus dihitung menurut IEC 61312-1. Informasi lebih lanjut diberikan dalam IEC 61643-12. Jika nilai arus tidak dapat ditetapkan, nilai I_{imp} tidak boleh kurang dari 12,5 kA untuk setiap mode proteksi.

Dalam hal instalasi menurut 534.2.2 hubungan tipe 2, arus impuls petir I_{imp} untuk GPS yang dihubungkan antara konduktor netral dan PE harus dihitung sama dengan standar yang disebutkan di atas. Jika nilai arus tidak dapat ditetapkan, nilai I_{imp} tidak boleh kurang dari 50 kA untuk sistem fase tiga dan 25 kA untuk sistem fase tunggal.

Jika GPS tunggal digunakan untuk proteksi menurut IEC 61312-1 dan Ayat 443 Bagian 4-44, peringkat I_n dan I_{imp} harus setara dengan nilai di atas.

534.2.3.5 Pemilihan berkaitan dengan arus hubung pendek yang diperkirakan

Ketahanan hubung pendek GPS (dalam hal kegagalan GPS) bersama-sama dengan GPAL terkait (internal atau eksternal) yang ditentukan, harus sama dengan atau lebih tinggi dari arus hubung pendek maksimum yang diperkirakan di titik instalasi dengan memperhitungkan GPS maksimum yang ditentukan oleh pabrikan GPS.

Sebagai tambahan, jika peringkat pemutus arus ikutan (*follow current*) dinyatakan oleh pabrikan, maka arus ini harus sama dengan atau lebih tinggi dari arus hubung pendek yang diperkirakan di titik instalasi.

GPS yang dihubungkan antara konduktor netral dan PE dalam sistem TT atau TN, yang mengizinkan arus follow-up frekuensi daya setelah operasi (misalnya sela latu) harus mempunyai peringkat pemutus arus lebih besar atau sama dengan 100 A.

Dalam sistem IT, peringkat pemutus arus ikutan untuk GPS yang dihubungkan antara konduktor netral dan PE harus sama seperti GPS yang dihubungkan antara fase dan netral.

534.2.3.6 Koordinasi GPS

Menurut IEC 61312-3 dan 61643-12 harus dipertimbangkan mengenai perlunya koordinasi GPS di instalasi. Pabrikan GPS harus menyediakan informasi yang cukup pada dokumentasinya tentang cara untuk mencapai koordinasi antara GPS.

534.2.4 Proteksi terhadap arus lebih dan konsekuensi kegagalan GPS

Proteksi terhadap hubung pendek GPS diberikan oleh GPAL F2 (lihat gambar dalam Lampiran A hingga D) yang dipilih menurut peringkat maksimum yang direkomendasikan untuk GPAL yang diberikan dalam petunjuk pabrikan.

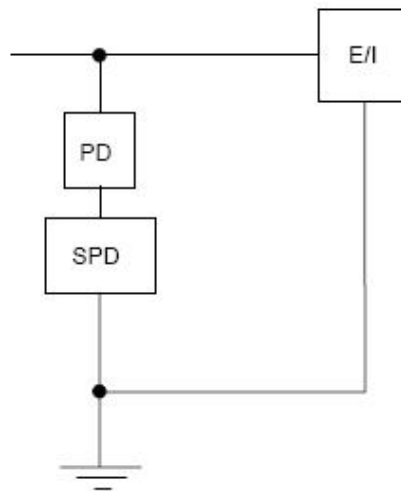
Jika GPAL F1 (yang merupakan bagian instalasi, lihat gambar dalam Lampiran A hingga D) mempunyai peringkat lebih kecil dari atau sama dengan peringkat maksimum yang direkomendasikan untuk GPAL F2, maka F2 dapat dihilangkan.

Luas penampang konduktor yang menghubungkan GPAL ke konduktor lin harus diperingkat menurut arus hubung pendek maksimum yang mungkin (F1, F2 dan F3 diperlihatkan dalam Lampiran A hingga D).

Tergantung dari lokasi gawai proteksi yang digunakan untuk mendiskoneksi GPS dalam hal kegagalan SPD, prioritas dapat diberikan pada kontinuitas suplai atau pada kontinuitas proteksi.

Dalam semua hal, diskriminasi antara gawai proteksi harus dipastikan.

- Jika gawai proteksi dipasang pada sirkit GPS, kontinuitas suplai dipastikan, tapi instalasi atau perlengkapan tidak diproteksi terhadap arus lebih selanjutnya yang mungkin (lihat Gambar 53A). Gawai proteksi ini dapat merupakan diskonektor internal.
- Jika gawai proteksi disisipkan pada hulu instalasi sirkit i GPS dipasang, kegagalan GPS dapat menyebabkan pemutusan suplai: pemutusan sirkit akan terakhir sampai gawai proteksi diganti (lihat Gambar 53B).

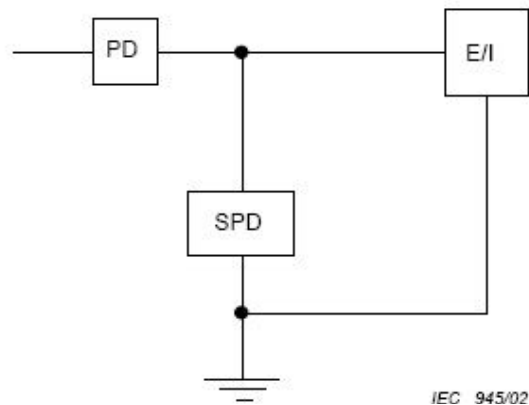


PD : gawai proteksi dari GPS

SPD ; gawai proteksi surja

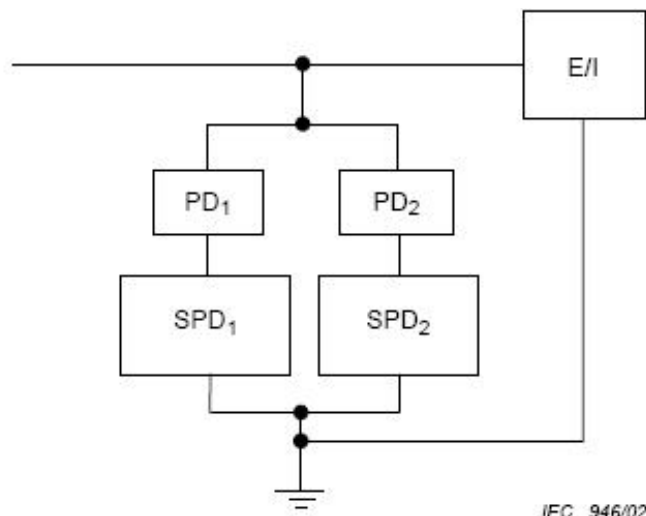
E/I : perlengkapan atau instalasi yang harus diproteksi terhadap voltase lebih

Gambar 53A Prioritas pada kontinuitas suplai



Gambar 53B Prioritas pada kontinuitas proteksi

Guna meningkatkan keandalan dan probabilitas pada saat yang sama mempunyai kontinuitas suplai dan kontinuitas proteksi, diizinkan untuk menggunakan skema yang dijelaskan dalam Gambar 53C.



Gambar 53C Kombinasi kontinuitas suplai dan kontinuitas proteksi

Dalam hal ini, dua GPS identik (GPS1 dan GPS2) dihubungkan pada dua gawai proteksi identik (GP1 dan GP2). Mode kegagalan salah satu GPS (misalnya GPS1) tidak akan mempengaruhi keefektifan GPS kedua (misalnya GPS2) dan akan mengarah pada operasi gawai proteksinya sendiri (misalnya GW1). Susunan tersebut akan secara signifikan meningkatkan probabilitas mempunyai kontinuitas suplai dan kontinuitas proteksi.

534.2.5 Proteksi terhadap sentuh tak langsung

Proteksi terhadap sentuh tak langsung, seperti ditentukan dalam Bagian 41, harus tetap efektif pada instalasi yang diproteksi bahkan dalam hal kegagalan GPS.

Dalam hal diskoneksi otomatis suplai:

- pada sistem TN secara umum hal ini dapat dipenuhi oleh GPAL pada sisi suplai dari GPS;

- pada sistem TT hal ini dapat dipenuhi oleh:
 - a) pemasangan GPS pada sisi beban GPAS (lihat Gambar B.1), atau
 - b) pemasangan GPS pada sisi suplai GPAS. karena probabilitas kegagalan GPS antara konduktor N dan PE,
 - kondisi Bagian 4-41, ayat 413.1.3.7 harus dipenuhi, dan
 - GPS harus dipasang sesuai dengan 534.2.2 hubungan tipe 2.
- pada sistem IT, tidak diperlukan tindakan tambahan.

534.2.6 Pemasangan GPS bersama dengan GPAS

Jika GPS dipasang sesuai dengan 534.2.1 dan pada sisi beban GPAS, harus digunakan sebuah GPAS dengan atau tanpa tunda waktu, tapi mempunyai imunitas arus surja sekurang-kurangnya 3 kA 8/20.

CATATAN 1 GPAS tipe S sesuai dengan IEC 61008-1 dan 1009-1 memenuhi persyaratan ini.

CATATAN 2 Dalam hal arus surja lebih tinggi dari 3 kA 8/20, GPAS dapat trip yang menyebabkan pemutusan suplai daya.

534.2.7 Pengukuran resistans insulasi

Selama pengukuran resistans insulasi instalasi menurut Bagian 6, GPS yang dipasang pada atau di dekat awal instalasi atau pada panel distribusi dan tidak diperingkat untuk voltase uji pengukuran insulasi, boleh didiskoneksi.

Dalam hal dimana GPS yang dihubungkan ke konduktor PE merupakan bagian kotak kontak, maka harus tahan terhadap voltase uji untuk mengukur resistans insulasi menurut Bagian 6.

534.2.8 Indikasi status GPS

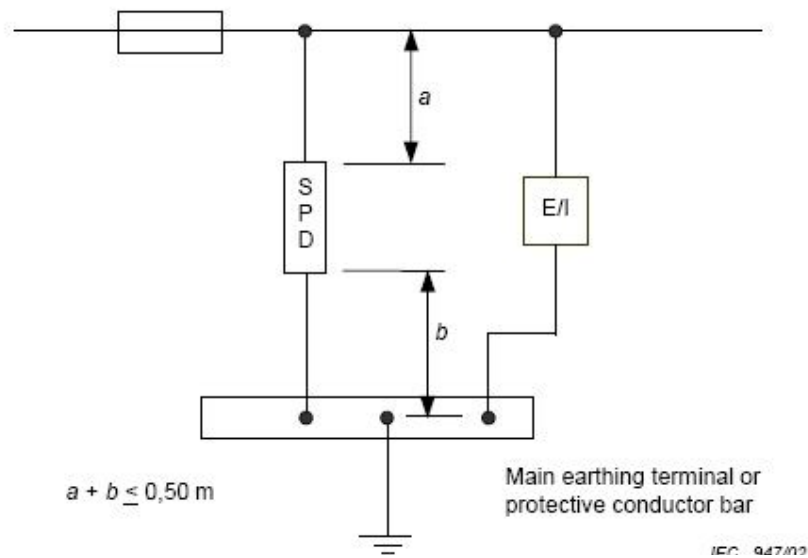
Indikasi bahwa GPS tidak lagi memberikan proteksi voltase lebih harus disediakan:

- dengan indikator status GPS, atau
- dengan GPS terpisah seperti ditunjukkan dalam 534.2.4.

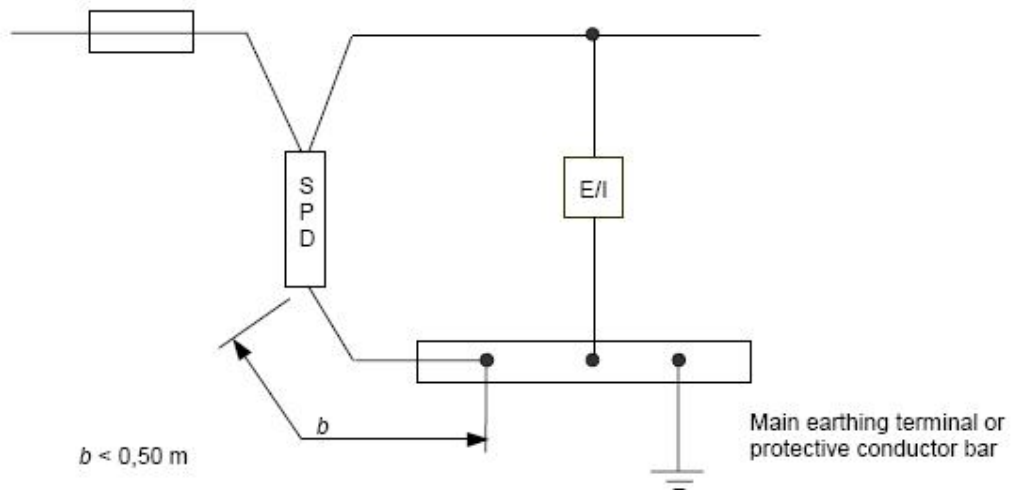
534.2.9 Konduktor hubung

Konduktor hubung adalah konduktor dari konduktor lin ke GPS dan dari GPS ke terminal pembumian utama atau ke konduktor proteksi.

Karena menambah panjang konduktor hubung GPS mengurangi keefektifan proteksi voltase lebih, proteksi voltase lebih optimum dicapai jika semua konduktor hubung GPS sependek mungkin (sebaiknya tidak melebihi 0,5 m untuk panjang kawat total) dan tanpa sembarang lingkaran, lihat Gambar 53D. Jika jarak $a + b$ (lihat Gambar 53D) tidak dapat dikurangi di bawah 0,5 m, dapat diadopsi skema dalam Gambar 53E.



Gambar 53D Contoh pemasangan GPS pada atau di dekat awal instalasi



Gambar 53E Contoh pemasangan GPS pada atau di dekat awal instalasi

534.2.10 Penampang konduktor pembumian

Konduktor pembumian GPS pada atau di dekat awal instalasi harus mempunyai luas penampang minimum 4 mm^2 tembaga atau setara.

Jika terdapat sistem proteksi petir, luas penampang minimum 16 mm^2 tembaga atau setara perlu untuk GPS yang diuji sesuai dengan pengujian kelas I IEC 61643-1.

535 (6.7.5) Koordinasi berbagai gawai proteksi

535.1 Diskriminasi antara GPAL

Dalam pertimbangan.

535.2 (6.7.5.1) Gabungan GPAS dengan GPAL

535.2.1 (6.7.5.1.1) Jika GPAS dilengkapi atau digabungkan dengan gawai untuk proteksi arus lebih, karakteristik rakitan gawai proteksi (kapasitas pemutusan, karakteristik operasi berkaitan dengan arus pengenal) harus memenuhi persyaratan Ayat 433 dan 434 Bagian 4-43, serta 533.2 dan 533.3.

535.2.2 (6.7.5.1.2) Jika GPAS tidak dilengkapi atau tidak digabungkan dengan proteksi arus lebih:

- proteksi arus lebih harus dipastikan dengan menggunakan gawai proteksi yang tepat menurut persyaratan Bagian 4-43;
- GPAS harus dapat menahan tanpa kerusakan stres mekanis dan termal yang mungkin mengenainya pada saat terjadi hubung pendek pada sisi beban dari lokasi tempat GPAS dipasang;
- GPAS tidak boleh rusak pada kondisi hubung pendek tersebut, bahkan jika karena arus tak seimbang atau arus yang mengalir ke bumi, GPAS cenderung membuka.

CATATAN Stres tersebut tergantung pada arus hubung pendek prospektif pada titik tempat GPAS dipasang, dan karakteristik operasi gawai yang memberikan proteksi hubung pendek.

535.3 (6.7.5.2) Diskriminasi (selektifitas) antara GPAS

Diskriminasi antara GPAS yang dipasang secara seri dapat dibutuhkan untuk alasan pelayanan, terutama jika menyangkut keselamatan, untuk memberikan kontinuitas suplai pada bagian instalasi yang tidak berkaitan dengan gangguan, jika ada.

Diskriminasi dapat dicapai dengan memilih dan memasang GPAS yang, sambil memastikan proteksi yang dibutuhkan pada bagian-bagian yang berbeda dari instalasi, mendiskoneksi dari suplai hanya bagian instalasi yang terletak di sisi beban dari GPAS yang terpasang pada sisi suplai gangguan, dan yang terdekat padanya.

Untuk memastikan diskriminasi antara dua GPAS dalam seri, gawai tersebut harus memenuhi dua kondisi berikut:

- a) karakteristik waktu-arus nonggerak dari GPAS yang terletak di sisi suplai (hulu) harus terletak di atas karakteristik waktu-arus operasi total dari GPAS yang terletak di sisi beban (hilir), dan
- b) arus operasi sisa pengenal pada gawai yang terletak di sisi suplai harus lebih tinggi dari GPAS yang terletak di sisi beban.

Dalam hal GPAS memenuhi persyaratan IEC 61008-1 dan IEC 61009, arus operasi sisa pengenal dari gawai yang terletak di sisi suplai harus sekurang-kurangnya 3 (tiga) kali dari GPAS yang terletak di sisi beban.

536 Isolasi dan penyakelaran

536.0 Pendahuluan

Ayat ini berkaitan dengan tindakan isolasi dan penyakelaran lokal dan jarak jauh nonotomatis yang mencegah atau menghilangkan bahaya yang berkaitan dengan instalasi listrik atau perlengkapan dan mesin yang digerakkan listrik.

536.1 Umum

536.1.1 Menurut fungsi yang dimaksudkan, setiap gawai yang disediakan untuk isolasi atau penyakelar harus memenuhi persyaratan relevan Bagian ini.

536.1.2 Pada sistem TN-S, konduktor netral tidak perlu diisolasi atau disakelar.

CATATAN Konduktor proteksi pada semua sistem didisyaratkan tidak diisolasi atau disakelar (lihat juga 543.3.3 IEC 60363-5-54).

536.1.3 Tindakan yang dijelaskan pada Bagian ini bukan merupakan alternatif tindakan proteksi yang dijelaskan dalam Bagian 4-41 hingga Bagian 4-44.

536.2 Isolasi

536.2.1 Umum

536.2.1.1 Setiap sirkit harus dapat diisolasi dari setiap konduktor suplai aktif, kecuali yang dirinci dalam 536.1.2 di atas.

Dapat dibuat ketentuan untuk isolasi kelompok sirkit dengan sarana bersama, jika kondisi pelayanan mengizinkan.

536.2.1.2 Sarana yang sesuai harus disediakan untuk mencegah setiap perlengkapan dari energisasi yang tidak disengaja.

CATATAN Tindakan pencegahan dapat mencakup salah satu atau lebih tindakan berikut:

- pemasangan gembok;
- pemberitahuan peringatan;
- lokasi di dalam ruang atau selungkup yang dapat dikunci.

Penghubungpendekan dan pembumian dapat digunakan sebagai tindakan tambahan.

536.2.1.3 Jika bagian perlengkapan atau selungkup berisikan bagian aktif yang dihubungkan ke lebih dari satu suplai, pemberitahuan peringatan harus ditempatkan pada posisi sedemikian sehingga setiap personel yang memperoleh akses ke bagian aktif akan diperingatkan untuk perlu mengisolasi bagian tersebut dari berbagai suplai, kecuali susunan silih kunci (*interlock*) disediakan untuk memastikan bahwa semua sirkit terkait diisolasi.

536.2.1.4 Jika diperlukan, sarana yang sesuai harus disediakan untuk luahan energi listrik yang tersimpan (lihat rincian dalam Bagian 5-55).

536.2.2 Gawai untuk isolasi

536.2.2.1 Gawai untuk isolasi yang harus seara efektif mengisolasi semua konduktor suplai aktif dari sirkit terkait, terkena ketentuan 536.2.2.8.

Perlengkapan yang digunakan untuk isolasi harus memenuhi 536.2.2.2 hingga 536.2.2.8.

536.2.2.2 Gawai untuk isolasi harus memenuhi dua kondisi berikut:

- a) pada kondisi baru, bersih dan kering, tahan terhadap nilai voltase impuls yang diberikan dalam Tabel 53A berkaitan dengan voltase nominal instalasi, ketika pada posisi terbuka, melalui terminal setiap kutub.

CATATAN Jarak yang lebih jauh dari yang berkaitan dengan voltase ketahanan impuls tersebut mungkin perlu dengan mempertimbangkan aspek selain isolasi.

Tabel 53A Voltase ketahanan impuls sebagai fungsi voltase nominal

Voltase nominal instalasi ^a	Voltase ketahanan impuls untuk gawai isolasi kV	
	Voltase lebih kategori III	Voltase lebih kategori IV
Sistem fase tiga V		
230/400	5	8

^a Menurut IEC 60038.

CATATAN 1 Berkaitan dengan voltase lebih atmosfer transien, tidak ada perbedaan antara sistem dibumikan dan tak dibumikan.

CATATAN 2 Voltase ketahanan impuls diacu untuk ketinggian 2000 m.

b) mempunyai arus bocor melalui kutub tidak melebihi:

- 0,5 mA per kutub pada kondisi baru, bersih dan kering, dan
 - 6 mA per kutub pada akhir usia pelayanan konvensional gawai seperti ditentukan dalam standar relevan,
- ketika diuji, melalui terminal setiap kutub, dengan nilai voltase sama dengan 110 % nilai fase ke netral yang berkaitan dengan voltase nominal instalasi. Dalam hal pengujian a.s., nilai voltase a.s. harus sama seperti nilai efektif voltase uji a.b.

536.2.2.3 Jarak isolasi antara kontak terbuka gawai harus dapat tampak atau dengan jelas dan dapat diandalkan ditunjukkan dengan penandaan "off" atau "open". Indikasi tersebut harus hanya terjadi ketika jarak isolasi antara kontak terbuka pada setiap kutub gawai telah dicapai.

CATATAN Penandaan yang disyaratkan oleh subayat ini dapat diperoleh dengan menggunakan lambang "O" dan "I" untuk menunjukkan posisi terbuka dan tertutup.

536.2.2.4 Gawai semikonduktor tidak boleh digunakan sebagai gawai isolasi.

536.2.2.5 Gawai untuk isolasi harus didesain dan/atau dipasang sedemikian untuk mencegah penutupan yang tidak disengaja.

CATATAN Penutupan tersebut dapat disebabkan misalnya karena kejut dan getaran.

536.2.2.6 Harus dibuat ketentuan untuk mengamankan gawai isolasi beban off terhadap pembukaan yang tak berhak dan kurang hati-hati.

CATATAN Hal ini dapat diperoleh dengan menempatkan gawai dalam ruang atau selungkup yang dapat dikunci atau dengan pemasangan gembok. Sebagai alternatif, gawai beban off dapat disilih kunci dengan gawai pemutus beban.

536.2.2.7 Sarana isolasi harus dilengkapi dengan gawai sakelar multikutub yang mendiskoneksi semua kutub suplai yang relevan tapi tidak termasuk gawai kutub tunggal yang terletak berdekatan satu sama lain.

CATATAN Isolasi dapat dicapai misalnya dengan sarana berikut:

- diskonektor (isolator), diskonektor sakelar, multikutub atau kutub tunggal;
- tusuk kontak dan kotak kontak;
- tautan sekering;
- sekering;
- terminal khusus yang tidak memerlukan pencabutan kawat.

536.2.2.8 Semua gawai yang digunakan untuk isolasi harus secara jelas diidentifikasi, misalnya dengan penandaan, untuk menunjukkan sirkuit yang akan diisolasi.

536.3 Penyakelaran off untuk pemeliharaan mekanis

536.3.1 Umum

536.3.1.1 Sarana penyakelaran off harus disediakan jika pemeliharaan mekanis dapat menimbulkan risiko luka fisik.

CATATAN 1 Perlengkapan mekanis yang digerakkan listrik dapat mencakup mesin berputar maupun elemen pemanas dan perlengkapan elektromagnetik (lihat IEC 60204-1 untuk instalasi listrik dari mesin).

CATATAN 2 Contoh instalasi tempat sarana untuk penyakelaran off untuk pemeliharaan mekanis digunakan:

- derek (*crane*),
- lift,
- eskalator,
- ban berjalan (*conveyor*),
- mesin perkakas,
- pompa.

CATATAN 3 Sistem yang digerakkan oleh sarana lain, misalnya pneumatik, hidraulik atau uap, tidak dicakup oleh persyaratan ini. Dalam hal tersebut, penyakelaran off setiap suplai listrik terkait tidak merupakan tindakan yang memadai.

536.3.1.2 Sarana yang sesuai harus disediakan untuk mencegah perlengkapan yang digerakkan listrik menjadi tereaktivasi secara tak disengaja selama pemeliharaan mekanis, kecuali sarana penyakelaran off secara kontinu di bawah kendali setiap personel yang melakukan pemeliharaan tersebut.

CATATAN Sarana tersebut dapat mencakup salah satu atau lebih tindakan berikut:

- pemasangan gembok;
- pemberitahuan peringatan;
- lokasi di dalam ruang atau selungkup yang dapat dikunci.

536.3.2 Gawai untuk penyakelaran off pemeliharaan mekanis

536.3.2.1 Gawai untuk penyakeranan off untuk pemeliharaan mekanis harus disisipkan pada sirkuit suplai utama.

Jika untuk keperluan ini disediakan sakelar, sakelar harus mampu memutus arus beban penuh dari bagian instalasi yang relevan, tidak perlu memutus semua konduktor aktif.

Pemutusan sirkit kendali atau penggerak atau sejenis hanya diizinkan jika:

- pelindung tambahan, seperti penahan mekanis, atau
- persyaratan spesifikasi IEC untuk gawai kendali yang digunakan

memberikan kondisi yang setara dengan pemutusan langsung suplai utama.

CATATAN Penyakelaran off pemeliharaan mekanis dapat dicapai misalnya dengan sarana:

- sakelar multikutub;
- pemutus sirkit;
- kontaktor dioperasikan sakelar kendali;
- tusuk kontak dan kotak kontak.

536.3.2.2 Gawai untuk penyakelaran off pemeliharaan mekanis atau sakelar kendali untuk gawai tersebut harus mensyaratkan operasi manual.

Jarak bebas antara kontak terbuka gawai harus dapat tampak atau secara jelas dan andal ditunjukkan dengan penandaan "off" atau "open". Indikasi tersebut tidak hanya terjadi ketika posisi "off" atau "open" pada setiap kutub telah dicapai.

CATATAN Penandaan yang disyaratkan oleh subayat ini dapat dicapai dengan menggunakan lambang "O" dan "I" untuk menunjukkan posisi terbuka dan tertutup.

536.3.2.3 Gawai untuk penyakelaran off pemeliharaan mekanis harus didesain dan/atau dipasang sedemikian untuk mencegah penyakelaran on yang tak disengaja.

CATATAN Penyakelaran on tersebut dapat disebabkan misalnya karena kejut atau getaran.

536.3.2.4 Gawai untuk penyakelaran off pemeliharaan mekanis harus ditempatkan dan ditandai sedemikian untuk siap diidentifikasi dan sesuai untuk peruntukannya.

536.4 Penyakelaran darurat

536.4.1 Umum

CATATAN Penyakelaran darurat dapat merupakan penyakelaran on darurat atau penyakelaran off darurat.

536.4.1.1 Sarana harus disediakan untuk penyakelaran darurat setiap bagian instalasi jika diperlukan untuk mengendalikan suplai untuk menghilangkan bahaya yang tak diperkirakan.

CATATAN Contoh instalasi tempat sarana untuk penyakelaran darurat (terpisah dari penghentian darurat sesuai dengan 536.4.1.5) digunakan:

- fasilitas pompa untuk cairan yang mudah terbakar;
- sistem ventilasi;
- komputer besar;
- pencahayaan luahan dengan suplai voltase tinggi, misalnya tanda neon;
- bangunan besar tertentu, misalnya toko serba ada;
- fasilitas pengujian dan riset listrik;
- laboratorium pembelajaran;
- kamar boiler;
- dapur besar.

536.4.1.2 Jika risiko kejut listrik dimasukkan, gawai sakelar darurat harus memutus semua konduktor aktif kecuali seperti diberikan dalam 536.1.2.

536.4.1.3 Sarana untuk penyakelaran darurat, termasuk penghentian darurat, harus bertindak secara langsung pada konduktor suplai yang sesuai.

Susunan harus sedemikian sehingga tindakan tunggal hanya akan memutus suplai yang sesuai.

536.4.1.4 Susunan penyakelaran darurat harus sedemikian sehingga operasinya tidak menimbulkan bahaya lanjutan atau mengganggu operasi lengkap yang perlu untuk menghilangkan bahaya.

CATATAN Jika penyakelaran ini mencakup fungsi darurat dalam hal mesin, persyaratan relevan ditentukan dalam IEC 60204-1.

536.4.1.5 Sarana penghentian darurat harus disediakan jika gerakan yang dihasilkan secara listrik dapat menimbulkan bahaya.

CATATAN Contoh instalasi tempat penghentian darurat digunakan:

- eskalator;
- lift;
- elevator;
- ban berjalan;
- pintu yang digerakkan listrik;
- mesin perkakas;
- bengkel pencuci mobil.

536.4.2 Gawai untuk penyakelaran darurat

536.4.2.1 Gawai untuk penyakelaran darurat harus mampu memutus arus beban penuh dari bagian relevan instalasi dengan memperhitungkan arus motor yang dimatikan, jika sesuai.

536.4.2.2 Sarana untuk penyakelaran darurat dapat terdiri atas:

- satu gawai sakelar yang mampu secara langsung memutus suplai yang sesuai, atau
- kombinasi perlengkapan yang diaktifkan oleh tindakan tunggal untuk keperluan memutus suplai yang sesuai.

Untuk penghentian darurat, retensi suplai dapat diperlukan, misalnya untuk memutus bagian bergerak.

CATATAN Penyakelaran darurat dapat dicapai misalnya dengan sarana:

- sakelar pada sirkit utama,
- tombol dan sejenis pada sirkit (bantu) kendali.

536.4.2.3 Gawai sakelar dioperasikan tangan untuk pemutusan langsung sirkit utama harus dipilih praktis.

Pemutus sirkit, kontaktor dsb. yang dioperasikan jarak jauh harus terbuka pada deenergisasi kumparan, atau teknik kegagalan untuk keselamatan lain yang setara harus digunakan.

536.4.2.4 Sarana operasi gawai (gagang, tombol dsb.) untuk penyakelaran darurat harus jelas diidentifikasi, lebih disukai diwarnai merah dengan latar belakang yang kontras.

536.4.2.5 Sarana operasi harus siap diakses pada tempat bahaya dapat terjadi dan, jika sesuai, pada setiap posisi jarak jauh tambahan yang dapat menghilangkan bahaya.

536.4.2.6 Sarana operasi gawai untuk penyakelaran darurat harus mampu mengunci atau ditahan pada posisi "off" atau "stop", kecuali kedua sarana operasi untuk penyakelaran darurat dan untuk reenergisasi di bawah kendali personel yang sama.

Pelepasan gawai sakelar darurat tidak boleh mereenergisasi bagian instalasi yang relevan.

536.4.2.7 Gawai untuk penyakelaran darurat, termasuk penghentian darurat, harus ditempatkan dan ditandai sedemikian untuk siap diidentifikasi dan sesuai untuk peruntukannya.

536.5 Penyakelaran fungsional (kendali)

536.5.1 Umum

536.5.1.1 Gawai sakelar fungsional harus disediakan untuk setiap bagian sirkit yang mensyaratkan dikendalikan secara independen dari bagian lain instalasi.

536.5.1.2 Gawai sakelar fungsional tidak perlu mengendalikan semua konduktor aktif sirkit.

Gawai sakelar kutub tunggal tidak boleh ditempatkan pada konduktor netral.

536.5.1.3 Secara umum semua pemanfaat listrik yang mensyaratkan kendali harus dikendalikan oleh gawai sakelar fungsional yang sesuai.

Gawai sakelar fungsional tunggal dapat mengendalikan beberapa bagian aparatus yang dimaksudkan untuk beroperasi secara simultan.

536.5.1.4 Tusuk kontak dan kotak kontak yang berperingkat tidak lebih dari 16 A dapat digunakan untuk penyakelaran fungsional.

536.5.1.5 Gawai sakelar fungsional yang memastikan pengalihan suplai sumber alternatif harus mempengaruhi semua konduktor aktif dan harus tidak dapat menempatkan sumber secara paralel, kecuali instalasi secara spesifik didesain untuk kondisi ini.

536.5.2 Gawai sakelar fungsional

536.5.2.1 Gawai sakelar fungsional harus sesuai untuk tugas terberat yang dinyatakan untuk dilakukannya.

536.5.2.2 Gawai sakelar fungsional dapat mengendalikan arus tanpa perlu membuka kutub terkait.

CATATAN 1 Gawai sakelar semikonduktor adalah contoh gawai yang mampu memutus arus sirkit tapi tidak membuka kutub terkait.

CATATAN 2 Penyakelaran fungsional dapat dicapai misalnya dengan sarana:

- sakelar;
- gawai semikonduktor;
- pemutus sirkit;
- kontaktor;

- relai;
- tusuk kontak dan kotak kontak sampai dengan 16 A.

536.5.2.3 Diskonektor, sekering dan tautan tidak boleh digunakan untuk penyakelaran fungsional.

536.5.3 Sirkit kendali (sirkuit bantu)

Sirkuit kendali harus didesain, disetel dan diproteksi untuk membatasi bahaya yang disebabkan oleh gangguan antara sirkuit kendali dan bagian konduktif lain yang dapat menyebabkan malfungsi (misalnya operasi yang kurang hati-hati) dari apparatus yang dikendalikan.

536.5.4 Kendali motor

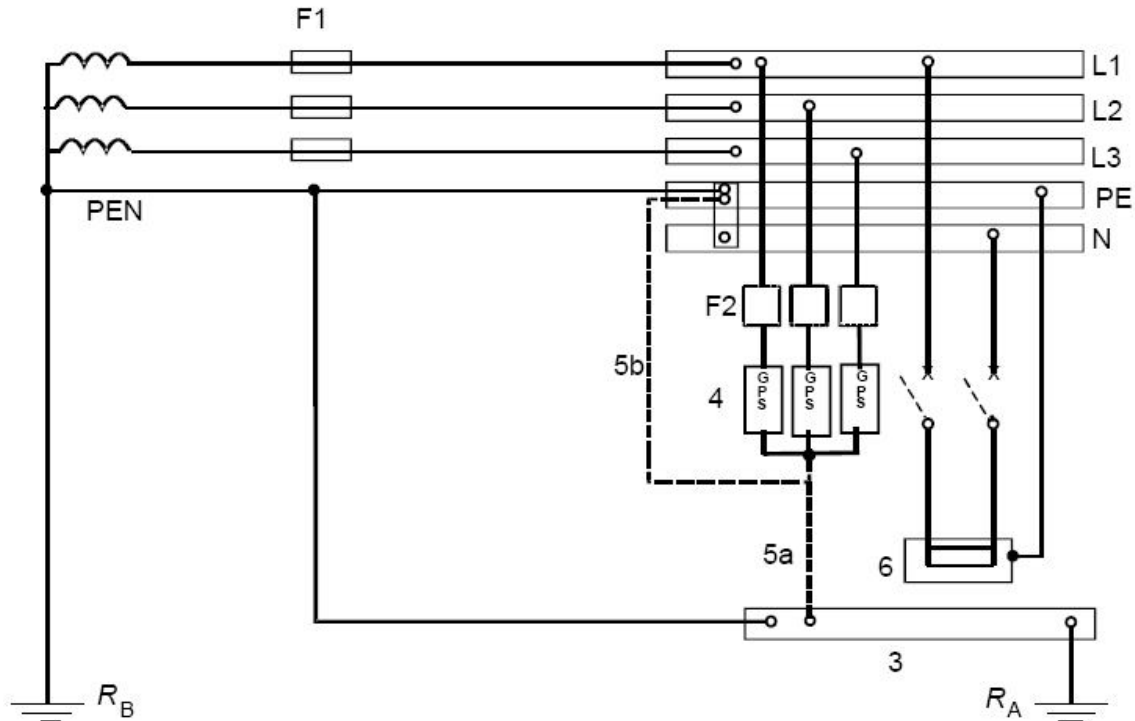
536.5.4.1 Sirkuit kendali motor harus didesain sedemikian untuk mencegah setiap motor dari pengasutan ulang secara otomatis setelah kemacetan karena jatuh atau hilang voltase, jika pengasutan tersebut dapat menyebabkan bahaya.

536.5.4.3 Jika keselamatan tergantung pada arah putaran motor, harus dibuat ketentuan untuk pencegahan operasi pembalikan misalnya karena pembalikan fase.

CATATAN Harus diperhatikan bahaya yang dapat timbul dari putusnya satu fase.

Lampiran A
(informatif)

Pemasangan GPS pada sistem TN

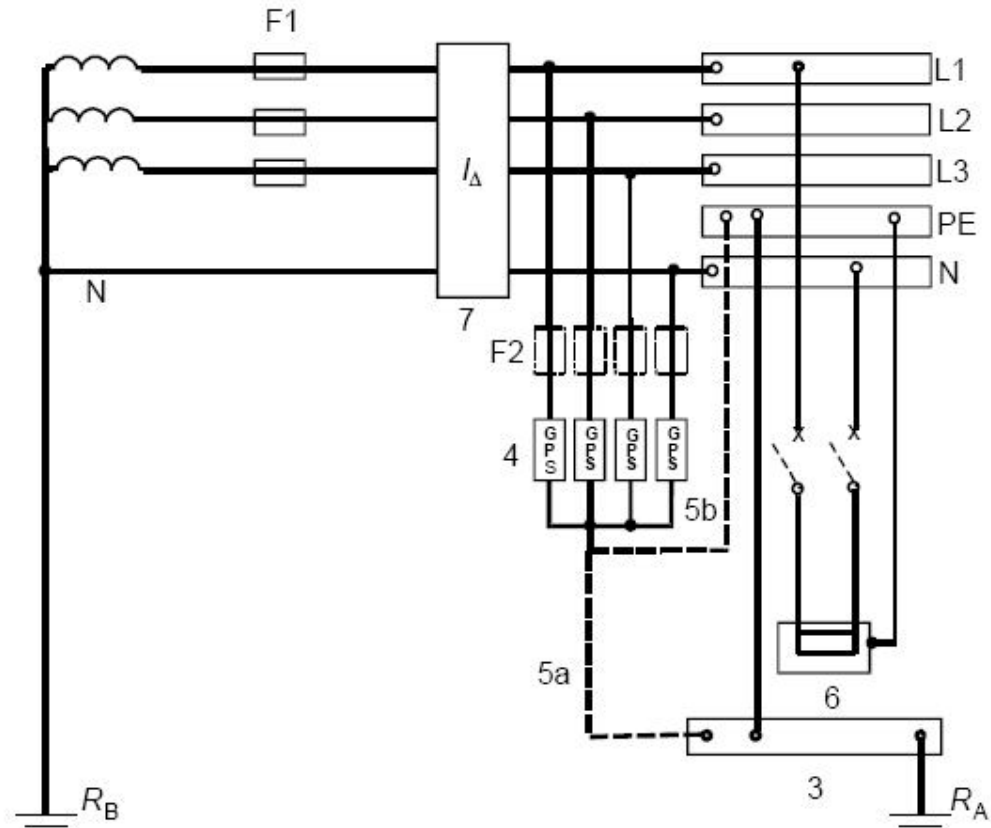


- 3 Terminal atau rel pembumian utama
- 4 GPS yang memberikan proteksi terhadap voltase lebih kategori II
- 5 Hubungan pembumian GPS, 5a atau 5b
- 6 Perlengkapan yang diproteksi
- F1 Gawai proteksi di awal instalasi
- F2 Gawai proteksi yang disyaratkan oleh pabrikan GPS
- R_A Elektode pembumian (resistans pembumian) GPS
- R_B Elektode pembumian (resistans pembumian) sistem suplai

Gambar A.1 – GPS pada sistem TN

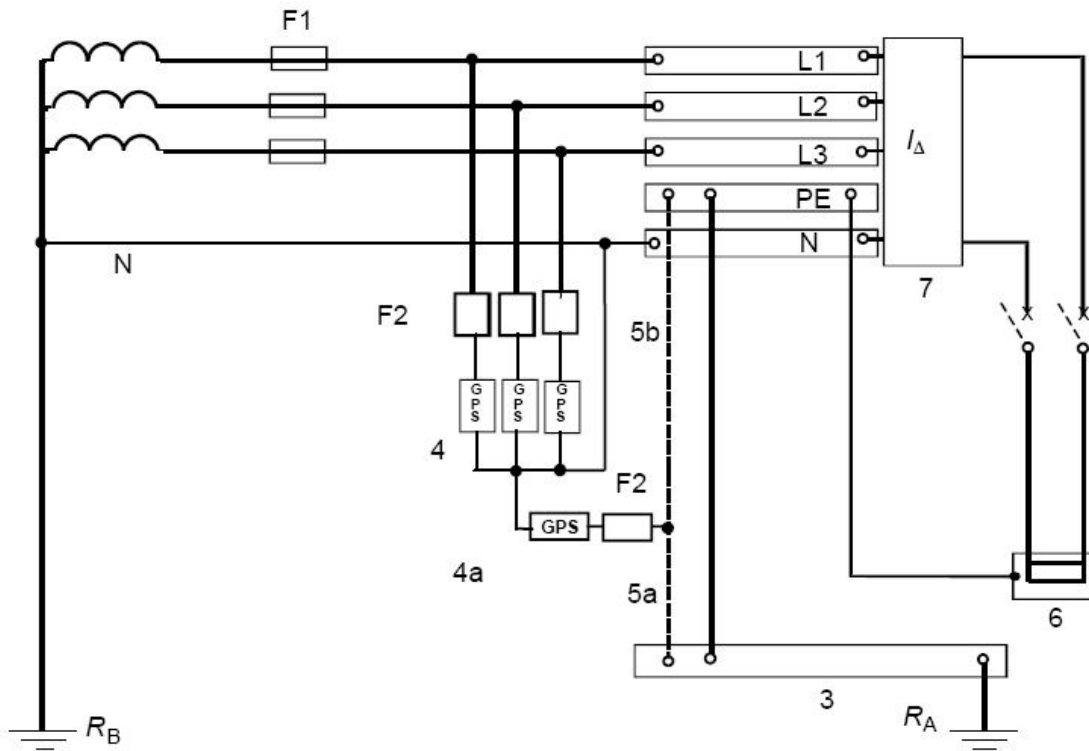
Lampiran B
(informatif)

Pemasangan GPS pada sistem TT



- 3 Terminal atau rel pembumian utama
- 4 GPS yang memberikan proteksi terhadap voltase lebih kategori II
- 5 Hubungan pembumian GPS, 5a dan/atau 5b
- 6 Perlengkapan yang diproteksi
- 7 GPAS
- F1 Gawai proteksi di awal instalasi
- F2 Gawai proteksi yang disyaratkan oleh pabrikan GPS
- R_A Elektode pembumian (resistans pembumian) GPS
- R_B Elektode pembumian (resistans pembumian) sistem suplai

Gambar B.1 – GPS di sisi beban GPAS [menurut 534.2.5 a)]

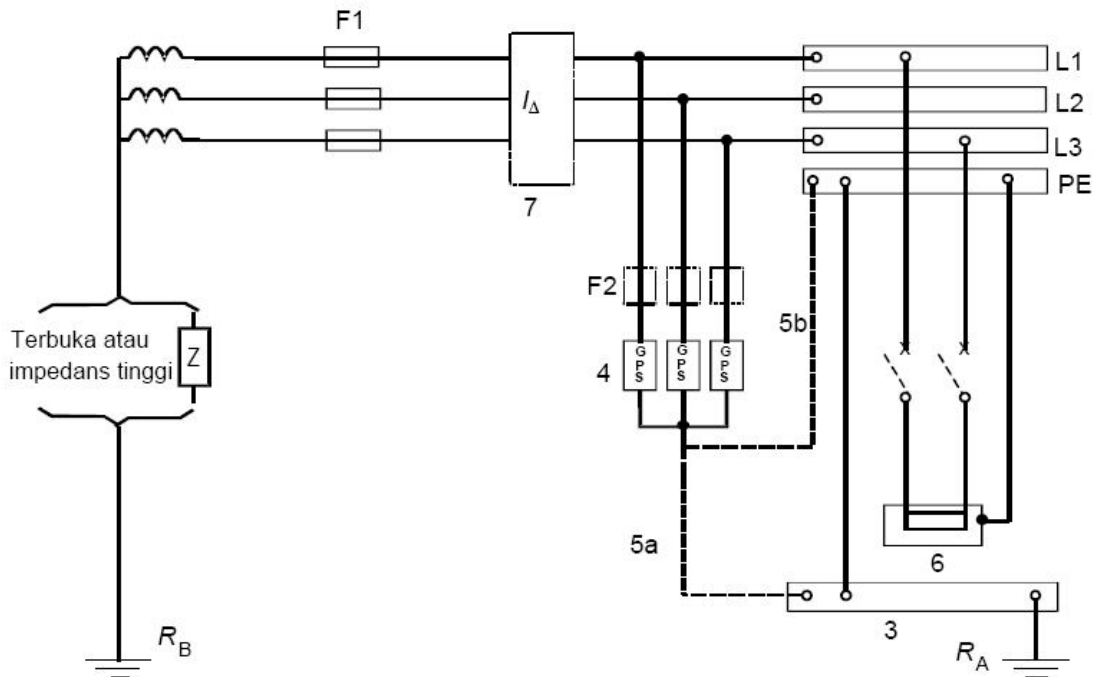


- 3 Terminal atau rel pembumian utama
- 4 GPS
4a GPS
(kombinasi 4-4a, yang memberikan proteksi terhadap voltase lebih kategori II)
- 5 Hubungan pembumian GPS, 5a dan/atau 5b
- 6 Perlengkapan yang diproteksi
- 7 GPAS, ditempatkan di hulu atau hilir rel
- F1 Gawai proteksi di awal instalasi
- F2 Gawai proteksi yang disyaratkan oleh pabrikan GPS
- R_A Elektode pembumian (resistans pembumian) GPS
- R_B Elektode pembumian (resistans pembumian) sistem suplai

Gambar B.2 – GPS di sisi suplai GPAS [menurut 534.2.5 b)]

Lampiran C (informatif)

Pemasangan GPS pada sistem IT

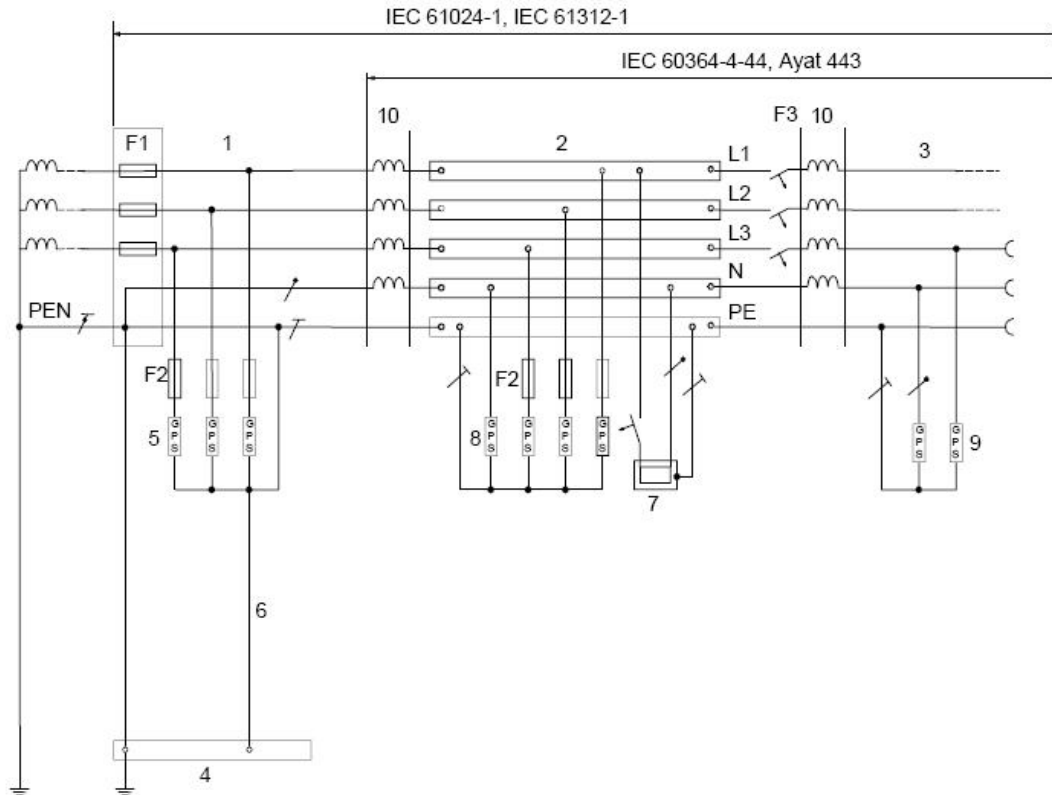


- 3 Terminal atau rel pembumian utama
- 4 GPS yang memberikan proteksi terhadap voltase lebih kategori II
- 5 Hubungan pembumian GPS, 5a dan/atau 5b
- 6 Perlengkapan yang diproteksi
- 7 GPAS
- F1 Gawai proteksi di awal instalasi
- F2 Gawai proteksi yang disyaratkan oleh pabrikan GPS
- R_A Elektode pembumian (resistans pembumian) GPS
- R_B Elektode pembumian (resistans pembumian) sistem suplai

Gambar C.1 – GPS di sisi beban GPAS

Lampiran D
(informatif)

Pemasangan GPS diuji kelas I, II dan III, misalnya pada sistem TN-C-S



- 1 Awal instalasi
- 2 Panel distribusi
- 3 Outlet distribusi
- 4 Terminal atau rel pbumian utama
- 5 GPS, kelas uji I
- 6 Hubungan pbumian (konduktor pbumian) GPS
- 7 Perlengkapan magun yang diproteksi
- 8 GPS, kelas uji II
- 9 GPS, kelas uji II atau III
- 10 Elemen *decoupling* atau panjang lin

CATATAN 1 Sebaiknya mengacu IEC 61643-12 untuk informasi lebih lanjut

CATATAN 2 GPS 5 dan 8 dapat digabungkan dalam sebuah GPS tunggal

Gambar D.1 – Pemasangan GPS diuji kelas I, II dan III

Bibliografi

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60204-1:1997, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60364-5-54:1980, *Electrical installations of building – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors*

IEC 60364-5-55:2001, *Electrical installations of building – Part 5-55: Selection and erection of electrical equipment – Other equipment*

**Bagian 5-54:
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik –
Susunan pembumian, konduktor proteksi dan
konduktor ikatan proteksi**

CATATAN Bagian 5-54 merupakan adopsi dari IEC 60364-5-54:2002 dengan modifikasi. Modifikasi dapat berupa penambahan, perubahan atau pengurangan. Ayat, subayat, tabel, catatan atau lampiran yang merupakan modifikasi diberi tanda MOD.

Untuk memudahkan penelusuran, maka nomor ayat atau subayat PUIL 2000 disertakan dalam tanda kurung.

541 Umum

541.1 Ruang lingkup

Bagian 5-54 menunjukkan susunan pembumian, konduktor proteksi dan konduktor ikatan proteksi guna memenuhi keselamatan instalasi listrik.

541.2 MOD Acuan normatif

Dokumen acuan berikut sangat diperlukan untuk penerapan dokumen ini. Untuk acuan bertahun, hanya berlaku edisi yang dinyatakan. Untuk acuan tak bertahun, berlaku dokumen acuan edisi termutakhir (termasuk setiap amandemen).

IEC 60050(195), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 195: Earthing and protection against electric shock*

IEC 60287-1-1, *Electric cables - Calculation of the current rating – Part 1-1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – General*

IEC 60364-4-41, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-42, *Electrical installations of buildings – Part 4-42: Protection for safety – Protection against thermal effects*

IEC 60364-4-43, *Electrical installations of buildings – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent*

IEC 60364-4-44, *Electrical installations of buildings – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-5-52, *Electrical installations of building – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

IEC 60724, *Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages of 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) and 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)*

IEC 60853-2, *Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables – Part 2: Cyclic rating of cables greater than 18/30 (36) kV and emergency ratings for cables of all voltages*

IEC 60909-0, *Short-circuit currents in three-phase a.c systems – Part 0: Calculation of currents*

IEC 60949, *Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects*

IEC 61024-1, *Protection of structure against lightning – Part 1: General principles*

IEC 61140, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC Guide 104, *The preparation of safety publications and use of basic safety publications and group safety publications*

541.3 MOD Definisi

Berlaku definisi Bagian 1.

Definisi yang digunakan untuk susunan pembumian, konduktor proteksi dan konduktor ikatan proteksi digambarkan dalam Lampiran B.

542 (3.18) Susunan pembumian

542.1 (3.18.1) Persyaratan umum

542.1.1 (3.18.1.1) Susunan pembumian dapat digunakan tersambung atau terpisah untuk keperluan proteksi dan fungsional menurut persyaratan instalasi listrik. Persyaratan untuk keperluan proteksi harus selalu lebih diutamakan.

542.1.2 MOD (3.18.1.2) Elektrode bumi pada instalasi harus dihubungkan pada terminal pembumian utama dengan menggunakan konduktor pembumian.

Elektrode bumi ialah penghantar yang ditanam dalam bumi dan membuat kontak langsung dengan bumi (lihat 542.2.3).

Konduktor pembumian yang tidak berinsulasi yang ditanam dalam bumi dianggap sebagai bagian elektrode bumi.

542.1.3 (3.18.1.3) Pertimbangan harus diberikan untuk susunan pembumian yang digunakan pada sistem voltase tinggi dan sistem voltase rendah (lihat Bagian 4-44, Ayat 442).

542.1.4 (3.18.1.4) Persyaratan untuk susunan pembumian dimaksudkan untuk memberikan hubungan ke bumi:

- yang handal dan sesuai untuk persyaratan proteksi instalasi;
- yang dapat menghantarkan arus gangguan bumi dan arus konduktor proteksi ke bumi tanpa bahaya dari stres termal, termo-mekanis dan elektromekanis serta dari kejutan listrik yang timbul dari arus ini;
- jika relevan, yang juga sesuai untuk persyaratan fungsional.

542.2 (3.18.2) Elektrode bumi

542.2.1 Bahan dan dimensi elektrode bumi harus dipilih untuk tahan terhadap korosi dan untuk mempunyai kuat mekanis yang memadai.

Untuk bahan yang biasa digunakan, ukuran minimum biasa dari sudut pandang korosi dan kuat mekanis untuk elektrode bumi jika ditanam dalam tanah diberikan dalam Tabel 54.1

CATATAN 1 MOD Jika terdapat sistem proteksi petir (SPP), berlaku seri IEC 62305.

Tabel 54.1 MOD Ukuran minimum biasa untuk elektrode bumi dari bahan yang biasa digunakan dari titik pandang korosi dan kuat mekanis jika ditanam dalam tanah

Bahan	Permukaan	Bentuk	Ukuran minimum					
			Diameter mm	Luas penampang mm ²	Tebal mm	Tebal lapisan/ selubung		
						Nilai individu µm	Nilai rerata µm	
Baja	Galvanis celup panas ^a atau Tahan karat ^{a, b}	Pita ^c		90	3	63	70	
		Profil		90	3	63	70	
		Batang bulat untuk elektrode bumi	16			63	70	
		Kawat bulat untuk elektrode permukaan	10				50 ^e	
		Pipa	25		2	47	55	
		Pelat		0,5 m ² hingga 1 m ²	3			
	Disalut tembaga (<i>copper-sheathed</i>)	Batang bundar untuk elektrode dalam	15			2 000		
	Disepuh tembaga	Batang bundar untuk elektrode dalam	14			90	100	
	Tembaga	Polos ^a	Strip		50	2		
			Kawat bulat untuk elektrode permukaan ^g		25 ^f			
Konduktor pilin			1,8 untuk serat kawat individual	25				
Pipa			20		2			
Pelat				0,5 m ² hingga 1 m ²	1,5			
Berlapis timah putih		Konduktor pilin	1,8 untuk pilanan kawat individu	25		1	5	
Berlapis seng		Pita ^d		50	2	20	40	

^a Dapat juga digunakan untuk elektrode yang tertanam dalam beton.

^b Tanpa pelapisan.

^c Sebagai strip gulungan atau strip tipis dengan sudut dibulatkan.

^d Strip dengan sisi dibulatkan.

^e Dalam hal pelapisan celup kontinu, saat ini hanya setebal 50 µm yang secara teknis dapat dilakukan.

^f Jika pengalaman menunjukkan bahwa risiko korosi dan kerusakan mekanis sangat rendah, dapat digunakan 16 mm²

^g Semua elektrode bumi dianggap sebagai elektrode permukaan jika dipasang pada kedalaman tidak melebihi 0,5 m

CATATAN 2 MOD Untuk elektrode bumi jenis pipa, panjang minimum 1,5 m.

CATATAN 3 MOD (3.18.2.3.2) Jika keadaan tanah sangat korosif atau jika digunakan elektrode baja nongalvanis, dianjurkan untuk menggunakan luas penampang atau tebal sekurang-kurangnya 150 % dari yang tertera dalam Tabel 54.1.

CATATAN 4 MOD (3.18.2.3.3) Jika elektrode pita hanya digunakan untuk mengatur gradien voltase, luas penampang minimum pada baja galvanis atau berlapis tembaga harus 16 mm^2 dan pada tembaga 10 mm^2 .

542.2.2 Keefektifan setiap elektrode bumi tergantung pada kondisi tanah lokal. Harus dipilih satu atau lebih elektrode bumi yang sesuai dengan kondisi tanah dan nilai resistans ke bumi yang disyaratkan.

542.2.3 Berikut adalah contoh elektrode bumi yang dapat digunakan:

- jaringan struktur bawah tanah yang tertanam dalam fondasi (pembumian pondasi);
- pelat;
- logam tulangan beton (kecuali beton prategang) yang tertanam dalam bumi;
- batang atau pipa;
- pita atau kawat;
- selubung logam dan penutup logam lain dari kabel menurut kondisi dan persyaratan lokal;
- rangka logam bawah tanah yang sesuai lainnya menurut kondisi dan persyaratan lokal.

CATATAN MOD Jaringan pipa air dilarang digunakan sebagai elektrode bumi.

542.2.4 Ketika memilih jenis dan kedalaman tanam elektrode bumi, harus dipertimbangkan kondisi dan persyaratan lokal sedemikian sehingga pengeringan dan pembekuan tanah akan tidak mungkin menaikkan resistans bumi elektrode bumi sampai nilai yang akan mengganggu tindakan proteksi terhadap kejut listrik (lihat Bagian 4-41).

542.2.5 Harus dipertimbangkan korosi elektrolitik jika menggunakan bahan berbeda dalam susunan pembumian.

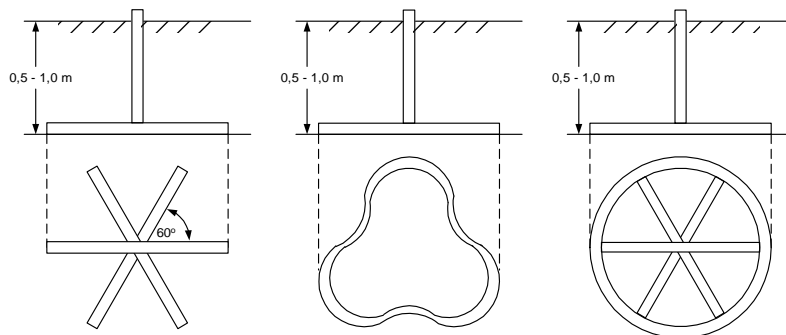
542.2.6 Pipa logam untuk cairan atau gas yang mudah terbakar tidak boleh digunakan sebagai elektrode bumi.

CATATAN Persyaratan ini tidak menghalangi ikatan proteksi pipa tersebut untuk kesesuaian dengan Bagian 4-41..

542.2.7 MOD (3.18.2.2) Jenis elektrode bumi

542.2.7.1 MOD (3.18.2.2.1) Elektrode pita ialah elektrode yang dibuat dari penghantar berbentuk pita atau berpenampang bulat yang pada umumnya ditanam secara dangkal.

Elektrode ini dapat ditanam sebagai pita lurus, radial, melingkar, jala-jala atau kombinasi dari bentuk tersebut seperti pada Gambar 54.1, yang ditanam sejajar permukaan tanah dengan dalam antara 0,5 – 1.0 m.



Gambar 542-1 MOD Cara pemasangan elektrode pita

542.2.7.2 MOD (3.18.2.2.2) Elektrode batang ialah elektrode dari baja pipa, baja profil, atau batang logam lain yang dipancangkan ke dalam tanah.

542.2.7.3 MOD (3.18.2.2.3) Elektrode pelat ialah elektrode dari bahan logam utuh atau berlubang. Pada umumnya elektrode pelat ditanam secara dalam.

542.2.8 MOD (3.18.2.5) Resistans jenis tanah dan resistans pembumian

542.2.8.1 MOD (3.18.2.5.1) Nilai resistans jenis tanah sangat berbeda-beda bergantung pada jenis tanah seperti ditunjukkan pada Tabel 54.2.

Tabel 54.2 Resistans jenis tanah (tipikal)

1	2	3	4	5	6	7
Jenis tanah	Tanah rawa	Tanah liat & tanah ladang	Pasir basah	Kerikil basah	Pasir dan kerikil kering	Tanah berbatu
Resistans jenis (Ω -m)	30	100	200	500	1000	3000

542.2.8.2 MOD (3.18.2.5.2) Resistans pembumian

- a) Resistans pembumian elektrode bumi tergantung pada jenis dan keadaan tanah serta pada ukuran dan susunan elektrode.
- b) Resistans pembumian suatu elektrode harus dapat diukur. Untuk keperluan tersebut konduktor yang menghubungkan setiap elektrode bumi atau susunan elektrode bumi harus dilengkapi dengan hubungan yang dapat dilepas (lihat 542.3.5).

CATATAN Resistans pembumian total suatu instalasi pembumian belum dapat ditentukan dari hasil pengukuran tiap elektrode. Cara mengukur resistans elektrode bumi lihat Lampiran B Bagian 6.

- c) Tabel 54.3 menunjukkan nilai rerata resistans elektrode bumi untuk ukuran minimum elektrode bumi seperti pada Tabel 54.1.

Tabel 54.3 Resistans pembumian pada resistans jenis $\rho_1 = 100 \Omega \cdot \text{meter}$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jenis elektrode	Pita atau konduktor pilin				Batang atau pipa				Pelat vertikal dengan sisi atas ± 1 m di bawah permukaan tanah	
	Panjang (m)				Panjang (m)				Ukuran (m ²)	
	10	25	50	100	1	2	3	5	0,5x1	1x1
Resistans pembumian (Ω)	20	10	5	3	70	40	30	20	35	25

Keterangan :

Untuk resistans jenis yang lain (ρ), maka besar resistans pembumian adalah perkalian nilai di atas dengan.

$$\rho/\rho_1 \text{ atau } \rho/100$$

542.2.9 MOD (3.18.2.6) Pemasangan dan susunan elektrode bumi

542.2.9.1 MOD (3.18.2.6.1) Untuk memilih macam elektrode bumi yang akan dipakai, harus diperhatikan terlebih dahulu kondisi setempat, sifat tanah, dan resistans pembumian yang diperkenankan.

542.2.9.2 MOD (3.18.2.6.2) Permukaan elektrode bumi harus berhubungan baik dengan tanah sekitarnya. Batu dan kerikil yang langsung mengenai elektrode bumi memperbesar resistans pembumian.

542.2.9.3 MOD (3.18.2.6.3) Jika keadaan tanah mengizinkan, elektrode pita harus ditanam sedalam 0,5 sampai 1 meter.

Pengaruh kelembaban lapisan tanah terhadap resistans pembumian agar diperhatikan. Panjang elektrode bumi agar disesuaikan dengan resistans pembumian yang dibutuhkan. Resistans pembumian elektrode pita sebagian besar tergantung pada panjang elektrode tersebut dan sedikit tergantung pada luas penampangnya.

CATATAN :

- Nilai pada Tabel 54.3 adalah untuk elektrode terpasang lurus yang menghasilkan resistans pembumian terkecil. Cara lain misalnya terpasang zig-zag atau menggelombang, menghasilkan resistans pembumian yang lebih besar untuk panjang elektrode bumi yang sama.
- Elektrode pita radial harus disusun simetris. Sudut antara jari-jarinya tidak perlu kurang dari 60°. Susunan lebih dari enam jari-jari pada umumnya tidak mengurangi resistans pembumian secara berarti, karena pengaruh timbal balik dari jari-jari yang berdekatan.

542.2.9.4 MOD (3.18.2.6.4) Elektrode batang dimasukkan tegak lurus ke dalam tanah dan panjangnya disesuaikan dengan resistans pembumian yang diperlukan (lihat Tabel 54.3).

Resistans pembumian sebagian besar tergantung pada panjangnya dan sedikit bergantung pada ukuran penampangnya. Jika beberapa elektrode diperlukan untuk memperoleh resistans pembumian yang rendah, jarak antara elektrode tersebut minimum harus dua kali panjangnya. Jika elektrode tersebut tidak bekerja efektif pada seluruh panjangnya, maka jarak minimum antara elektrode harus dua kali panjang efektifnya.

542.2.9.5 MOD (3.18.2.6.5) Elektrode pelat ditanam tegak lurus dalam tanah; ukurannya disesuaikan dengan resistans pembumian yang diperlukan (lihat Tabel 54.3) dan pada umumnya cukup menggunakan pelat berukuran 1 m x 0,5 m. Sisi atas pelat harus terletak minimum 1 m di bawah permukaan tanah. Jika diperlukan beberapa pelat logam untuk memperoleh resistans pembumian yang lebih rendah, maka jarak antara pelat logam, jika dipasang paralel, dianjurkan minimum 3 meter.

CATATAN Untuk memperoleh resistans pembumian yang sama, elektrode pelat memerlukan bahan yang lebih banyak jika dibandingkan dengan elektrode pita atau batang.

542.3 Konduktor pembumian

542.3.1 Konduktor pembumian harus memenuhi 543.1 dan jika ditanam dalam tanah, luas penampangnya harus sesuai dengan Tabel 54.2.

Pada sistem TN, jika tidak tampak adanya arus gangguan yang diperkirakan melalui elektrode bumi, konduktor pembumian dapat didimensi menurut 544.1.1

Tabel 54.2 Luas penampang minimum konduktor pembumian yang ditanam dalam tanah

	Diproteksi secara mekanis	Tidak diproteksi secara mekanis
Diproteksi terhadap korosi	2,5 mm ² Cu 10 mm ² Fe	16 mm ² Cu 16 mm ² Fe
Tidak diproteksi terhadap korosi	25 mm ² Cu 50 mm ² Fe	

542.3.2 Hubungan konduktor pembumian ke elektrode bumi harus dibuat dengan kuat dan secara listrik memuaskan. Hubungan harus dengan pengelasan eksotermik, konektor tekan, klem, atau konektor mekanis lain. Konektor mekanis harus dipasang sesuai dengan petunjuk pabrikan. Jika klem digunakan, tidak boleh merusak elektrode atau konduktor pembumian.

CATATAN 1 MOD Klem pada elektrode pipa harus menggunakan baut dengan diameter minimal 10 mm.

CATATAN 2 Gawai hubung atau fitting yang hanya tergantung pada solder, tidak dapat diandalkan untuk memberikan kuat mekanis yang memadai.

542.3.3 MOD (3.18.3.3) Konduktor pembumian harus dilindungi jika menembus plafon atau dinding, atau berada di tempat dengan bahaya kerusakan mekanis.

542.3.4 MOD (3.18.3.4) Konduktor pembumian harus diberi warna hijau-kuning sesuai dengan 5210.2.

542.3.5 MOD (3.18.3.5) Pada konduktor pembumian harus dipasang hubungan yang dapat dilepas untuk keperluan pengujian resistans pembumian, pada tempat yang mudah dicapai, dan sedapat mungkin memanfaatkan hubungan yang karena susunan instalasinya memang harus ada.

542.3.6 MOD (3.18.3.6) Hubungan dalam tanah harus dilindungi terhadap korosi.

542.3.7 MOD (3.18.3.7) Konduktor pembumian di atas tanah harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a) Mudah terlihat dan jika tertutup harus mudah dicapai;
- b) Harus dilindungi dari bahaya mekanis atau kimiawi;

- c) Tidak boleh ada sakelar atau hubungan yang mudah di lepas tanpa menggunakan perkakas;
- d) Konduktor pembumian untuk kapasitor peredam interferens radio harus diinsulasi sama seperti konduktor fase dan harus dipasang dengan cara yang sama pula, jika arus yang dialirkan melebihi 3,5 mA.

542.3.8 MOD (3.18.3.8) Sambungan dan hubungan antara konduktor pembumian utama, konduktor pembumian, dan semua cabangnya satu sama lain harus dilaksanakan demikian sehingga terjaminlah hubungan listrik yang baik, dapat diandalkan dan tahan lama.

CATATAN Sambungan dan hubungan yang dibolehkan adalah sambungan dan hubungan yang menggunakan las, baut, klem dan juga sambungan selongsong jika menggunakan konduktor pilin. Sambungan dan hubungan dengan baut harus dilindungi dari kemungkinan terjadinya korosi.

542.4 Terminal pembumian utama

542.4.1 Pada setiap instalasi jika ikatan proteksi digunakan, suatu terminal pembumian utama harus disediakan dan yang berikut harus dihubungkan padanya:

- konduktor ikatan proteksi;
- konduktor pembumian;
- konduktor proteksi;
- konduktor pembumian fungsional, jika relevan.

CATATAN 1 Setiap konduktor proteksi individu tidak perlu dihubungkan secara langsung ke terminal pembumian utama jika masing-masing dihubungkan ke terminal ini oleh konduktor proteksi lain.

CATATAN 2 Terminal pembumian utama bangunan umumnya dapat digunakan untuk keperluan pembumian fungsional. Untuk keperluan teknologi informasi, maka dapat dianggap sebagai titik hubung ke jaringan elektrode bumi.

542.4.2 Masing-masing konduktor yang dihubungkan ke terminal pembumian utama harus dapat didiskoneksi secara individu. Hubungan ini harus andal dan hanya dapat didiskoneksi dengan sarana perkakas.

CATATAN Sarana diskoneksi boleh digabungkan dengan baik dengan terminal pembumian utama, untuk memungkinkan pengukuran resistans dari susunan pembumian.

543 Konduktor proteksi

543.1 Luas penampang minimum

543.1.1 MOD Luas penampang setiap konduktor proteksi harus memenuhi kondisi untuk diskoneksi otomatis suplai yang disyaratkan dalam 411 Bagian 4-41 dan mampu menahan arus gangguan prospektif.

Luas penampang konduktor proteksi harus dihitung sesuai dengan 543.1.2 atau dipilih sesuai dengan Tabel 54.3. Pada kedua hal tersebut, persyaratan 543.1.3 harus diperhitungkan.

Terminal untuk konduktor proteksi harus mampu menerima konduktor dengan dimensi yang disyaratkan oleh subayat ini.

Tabel 54.3 MOD Luas penampang minimum konduktor proteksi

Luas penampang konduktor lin S mm ²	Luas penampang minimum konduktor proteksi terkait mm ²
	Jika konduktor proteksi berbahan sama seperti konduktor saluran
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

543.1.2 Luas penampang konduktor proteksi tidak boleh kurang dari nilai yang ditentukan:

- sesuai dengan IEC 60949;
- atau dengan rumus berikut yang hanya dapat diterapkan untuk waktu diskoneksi tidak melampaui 5 detik:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

dengan

S adalah luas penampang, dalam mm².

I adalah nilai efektif arus gangguan prospektif dalam ampere untuk gangguan dengan impedans yang dapat diabaikan, yang dapat mengalir melalui gawai proteksi (lihat IEC 60909-0);

t adalah waktu operasi gawai proteksi untuk diskoneksi otomatis dalam detik;

CATATAN 1 Efek pembatasan arus dari impedans sirkit dan pembatasan $I^2 t$ dari gawai proteksi harus diperhitungkan.

k adalah faktor yang tergantung pada bahan konduktor proteksi, insulasi dan bagian lain serta suhu awal dan akhir (untuk penghitungan k, lihat Lampiran 54.A).

CATATAN 2 Untuk pembatasan suhu untuk instalasi berpotensi atmosfer ledak, lihat IEC 60079-0.

CATATAN 3 Karena selubung logam kabel berinsulasi mineral menurut IEC 60702-1 mempunyai kapasitas gangguan bumi lebih besar dari konduktor lin, maka tidak perlu menghitung luas penampang selubung logam jika digunakan sebagai konduktor proteksi.

543.1.3 Luas penampang setiap konduktor proteksi yang tidak membentuk bagian kabel atau tidak pada selungkup yang sama dengan konduktor lin tidak boleh kurang dari:

- 2,5 mm² Cu/16 mm² Al jika disediakan proteksi terhadap kerusakan mekanis,
- 4 mm² Cu/16 mm² Al jika tidak disediakan proteksi terhadap kerusakan mekanis.

543.1.4 Jika konduktor proteksi digunakan bersama pada dua sirkit atau lebih, luas penampangnya harus didimensi sebagai berikut:

- dihitung menurut 543.1.1 untuk arus gangguan prospektif dan waktu operasi paling berat yang ditemui pada sirkit ini; atau
- dipilih menurut Tabel 54.3 sedemikian sehingga berkaitan dengan luas penampang konduktor lin terbesar dari sirkit.

543.2 Jenis konduktor proteksi

543.2.1 Konduktor proteksi dapat terdiri atas salah satu atau lebih berikut ini:

- konduktor pada kabel multiinti;
- konduktor berinsulasi atau polos dalam selungkup bersama dengan konduktor aktif;
- konduktor polos atau berinsulasi terpasang magun;
- selubung kabel logam, skrin kabel, perisai kabel, anyaman kawat, konduktor konsentris, konduit logam yang terkena kondisi yang dinyatakan dalam 543.2.2 a) dan b).

543.2.2 Jika instalasi terdiri atas perlengkapan yang mempunyai selungkup logam sedemikian seperti rakitan PHBK voltase rendah atau sistem berumbung (*trunking*) rel, selungkup atau rangka logam dapat digunakan sebagai konduktor proteksi jika secara simultan memenuhi tiga persyaratan berikut:

- a) kontinuitas listriknya harus dipastikan dengan konstruksi atau dengan hubungan yang sesuai sedemikian untuk memastikan proteksi terhadap pemburukan mekanis, kimia atau elektrokimia;
- b) selungkup itu memenuhi persyaratan 543.1;
- c) selungkup itu harus memungkinkan hubungan konduktor proteksi lain pada setiap titik sadapan yang ditentukan sebelumnya.

543.2.3 Bagian logam berikut tidak diizinkan untuk digunakan sebagai konduktor proteksi atau sebagai konduktor ikatan proteksi:

- pipa air logam;
- pipa yang mengandung gas atau cairan yang mudah terbakar;
- bagian konstruksi yang terkena stres mekanis dalam pelayanan normal;
- konduit logam fleksibel atau mudah dibengkokkan, kecuali didesain untuk keperluan itu;
- bagian logam fleksibel;
- kawat penyangga.

543.3 Kontinuitas listrik konduktor proteksi

543.3.1 Konduktor proteksi harus diproteksi terhadap kerusakan mekanis, pemburukan kimia atau elektrokimia, gaya elektrodinamika dan gaya termodinamika.

543.3.2 Sambungan pada konduktor proteksi harus dapat diakses untuk inspeksi dan pengujian, kecuali untuk:

- sambungan berisi kompon,
- sambungan kapsul,
- sambungan pada konduit dan berumbung logam,
- sambungan yang membentuk bagian dengan perlengkapan, yang memenuhi standar perlengkapan.

543.3.3 Gawai sakelar tidak boleh disisipkan pada konduktor proteksi, tapi dapat disediakan sambungan yang dapat didiskoneksi untuk keperluan pengujian dengan penggunaan perkakas.

543.3.4 Jika digunakan pemantauan listrik pbumian, gawai seperti sensor operasi, kumparan, tidak boleh dihubungkan secara seri pada konduktor proteksi.

543.3.5 BKT aparatus tidak boleh digunakan untuk membentuk bagian konduktor proteksi untuk perlengkapan lain, kecuali seperti diizinkan pada 543.2.2.

543.4 MOD Tidak diterapkan.

543.5 MOD Tidak diterapkan.

543.6 Susunan konduktor proteksi

Jika GPAL digunakan untuk proteksi terhadap kejut listrik, konduktor proteksi harus tergabung pada sistem perkawatan yang sama seperti konduktor aktif atau terletak di dekatnya.

543.7 Konduktor proteksi diperkuat untuk arus konduktor proteksi melampaui 10 mA

Untuk pemanfaat listrik yang dimaksudkan untuk hubungan permanen dan dengan arus konduktor proteksi melampaui 10 mA, konduktor proteksi diperkuat harus didesain sebagai berikut:

- konduktor proteksi harus mempunyai luas penampang sekurang-kurangnya 10 mm² Cu atau 16 mm² Al, melalui jalur totalnya;
- atau konduktor proteksi kedua dengan luas penampang sekurang-kurangnya sama seperti disyaratkan untuk proteksi terhadap sentuh tak langsung, harus digelar pada titik tempat konduktor proteksi mempunyai luas penampang kurang dari 10 mm² Cu atau 16 mm² Al. Hal ini mensyaratkan peranti mempunyai terminal terpisah untuk konduktor proteksi kedua.

CATATAN Pemanfaat listrik yang biasanya mempunyai arus konduktor proteksi yang tinggi tidak kompatibel dengan instalasi yang dilengkapi GPAS.

544 Konduktor ikatan proteksi (konduktor ikatan ekuipotensial)

544.1 Konduktor ikatan proteksi untuk hubungan ke terminal pembumian utama

Luas penampang konduktor ikatan proteksi yang disediakan untuk ikatan ekuipotensial utama menurut 413.1.2.1 dan yang dihubungkan ke terminal pembumian utama menurut 542.4 harus tidak kurang dari:

- 6 mm² tembaga; atau
- 16 mm² aluminium; atau
- 50 mm² baja.

544.2 Konduktor ikatan proteksi untuk ikatan suplemen

544.2.1 Konduktor ikatan proteksi yang menghubungkan dua BKT harus mempunyai konduktans tidak kurang dari konduktor proteksi terkecil yang terhubung ke BKT tersebut.

544.2.2 Konduktor ikatan proteksi yang menghubungkan BKT ke BKE harus mempunyai konduktans tidak kurang dari setengah luas penampang konduktor proteksi tang bersangkutan.

544.2.3 Persyaratan 543.1.3 harus dipenuhi.

Lampiran A
(normatif)

Metode untuk mendapatkan faktor k dalam 543.1.2
(lihat juga IEC 60724 dan IEC 60949)

Faktor k ditentukan dari rumus berikut:

$$k = \sqrt{\frac{Q_c (\beta + 20 \text{ }^\circ\text{C})}{\rho_{20}} \ln \left(1 + \frac{\theta_f - \theta_i}{\beta + \theta_i} \right)}$$

dengan:

- Q_c adalah kapasitas bahang volumetrik bahan konduktor ($\text{J}/^\circ\text{C} \cdot \text{mm}^3$) pada $20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- β adalah kebalikan koefisien suhu dari resistivitas pada $0 \text{ }^\circ\text{C}$ untuk konduktor ($^\circ\text{C}$);
- ρ_{20} adalah resistivitas listrik bahan konduktor pada $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\Omega \cdot \text{mm}$);
- θ_i adalah suhu awal konduktor ($^\circ\text{C}$),
- θ_f adalah suhu akhir konduktor ($^\circ\text{C}$).

Tabel A.54.1 – Nilai parameter untuk berbagai bahan yang berbeda

Bahan	β^a $^\circ\text{C}$	Q_c^b $\text{J}/^\circ\text{C} \cdot \text{mm}^3$	ρ_{20} $\Omega \cdot \text{mm}$	$\sqrt{\frac{Q_c (\beta + 20)}{\rho_{20}}}$ $\text{A}\sqrt{\text{s}/\text{mm}^2}$
Tembaga	234,5	$3,45 \times 10^{-3}$	$17,241 \times 10^{-6}$	226
Aluminium	228	$2,5 \times 10^{-3}$	$28,264 \times 10^{-6}$	148
Timbel	230	$1,45 \times 10^{-3}$	214×10^{-6}	41
Baja	202	$3,8 \times 10^{-3}$	138×10^{-6}	78

^a Nilai diambil dari Tabel 1 dari IEC 60287-1-1.
^b Nilai diambil dari Tabel E2 dari IEC 60853-2.

Tabel A.54.2 – Nilai k untuk konduktor proteksi berinsulasi yang tidak tergabung dalam berkas kabel atau tidak dibundel dengan berkas kabel lain

Insulasi konduktor	Suhu °C ^b		Bahan konduktor ^c		
	Awal	Akhir	Tembaga	Aluminium	Baja
			Nilai untuk k ^c		
PVC 70 °C	30	160/140 ^a	143/133 ^a	95/98 ^a	52/49 ^a
PVC 90 °C	30	160/140 ^a	143/133 ^a	95/98 ^a	52/49 ^a
<i>Thermosetting</i> 90 °C	30	250	176	116	64
Karet 60 °C	30	200	159	105	58
Karet 85 °C	30	220	166	110	60
Karet silikon	30	350	201	133	73

^a Nilai lebih rendah berlaku untuk konduktor berinsulasi PVC dengan luas penampang lebih besar dari 300 mm².
^b Batas suhu untuk berbagai tipe insulasi diberikan dalam IEC 60724.
^c Untuk metode penghitungan k , lihat rumus di awal Lampiran ini.

Tabel A.54.3 – Nilai k untuk konduktor proteksi polos yang kontak dengan penutup kabel tetapi tidak dibundel dengan berkas kabel lain

Penutup kabel	Suhu °C ^a		Bahan konduktor		
	Awal	Akhir	Tembaga	Aluminium	Baja
			Nilai untuk k ^b		
PVC	30	200	159	105	58
Polietilen	30	150	138	91	50
CSP	30	220	166	110	60

^a Batas suhu untuk berbagai tipe insulasi diberikan dalam IEC 60724.
^b Untuk metode penghitungan k , lihat rumus di awal Lampiran ini.

Tabel A.54.4 – Nilai k untuk konduktor proteksi sebagai inti yang tergabung dalam suatu kabel atau dibundel dengan berkas kabel lain atau berkas konduktor berinsulasi

Insulasi konduktor	Suhu °C ^b		Bahan konduktor		
	Awal	Akhir	Tembaga	Aluminium	Baja
			Nilai untuk k ^c		
PVC 70 °C	70	160/140 ^a	115/103 ^a	76/68 ^a	42/37 ^a
PVC 90 °C	90	160/140 ^a	100/86 ^a	66/57 ^a	36/31 ^a
<i>Thermosetting</i> 90 °C	90	250	143	94	52
Karet 60 °C	60	200	141	93	51
Karet 85 °C	85	220	134	89	48
Karet silikon	180	350	132	87	47

^a Nilai lebih rendah berlaku untuk konduktor berinsulasi PVC dengan luas penampang lebih besar dari 300 mm².
^b Batas suhu untuk berbagai tipe insulasi diberikan dalam IEC 60724.
^c Untuk metode penghitungan k , lihat rumus di awal Lampiran ini.

Tabel A.54.5 – Nilai k untuk konduktor proteksi sebagai lapisan logam suatu kabel misalnya armor, selubung logam, konduktor konsentris dsb.

Insulasi kabel	Suhu °C ^a		Bahan konduktor			
			Tembaga	Aluminium	Timbel	Baja
	Awal	Akhir	Nilai untuk k ^c			
PVC 70 °C	60	200	141	93	26	51
PVC 90 °C	80	200	128	85	23	46
Thermosetting 90 °C	80	200	129	85	23	46
Karet 60 °C	55	200	144	95	26	52
Karet 85 °C	75	220	140	93	26	51
Mineral ditutup PVC ^b	70	200	135	-	-	-
Mineral selubung polos	105	250	135	-	-	-

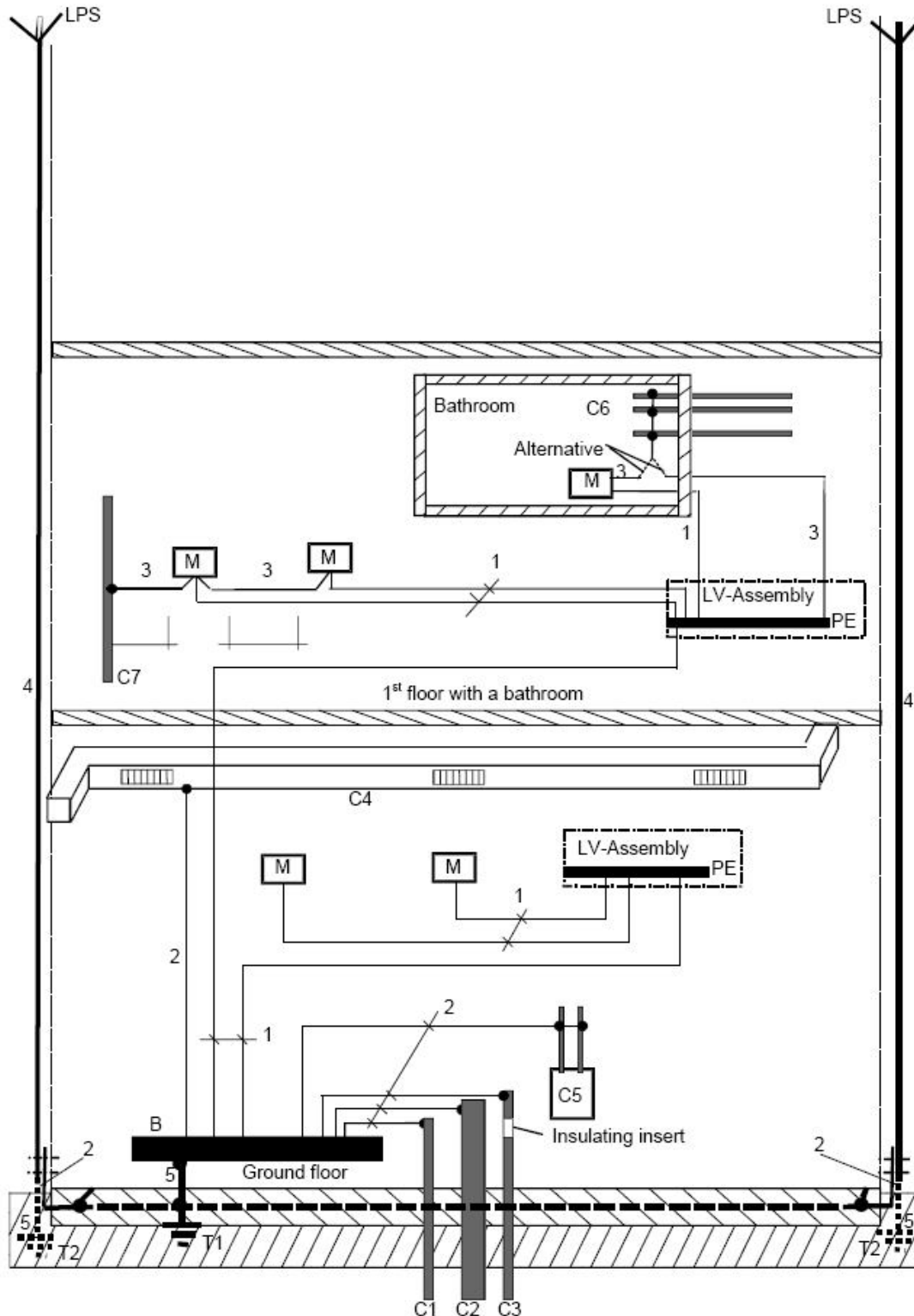
^a Batas suhu untuk berbagai tipe insulasi diberikan dalam IEC 60724.
^b Nilai ini harus juga digunakan untuk konduktor polos yang terkena sentuhan atau dalam kontak dengan bahan yang mudah terbakar.
^c Untuk metode penghitungan k , lihat rumus di awal Lampiran ini.

Tabel A.54.6 – Nilai k untuk konduktor polos tanpa risiko kerusakan pada sembarang bahan di dekatnya karena suhu yang ditunjukkan

Kondisi	Suhu awal °C	Bahan konduktor					
		Tembaga		Aluminium		Baja	
		Nilai k	Suhu maksimum °C	Nilai k	Suhu maksimum °C	Nilai k	Suhu maksimum °C
Terlihat dan dalam area terlarang	30	228	500	125	300	82	500
Kondisi normal	30	159	200	105	200	58	200
Risiko kebakaran	30	138	150	91	150	50	150

Lampiran B
(informatif)

Gambar susunan pembumian, konduktor proteksi dan konduktor ikatan proteksi



Gambar B.54.1 Susunan pembumian, konduktor proteksi dan konduktor ikatan proteksi

Keterangan:

M	BKT	bagian konduktif perlengkapan yang dapat disentuh dan yang secara normal tidak bervoltase, tetapi dapat menjadi bervoltase bila insulasi dasar gagal [IEV 195-06-10]
C	BKE	bagian konduktif yang bukan merupakan bagian instalasi listrik dan dapat menimbulkan suatu potensial listrik, biasanya potensial listrik dari bumi lokal [IEV 195-06-11]
C1		Pipa air, logam dari bagian luar
C2		Air limbah, logam dari bagian luar
C3		Pipa gas dengan inset insulasi, logam dari bagian luar
C4		Pengondisi udara
C5		Sistem pemanas
C6		Pipa air, logam misalnya dalam kamar mandi
C7		BKE dalam jangkauan tangan BKT
B		Terminal pembumian utama (rel pembumian utama) terminal atau rel yang merupakan bagian susunan pembumian suatu instalasi dan yang memungkinkan hubungan listrik sejumlah konduktor untuk keperluan pembumian [IEV 195-02-33]
T		Elektrode bumi bagian konduktif yang dapat ditanam dalam suatu media konduktif spesifik, misalnya beton atau kokas, dalam kontak listrik dengan bumi [IEV 195-02-01]
T1		Bumi fondasi
T2		Elektrode bumi untuk SPP jika perlu
1		Konduktor proteksi konduktor yang disediakan untuk keperluan keselamatan, misalnya proteksi terhadap kejut listrik [IEV 195-02-09]
2		Konduktor ikatan proteksi konduktor proteksi yang disediakan untuk ikatan ekuipotensial proteksi [IEV 195-02-10]
3		Konduktor ikatan proteksi untuk ikatan suplemen
4		Konduktor turun sistem proteksi petir (SPP)
5		Konduktor pembumian

konduktor yang memberikan lintasan konduktif atau bagian lintasan konduktif antara titik tertentu dalam suatu sistem atau dalam suatu instalasi atau dalam perlengkapan dengan suatu elektrode bumi dan suatu jaringan elektrode bumi [IEV 195-02-03]

CATATAN MOD Untuk PUIL, konduktor pbumian adalah konduktor yang menghubungkan elektrode bumi ke titik sistem ikatan ekuipotensial bersama, biasanya terminal pbumian utama

Bibliografi

IEC 60028, *International standard of resistance for copper*

IEC 60079-0, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 0: General requirements*

IEC 60702-1, *Mineral insulated cables and their terminations with a rated voltage not exceeding 750 V – Part 1: Cables*

IEC 60950-1, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 61000-1-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1: General – Section 1: Application and interpretation of fundamental definitions and terms*

National Standard DIN 18014:1994, *Fundamenteorder ("Foundation earth electrode" in English)*

**Bagian 5-55:
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik –
Perlengkapan lain**

CATATAN Bagian 5-55 merupakan adopsi dari IEC 60364-5-55:2001 + Amandemen 1:2001 + Amandemen 2:2008 dengan modifikasi. Modifikasi dapat berupa penambahan, perubahan atau pengurangan. Ayat, subayat, tabel, catatan atau lampiran yang merupakan modifikasi diberi tanda MOD.

550 Pendahuluan

550.1 Ruang lingkup

Bagian 5-55 mencakup persyaratan untuk pemilihan dan pemasangan set pembangkit voltase rendah dan untuk pemilihan dan pemasangan luminer dan instalasi pencahayaan yang dimaksudkan merupakan bagian instalasi magun.

550.2 Acuan normatif

Dokumen acuan berikut tidak dapat diabaikan untuk penerapan dokumen ini. Untuk acuan bertahun, hanya edisi yang diacu berlaku. Untuk acuan tak bertahun, edisi termutakhir dari dokumen yang diacu (termasuk amandemennya) yang berlaku.

IEC 60050(195), *International Electrotechnical Vocabulary – Part 195: Earthing and protection against electric shock*

IEC 60050(826), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 826: Electrical installation of buildings*

IEC 60245-3, *Rubber insulated cables – Rated voltages up to and including 450/750 V – Part 3: Heat resistant silicone insulated cables*

IEC 60364-1:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-42, *Electrical installations of buildings – Part 4-42: Protection for safety – Protection against thermal effects*

IEC 60364-4-43, *Electrical installations of buildings – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent*

IEC 60364-5-53, *Electrical installations of building – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

IEC 60364-7-712, *Electrical installation of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems*

IEC 60364-7-717, *Electrical installation of buildings – Part 7-717: Requirements for special installations or locations – Mobile or transportable units*

IEC 60417 (all parts), *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60598 (all parts), *Luminaires*

IEC 61140, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

550.3 Definisi

Untuk keperluan Bagian 5-55, berlaku definisi berikut:

550.3.1

unit baterai swaisi

unit yang terdiri atas sebuah baterai dan sebuah unit pengisi dan penguji
self-contained battery unit

550.3.2

mode tak terjaga

mode operasi perlengkapan listrik, penting untuk pelayanan keselamatan, hanya beroperasi ketika suplai normal gagal
non-maintained mode

550.3.3

mode terjaga

mode operasi perlengkapan listrik, penting untuk pelayanan keselamatan, beroperasi sepanjang waktu
maintained mode

550.3.4

pelayanan keselamatan

pelayanan yang penting dalam bangunan

- untuk keselamatan manusia,
- untuk menghindari kerusakan pada lingkungan atau bahan lain

CATATAN Contoh pelayanan keselamatan mencakup

- pencahayaan (penyelamatan) darurat,
- pompa kebakaran,
- lift pemadam kebakaran,
- sistem alarm, seperti alarm kebakaran, alarm asap, alarm CO dan alarm pencuri,
- sistem evakuasi,
- sistem penghilangan asap,
- perlengkapan medik penting.

safety services

550.3.5

sumber listrik keselamatan

sumber yang dimaksudkan untuk mempertahankan suplai ke perlengkapan listrik yang penting untuk pelayanan keselamatan
electrical safety source

530.3.6 MOD

sistem suplai listrik untuk pelayanan keselamatan

lihat Bagian 1

electrical supply system for safety services

550.3.7

waktu operasi pengenalan sumber keselamatan

waktu operasi yang pelayanan keselamatan didesain untuknya pada kondisi operasi normal
rated operating time of safety services

551 Set pembangkit voltase rendah

551.1 Ruang lingkup

Ayat ini memberikan persyaratan untuk pemilihan dan pemasangan set pembangkit voltase rendah dan voltase ekstra rendah yang dimaksudkan untuk menyuplai semua atau sebagian instalasi, baik kontinu maupun kadang-kadang. Persyaratan juga termasuk untuk instalasi dengan susunan suplai berikut:

- suplai ke instalasi yang tidak dihubungkan ke sistem untuk distribusi listrik ke publik;
- suplai ke instalasi sebagai alternatif ke sistem untuk distribusi listrik ke publik;
- suplai ke instalasi yang paralel dengan sistem untuk distribusi listrik ke suplai publik;
- kombinasi di atas yang sesuai.

Bagian ini tidak berlaku untuk bagian swaisi perlengkapan listrik voltase ekstra rendah yang menyertakan sumber energi dan beban pemanfaat energi dan untuk itu berlaku standar produk spesifik yang mencakup persyaratan untuk pelayanan keselamatan.

CATATAN Persyaratan distributor listrik sebaiknya ditegaskan sebelum set pembangkit dipasang dalam instalasi yang dihubungkan ke sistem untuk distribusi listrik ke publik.

551.1.1 Set pembangkit dengan sumber daya berikut dipertimbangkan:

- mesin bakar;
- turbin;
- motor listrik;
- sel fotovoltaik (IEC 60364-7-712 juga berlaku);
- akumulator elektrokimia;
- sumber lain yang sesuai.

551.1.2 Set pembangkit dengan karakteristik listrik berikut dipertimbangkan:

- generator sinkron bereksitasi jaringan dan bereksitasi terpisah;
- generator asinkron bereksitasi jaringan dan swaeksitasi;
- konverter statik berkomutasi jaringan dan swakomutasi dengan atau tanpa fasilitas pintas;
- set pembangkit dengan karakteristik listrik lain yang sesuai.

551.1.3 Penggunaan set pembangkit untuk keperluan berikut dipertimbangkan:

- suplai ke instalasi permanen;
- suplai ke instalasi temporer;
- suplai ke perlengkapan portabel yang tidak dihubungkan ke instalasi permanen;
- suplai ke unit portabel (IEC 60364-7-717 juga berlaku).

551.2 Persyaratan umum

551.2.1 Sarana eksitasi dan komutasi harus sesuai untuk penggunaan set pembangkit yang dimaksudkan dan keselamatan serta fungsi yang tepat sumber lain dari suplai tidak boleh dirusak oleh set pembangkit.

CATATAN Lihat 551.7 untuk persyaratan khusus dimana set pembangkit dapat beroperasi secara paralel dengan sistem untuk distribusi listrik ke publik.

551.2.2 Arus hubung pendek prospektif dan arus gangguan bumi prospektif harus diases untuk setiap sumber suplai atau kombinasi suplai yang dapat beroperasi secara independen dari sumber atau kombinasi lain. Kapasitas pemutusan hubung pendek gawai proteksi dalam instalasi dan, jika sesuai, yang dihubungkan ke sistem untuk distribusi listrik ke publik, tidak boleh dilampaui untuk setiap metode operasi sumber yang dimaksudkan.

CATATAN Sebaiknya diperhatikan faktor daya yang ditentukan untuk gawai proteksi pada instalasi.

551.2.3 Kapasitas dan karakteristik operasi set pembangkit harus sedemikian sehingga bahaya atau kerusakan perlengkapan tidak terjadi setelah hubungan atau diskoneksi setiap beban yang dimaksudkan sebagai akibat dari deviasi voltase atau frekuensi dari julat operasi yang dimaksudkan. Sarana harus disediakan untuk secara otomatis mendiskoneksi bagian instalasi tersebut seperti mungkin diperlukan jika kapasitas set pembangkit dilampaui.

CATATAN 1 Sebaiknya diperhatikan besar beban individual sebanding terhadap kapasitas set pembangkit dan terhadap arus asut motor.

CATATAN 2 Sebaiknya diperhatikan faktor daya yang ditentukan untuk gawai proteksi pada instalasi.

CATATAN 3 MOD Pemasangan set pembangkit dalam bangunan atau instalasi yang sudah ada dapat mengubah kondisi pengaruh eksternal untuk instalasi (lihat Bagian 3), misalnya dengan pengenalan bagian bergerak, bagian pada suhu tinggi atau dengan terdapatnya fluida mudah terbakar dan gas beracun dll.

551.2.4 Ketentuan untuk isolasi harus memenuhi persyaratan Ayat 537 untuk setiap sumber atau kombinasi sumber suplai.

551.3 Tindakan proteksi: voltase ekstra rendah yang diberikan oleh SELV dan PELV

551.3.1 Persyaratan tambahan untuk SELV dan PELV jika instalasi disuplai oleh lebih dari satu sumber

Jika sistem SELV dan PELV dapat disuplai oleh lebih dari satu sumber, persyaratan 414.3 Bagian 4-41 harus berlaku untuk setiap sumber. Jika satu atau lebih sumber dibumikan, harus berlaku persyaratan untuk sistem PELV dalam 414.4 Bagian 4-41.

Jika satu atau lebih sumber tidak memenuhi persyaratan 414.3, sistem harus diperlakukan sebagai sistem FELV dan harus berlaku persyaratan 411.7 Bagian 4-41.

551.3.2 Persyaratan tambahan jika diperlukan untuk mempertahankan suplai ke sistem voltase ekstra rendah

Jika diperlukan untuk mempertahankan suplai ke sistem voltase ekstra rendah setelah kehilangan satu atau lebih sumber suplai, setiap sumber suplai atau kombinasi sumber suplai yang dapat beroperasi secara independen dari sumber atau kombinasi lain harus mampu menyuplai beban yang dimaksudkan dari sistem voltase ekstra rendah. Harus dibuat ketentuan sedemikian sehingga kehilangan suplai voltase rendah ke sumber voltase ekstra rendah tidak menyebabkan bahaya atau kerusakan ke perlengkapan voltase ekstra rendah lain.

CATATAN MOD Tindakan pencegahan tersebut mungkin diperlukan pada suplai untuk pelayanan keselamatan (lihat Ayat 35 Bagian 3).

551.4 Proteksi gangguan (proteksi terhadap sentuh tak langsung)

551.4.1 Proteksi gangguan harus diberikan untuk instalasi berkaitan dengan setiap sumber suplai atau kombinasi sumber suplai yang dapat beroperasi secara independen dari sumber atau kombinasi sumber lain.

Ketentuan proteksi gangguan harus dipilih atau tindakan pencegahan harus diambil untuk memastikan bahwa jika ketentuan proteksi gangguan dicapai dengan cara berbeda dalam instalasi atau bagian instalasi yang sama menurut sumber aktif suplai, tidak boleh terjadi pengaruh atau kondisi yang dapat merusak keefektifan ketentuan proteksi gangguan.

CATATAN Hal ini misalnya dapat mensyaratkan penggunaan transformator yang memberikan separasi listrik antara bagian instalasi dengan menggunakan sistem pembumian berbeda.

551.4.2 Set pembangkit harus dihubungkan sedemikian sehingga setiap ketentuan dalam instalasi untuk proteksi oleh GPAS menurut Bagian 4-4-1 tetap efektif untuk setiap kombinasi sumber suplai yang dimaksudkan.

CATATAN Hubungan bagian aktif generator dengan bumi dapat mempengaruhi tindakan proteksi.

551.4.3 Proteksi dengan diskoneksi otomatis suplai

551.4.3.1 Umum

Jika tindakan proteksi diskoneksi otomatis suplai digunakan untuk proteksi terhadap kejutan listrik, berlaku persyaratan Ayat 411 Bagian 4-41, kecuali seperti yang dimodifikasi untuk kasus khusus yang diberikan dalam 551.4.3.2 atau 551.4.3.3.

551.4.3.2 Persyaratan tambahan untuk instalasi jika set pembangkit memberikan suplai sebagai alternatif tersakelar ke suplai normal pada instalasi

Proteksi dengan diskoneksi otomatis suplai tidak boleh mengandalkan pada hubungan ke titik yang dibumikan dari sistem distribusi jika generator beroperasi sebagai alternatif tersakelar. Harus disediakan sarana yang sesuai untuk pembumian

551.4.3.3 Persyaratan tambahan untuk instalasi yang dilengkapi konverter statik

551.4.3.3.1 Jika proteksi gangguan untuk bagian instalasi disuplai oleh konverter statik yang mengandalkan penutupan otomatis oleh sakelar pintas dan operasi gawai proteksi di sisi suplai sakelar pintas tidak dalam waktu yang disyaratkan oleh Ayat 441 Bagian 4-41, ikatan ekuipotensial suplemen harus disediakan antara BKT dan BKE yang terakses secara simultan di sisi beban konverter statik menurut 415.2 Bagian 4-41.

Resistans konduktor ikatan ekuipotensial suplemen yang disyaratkan antara bagian konduktif terakses secara simultan harus memenuhi kondisi berikut:

$$R \leq \frac{50V}{I_a}$$

dengan

I_a adalah arus gangguan bumi maksimum yang dapat disuplai oleh konverter statik saja untuk periode sampai dengan 5 detik.

CATATAN Jika perlengkapan tersebut dimaksudkan untuk beroperasi paralel dengan sistem untuk distribusi listrik ke publik, berlaku juga persyaratan 551.7.

551.4.3.3.2 Harus diambil tindakan pencegahan atau perlengkapan harus dipilih sedemikian sehingga operasi yang benar dari gawai proteksi tidak diganggu oleh arus a.s. yang dibangkitkan oleh konverter statik atau oleh adanya filter.

551.4.3.3.3 Sarana isolasi harus dipasang pada kedua sisi konverter statik.

Persyaratan ini tidak berlaku di sisi sumber daya konverter statik yang terpadu dalam selungkup yang sama sebagai sumber daya.

551.5 Proteksi terhadap arus lebih

551.5.1 Jika proteksi arus lebih set pembangkit disyaratkan, maka harus terletak sedekat mungkin dengan terminal generator.

CATATAN Kontribusi arus hubung pendek prospektif oleh set pembangkit dapat tergantung waktu dan dapat kurang sekali daripada kontribusi yang dibuat oleh sistem jika sumber adalah transformator voltase menengah/voltase rendah (vm/vr).

551.5.2 Jika set pembangkit dimaksudkan untuk beroperasi paralel dengan sumber suplai lain, termasuk suplai dari sistem untuk distribusi listrik ke publik, atau jika dua atau lebih set pembangkit dapat beroperasi paralel, arus harmonik harus dibatasi sedemikian sehingga peringkat termal konduktor tidak dilampaui.

Efek arus harmonik dapat dibatasi sebagai berikut:

- pemilihan set pembangkit dengan belitan kompensasi;
- ketentuan impedans yang sesuai pada hubungan ke titik bintang generator;
- ketentuan sakelar yang memutuskan sirkit tapi yang disilih kunci sedemikian sehingga pada setiap waktu proteksi gangguan tidak diganggu;
- ketentuan perlengkapan filter;
- sarana lain yang sesuai.

CATATAN 1 Sebaiknya dipertimbangkan voltase maksimum yang dapat ditimbulkan melintasi impedans yang dihubungkan untuk membatasi harmonik.

CATATAN 2 Perlengkapan monitor yang memenuhi IEC 61557-12 memberikan informasi tentang tingkat gangguan yang ditimbulkan karena adanya harmonik.

551.6 Persyaratan tambahan untuk instalasi dimana set pembangkit memberikan suplai sebagai alternatif tersakelar ke suplai normal pada instalasi

551.6.1 Harus diambil tindakan pencegahan yang memenuhi persyaratan relevan Bagian 5-53 untuk isolasi, sedemikian sehingga generator tidak dapat beroperasi paralel dengan sistem suplai publik untuk distribusi listrik ke publik. Tindakan pencegahan yang sesuai dapat mencakup:

- silih kunci listrik, mekanis atau elektromekanis antara mekanisme operasi atau sirkit kendali gawai sakelar tukar;
- sistem kunci dengan kunci tunggal yang dapat ditransfer;
- sakelar tukar, memutuskan sebelum menghubungkan, tiga posisi;
- gawai sakelar tukar otomatis dengan silih kunci yang sesuai;
- sarana lain yang memberikan pengamanan operasi setara.

CATATAN Isolasi sebaiknya mencakup suplai ke sirkit kendali generator.

551.6.2 Untuk sistem TN-S dimana netral tidak disakelar, setiap GPAS harus ditempatkan untuk menghindari operasi tak tepat karena adanya sembarang jalur netral-bumi paralel.

CATATAN 1 Pada sistem TN mungkin diinginkan untuk mendiskoneksi netral instalasi dari netral atau PEN sistem untuk distribusi listrik ke publik untuk menghindari gangguan seperti surja voltase induksi yang disebabkan oleh petir.

CATATAN 2 Lihat juga 444.4.7 Bagian 4-44.

551.7 Persyaratan tambahan untuk instalasi jika set pembangkit dapat beroperasi paralel dengan sumber lain termasuk sistem untuk distribusi listrik ke publik

551.7.1 Jika set pembangkit digunakan sebagai sumber tambahan suplai yang paralel dengan sumber lain, proteksi terhadap efek termal menurut Bagian 4-42 harus tetap efektif pada semua situasi.

Kecuali jika suplai daya tak-terputus disediakan untuk menyuplai jenis spesifik pemanfaat listrik dalam sirkit akhir yang dihubungkan padanya, set pembangkit tersebut harus dipasang di sisi suplai semua gawai proteksi untuk sirkit akhir instalasi.

551.7.2 Set pembangkit yang digunakan sebagai sumber tambahan suplai yang paralel dengan sumber lain harus dipasang:

- di sisi suplai semua gawai proteksi untuk sirkit akhir instalasi, atau
- di sisi beban semua gawai proteksi untuk sirkit akhir instalasi, tapi dalam hal ini semua persyaratan tambahan berikut harus dipenuhi:

i) konduktor sirkit akhir harus memenuhi persyaratan berikut:

$$I_z \geq I_n + I_g$$

dengan

I_z adalah KHA konduktor sirkit akhir;

I_n adalah arus pengenalan gawai proteksi sirkit akhir;

I_g adalah arus keluaran pengenal set pembangkit; dan

- ii) set pembangkit tidak boleh dihubungkan ke sirkit akhir dengan sarana tusuk kontak dan kotak kontak; dan
- iii) GPAS yang memberikan proteksi sirkit akhir menurut Ayat 441 atau Ayat 415 Bagian 4-41 harus mendiskoneksi semua konduktor aktif termasuk konduktor netral; dan
- iv) konduktor lin dan netral sirkit akhir dan set pembangkit tidak boleh dihubungkan ke bumi di hilir gawai proteksi sirkit akhir.

CATATAN Jika set pembangkit dipasang pada sirkit akhir di sisi beban semua gawai proteksi untuk sirkit akhir tersebut, kecuali jika gawai proteksi untuk sirkit akhir mendiskoneksi konduktor lin dan netral, waktu didkoneksi menurut 411.3.2 Bagian 4-41 adalah gabungan waktu diskoneksi gawai proteksi untuk sirkit akhir dan waktu yang diperlukan untuk voltase keluaran set pembangkit berkurang menjadi kurang dari 50 V.

551.7.3 Pada pemilihan dan penggunaan set pembangkit untuk paralel dengan sumber lain, termasuk sistem untuk distribusi listrik ke publik, harus diperhatikan untuk menghindari efek merugikan ke sistem tersebut dan ke instalasi lain yang berkaitan dengan efek faktor daya, perubahan voltase, distorsi harmonik, injeksi arus a.s., ketidakseimbangan, pengasutan, sinkronisasi atau fluktuasi voltase. Dalam hal sistem untuk distribusi listrik ke publik, distributor harus dikonsultasi berkaitan dengan persyaratan khusus. Jika sinkronisasi diperlukan, penggunaan sistem sinkronisasi yang mempertimbangkan frekuensi, fase dan voltase akan lebih disukai.

551.7.4 Jika set pembangkit dimaksudkan untuk paralel dengan sistem untuk distribusi listrik ke publik, sarana penyakelaran otomatis harus disediakan untuk mendiskoneksi set pembangkit dari sistem untuk distribusi listrik ke publik pada kejadian kehilangan suplai tersebut atau deviasi voltase atau frekuensi di terminal suplai dari nilai yang dinyatakan untuk suplai normal.

Jenis proteksi dan sensitifitas serta waktu operasi tergantung pada proteksi sistem untuk distribusi listrik ke publik dan jumlah set pembangkit yang dihubungkan dan harus disepakati oleh distributor.

Dalam hal adanya konverter statik, sarana penyakelaran harus diberikan di sisi beban konverter statik ini.

551.7.5 Jika set pembangkit dimaksudkan paralel dengan sistem untuk distribusi listrik ke publik, sarana harus disediakan untuk mencegah hubungan set pembangkit ke sistem untuk distribusi listrik ke publik saat kejadian kehilangan suplai tersebut atau deviasi voltase atau frekuensi di terminal suplai dari nilai yang dinyatakan untuk suplai normal.

551.7.6 Jika set pembangkit dimaksudkan untuk paralel dengan sistem untuk distribusi listrik ke publik, sarana harus disediakan untuk memungkinkan set pembangkit diisolasi dari sistem untuk distribusi listrik ke publik. Kemampuan sarana isolasi ini harus memenuhi peraturan nasional dan persyaratan operator sistem distribusi.

551.7.7 Jika set pembangkit juga dapat beroperasi sebagai alternatif tersakelar ke sistem distribusi, instalasi harus juga memenuhi Ayat 551.6.

551.8 Persyaratan untuk instalasi yang dilengkapi baterai stasioner

551.8.1 Baterai stasioner harus dipasang sedemikain sehingga hanya dapat diakses oleh personel terampil atau terlatih.

CATATAN Hal ini biasanya mensyaratkan baterai dipasang pada lokasi yang aman atau untuk baterai yang lebih kecil mensyaratkan selungkup yang aman.

Lokasi atau selungkup harus diventilasi secara memadai.

551.8.2 Hubungan baterai harus mempunyai proteksi dasar dengan insulasi atau selungkup atau harus disusun sedemikian sehingga dua bagian konduktif telanjang yang di antara kedua bagian tersebut mempunyai beda potensial melebihi 120 V, tidak dapat disentuh secara tak sengaja secara simultan.

556 Pelayanan keselamatan

556.1 Persyaratan umum

556.1.1 Pelayanan keselamatan yang disyaratkan untuk beroperasi pada kondisi kebakaran harus memenuhi persyaratan berikut:

- sumber keselamatan harus mempertahankan suplai listrik pada durasi yang cukup;
- perlengkapan harus mempunyai ketahanan kebakaran pada durasi yang cukup dengan pemilihan atau pemasangan yang sesuai.

CATATAN 1 Pelayanan keselamatan dapat juga disyaratkan untuk memenuhi regulasi nasional atau lokal tambahan.

CATATAN 2 Dua jenis sumber suplai listrik boleh ada: sumber keselamatan dan sumber normal.

CATATAN 3 Sumber normal adalah misalnya jaringan suplai publik.

556.1.2 Untuk proteksi terhadap sentuh tak langsung, tindakan proteksi tanpa diskoneksi otomatis pada gangguan pertama lebih disukai.

Pada sistem IT, gawai monitor insulasi kontinu harus disediakan untuk memberikan indikasi yang dapat didengar dan dilihat pada gangguan pertama ke bumi.

556.2 Suplai ke pemanfaat listrik

Jika perlengkapan listrik disuplai oleh dua sumber berbeda, kegagalan yang terjadi pada sirkuit dari salah satu sumber tidak boleh mengganggu proteksi terhadap kejutan listrik atau operasi yang benar dari sumber lain. Jika perlengkapan tersebut mensyaratkan konduktor proteksi, maka harus dihubungkan ke konduktor proteksi dari kedua sirkuit.

556.3 Persyaratan khusus

556.3.1 Proteksi terhadap hubung pendek dan terhadap kejutan listrik, pada kondisi normal dan pada kasus gangguan, harus dipastikan pada setiap konfigurasi sumber suplai normal dan keselamatan.

556.3.2 Proteksi terhadap beban lebih dapat ditiadakan jika kehilangan suplai dapat menyebabkan bahaya yang lebih besar. Jika proteksi terhadap beban lebih ditiadakan, terjadinya beban lebih harus dipantau.

556.3.3 Tergantung pada apakah sumber keselamatan beroperasi paralel dengan atau independen dari suplai normal, subayat yang sesuai dari Ayat 551 harus diperhitungkan.

556.4 PHBK

556.4.1 PHBK harus disediakan dengan proteksi yang memastikan ketahanan kebakaran dengan durasi cukup, dengan konstruksi, lokasi atau pemasangan.

556.4.2 Perlengkapan kendali tidak boleh mempengaruhi operasi pelayanan keselamatan, pada setiap waktu ketika akan beroperasi. Penempatan gawai sakelar, yang operasinya dapat menyebabkan bahaya, harus ditandai dengan jelas dan dapat terlihat.

556.4.3 PHBK untuk suplai instalasi pelayanan keselamatan secara fisik harus terpisah dari komponen instalasi suplai normal.

556.4.4 PHBK, termasuk kendali pencahayaan keselamatan, harus diidentifikasi secara jelas dan hanya dapat diakses oleh personel terampil atau terlatih.

556.5 Sistem suplai listrik

556.5.1 Sumber listrik keselamatan

CATATAN Lihat Bagian 3, Ayat 35 untuk persyaratan umum sumber yang diizinkan.

556.5.1.1 Sumber keselamatan untuk menyuplai perlengkapan keselamatan harus dipilih menurut waktu respons yang disyaratkan dan waktu operasi pengenalan. Jika digunakan suplai daya terpisah, waktu operasi yang disyaratkan setiap baterai dapat dikurangi jika perlengkapan keselamatan mensyaratkan daya disuplai dari set pembangkit untuk waktu operasi yang disyaratkan.

CATATAN Pengisi baterai sendiri bukan merupakan sumber keselamatan.

556.5.1.2 Sumber listrik keselamatan harus dipasang sebagai perlengkapan magun. Kegagalan suplai normal tidak boleh mempengaruhi secara merugikan kinerja sumber keselamatan.

556.5.1.3 Sumber listrik keselamatan hanya boleh dapat diakses oleh personel terampil atau terlatih.

556.5.1.4 Lokasi setiap sumber listrik keselamatan harus secara tepat dan diventilasi memadai sedemikian sehingga setiap gas atau asap buang sumber dicegah dari penyebaran ke area yang ditempati manusia.

556.5.1.5 Penyulang terpisah independen tidak boleh melayani sebagai sumber listrik keselamatan dan sumber normal kecuali penyuplai memberi garansi tertulis bahwa kedua suplai tidak mungkin gagal secara bersamaan.

556.5.1.6 Sumber listrik keselamatan dapat digunakan untuk keperluan selain dari pelayanan keselamatan, jika ketersediaan untuk pelayanan keselamatan dengan cara itu tidak terganggu. Sebagai tambahan untuk persyaratan 556.2, gangguan yang terjadi pada sirkit yang digunakan untuk keperluan selain dari pelayanan keselamatan tidak boleh mengarah pada pemutusan sembarang sirkit untuk pelayanan keselamatan.

CATATAN Saat darurat, jika pelayanan keselamatan diperlukan, mungkin perlu untuk melepaskan beban perlengkapan yang tidak memberikan pelayanan keselamatan.

556.5.1.7 Status operasional sumber keselamatan (apakah kondisi normal atau gangguan) harus ditunjukkan di titik pusat yang secara konstan dipantau pada semua waktu yang disyaratkan. Hal ini tidak berlaku untuk unit baterai swaisi.

556.5.1.8 Sistem suplai dobel dengan dua penyulang independen dapat digunakan. Hal ini berlaku misalnya dalam hal:

SNI 0225:2011

- suplai dari jaringan distribusi publik dan sumber daya independen;
- dua jaringan distribusi publik independen (tidak mungkin gagal secara bersamaan).

Dua penyulang terpisah untuk sistem dobel harus memenuhi persyaratan berikut:

- gangguan pada sistem suplai daya dari salah satu suplai tidak boleh menyebabkan gangguan pada sistem suplai daya dari suplai lain.

Jika terdapat gangguan pada sumber normal yang disulang dari salah satu suplai, suplai lain harus sekurang-kurangnya memastikan bahwa perlengkapan keselamatan penting tetap disuplai.

556.5.1.9 Set pembangkit dengan mesin bakar internal bolak-balik yang digunakan sebagai penggerak utama harus memenuhi ISO 8528-12.

CATATAN Hal ini biasanya terdiri atas mesin diesel sebagai penggerak utama dan mesin sinkron sebagai generator. Penggerak utama dan generator lain dapat digunakan jika memenuhi persyaratan ISO 8528-12 untuk penyulang dan pendinginan bahan bakar, kinerja operasional, voltase dan frekuensi yang konsisten dan daya hubung pendek kontinu yang cukup.

556.5.1.10 Sumber keselamatan harus mempunyai kapasitas yang cukup untuk pelayanan keselamatan.

556.5.1.11 Jika pelayanan keselamatan beberapa bangunan atau lokasi disuplai dari sumber keselamatan tunggal, kegagalan pada pelayanan keselamatan salah satu bangunan atau lokasi tidak boleh membahayakan operasi normal sumber keselamatan.

Hal berikut harus ditunjukkan di pusat, titik yang secara kontinu dipantau sepanjang periode yang disyaratkan untuk operasi:

- a) kegagalan suplai di PHBK dimana pelayanan keselamatan dihubungkan;
- b) status operasional semua gawai sakelar dalam sistem jika kritis berkaitan dengan pelayanan keselamatan;
- c) gangguan pertama ke bumi.

556.6 Sistem perkawatan

556.6.1 Sirkuit untuk pelayanan keselamatan listrik harus independen dari suplai ke sirkuit lain.

CATATAN 1 Hal ini berarti bahwa gangguan listrik atau setiap intervensi atau modifikasi pada salah satu sistem tidak akan mempengaruhi fungsi yang benar dari sistem lain. Hal ini memerlukan pemisahan dengan bahan tahan api atau jalur berbeda atau selungkup.

CATATAN 2 Suplai pengisi ke unit baterai swaisi boleh tergantung pada suplai ke sirkuit lain.

556.6.2 Sirkuit untuk pelayanan keselamatan tidak boleh melintasi lokasi yang terkena risiko kebakaran (BE2), kecuali lokasi tersebut secara inheren mempunyai ketahanan tinggi terhadap kebakaran dan kerusakan fisik atau diproteksi yang sesuai. Dalam semua hal sirkuit tidak boleh melintasi zone terkena risiko ledakan (BE3).

556.6.3 Sistem perkawatan berikut harus disediakan untuk pelayanan keselamatan yang disyaratkan untuk beroperasi pada kondisi kebakaran:

- a) kabel berinsulasi mineral yang memenuhi IEC 60702-1 dan IEC 60702-2;

- b) kabel tahan api yang memenuhi IEC 60331-11, IEC 60331-21 dan IEC 60332-1;
- c) sistem perkawatan yang tetap mempertahankan proteksi kebakaran dan mekanis yang diperlukan.

556.6.4 Sistem perkawatan dan kabel untuk pelayanan keselamatan, selain dari yang disebutkan dalam 556.6.3 harus terpisah secara memadai dan andal dari kabel lain, termasuk kabel pelayanan keselamatan lain dengan jarak atau penghalang.

CATATAN Untuk kabel baterai, dapat berlaku persyaratan khusus.

556.6.5 Suplai untuk pelayanan keselamatan, kecuali perkawatan untuk lift brigade pemadam kebakaran, tidak boleh dipasang dalam lubang lift atau lubang serupa corong asap lain.

556.6.6 Sirkuit keselamatan harus dipasang dan diidentifikasi untuk menghindari diskoneksi tak sengaja.

556.6.7 Dalam ruangan atau rute penyelamatan dengan beberapa luminer pencahayaan darurat, luminer harus dikawati dari sekurang-kurangnya dua sirkuit terpisah sehingga tingkat iluminasi dipertahankan sepanjang rute penyelamatan saat kejadian hilangnya salah satu sirkuit.

556.6.8 Perkawatan untuk pengisi baterai, termasuk unit baterai swaisi, tidak dianggap sebagai bagian sirkuit keselamatan.

556.6.9 Jika voltase suplai daya keselamatan berbeda dari voltase suplai daya umum dan dibutuhkan transformator, transformator harus mempunyai belitan terpisah.

556.7 Sirkuit pencahayaan keselamatan

556.7.1 Luminer pencahayaan darurat tak terjaga harus diaktifkan karena kegagalan suplai ke luminer pencahayaan normal dalam area tempat luminer berada.

556.7.2 Pada mode terjaga, sumber normal harus dipantau di panel distribusi utama. Hal ini tidak berlaku untuk unit baterai swaisi.

556.7.3 Nilai untuk iluminasi minimum dapat diberikan oleh regulasi nasional dan/atau lokal.

556.7.4 Luminer harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam IEC 60598-2-22.

559 Luminer dan instalasi pencahayaan

559.1 Ruang lingkup

Ayat ini berlaku untuk pemilihan dan pemasangan luminer dan instalasi pencahayaan yang dimaksudkan merupakan bagian instalasi magun.

Persyaratan untuk jenis spesifik instalasi pencahayaan dicakup dalam berbagai bagian IEC 60364-7 (misalnya 7-713, 7-714 dan 7-715).

Persyaratan ayat ini tidak berlaku untuk pencahayaan hias temporer.

CATATAN Persyaratan keselamatan untuk luminer dicakup dalam IEC 60598.

559.3 Definisi

Untuk keperluan ayat ini, berlaku definisi umum Bagian 1, IEC 60598 dan IEC 60050(195).

559.3.1 Gerai pameran untuk luminer merupakan gerai permanen dalam ruang penjualan atau bagian ruang penjualan, yang digunakan untuk memamerkan luminer.

Jenis berikut tidak dianggap sebagai gerai pameran:

- gerai pekan raya perdagangan, dimana luminer tetap dihubungkan untuk durasi pekan raya;
- panel ekshibisi temporer dengan luminer dihubungkan permanent;
- panel ekshibisi dengan julat luminer yang dapat dihubungkan dengan gawai tusuk.

559.4 Persyaratan umum untuk instalasi

Luminer harus dipilih dan dipasang sesuai dengan petunjuk pabrikan dan IEC 60598.

559.5 Proteksi terhadap efek termal

559.5.1 Untuk pemilihan luminer berkaitan dengan efek termal di sekitarnya, fitur berikut harus diperhitungkan:

- a) daya maksimum yang diizinkan yang didisipasi oleh lampu;
- b) ketahanan kebakaran bahan di dekatnya:
 - di titik instalasi,
 - dalam area yang dipengaruhi secara termal;
- c) jarak minimum bahan mudah terbakar, termasuk yang dalam jalur sorotan lampu sorot.

559.5.2 Tergantung pada ketahanan kebakaran bahan di titik instalasi dan dalam area yang dipengaruhi secara termal, petunjuk pemasangan pabrikan harus diikuti. Luminer bertanda harus dipilih dan dipasang menurut penandaan seperti yang ditentukan dalam IEC 60598.

CATATAN Untuk instalasi atau lokasi khusus, persyaratan tambahan dapat berlaku, misalnya dalam Bagian 4-42 dalam hal lokasi dengan risiko kebakaran atau dalam IEC 60364-7-713 dalam hal mebel.

559.6 Sistem perkawatan

559.6.1 Jika dipasang luminer gantung, lengkapan pemagun harus mampu menahan lima kali massa luminer terhubung, tapi tidak kurang dari 25 kg. Kabel atau kabel senur antara gawai gantung dan luminer harus dipasang sedemikian sehingga dihindari stres tarik dan torsi yang berlebihan pada konduktor dan terminasi.

CATATAN Lihat juga 522.8 Bagian 5-52.

559.6.2 Jika kabel dan/atau konduktor berinsulasi ditarik melalui luminer oleh instalatur (perkawatan tembus - *through-wiring*), harus dipilih kabel dan/atau konduktor berinsulasi yang sesuai seperti ditentukan dalam 559.6.3 dan harus digunakan hanya luminer yang sesuai untuk perkawatan tembus.

559.6.3 Kabel harus dipilih sesuai dengan penandaan suhu pada luminer, sebagai berikut:

- untuk lumener yang memenuhi IEC 60598 tapi tanpa penandaan suhu, tidak disyaratkan kabel tahan api;
- untuk lumener yang memenuhi IEC 60598 dengan penandaan suhu, harus digunakan kabel yang sesuai untuk suhu yang ditandakan;
- untuk lumener tak ditandai untuk memenuhi IEC 60598, harus diikuti petunjuk pabrikan;
- jika tidak ada informasi, harus digunakan kabel dan/atau konduktor berinsulasi sesuai dengan IEC 60245-3 atau tipe setara.

CATATAN Perkuatan atau substitusi lokal bahan insulasi dapat digunakan, lihat 522.2 Bagian 5-52.

559.6.4 Kelompok lumener, yang dibagi antara tiga konduktor fase sistem trifase dengan hanya satu konduktor netral bersama, harus diperlakukan sebagai pemanfaat listrik trifase.

CATATAN Lihat juga 536.2.1.1 Bagian 5-53.

559.7 Perlengkapan kendali lampu independen, misalnya ballas

Hanya perlengkapan lampu independen yang ditandai sesuai untuk penggunaan independen menurut standar relevan, harus digunakan di luar lumener.

CATATAN Biasanya simbol yang dikenal adalah:



ballas independen 5138 IEC 60417.

559.8 Kapasitor kompensasi

Kapasitor kompensasi yang mempunyai kapasitans total melebihi 0,5 μF hanya harus digunakan bersama-sama dengan resistor luah.

CATATAN 1 Lihat juga 536.2.1.4 Bagian 5-53.

CATATAN 2 Kapasitor dan penandaannya sebaiknya sesuai dengan IEC 61048.

559.9 Proteksi terhadap kejut listrik untuk gerai pameran untuk lumener

Proteksi terhadap kejut listrik harus disediakan dengan:

- suplai SELV, atau
- diskoneksi otomatis suplai yang menggunakan GPAS yang mempunyai arus operasi sisa pengenal tidak melebihi 30 mA.

559.10 Efek stroboskopik

Dalam hal pencahayaan untuk kompleks dimana mesin dengan bagian bergerak beroperasi, harus dipertimbangkan efek stroboskopik yang dapat memberikan pengaruh menyesatkan bagian bergerak menjadi stasioner. Efek tersebut dapat dihindari dengan memilih perlengkapan kendali lampu yang sesuai.

**Bagian 5-510:
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik –
Perlengkapan listrik**

CATATAN Bagian 5-510 merupakan revisi Bagian 5 PUIL 2000. Pada penomoran ayat/subayat, angka 510 menggantikan angka 5.

510.1 Persyaratan umum

510.1.1 Syarat umum

Perlengkapan listrik harus didesain sedemikian sehingga dalam kerja normal tidak membahayakan atau merusak, dipasang secara baik dan harus tahan terhadap kerusakan mekanis, termal dan kimia.

510.1.2 Proteksi dari gejala api

Perlengkapan listrik harus dipasang, dihubungkan dan diproteksi sedemikian sehingga pelayanan dan pemeliharannya dalam keadaan kerja tidak menyebabkan bahan yang mudah terbakar menyala.

510.1.3 Perlengkapan

Perlengkapan listrik harus disusun dan dipasang sedemikian sehingga pelayanan, pemeliharaan dan pemeriksaan dapat dilakukan dengan aman.

510.1.4 Bagian aktif

510.1.4.1 Insulasi bagian aktif atau bagian yang mengalirkan arus harus tahan lembab dan tidak mudah terbakar.

510.1.4.2 Persyaratan 510.1.4.1 tidak berlaku untuk:

- a) Bagian yang dipasang dalam minyak atau media lain hasil kemajuan teknologi;
- b) Instrumen ukur portabel voltase rendah.

510.1.4.3 Selungkup logam dan rangka logam perlengkapan yang bervoltase ke bumi di atas 50 V, demikian pula yang dipasang dalam ruang lembab dan panas harus dibumikan secara baik dan tepat, yang terhubung langsung ke konduktor PE. Jika selungkup dan rangka logam ini dikelilingi lantai logam atau lantai yang dilapisi logam, maka selungkup dan rangka tersebut harus juga dihubungkan dengan lantai ini.

Sebagai gantinya, pada voltase rendah, untuk menghindari voltase sentuh yang membahayakan, boleh digunakan tindakan lain yang baik dan tepat.

510.1.5 Proteksi terhadap voltase sentuh

510.1.5.1 Selungkup logam dan rangka logam yang dimaksud dalam 510.1.4.3 harus dilengkapi dengan sekrup atau terminal untuk pembumian. Gagang pelayanan dari logam atau sejenisnya harus dihubungkan dengan selungkup dan rangka itu secara baik dan tepat.

510.1.5.2 Yang ditetapkan dalam 510.1.4.3 dan 510.1.5.1 tidak berlaku untuk perlengkapan listrik yang pemasangannya diinsulasi secara baik dan tepat, asalkan diambil tindakan sehingga dalam pelayanan, pemeliharaan dan pemeriksaan, voltase sentuh yang membahayakan tidak dapat mengenai tubuh orang.

510.1.6 Proteksi terhadap voltase lebih

Lihat 443 Bagian 4-44.

510.1.7 Proteksi gagang

510.1.7.1 Gagang pelayanan yang terbuat dari logam atau bahan lain, baik yang berinsulasi maupun tidak, sama sekali tidak boleh bervoltase.

510.1.7.2 Pada perlengkapan voltase rendah, bahan kayu dan sejenisnya hanya boleh digunakan untuk gagang pelayanan jika telah dicelupkan dalam bahan insulasi yang memenuhi syarat.

Gagang tersebut harus terpasang pada bagian rangkanya yang terinsulasi atau dibumikan.

510.1.8 Pelayanan

Perlengkapan untuk melayani sakelar motor dan mesin lain yang digerakkan dengan listrik, harus dipasang sedekat mungkin dengan mesin yang bersangkutan.

510.1.9 Pemberian tanda

Pada perlengkapan listrik harus dicantumkan keterangan teknis yang perlu.

510.2 Perkawatan perlengkapan listrik**510.2.1 Kabel fleksibel**

510.2.1.1 Pemeliharaan kabel dan kabel fleksibel harus sesuai dengan maksud dan daerah penggunaannya (lihat Tabel 7.1-3 sampai dengan 7.1-6).

510.2.1.2 Kabel fleksibel hanya dapat digunakan untuk:

- a) perkawatan lampu gantung;
- b) perkawatan armatur pencahayaan;
- c) perkawatan lift ;
- d) perkawatan derek dan kran;
- e) menghindarkan perambatan suara dan getaran;
- f) perkawatan lampu dan peranti portabel ;
- g) perkawatan peranti stasioner untuk memudahkan pemindahan dan pemeliharaannya peranti tersebut.

Untuk penggunaannya tersebut dalam butir f) dan g) kabel fleksibel harus dilengkapi dengan tusuk kontak.

510.2.1.3 Kabel fleksibel tidak boleh digunakan dalam hal berikut:

- a) sebagai pengganti perkawatan magun suatu bangunan;
- b) melewati lubang pada dinding, plafon atau lantai;
- c) melalui lubang pada pintu, jendela dan sebagainya.

510.2.1.4 Kabel fleksibel sedapat mungkin hanya digunakan dalam satu potongan yang utuh tanpa sambungan atau cabang.

Sambungan pada kabel fleksibel hanya diperkenankan jika dipenuhi syarat tersebut dalam 7.11.1.9 hingga 7.11.1.12.

510.2.1.5 Masing-masing konduktor dari kabel atau kabel fleksibel tidak boleh lebih kecil ukurannya dari apa yang tertera dalam Tabel 7.1-1.

510.2.1.6 Kabel fleksibel yang tidak lebih kecil dari 0,75 mm², kabel pipih, atau kabel yang sifatnya sama, dipandang telah mempunyai proteksi arus lebih oleh GPAL seperti yang dikemukakan dalam 7.5. Kabel harus mempunyai KHA yang sesuai dengan arus pengenal perlengkapan yang dihubungkannya.

510.2.1.7 Kabel fleksibel harus dihubungkan pada perlengkapan atau pengikatnya sedemikian sehingga tarikan tidak diteruskan langsung pada hubungan atau terminal.

510.3 Armaturnya pencahayaan, fitting lampu, lampu dan roset

510.3.1 Proteksi terhadap sentuh langsung dan tak langsung

510.3.1.1 Armaturnya pencahayaan, fitting lampu, lampu, dan roset harus dibuat sedemikian sehingga semua bagian yang bertegangan dan bagian yang terbuat dari logam, pada waktu pemasangan atau penggantian lampu, atau dalam keadaan lampu terpasang, diamankan dengan baik dari kemungkinan sentuhan.

510.3.1.2 Terhadap persyaratan dalam 510.3.1.1 dikecualikan fitting lampu pencahayaan pentas, pencahayaan reklame atau pencahayaan hias, dan fitting lampu di atas 150 W, yang proteksi terhadap sentuh terjamin hanya dalam keadaan lampu terpasang.

510.3.1.3 Jika dihubungkan pada instalasi dengan konduktor netral yang dibumikan, selubung ulir fitting lampu magun harus dihubungkan dengan konduktor netral (lihat 134.1.10.4).

510.3.1.4 Pada lampu tangan, sangkar pelindung, kait penggantung dan bagian lain yang terbuat dari logam harus diinsulasi terhadap fitting lampunya.

510.3.1.5 Armaturnya pencahayaan harus terinsulasi dari bagian lampu dan fitting lampu yang bertegangan.

510.3.1.6 Armaturnya pencahayaan harus terinsulasi dari penggantung dan pengukuhnya yang terbuat dari logam, kecuali apabila pemindahan tegangan pada bagian ini praktis tidak akan menimbulkan bahaya.

510.3.1.7 Untuk tegangan ke bumi di atas 300 V, armaturnya pencahayaan harus terinsulasi dari penggantung dan pengukuhnya, kecuali bila perlengkapan tersebut dibumikan dengan baik.

510.3.1.8 Pada armaturnya pencahayaan yang dapat dilepaskan, bagian yang bertegangan pada terminal penghubung harus diinsulasi ganda dari penggantung atau pengukuhnya dan harus cukup diproteksi dari kemungkinan sentuhan.

510.3.1.9 Armaturnya pencahayaan untuk tegangan ke bumi di atas 300 V harus diproteksi dari kemungkinan sentuhan selama konduktornya bertegangan.

510.3.2 Pembumian

510.3.2.1 Pada sistem perkawatan dengan pipa logam yang dibumikan, armaturnya pencahayaan dari logam yang terhubung pada kotak sambung harus pula dibumikan.

510.3.2.2 Bagian logam terbuka

510.3.2.2.1 Semua bagian dari armatur pencahayaan, transformator dan selungkup perlengkapan yang terbuat dari logam dan bekerja pada voltase ke bumi di atas 50 V harus dibumikan, kecuali untuk hal-hal tersebut dalam 414.

510.3.2.2.2 Bagian logam lain yang terbuka harus dibumikan kecuali bila bagian tersebut diinsulasi dari bumi dan dari permukaan lain yang bersifat konduktor, atau berada di luar jangkauan tangan, seperti yang tersebut dalam 414.

510.3.2.3 Perlengkapan di dekat permukaan konduktif yang dibumikan

510.3.2.3.1 Armatur pencahayaan, fitting lampu, dan pelat penutup logam yang tidak dibumikan tidak boleh kontak dengan permukaan yang konduktif dan juga tidak boleh dipasang dalam jarak jangkauan tangan dari bak mandi, bak cuci pakaian, perlengkapan pipa air atau pipa uap, atau benda logam lain yang dibumikan.

510.3.2.3.2 Rantai tarik dari logam yang dipakai pada perlengkapan listrik di tempat tersebut di atas harus dilengkapi dengan penyambung dari bahan insulasi.

510.3.2.4 Armatur dianggap telah dibumikan jika telah dihubungkan mekanis secara magun dan baik pada pipa logam yang dibumikan, pada konduktor pembumi kabel, atau disambung tersendiri dengan konduktor pembumi.

510.3.3 Persyaratan dalam keadaan khusus

510.3.3.1 Armatur pencahayaan di tempat lembab, basah, sangat panas, atau yang mengandung bahan korosi, harus terbuat dari bahan yang memenuhi syarat bagi pemasangan di tempat itu dan harus dipasang sedemikian sehingga air tidak dapat masuk atau berkumpul dalam jalur konduktor, fitting lampu, atau bagian listrik lainnya.

510.3.3.2 Fiting lampu di ruang khusus

510.3.3.2.1 Seluruh bagian luar fitting lampu yang dipasang dalam ruang berdebu, lembab, sangat panas, berisi bahan mudah terbakar, atau mengandung bahan korosi, harus terbuat dari bahan porselen atau bahan insulasi lain yang sederajat. Terlepas dari keadaan ruang seperti disebutkan di atas, bagian luar fitting lampu yang bervoltase lebih dari 300 V ke bumi, harus selalu terbuat dari bahan porselen atau bahan insulasi lain yang sederajat.

510.3.3.2.2 Penyimpangan dari persyaratan dalam 510.3.3.2.1 di atas diperkenankan jika fitting lampu dipasang di luar jangkauan, dan bagian logam yang dalam keadaan normal tidak bervoltase dibumikan. Akan tetapi dalam ruang yang mengandung bahan korosi, persyaratan tersebut tetap berlaku.

510.3.3.3 Armatur pencahayaan

510.3.3.3.1 Armatur pencahayaan yang dipasang dekat atau di atas bahan yang mudah terbakar harus dibuat, dipasang atau terlindung sedemikian sehingga bagian yang bersuhu lebih dari 90 °C tidak berhubungan dengan bahan yang mudah terbakar itu.

510.3.3.3.2 Lampu dalam ruang yang mengandung bahan atau debu yang mudah terbakar atau meledak harus dipasang dalam armatur pencahayaan yang kedap debu.

510.3.3.3.3 Lampu dalam ruang yang mengandung campuran gas yang mudah meledak harus dipasang dalam armatur pencahayaan dengan konstruksi sedemikian sehingga gejala api, seandainya terjadi, tidak mengakibatkan ledakan.

510.3.3.4 Fiting lampu pencahayaan luar

510.3.3.4.1 Lampu untuk pencahayaan luar dan dalam ruang dengan air tetes harus kedap tetesan atau dipasang dalam armatur pencahayaan yang kedap tetesan.

510.3.3.4.2 Fiting lampu seperti termaksud dalam 510.3.3.4.1 di atas harus digantung dalam keadaan terinsulasi, kecuali jika penggantung atau pasangannya dibumikan secara baik, atau jika fitting lampu dipasang di luar jangkauan tangan.

510.3.3.5 Perlengkapan untuk menaik-turunkan armatur pencahayaan besar yang dipasang di luar jangkauan tangan harus dipasang sedemikian sehingga juru layannya tidak usah berdiri di bawah armatur tersebut.

510.3.3.6 Armatur pencahayaan yang mempunyai terminal penghubung di luar tidak boleh digunakan dalam etalase, kecuali bila armatur pencahayaan tersebut digantung dengan rantai.

510.3.4 Syarat kotak sambung dan kap armatur

510.3.4.1 Tutup roset dan kotak sambung untuk armatur lampu harus mempunyai cukup ruangan sehingga kabel dengan terminal penghubungnya dapat dipasang dengan baik.

510.3.4.2 Tiap kotak sambung harus dilengkapi dengan penutup, kecuali jika sudah tertutup oleh kap armatur, fitting lampu, kotak kontak, roset, atau gawai yang sejenis.

510.3.4.3 Bagian dinding atau plafon yang terbuat dari bahan mudah terbakar dan berada di antara sisi kap armatur dan kotak sambung harus ditutup dengan bahan yang tidak dapat terbakar.

CATATAN Kayu tidak termasuk dalam golongan bahan yang mudah terbakar.

510.3.5 Penunjang armatur

510.3.5.1 Armatur, fitting lampu, roset dan kotak kontak harus dipasang kokoh. Armatur yang beratnya lebih dari 2,5 kg atau salah satu ukurannya melebihi 40 cm tidak boleh dikokohkan dengan penutup ulir fitting lampu.

510.3.5.2 Apabila kotak sambung atau fitting dilengkapi dengan penunjang yang kuat maka armatur dapat dikokohkan kepadanya. Armatur yang beratnya lebih dari 20 kg harus dikokohkan terpisah dari kotak sambung.

510.3.6 Perkawatan armatur

510.3.6.1 Umum

510.3.6.1.1 Perkawatan pada atau di dalam armatur harus terpasang dengan rapi. Diameter kawat harus minimum 0,75 mm² dan sedemikian sehingga kabel bebas dari gaya tarik dan kerusakan mekanis yang mungkin terjadi. Perkawatan yang berlebihan harus dihindarkan. Kabel harus dipasang sedemikian sehingga bebas dari pengaruh suhu yang melebihi kemampuannya.

510.3.6.2 Kabel untuk bagian dapat bergerak

510.3.6.2.1 Pada rantai gantung armatur dan bagian lain yang dapat bergerak harus digunakan kabel fleksibel.

510.3.6.2.2 Armaturn dan kabel harus dipasang sedemikian sehingga berat armatur atau bagian yang bergerak tidak menyebabkan tarikan pada kabel.

510.3.6.3 Hubungan dan percabangan

510.3.6.3.1 Armaturn harus dipasang sedemikian sehingga sambungan antara armatur dan kabel listrik instalasi dapat diperiksa tanpa harus memutuskan perkawatannya, kecuali bila armatur dihubungkan dengan tusuk kontak dan kotak kontak.

510.3.6.3.2 Hubungan dan percabangan tidak boleh terletak dalam lengan atau tangkai armatur.

510.3.6.3.3 Hubungan atau percabangan harus sedapat mungkin dipusatkan.

510.3.6.3.4 Dalam armatur pencahayaan untuk voltase ke bumi di atas 300 V tidak boleh ada percabangan atau hubungan.

510.3.6.4 Armaturn sebagai saluran kabel

Armaturn tidak boleh digunakan sebagai jalur kabel sirkit kecuali bila armatur itu memenuhi syarat bagi jalur kabel. Hal ini hanya diperkenankan bagi sirkit cabang tunggal yang memberi arus pada armatur tersebut pemasangannya dilaksanakan sebagai berikut:

- a) Armaturn dipasang sambung-menyambung membentuk jalur kabel yang kontinu.
- b) Armaturn digandengkan dengan cara perkawatannya yang diizinkan. Kabel sirkit cabang yang letaknya tidak melebihi 7,5 cm dari ballas dalam kotak ballas harus dipandang sebagai kabel yang digunakan pada suhu tidak kurang dari 90 °C.

510.3.6.5 Polaritas pada armatur pencahayaan

Armaturn pencahayaan harus dihubungkan sedemikian sehingga semua kontak ulir atau kontak luar dari fitting lampu pijar terhubung pada konduktor netral.

510.3.6.6 Polaritas pada lampu uji

510.3.6.6.1 Kutub netral lampu uji harus dihubungkan magun dengan konduktor netral instalasi.

510.3.6.6.2 Dalam instalasi untuk voltase ke bumi di atas 300 V hanya boleh digunakan lampu uji magun, dengan kedua kutubnya dihubungkan magun pada bagian instalasi yang akan diperiksa.

510.3.6.6.3 Pada instalasi yang mempunyai konduktor netral, lampu uji portabel yang digunakan haruslah yang bervoltase sama dengan voltase antara dua konduktor fase atau antara dua konduktor sisi.

510.3.7 Konstruksi

510.3.7.1 Bahan dan konstruksi armatur pencahayaan

510.3.7.1.1 Armaturn harus terbuat dari logam, atau bahan lain yang diizinkan dan dibuat sedemikian sehingga terjamin kuat dan kokoh mekanisnya. Pipa dan tempat masuknya harus dibuat sedemikian sehingga kabel dapat dengan mudah dipasang dan dikeluarkan tanpa ada kemungkinan terjadinya kerusakan pada bahan insulasi atau putusny hubungan kabel.

510.3.7.1.2 Rumah armatur dan pelat logam yang tertanam harus dilindungi dari kemungkinan kerusakan korosi dan tebalnya tidak boleh kurang dari 0,6 mm.

510.3.7.1.3 Konstruksi rumah armatur yang tertanam tidak boleh menggunakan solder.

510.3.7.1.4 Bila armatur tidak seluruhnya terbuat dari logam maka jalur kabel harus dilapisi dengan logam atau bahan lain yang tidak dapat terbakar, kecuali bila digunakan kabel yang berperisai atau berselubung timah hitam dengan fitting yang sesuai.

510.3.7.2 Lampu portabel

Lampu portabel dan lampu lantai boleh dihubungkan dengan kabel berselubung karet yang diizinkan bila perkawatannya ditempatkan bebas dari panas lampu.

510.3.7.3 Lampu tangan

510.3.7.3.1 Badan lampu tangan harus dibuat dari bahan yang baik dan tepat, tahan lembab, menginsulasi dan mempunyai cukup kekuatan mekanis.

510.3.7.3.2 Semua bagian aktif dari lampu dan fitting lampu harus diproteksi secara baik terhadap sentuhan, dalam keadaan lampu telah terpasang.

510.3.7.3.3 Sangkar pelindung, kait penggantung dan bagian logam yang lain harus diinsulasi terhadap fitting lampu.

510.3.7.3.4 Lampu tangan portabel dengan kabel fleksibel harus terbuat dari bahan insulasi yang baik. Ia harus dilengkapi dengan sangkar pelindung yang kuat, jika digunakan di tempat yang mungkin menimbulkan kerusakan atau yang mengandung bahan yang mudah terbakar yang dapat menyentuhnya.

510.3.7.3.5 Persyaratan di atas tidak berlaku bagi lampu tangan untuk tegangan ke bumi setinggi-tingginya 50 V, asal gawai penghubung konstruksinya sedemikian sehingga tidak mungkin dihubungkan pada instalasi dengan voltase yang lebih tinggi.

510.3.7.4 Lampu uji

Kaca lampu pada lampu uji portabel harus diberi selubung yang kokoh dengan konstruksi yang baik sebagai proteksi terhadap kemungkinan lampu meledak.

510.3.7.5 Pemberian tanda

510.3.7.5.1 Semua armatur yang memerlukan transformator, termasuk transformator balas atau ototransformator, harus ditandai jelas dengan keterangan tentang voltase, frekuensi dan kuat arus dari transformator tersebut.

510.3.7.5.2 Pada fitting lampu harus dicantumkan keterangan tentang voltase tertinggi yang diperkenankan.

510.3.7.5.3 Armatur pencahayaan harus diberi tanda mengenai watt maksimum dari lampunya. Tanda ini harus permanen dan harus dipasang di tempat yang mudah terlihat.

510.3.8 Fiting lampu dengan sakelar

510.3.8.1 Fiting lampu yang memakai sakelar harus didesain sedemikian sehingga tidak mungkin terjadi kontak antara penghantar masuk (termasuk selubung logamnya, jika ada) dan bagian sakelar yang bergerak atau tidak bervoltase.

510.3.8.2 Sakelar pada fitting lampu harus memutuskan/menghubungkan konduktor fase. Jika digunakan pada sirkit dua kawat tanpa konduktor netra I, sakelar tersebut harus sekaligus memutuskan kedua konduktor listrik itu.

510.3.8.3 Dalam ruang lembab dan ruang sangat panas, lampu tangan dan lampu dengan voltase ke bumi lebih dari 300 V tidak boleh menggunakan fitting lampu yang bersakelar (lihat juga 8.6.1.10)

510.3.10 Lampu dan perlengkapan bantu

510.3.10.1 Lampu untuk penggunaan umum pada sirkit pencahayaan tidak boleh dilengkapi dengan pangkal Edison E27 jika dayanya lebih dari 300 W, juga tidak boleh dilengkapi dengan pangkal Goliath E40 jika dayanya melebihi 1500 W. Di atas 1500 W hanya boleh digunakan pangkal lampu atau gawai lampu yang khusus.

510.3.10.2 Perlengkapan bantu lampu gas harus dipasang dalam kotak yang tidak mudah terbakar dan harus diperlakukan sebagai sumber panas.

510.3.11 Lampu tabung gas

510.3.11.1 Umum

510.3.11.1.1 Yang dimaksud dengan instalasi lampu tabung gas ialah instalasi lampu fluoresen, sodium, merkuri dan lampu sejenisnya dengan prinsip pelepasan gas untuk lampu pencahayaan, reklame dan tanda.

510.3.11.1.2 Setiap perlengkapan lampu tabung gas, seperti transformator, balas, kapasitor dan perlengkapan sejenis, harus tertutup seluruhnya di dalam selungkup dari bahan yang tidak dapat terbakar untuk mencegah meluasnya api apabila timbul.

510.3.11.1.3 Pemasangan bola dan tabung gas tidak boleh berhubungan dan bersinggungan dengan bahan yang mudah terbakar.

- a) Konduktor bervoltase lebih dari 1000 V harus dari jenis yang dilindungi dengan selubung logam ataupun selubung kawat, dilindungi dengan pipa logam yang memiliki ulir, atau dengan saluran logam yang sama mutunya, kecuali bila hanya digunakan untuk penyambungan pendek di dalam fitting.
- b) Bila dimasukkan dalam pipa, maka konduktor dari transformator yang berbeda harus dimasukkan dalam pipa yang berlainan pula.
- c) Konduktor telanjang ataupun konduktor lain boleh juga digunakan asal konduktor yang berjarak cukup terhadap konduktor lain atau benda lain yang bersifat konduktif, lihat Tabel 510.3-1. Konduktor tersebut haruslah terlindung sedemikian sehingga tidak ada kemungkinan tersentuh oleh orang.

Tabel 510.3-1 Jarak bebas minimum konduktor telanjang terhadap bumi (massa) pada voltase 250 V ke atas dalam sistem lampu tabung gas

Voltase sirkit terbuka		Jarak bebas minimum antara konduktor telanjang atau antara konduktor
V		cm
Melebihi	250	1,5
Tidak melebihi	1000	
Melebihi	1000	2,5
Tidak melebihi	6000	
Melebihi	6000	3,5
Tidak melebihi	9000	
Melebihi	9000	4,0
Tidak melebihi	15000	

510.3.11.1.4 Penyambungan klem konduktor transformator di sisi sekunder dengan lampu tabung gas harus memenuhi hal berikut:

- a) Menggunakan konduktor yang terdiri atas sekurang-kurangnya 7 kawat
- b) Terpasang erat pada tempatnya
- c) Terlindung dari kemungkinan rusak
- d) Tersambung dengan kerangka pada tempat yang paling dekat dengan ujung tabung

Bila konduktor ini digunakan di luar fitting lampu, insulasinya harus untuk kelas voltase sekurang-kurangnya 400 V.

510.3.11.2 Lampu tabung gas dengan sistem voltase 1000 V atau kurang

510.3.11.2.1 Perlengkapan yang digunakan pada sistem pencahayaan lampu tabung gas yang dibuat untuk sistem voltase 1000 V atau kurang harus dari jenis yang diizinkan untuk maksud penggunaannya.

510.3.11.2.2 Terminal lampu tabung gas dianggap bervoltase jika terminal lainnya terhubung pada voltase lebih dari 300 V terhadap bumi.

510.3.11.2.3 Transformator dan semua klem harus dipasang dalam kerangka yang terselubung dan tidak mudah dibuka tanpa alat khusus.

- a) Untuk penyambungan dengan sumber tenaga listrik, lampu tabung gas harus dilengkapi dengan alat penyambung yang cocok. Transformator serta penghubungnya dengan perlengkapan yang diperlukan, harus ditempatkan dalam satu atau beberapa selungkup bahan insulasi yang tidak mudah menyala, yang mencegah kemungkinan tersentuhnya bagian yang bervoltase pada saat lampunya dipasang atau dilepas, sehingga yang dapat dicapai hanyalah fitting ataupun tempat penyambungan untuk memungkinkan penggantian lampu.
- b) Transformator harus dipasang sedekat mungkin pada lampu supaya konduktor sekundernya sependek mungkin.
- c) Transformator harus ditempatkan sedemikian sehingga bahan yang dapat terbakar yang terletak di dekatnya tidak akan terkena suhu melebihi 90 °C.

CATATAN Pemasangan transformator langsung pada bahan yang dapat terbakar (misalnya kayu) tidak dibenarkan.

510.3.11.2.4 Transformator yang berisi minyak tidak boleh digunakan.

510.3.11.2.5 Armatur yang dipasang pada sirkit a.s. harus dilengkapi dengan perlengkapan bantu dan resistans yang dibuat khusus untuk itu dan diizinkan untuk dipakai pada a.s.. Armatur ini harus diberi tanda pengenalan a.s..

510.3.11.2.6 Dengan memperhatikan voltase dalam rumah tinggal maka:

- a) Perlengkapan yang mempunyai sistem voltase sirkit terbuka lebih dari 1000 V tidak boleh dipasang dalam rumah.
- b) Perlengkapan yang mempunyai sistem voltase sirkit terbuka lebih dari 300 V terhadap bumi tidak boleh dipasang dalam rumah, kecuali jika pemasangannya sedemikian sehingga bagian aktif tidak mungkin tersentuh.

510.3.11.2.7 Armatur dengan balas atau transformator terbuka harus dipasang sedemikian sehingga ballas atau transformatornya tidak akan terkena bahan yang dapat terbakar (berjarak sekurang-kurangnya 35 mm).

510.3.11.2.8 Perlengkapan bantu termasuk reaktor, kapasitor, resistor dan sejenisnya yang tidak dipasang sebagai bagian dari armatur, harus dipasang dalam kotak logam yang dipasang magun dan dapat dicapai, kecuali balas yang diizinkan untuk dipasang terpisah.

510.3.11.2.9 Suatu ototransformator yang digunakan sebagai bagian dari suatu balas yang menaikkan voltase sampai lebih dari 300 V hanya dapat digunakan dengan sistem yang dibumikan.

510.3.12 Roset

510.3.12.1 Roset yang dipasang dalam ruang lembab atau basah harus dari jenis yang memenuhi syarat.

510.3.12.2 Roset harus mempunyai nilai pengenal sekurang-kurangnya 660 W, 250 V dan arus maksimum 6A.

510.3.12.3 Untuk pengkawatan yang tampak, roset harus mempunyai alas dengan sekurang-kurangnya 2 lubang untuk tempat sekerup pengukuh, dan harus cukup tebal agar kabel dan terminalnya berada pada jarak sekurang-kurangnya 1 cm dari permukaan dinding atau langit-langit.

510.3.12.4 Roset tidak boleh digunakan untuk menghubungkan lebih dari satu saluran, kecuali bila roset dibuat khusus untuk penghubung banyak.

510.4 Tusuk kontak dan kotak kontak

510.4.1 Konstruksi tusuk kontak

510.4.1.1 Tusuk kontak harus didesain sedemikian sehingga ketika dihubungkan tidak mungkin terjadi sentuh tak sengaja dengan bagian aktif.

510.4.1.2 Bahan

510.4.1.2.1 Tusuk kontak harus terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar, tahan lembab dan secara mekanis cukup kuat.

510.4.1.2.2 Tusuk kontak yang tidak terlindung tidak boleh dibuat dari bahan yang mudah pecah.

510.4.1.2.3 Sebagai pengecualian dari 510.4.1.2.1 di atas, tusuk kontak untuk kuat arus 16 A ke bawah pada voltase rumah, boleh terbuat dari bahan insulasi yang tahan terhadap arus rambat.

510.4.1.3 Sambungan antara tusuk kontak dan kabel fleksibel harus baik untuk menghindari kerusakan mekanis.

510.4.1.4 Menghindari hubungan tusuk kontak tertukar

510.4.1.4.1 Dalam suatu instalasi, lubang kotak kontak dengan voltase pengenal tertentu tidak boleh dapat dimasuki tusuk kontak dengan voltase pengenal yang lebih rendah (lihat 414.4.3).

510.4.1.4.2 Lubang kotak kontak dengan arus pengenal tertentu tidak boleh dapat dimasuki tusuk kontak dengan arus pengenal yang lebih besar, kecuali bagi kotak kontak atau tusuk kontak dengan arus pengenal setinggi-tingginya 16 A.

CATATAN Untuk menghindari kesalahan memasukkan tusuk kontak ke dalam lubang kotak kontak tidak semestinya, dianjurkan agar:

- a) Dalam satu instalasi hanya ada satu macam kotak kontak saja;
- b) Kotak kontak dan tusuk kontak diberi tanda dengan menggunakan tulisan atau tanda lain yang jelas, yang membedakan voltase/arus pengenal masing-masing;
- c) Kotak dari tusuk kontak mempunyai ai konstruksi yang berlainan sehingga lubang kotak kontak tidak dapat dimasuki oleh tusuk kontak yang voltase/arus pengenalnya berlainan.

510.4.1.5 Pada kotak kontak dan tusuk kontak harus tercantum voltase tertinggi dan arus terbesar yang diperbolehkan.

510.4.1.6 Tusuk kontak untuk voltase instalasi listrik domestik tidak boleh dipakai untuk menjalankan dan mematikan mesin atau peranti portabel dengan daya lebih dari 2 kW dan arus pengenal lebih dari 16 A.

510.4.1.8 Susunan tusuk kontak

510.4.1.8.1 Tusuk kontak untuk voltase ke bumi di atas 50 V harus disusun untuk juga melaksanakan pembumian. Rumah logam kotak kontak dan/atau tusuk kontak harus dihubungkan dengan kontak pembumian.

510.4.1.8.2 Tusuk kontak untuk voltase ke bumi di atas 300 V harus disusun sedemikian sehingga semua bagiannya tidak dapat dimasukkan atau dilepaskan dalam keadaan bervoltase.

510.4.1.8.3 Persyaratan dalam 510.4.1.8.1 di atas tidak berlaku untuk kotak kontak dalam ruang dengan lantai berinsulasi, yang disekitarnya tidak terdapat bagian konduktif yang dihubungkan ke bumi dan dapat tersentuh, seperti instalasi air, gas atau pemanas dan juga tidak berlaku bagi kotak kontak untuk beban khusus, yang mempunyai insulasi proteksi atau beban khusus yang dipasang di luar jangkauan tangan.

510.4.1.9 Cara menghubungkan kabel

510.4.1.9.1 Penghubungan kabel portabel dengan bagian instalasi magun, begitu pula penghubungan kabel magun dengan mesin dan peranti portabel, harus dilaksanakan dengan tusuk kontak apabila penghubungan itu sifatnya tidak tetap.

510.4.1.9.2 Persyaratan dalam 510.4.1.9.1 di atas tidak berlaku:

- a) Pada penghubungan dengan konduktor geser atau konduktor kontak.
- b) Pada penghubungan sementara mesin yang besar, apabila terjamin bahwa mesin atau instalasi tersebut akan digunakan secara baik, sesuai dengan semua peraturan yang berlaku untuk pemasangan magun.

510.4.1.9.3 Pada satu tusuk kontak hanya boleh dihubungkan satu kabel portabel .

510.4.2 Persyaratan yang berkaitan dengan keadaan lingkungan

510.4.2.1 Kotak kontak dan tusuk kontak untuk penggunaan kasar harus dilengkapi dengan selungkup logam yang cukup kuat, atau dibuat dari bahan yang tahan terhadap kerusakan mekanis.

510.4.2.2 Tusuk kontak untuk ruang sangat panas, ruang lembab, dan ruang basah

510.4.2.2.1 Dalam ruang yang lembab dan sangat panas, tusuk kontak harus dilengkapi dengan kontak pembumihan. Selungkup logam kotak kontak dan tusuk kontak harus dibumikan.

510.4.2.2.2 Kotak kontak dinding dalam ruang lembab harus dilengkapi dengan lobang pembuang air.

510.4.2.2.3 Kotak kontak pemasangan luar (ditempatkan di luar rumah) tetapi terlindung dari cuaca, atau dipasang dalam ruang lembab, harus mempunyai penutup yang memb uatnya kedap cuaca bila tusuk kontak tidak dimasukkan.

510.4.2.2.4 Kotak kontak pemasangan luar dan terkena oleh cuaca, atau dipasang dalam ruang basah, harus dari jenis bertutup kedap cuaca, juga dalam keadaan kontak tusuk dimasukkan.

Pengecualian :

Kotak kontak, yang hanya kedap cuaca jika kontak tusuk tidak dimasukkan, dapat pula dipakai di luar rumah bila pemakaiannya diawasi dan tidak ditinggalkan begitu saja.

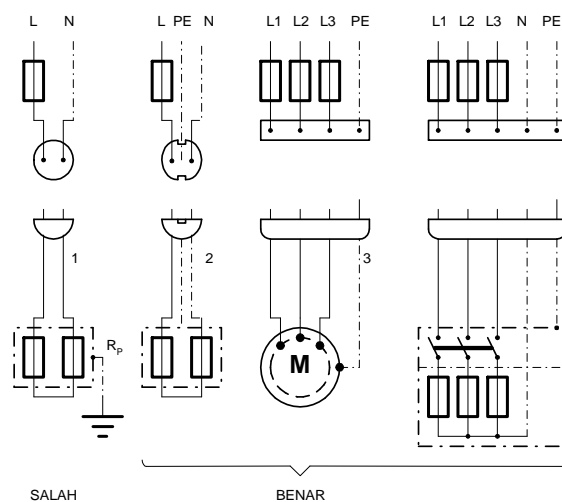
510.4.2.2.5 Kotak kontak pemasangan luar harus ditempatkan sedemikian sehingga tidak mungkin penutup kotak kontak terkena getangan air.

510.4.2.3 Dalam ruang akumulator dan ruang yang mengandung campuran gas yang meledak, tusuk kontak harus disusun sedemikian sehingga bagiannya tidak dapat dimasukkan atau dilepas kan dalam keadaan bervoltase, dan dalam keadaan terhubung tidak dapat menimbulkan bunga api karena getaran atau kontak yang lepas.

510.4.2.4 Kotak kontak yang ditempatkan pada lantai harus tertutup dalam kotak lantai yang khusus diizinkan untuk penggunaan ini.

510.4.3 Penyambungan BKT perlengkapan listrik melalui tusuk kontak dan kotak kontak

Contoh penyambungan BKT perlengkapan listrik melalui tusuk kontak dan kotak kontak dapat dilihat pada Gambar 510.4-1.



Gambar 510.4-1 Contoh penyambungan BKT perlengkapan listrik melalui tusuk kontak dan kotak kontak

510.4.4 Penempatan kotak kotak

Kotak kontak pemasangan dinding di instalasi listrik domestik (rumah tangga) harus dipasang dengan ketinggian sekurang-kurangnya 1,25 m dari lantai, kecuali kotak kontak dari jenis putar atau tutup.

510.5 Motor, sirkit dan kendali

CATATAN Ikhtisar 510.5 diberikan pada Gambar 510.5-1.

510.5.1 Persyarat umum

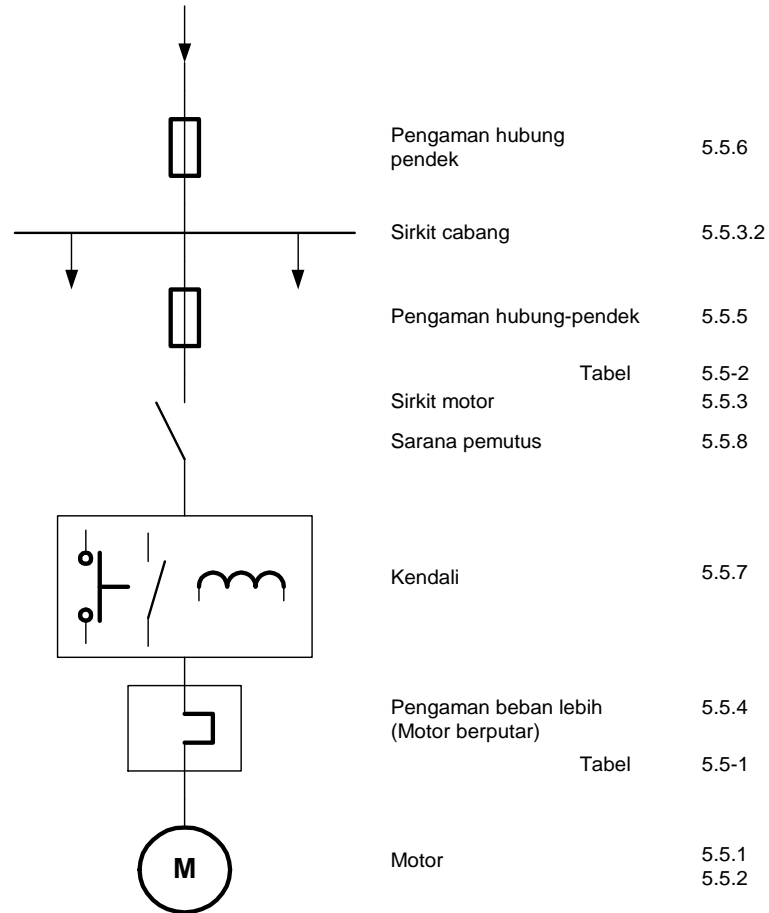
510.5.1.1 Pada pelat nama setiap motor harus terdapat keterangan atau tanda mengenai hal berikut:

- a) nama pembuat;
- b) voltase pengenalan;
- c) arus beban pengenalan;
- d) daya pengenalan;
- e) frekuensi pengenalan dan jumlah fase untuk motor arus bolak balik;
- f) putaran per menit pengenalan;
- g) suhu lingkungan pengenalan dan kenaikan suhu pengenalan;
- h) kelas insulasi;
- i) voltase kerja dan arus beban penuh sekunder untuk motor induksi rotor lilit;
- j) jenis lilitan : shunt, kompon, atau seri untuk motor a.s.;
- k) daur kerja.

510.5.1.2 Setiap motor dan lengkapannya yang hendak dipasang harus dalam keadaan baik serta didesain dengan tepat untuk maksud penggunaannya dan sesuai dengan keadaan lingkungan tempat motor dan lengkapan tersebut akan digunakan.

510.5.1.3 Motor harus tahan tetes, tahan percikan air, tahan hujan, kedap air, atau memiliki kualitas lain yang sesuai dengan keadaan lingkungan tempat motor itu hendak dipasang.

Persyaratan umum	510.5.1
Keadaan lingkungan	510.5.2
Pencegahan terhadap sentuhan	510.5.9
Pembumian	510.5.10



Gambar 510.5-1

510.5.1.4 Motor terbuka yang mempunyai komutator atau cincin pengumpul, harus ditempatkan atau dilindungi sedemikian sehingga bunga api tidak dapat mencapai bahan yang mudah terbakar di sekitarnya.

510.5.1.5 Motor harus dipasang sedemikian sehingga pertukaran udara sebagai pendinginnya cukup terjamin.

510.5.1.6 Pengendalian

510.5.1.6.1 Motor harus dipasang sedemikian sehingga dapat dijalankan, diperiksa, dan dipelihara dengan mudah dan aman.

510.5.1.6.2 Pemasangan motor harus diusahakan sedemikian sehingga pelat nama motor mudah terbaca.

510.5.1.6.3 Lengkapan pengatur dan perlengkapan kendali harus dapat dijalankan, diperiksa, dan dipelihara dengan mudah dan aman.

510.5.1.7 Motor yang dipasang magun harus dikukuhkan dengan sekrup, baut, atau pengukuh lain yang setaraf.

510.5.1.8 Motor harus dilindungi dengan tepat di tempat yang kemungkinan besar menimbulkan kerusakan mekanis.

510.5.2 Keadaan lingkungan

510.5.2.1 Dalam lingkungan yang lembab harus digunakan motor yang tahan lembab dan jalan masuk kabelnya harus dilengkapi dengan paking atau busing, atau harus dapat dipasang pipa berulir.

510.5.2.2 Lingkungan berdebu

510.5.2.2.1 Dalam lingkungan berdebu, motor harus tertutup rapat atau kedap debu, atau didesain secara lain yang setaraf.

510.5.2.2.2 Dalam lingkungan berdebu, yang menyebabkan debu atau bahan beterbangan berkumpul di atas atau di dalam motor, sehingga mengakibatkan suhu yang berbahaya, harus digunakan jenis motor yang tidak menjadi terlalu panas dalam keadaan terse but. Di tempat yang sangat berdebu, mungkin perlu digunakan motor yang berventilasi memakai pipa, atau motor ditempatkan dalam ruang kedap debu dengan pertukaran udara dari sumber udara bersih.

510.5.2.3 Motor yang ditempatkan dalam lingkungan gas atau uap yang mudah terbakar, harus memenuhi persyaratan dalam pasal yang bersangkutan dalam Bagian 8.

510.5.2.4 Motor yang ditempatkan dalam lingkungan debu yang mudah terbakar harus memenuhi persyaratan dalam 8.5.

510.5.2.5 Motor yang ditempatkan dalam lingkungan bahan korosi, harus memenuhi 8.9.

510.5.3 Sirkuit motor

510.5.3.1 Konduktor sirkuit akhir yang menyuplai motor tunggal tidak boleh mempunyai KHA kurang dari 125 % arus pengenal beban penuh. Di samping itu, untuk jarak jauh perlu digunakan konduktor yang cukup ukurannya hingga tidak terjadi drop voltase yang berlebihan. Konduktor sirkuit akhir untuk motor dengan berbagai daur kerja dapat menyimpang dari persyaratan di atas asalkan jenis dan penampang konduktor serta pemasangannya disesuaikan dengan daur kerja tersebut.

510.5.3.2 Konduktor sirkuit akhir yang mensuplai dua motor atau lebih, tidak boleh mempunyai KHA kurang dari jumlah arus beban penuh semua motor itu ditambah 25 % dari arus beban penuh motor yang terbesar dalam kelompok tersebut. Yang dianggap motor terbesar ialah yang mempunyai arus beban penuh tertinggi.

510.5.3.3 Bila pemanasan konduktor berkurang karena motor bekerja dengan daur kerja tertentu, seperti pembebanan singkat, intermiten, atau karena tidak semua motor bekerja bersamaan, dapat digunakan konduktor utama yang lebih kecil daripada yang ditentukan dalam 510.5.3.2, asalkan konduktor tersebut mempunyai KHA cukup untuk beban maksimum yang ditentukan oleh ukuran dan jumlah motor yang disuplai, sesuai dengan sifat beban dan daur kerjanya.

510.5.4 Proteksi beban lebih

510.5.4.1 Proteksi beban lebih (arus lebih) dimaksudkan untuk melindungi motor, dan perlengkapan kendali motor, terhadap pemanasan berlebihan sebagai akibat beban lebih atau sebagai akibat motor tak dapat diasut.

Beban lebih atau arus lebih pada waktu motor beroperasi, bila bertahan cukup lama, akan mengakibatkan kerusakan atau pemanasan yang berbahaya pada motor tersebut.

510.5.4.2 Penggunaan

510.5.4.2.1 Dalam lingkungan dengan gas, uap, atau debu yang mudah terbakar atau mudah meledak, setiap motor magun, harus diproteksi terhadap beban lebih.

510.5.4.2.2 Setiap motor trifase atau motor berdaya pengenal satu daya kuda atau lebih, yang magun dan dijalankan tanpa pengawasan, harus diproteksi terhadap beban lebih.

510.5.4.3 Gawai proteksi beban lebih motor terdiri atas GPAL dan GPHP.

Arus pengenal GPAL motor sekurang-kurangnya 110% - 115% arus pengenal motor.

Arus pengenal GPHP harus dikoordinasikan dengan KHA kabel.

KHA kabel (I_z) sesuai 510.5.3.1 adalah 125 % arus pengenal beban penuh motor (I_B). Menurut persamaan pada Ayat 433.1 maka arus pengenal GPHP harus $\leq I_z$, biasanya nilainya di antara I_B dan I_z .

510.5.4.4 Penempatan unsur sensor

510.5.4.4.1 Jika sekering digunakan sebagai proteksi beban lebih, sekering itu harus dipasang pada setiap konduktor fase.

510.5.4.4.2 Jika digunakan gawai proteksi yang bukan sekering, tabel berikut menentukan penempatan dan jumlah minimum unsur pengindra seperti kumparan trip, relai, dan pemutus termal.

Tabel 510.5-1 Penempatan unsur pengindra proteksi beban lebih

Jenis motor	Sistem suplai	Jumlah dan tempat unsur pengindra
Fase tunggal a.b. atau a.s. Fase tunggal a.b	2 kawat, fase tunggal a.b. atau a.s. tidak dibumikan 2 kawat, fase tunggal a.b atau a.s., 1 konduktor dibumikan	1, pada salah satu konduktor 1, pada konduktor yang tak dibumikan
Trifase a.b	Setiap sistem trifase	2, pada dua konduktor fase

CATATAN Jika motor disuplai melalui transformator yang dihubungkan dalam segitiga bintang atau bintang segitiga, instalasi berwenang dapat mengharuskan pemasangan tiga unsur sensor, satu pada setiap konduktor.

510.5.4.5 Gawai proteksi beban lebih yang bukan sekering, pemutus termal atau proteksi termal, harus memutuskan sejumlah konduktor fase yang tak dibumikan secara cukup serta menghentikan arus ke motor.

510.5.4.6 Pemutus termal, relai arus lebih, atau gawai proteksi beban lebih lainnya, yang tidak mampu memutuskan arus hubung pendek, harus diproteksi secukupnya dengan GPHP.

510.5.4.7 Proteksi arus lebih untuk motor yang digunakan pada sirkit cabang serba guna harus diselenggarakan sebagai berikut:

- a) Satu motor atau lebih tanpa proteksi beban lebih dapat dihubungkan pada sirkit cabang serba guna, hanya apabila syarat yang ditentukan untuk setiap dua motor atau lebih dalam 510.5.6 dipenuhi.
- b) Motor dengan nilai pengenal lebih dari yang ditentukan dalam 510.5.6 dapat dihubungkan pada sirkit cabang serba guna, hanya apabila tiap motor diproteksi beban lebih.
- c) Jika motor dihubungkan pada sirkit akhir serba guna dengan kontak tusuk, dan setiap proteksi beban lebih ditiadakan menurut butir 1) di atas, nilai pengenal kontak tusuk tidak boleh lebih dari 16 A pada 125 V atau 10 A pada 250 V. Jika proteksi beban lebih tersendiri, butir b) di atas mensyaratkan proteksi tersebut harus merupakan bagian dari motor atau peranti bermotor yang dilengkapi tusuk kontak.

CATATAN Nilai pengenal kotak kontak harus sesuai dengan konduktor yang menyuplainya sehingga nilai tersebut dapat dianggap menentukan nilai pengenal sirkit tempat motor dihubungkan.

- d) GPBL, yang melindungi sirkit akhir tempat motor atau peranti bermotor dihubungkan, harus mempunyai waktu tunda yang memungkinkan motor diasut dan mencapai putaran penuh.

510.5.4.8 GPBL yang dapat mengulang asut secara otomatis setelah jatuh karena arus lebih, tidak boleh dipasang, kecuali bila hal itu diperbolehkan untuk motor yang diproteksi. Motor yang setelah berhenti dapat diulang asut secara otomatis, tidak boleh dipasang bila ulang asut otomatis itu dapat mengakibatkan kecelakaan.

510.5.5 Proteksi hubung pendek sirkit motor

510.5.5.1 Setiap motor harus diproteksi tersendiri terhadap arus lebih yang diakibatkan oleh hubung pendek, kecuali untuk motor berikut:

- a) Motor yang terhubung pada sirkit akhir, yang diproteksi oleh proteksi arus hubung pendek yang mempunyai nilai pengenal atau setelan tidak lebih dari 16 A.
- b) Gabungan motor yang merupakan bagian daripada mesin atau perlengkapan, asal setiap motor diproteksi oleh satu atau lebih relai arus lebih, yang mempunyai nilai pengenal atau setelan yang memenuhi 510.5.4.3 dan yang dapat menggerakkan sebuah sakelar untuk menghentikan semua motor sekaligus.

510.5.5.2 Nilai pengenal atau setelan gawai proteksi

510.5.5.2.1 Nilai pengenal atau setelan gawai proteksi arus hubung pendek harus dipilih sehingga motor dapat diasut, sedangkan konduktor sirkit akhir, gawai kendali, dan motor, tetap diproteksi terhadap arus hubung pendek.

510.5.5.2.2 Untuk sirkit akhir yang menyuplai motor tunggal, nilai pengenal atau setelan proteksi arus hubung pendek tidak boleh melebihi nilai yang bersangkutan dalam Tabel 510.5-2.

510.5.5.3 Jumlah dan penempatan unsur pengindra gawai proteksi hubung pendek harus sesuai dengan persyaratan mengenai gawai proteksi beban lebih dalam 510.5.4.4

510.5.5.4 Gawai proteksi hubung pendek harus dengan serentak memutuskan konduktor tak dibumikan yang cukup jumlahnya untuk menghentikan arus ke motor.

510.5.5.5 Jika tempat hubungan suatu cabang ke saluran utama tak dapat dicapai, proteksi arus lebih sirkit motor boleh dipasang di tempat yang dapat dicapai, asal konduktor antara sambungan dan proteksi mempunyai KHA sekurang-kurangnya $1/3$ KHA saluran utama, tetapi panjangnya tidak boleh lebih dari 10 m, dan dilindungi terhadap kerusakan mekanis.

510.5.6 Proteksi hubung pendek sirkit cabang

510.5.6.1 Suatu sirkit cabang yang menyuplai beberapa motor dan terdiri atas konduktor dengan ukuran berdasarkan 510.5.3.2 harus dilengkapi dengan proteksi arus lebih yang tidak melebihi nilai pengenal atau setelan gawai proteksi sirkit akhir motor yang tertinggi berdasarkan 510.5.5.2.3, ditambah dengan jumlah arus beban penuh semua motor lain yang disuplai oleh sirkit tersebut.

CATATAN:

- Lihat contoh pada akhir 510.5.6 ini.
- Jika dua motor atau lebih dari suatu kelompok harus diasut serentak, mungkin perlu dipasang konduktor saluran utama yang lebih besar, dan jika demikian halnya maka perlu dipasang proteksi arus lebih dengan nilai pengenal atau setelan yang sesuai.

510.5.6.2 Untuk instalasi besar yang dipasang sirkit yang besar sebagai persediaan bagi perluasan atau perubahan di masa datang, proteksi arus lebih dapat didasarkan pada KHA konduktor sirkit tersebut.

CONTOH

Pada 510.5.6.

Sirkit cabang motor dengan voltase kerja 230 V menyuplai motor berikut:

- Motor sangkar dengan pengasutan bintang-delta, arus pengenal beban penuh 42 A;
- Motor serempak dengan pengasutan autotransformator, arus pengenal beban penuh 54 A;
- Motor rotor lilit, arus pengenal beban penuh 68 A.

Masing-masing motor diproteksi terhadap hubung pendek dengan pemutus sirkit.

Tentukan :

KHA konduktor sirkit cabang;

- Setelan proteksi hubung pendek sirkit cabang;
- Setelan proteksi saluran utama dari hubung pendek bila sirkit cabang itu disuplai oleh satu saluran utama yang juga menyuplai motor rotor lilit dengan arus pengenal beban penuh 68 A.

PENYELESAIAN (lihat Gambar 510.5-2).

- Menurut 510.5.4.3, arus pengenal GPAL masing-masing motor adalah sebagai berikut (diambil 115% arus pengenal motor):

1) motor sangkar : $115\% \times 42 \text{ A} = 48,3 \text{ A}$, diambil 50 A (sesuai standar yang berlaku).

2) motor serempak: $115\% \times 54 \text{ A} = 62,1 \text{ A}$, diambil 63 A (sesuai standar yang berlaku).

3) motor rotor lilit: $115\% \times 68 \text{ A} = 78,2 \text{ A}$, diambil 80 A (sesuai standar yang berlaku).

Menurut 510.5.3.1, KHA masing-masing kabel sirkit akhir motor (I_z) adalah sbb (misalnya NYY 3-inti di udara, lihat Tabel 7.3-5a):

1) motor sangkar: $125\% \times 42 \text{ A} = 52,5 \text{ A}$, diambil 60 A (NYY 10 mm²);

2) motor serempak: $125\% \times 54 \text{ A} = 67,5 \text{ A}$, diambil 80 A (NYY 16 mm²);

3) motor rotor lilit: $125\% \times 68 \text{ A} = 85 \text{ A}$, diambil 106 A (NYY 25 mm²).

SNI 0225:2011

b) Menurut 433.1, maka I_n gawai proteksi $\leq I_z$.

1) motor sangkar, I_n gawai proteksi diambil 50 A;

2) motor serempak, I_n gawai proteksi diambil 63 A;

3) motor rotor lilit, I_n gawai proteksi diambil 100 A.

c) Menurut 510.5.3.2 KHA kabel sirkit cabang tidak boleh kurang dari $42 \text{ A} + 54 \text{ A} + 1,25 \times 68 \text{ A} = 181 \text{ A}$, diambil 202 A (NYY 70 mm²).

d) Sakelar sirkit cabang harus mempunyai arus pengenal 200 A

e) Arus pengenal gawai proteksi untuk sirkit cabang: $\leq 200 \text{ A}$, diambil 160 A.

f) Motor lilit kedua:

Arus pengenal GPAL: $115 \% \times 68 \text{ A} = 78,2 \text{ A}$, diambil 80 A (sesuai standar yang berlaku).

KHA kabel = $125 \% \times 68 \text{ A} = 85 \text{ A}$, diambil 106 A (NYY 25 mm²).

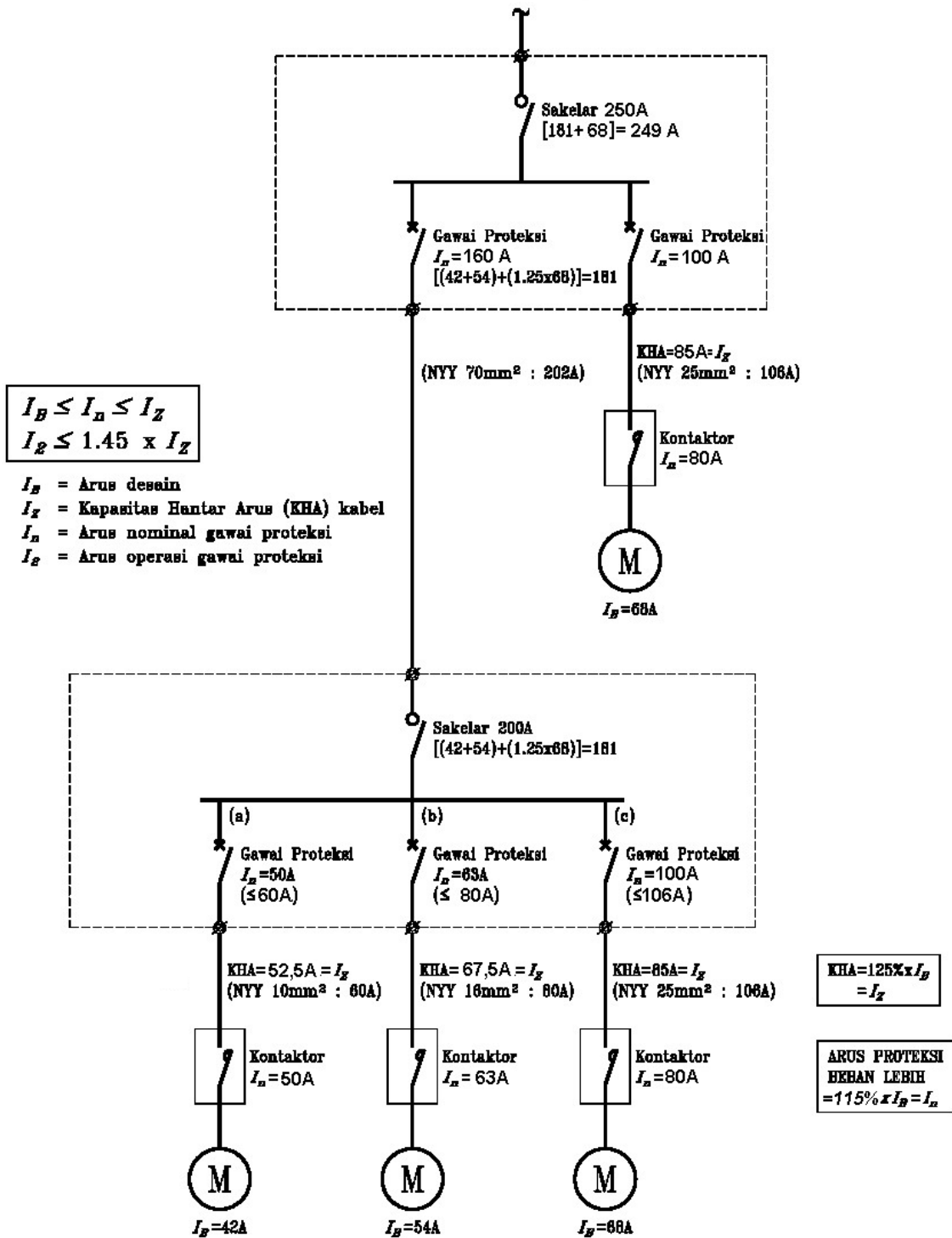
I_n gawai proteksi diambil 100 A.

g) Sirkit utama:

KHA kabel = $181 \text{ A} + 68 \text{ A} = 249 \text{ A}$, diambil 244 A (NYY 95 mm²).

Arus pengenal sakelar sirkit utama diambil 250 A.

Arus pengenal gawai proteksi diambil 200 A.



Gambar 510.5-2 Contoh pada 510.5.6.2

510.5.7 Kendali

510.5.7.1 Yang dimaksud dengan kendali ialah sarana yang mengatur tenaga listrik, yang dialirkan ke motor dengan cara yang sudah ditentukan. Di dalamnya termasuk juga sarana yang biasa digunakan untuk mengasut dan menghentikan motor.

510.5.7.2 Setiap motor harus dilengkapi dengan kendali tersendiri, kecuali dalam hal berikut:

- a) Semua motor dengan daya pengenal tidak lebih dari 0,5 kW, yang disuplai oleh sirkit cabang yang diproteksi oleh gawai proteksi hubung pendek dengan nilai pengenal atau setelan tidak lebih dari 25 A, asal saja ada sakelar dalam ruang yang sama, yang dapat memutuskan suplai ke motor tersebut.
- b) Semua motor dengan daya pengenal tidak lebih dari 0,5 kW, yang dihubungkan ke catu daya dengan tusuk kontak.
- c) Semua motor yang merupakan bagian dari satu perkakas atau mesin, asal saja tersedia suatu sakelar bersama bagi semua motor tersebut.

510.5.7.3 Desain kendali

510.5.7.3.1 Tiap kendali harus mampu mengasut dan menghentikan motor yang dikendalikannya. Untuk motor a.b. kendali harus mampu memutuskan arus motor yang macet.

510.5.7.3.2 Suatu pengasut jenis ototransformator harus menyediakan satu kedudukan buka, satu kedudukan jalan dan sekurang-kurangnya satu kedudukan asut. Pengasut jenis ototransformator harus didesain sedemikian sehingga tidak dapat berhenti pada kedudukan yang membuat proteksi arus lebih tak bekerja.

510.5.7.3.3 Reostat untuk mengasut motor harus didesain sedemikian sehingga lengan-kontak tidak dapat diam berhenti pada segmen antara.

510.5.7.4 Instansi yang berwenang dapat menetapkan peraturan yang mengharuskan dilakukannya pembatasan arus asut sampai nilai tertentu bagi motor dengan daya pengenal tertentu.

510.5.7.5 Bilamana motor dan mesin yang digerakkannya tidak tampak dari tempat kendali, instalasi harus memenuhi salah satu syarat berikut:

- a) Sarana pemutus kendali dapat dikunci dalam keadaan terbuka.
- b) Sakelar yang digerakkan dengan tangan, yang memutuskan hubungan motor dengan suplai dayanya, dipasang di tempat yang tampak dari tempat motor.

510.5.7.6 Kemungkinan yang dapat mengakibatkan bahaya pengasutan kembali secara otomatis setelah motor berhenti karena penurunan voltase atau pemutusan suplai, harus dicegah dengan cara yang tepat.

510.5.7.7 Sirkit kendali

510.5.7.7.1 Sirkit kendali harus diatur sedemikian sehingga akan terputus dari semua sumber suplai, jika sarana pemutus dalam keadaan terbuka. Sarana pemutus boleh terdiri atas dua gawai, satu diantaranya memutuskan hubungan motor dan kendali dari sumber suplai daya untuk motor, dan yang lain memutuskan hubungan sirkit kendali dari suplai dayanya. Bilamana digunakan dua gawai terpisah, keduanya harus ditempatkan berdampingan.

510.5.7.7.2 Bilamana digunakan transformator atau gawai lain untuk memperoleh voltase yang lebih rendah bagi sirkit kendali dan ditempatkan pada kendali, transformator atau gawai lain tersebut harus dihubungkan ke sisi beban sarana sirkit kendali.

510.5.8 Sarana pemutus

510.5.8.1 Subpasal motor harus dilengkapi syarat bagi sarana pemutus, yakni gawai yang memutuskan hubungan motor dan kendali dari sirkit sumber dayanya.

510.5.8.2 Setiap motor harus dilengkapi dengan sarana pemutus tersendiri, kecuali motor dengan daya pengenalan tidak lebih dari 1,5 kW. Untuk voltase rumah (domestik) sarana pemutus dapat digunakan untuk melayani sekelompok motor dalam hal berikut:

- a) Bilamana sekelompok motor menggerakkan beberapa bagian dari satu mesin atau perlengkapan, seperti perkakas listrik, dan alat pengangkat.
- b) Bilamana sekelompok motor diproteksi oleh satu perangkat proteksi arus lebih sebagaimana dibolehkan dalam 510.5.5.1.
- c) Bilamana sekelompok motor berada dalam satu ruang dan tampak dari tempat sarana pemutus.

510.5.8.3 Syarat bagi sarana pemutus

510.5.8.3.1 Sarana pemutus harus dapat memutuskan hubungan antara motor serta kendali dan semua konduktor suplai yang tak dibumikan, dan harus didesain sedemikian sehingga tidak ada kutub yang dapat dioperasikan tersendiri.

510.5.8.3.2 Sarana pemutus harus dapat menunjukkan dengan jelas apakah sarana tersebut pada kedudukan terbuka atau tertutup.

510.5.8.3.3 Sarana pemutus harus mempunyai kemampuan arus sekurang-kurangnya 115 % dari arus beban penuh motor.

510.5.8.3.4 Sarana pemutus yang melayani beberapa motor atau melayani motor dan beban lainnya, harus mempunyai kemampuan arus sekurang-kurangnya 115% dari jumlah arus beban pada keadaan beban penuh.

510.5.8.4 Penempatan sarana pemutus

510.5.8.4.1 Sarana pemutus harus ditempatkan sedemikian sehingga tampak dari tempat kendali.

510.5.8.4.2 Jika sarana pemutus yang letaknya jauh dari motor, maka harus dipasang sarana pemutus lain berdekatan dengan motor, atau sebagai gantinya, sarana pemutus yang letaknya jauh harus dapat dikunci pada kedudukan terbuka.

510.5.8.4.3 Jika motor menerima daya listrik lebih dari satu sumber, maka harus dipasang sarana pemutus tersendiri untuk setiap sumber daya.

510.5.9 Pencegahan terhadap sentuh langsung

510.5.9.1 Bagian aktif yang terbuka pada motor dan kendali yang bekerja pada voltase ke bumi di atas 50 V harus dihindarkan dari sentuh tak sengaja dengan selungkup atau dengan salah satu cara penempatan sebagai berikut:

SNI 0225:2011

- a) dipasang dalam ruang atau pengurung yang hanya dapat dimasuki oleh orang yang berwenang.
 - b) dipasang di atas balkon, serambi, atau panggung yang ditinggikan dan diatur hingga tercegahlah sentuhan oleh orang yang tak berwenang.
 - c) ditempatkan 2,5 meter atau lebih di atas lantai.
 - d) dilindungi palang bagi motor yang bekerja pada sistem voltase 1000 V atau kurang.
- Untuk lengkapnya lihat 3.4.

510.5.10 Penumian

510.5.10.1 BKT motor stasioner harus dibumikan jika terdapat salah satu keadaan berikut:

- a) Motor disuplai dengan konduktor terbungkus logam;
- b) Motor ditempatkan di tempat basah dan tidak terencil atau dilindungi;
- c) Motor ditempatkan dalam lingkungan berbahaya;
- d) Motor bekerja pada voltase ke bumi di atas 50 V.

510.5.10.2 BKT motor stasioner, yang bekerja pada voltase di atas 50V ke bumi, harus dibumikan atau dilindungi dengan cara insulasi ganda yang disahkan, atau dengan cara lain yang setaraf.

510.6 Generator

510.6.1.1 Generator harus dipasang di tempat yang kering, yang harus pula memenuhi persyaratan bagi motor seperti diuraikan dalam 510.5.1 dan 510.5.2.

510.6.1.2 Proteksi dari arus lebih

510.6.1.2.1 Generator dengan voltase konstan harus diproteksi terhadap arus lebih dengan menggunakan pemutus daya atau sekering.

510.6.1.2.2 Generator a.s. dua kawat dapat menggunakan proteksi arus lebih hanya pada satu konduktor, kalau gawai proteksi arus lebih itu dilalui oleh seluruh arus yang dibangkitkan, kecuali arus yang melalui medan shuntnya. Gawai proteksi arus lebih tidak boleh membuka medan shuntnya.

510.6.1.2.3 Generator yang bekerja pada 65 V atau kurang dan dijalankan oleh motor tersendiri, dapat dianggap telah diproteksi oleh gawai proteksi arus lebih yang mengamankan motor, bila gawai proteksi ini bekerja kalau generator membangkitkan tidak lebih dari 150 % dari arus pengenal pada beban penuhnya.

510.6.1.3 Konduktor dari terminal generator ke proteksi pertama harus mempunyai kemampuan arus tidak kurang dari 115 % dari arus pengenal yang tertera pada pelat nama generator.

510.6.1.4 Bagian aktif dari generator yang bervoltase di atas 50 V ke bumi harus dilindungi terhadap kemungkinan adanya sentuhan tak sengaja yang membahayakan.

510.6.1.5 Di tempat kabel melalui lubang dari selungkup, kotak pipa, atau penghalang, kabel itu harus dilindungi dengan pipa terhadap pinggir lubang yang tajam. Pipa tersebut harus mempunyai permukaan yang licin, dan pembulatan yang cukup pada tempat ia akan bersentuhan dengan konduktor. Bila digunakan pada tempat yang ada minyak, gemuk, atau zat lain, pipa harus dibuat dari bahan yang tak dapat rusak oleh zat tersebut.

510.7 Peranti portabel

510.7.1 Kabel penghubung pada terminal

510.7.1.1 Terminal yang terdapat pada suatu mesin atau peranti portabel, harus dibebaskan dari gaya tarik yang mungkin timbul oleh kabel penghubungnya.

510.7.1.2 Kabel penghubung yang dimaksud dalam 510.7.1.1, ditempat masuk ke dalam mesin atau peranti, harus terhindar dari kerusakan mekanis.

510.7.2 Pembumian

510.7.2.1 BKT peranti portabel yang dipakai dalam ruang lembab atau sangat panas, selama terhubung pada sumber listrik harus diproteksi terhadap sentuh tak langsung sesuai dengan persyaratan 3.5.

510.7.2.2 Yang ditetapkan dalam 510.7.2.1 berlaku pula untuk mesin atau peranti portabel yang pelayanannya memerlukan banyak tenaga jasmani.

510.7.2.3 Untuk pembumian atau peranti portabel itu, harus digunakan konduktor pembumi, yang bersama-sama konduktor arus lainnya merupakan bagian dari satu kabel berinti banyak.

510.7.2.4 Menghubungkan kabel berinti banyak yang dimaksud dalam instalasi magun, termasuk konduktor pembuminya, harus menggunakan tusuk kontak yang cocok dengan kotak kontak instalasi agar konduktoran listrik berjalan baik.

510.7.2.5 Konduktor pembumi portabel harus dihubungkan, ujung yang satu dengan badan mesin/peranti dan ujung yang lain dengan tusuk kontak, dengan menggunakan hubungan sekerup yang baik dan tepat, atau cara lain yang setaraf.

510.7.2.6 Yang ditetapkan dalam 510.7.2.3 sampai dengan 510.7.2.5 tidak berlaku untuk pemakaian dalam ruang tempat mesin dan peranti portabel, hanya dipakai sekali-kali, asalkan dengan cara lain diusahakan suatu pembumian bagi BKT atau rangka logamnya.

510.7.2.7 Mesin dan peranti portabel melalui rel

510.7.2.7.1 Dalam instalasi listrik pada kendaraan atau perlengkapan portabel lain yang melalui rel, BKT instalasi itu, yang dalam keadaan kerja normal tidak bervoltase, harus mempunyai hubungan konduktif yang baik dengan rodanya. Dalam hal ini pembumian dilakukan melalui relnya, secara baik dan tepat.

510.7.2.7.2 Pengecualian dari persyaratan di atas adalah bila persyaratan sebagai diuraikan dalam 510.7.2.3 sampai dengan 510.7.2.5 dipenuhi.

510.8 Transformator dan gardu transformator

510.8.1 Umum

510.8.1.1 Pembebasan voltase

510.8.1.1.1 Transformator harus dapat dibuat bebas voltase secara tersendiri pada semua kutub atau fasenya, dengan baik dan tepat. Jika transformator dapat menerima voltase dari beberapa sisi, maka masing-masing sisi harus diberi gawai yang memenuhi maksud ini.

510.8.1.1.2 Persyaratan dalam di atas tidak berlaku untuk transformator arus. Transformator voltase boleh dibuat bebas voltase secara berkelompok.

510.8.1.2 Dalam sirkit sekunder dari transformator arus tidak boleh terdapat proteksi arus lebih, atau sakelar yang memungkinkan pemutusan sirkit arus.

510.8.1.3 Transformator proteksi untuk voltase sekunder tidak lebih dari 50 kV ke bumi harus mempunyai lilitan yang secara listrik terpisah.

510.8.1.4 Transformator ukur dan transformator lampu tangan harus dibumikan secara baik pada satu titik di bagian sekundernya.

510.8.1.5 Ototransformator penaik voltase

510.8.1.5.1 Ototransformator penaik voltase tidak boleh dihubungkan pada instalasi yang memperoleh suplai dari sistem yang tidak satu pun dari kutub suplainya dihubungkan dengan bumi.

510.8.1.5.2 Terminal bersama dari lilitan ototransformator harus dihubungkan dengan konduktor netral.

510.8.1.6 Ayat selanjutnya berlaku untuk instalasi dari semua transformator kecuali yang berikut:

- a) transformator arus;
- b) transformator jenis kering yang merupakan komponen alat lain;
- c) transformator yang merupakan bagian integral dari suatu gawai sinar X atau gawai frekuensi tinggi;
- d) transformator untuk pencahayaan tanda dan pencahayaan bentuk;
- e) transformator untuk pencahayaan pelepasan listrik.

510.8.1.7 Transformator dan gardu transformator harus mudah dicapai oleh petugas yang berwenang, untuk pemeriksaan dan pemeliharaan, dengan pengecualian sebagai berikut:

- a) Transformator jenis kering voltase rendah yang ditempatkan secara terbuka pada dinding, tiang, atau konstruksi bangunan, tidak perlu mudah dicapai.
- b) Transformator jenis kering voltase rendah dan kurang dari 50 kVA dipasang dalam ruang yang tahan api dari gedung, tidak tertutup permanen oleh suatu konstruksi, dan dengan ventilasi yang cukup, tidak perlu mudah dicapai.

CATATAN Yang dimaksud dalam ayat ini dengan kata “ Transformator” ialah suatu transformator atau gabungan transformator yang terdiri atas dua atau tiga transformator fase tunggal dan yang bekerja sebagai suatu unit fase banyak.

510.8.1.8 Transformator minyak

510.8.1.8.1 Setiap transformator berinsulasi minyak harus diproteksi dengan gawai proteksi arus lebih secara tersendiri pada sambungan primer, dengan kemampuan atau setelan tidak lebih dari 250 % dari arus pengenal transformator, kecuali bila gawai proteksi arus lebih sirkit primer telah memberikan proteksi seperti diuraikan di atas, dan kecuali untuk hal berikut.

Transformator berinsulasi minyak boleh mempunyai gawai proteksi arus lebih pada sambungan sekunder, dengan kemampuan gawai proteksi arus lebih pada sambungan sekunder pengenal transformator, serta dilengkapi oleh pembuatnya dengan proteksi arus

lebih tersendiri pada sambungan primer, asal gawai proteksi arus lebih dari saluran primer mempunyai kemampuan atau membuka pada nilai sebagai berikut:

- a) tidak lebih dari 6 kali arus pengenal transformator untuk transformator dengan impedans tidak lebih dari 6 %.
- b) tidak lebih dari 4 kali arus pengenal transformator untuk transformator dengan impedans antara 6 sampai 10 %.

510.8.1.9 Transformator kering

510.8.1.9.1 Setiap transformator kering harus diproteksi dengan proteksi arus lebih tersendiri pada sambungan primernya dengan tidak lebih dari 125% dari arus primer pengenal transformator, kecuali bila proteksi arus lebih dari sirkit primer telah memberikan proteksi seperti diuraikan di 510.8.1.9.2.

510.8.1.9.2 Transformator kering yang mempunyai gawai proteksi arus lebih pada sambungan sekunder, dengan kemampuan atau setelan tidak lebih dari 125 % dari arus sekunder pengenal transformator, tidak perlu mempunyai gawai proteksi arus lebih tersendiri pada sambungan primer, asal gawai proteksi arus lebih dari saluran primer mempunyai kemampuan atau setelan untuk membuka pada suatu harga arus tidak lebih dari 250 % dari arus pengenal transformator. Sebuah transformator kering yang oleh pembuatnya dilengkapi dengan gawai proteksi beban lebih termik yang dikoordinasikan dan diatur untuk menghentikan arus primer, tidak perlu mempunyai gawai proteksi arus lebih tersendiri pada saluran primer, asal gawai proteksi arus lebih dari saluran primer mempunyai kemampuan atau setelan untuk membuka harga arus sebagai berikut:

- a) tidak lebih dari 6 kali arus pengenal transformator untuk transformator dengan impedans tidak lebih dari 6 %.
- b) tidak lebih dari 4 kali arus pengenal transformator untuk transformator untuk transformator dengan impedans antara 6 sampai 10 %.

510.8.1.9.3 Transformator voltase pasangan dalam atau dari jenis tertutup harus diproteksi dengan sekering pada sisi primer.

510.8.1.10 Kerja paralel

Transformator dapat dijalankan secara paralel dan disambung sebagai satu unit asal saja proteksi arus lebih untuk tiap transformator memenuhi persyaratan dalam 510.8.1.8.

Untuk mendapatkan pembagian arus beban yang seimbang, kedua transformator harus mempunyai persentase impedans pengenal yang sama dan dijalankan pada sadapan voltase yang sama.

510.8.1.11 Perlindungan

Transformator harus dilindungi sebagai berikut:

- a) Perlindungan mekanis yang diperlukan untuk memperkecil kemungkinan kerusakan yang disebabkan oleh gangguan mekanis dari luar.
- b) Transformator kering harus diberi wadah atau selungkup yang tidak dapat terbakar dan tahan lembab, yang akan memberi perlindungan yang cukup terhadap masuknya benda asing secara tidak sengaja.
- c) Pemasangan transformator harus memenuhi persyaratan perlindungan terhadap bagian terbuka yang bervoltase seperti tertera dalam Bagian 2.
- d) Voltase kerja pengenal dari bagian terbuka yang bervoltase harus dinyatakan dengan tanda yang jelas pada perlengkapan atau bangunannya .

510.8.1.12 Transformator harus mempunyai ventilasi yang cukup untuk mencegah suhu transformator melampaui batas yang aman.

510.8.1.13 Semua BKT dari instalasi transformator, termasuk pagar pelindung dan sebagainya, harus dibumikan.

510.8.1.14 Tiap transformator harus diberi pelat nama di mana tercantum nama pembuat, kilovolt-ampere pengenal, frekuensi voltase primer dan sekunder, jumlah serta jenis cairan insulasi bila digunakan; dan bila daya transformator melebihi 25 kVA harus dicantumkan pula nilai impedansinya, dan jenis hubung belitan (untuk trifase). Untuk transformator kering 100 kVA ke atas dicantumkan juga kelas insulasinya.

510.8.1.15 Untuk transformator kering pasangan dalam berlaku persyaratan berikut : Penempatan transformator dengan daya 100 kVA atau kurang harus berjarak sekurang-kurangnya 30 cm dari bahan yang mudah terbakar, kecuali bila dipisahkan dari bahan tersebut oleh penyekat yang menginsulasi panas dan tahan api, voltase pengenalnya tidak melebihi 1000 V, dan transformator itu tertutup seluruhnya selain untuk ventilasinya.

510.8.2 Persyaratan khusus yang dapat berlaku pada bermacam-macam transformator

510.8.2.1 Transformator dengan daya lebih dari 100 kVA harus dipasang dalam ruang transformator untuk konstruksi tahan api, kecuali bila diberi isolasi untuk kenaikan suhu 80 °C (kelas B) atau kenaikan suhu 150 °C (kelas H), dan berjarak dari bahan yang mudah terbakar tidak kurang dari 2 meter secara horizontal dan 4 meter secara vertikal atau dipisahkan oleh penyekat yang menginsulasi panas dan tahan api.

Transformator dengan sistem voltase lebih dari 20.000 V harus dipasang dalam kubu transformator, lihat 510.8.3.

510.8.2.2 Transformator kering pasangan luar harus ditempatkan dalam selungkup yang tahan cuaca yang telah diizinkan oleh instansi yang berwenang.

510.8.2.3 Transformator minyak pasangan dalam harus dipasang dalam kubu transformator dengan konstruksi yang memenuhi persyaratan dalam 510.8.3 kecuali untuk hal-hal berikut :

- a) Untuk jumlah daya tidak melebihi 100 kVA, persyaratan untuk kubu transformator seperti ditentukan dalam 510.8.3 tidak berlaku, asal tebal dinding tidak kurang dari 10 cm dan dibuat dari bahan beton bertulang atau konstruksi lain yang memenuhi persyaratan.
- b) Pada sistem voltase tidak melebihi 1000 V, kubu transformator tidak diperlukan, asal diadakan tindakan proteksi yang baik, yaitu dijaga agar kebakaran minyak transformator tidak dapat menyalakan bahan lain, dan jumlah daya dari transformator dalam satu lokasi tidak melebihi 10 kVA dalam suatu bagian dari bangunan yang dapat digolongkan sebagai dapat terbakar, atau 75 kVA apabila bangunan sekelilingnya digolongkan sebagai suatu konstruksi bangunan tahan api.
- c) Transformator untuk tanur listrik dengan jumlah daya tidak melebihi 75 kVA dapat dipasang tanpa kubu transformator dalam gedung atau kamar yang konstruksinya tahan api, asal saja diambil tindakan secukupnya untuk menjaga agar api dari minyak transformator tidak meluas ke bagian lain yang dapat terbakar.
- d) Transformator dapat dipasang dalam bangunan terpisah yang tidak sesuai dengan persyaratan yang tertera dalam pasal ini, asal baik bangunan maupun isinya tidak mengakibatkan suatu bahaya kebakaran terhadap bangunan atau barang lainnya, dan bangunan tersebut hanya digunakan untuk memberikan pelayanan listrik dan bagian dalamnya hanya dapat dicapai oleh orang yang berwenang.

510.8.2.4 Semua bangunan yang mudah terbakar, gedung dan bagiannya yang mudah terbakar, jalan darurat kebakaran, pintu dan jendela harus diproteksi dari api yang berasal dari transformator minyak yang terpasang pada atau ditempatkan di dekat gedung atau bahan yang mudah terbakar tersebut.

Cara proteksi yang lazim adalah pemisahan ruang, penggunaan penyekat yang tahan api, sistem penyemprot air otomatis, wadah yang menampung minyak dari tanki transformator yang pecah, dan cara lain yang diizinkan oleh instansi yang berwenang.

Penjelasan :

Salah satu atau beberapa cara proteksi di atas harus digunakan sesuai dengan tingkat bahaya yang mungkin terjadi bila instalasi transformator dapat menyebabkan bahaya kebakaran. Tempat penampung minyak dapat berbentuk tanggul penahan api, daerah yang dibatasi atau tempat yang diberi pinggiran, atau parit berisi batu pecah yang kasar.

510.8.3 Persyaratan untuk kubu transformator

510.8.3.1 Penempatan gardu transformator harus sedemikian sehingga masih dapat diberi ventilasi udara tanpa menggunakan cerobong udara atau saluran udara, hal ini dapat dilaksanakan.

510.8.3.2 Dinding dan atap kubu transformator harus dibuat dari beton bertulang dengan kekuatan mekanis yang memadai dan mempunyai daya tahan terhadap api minimum 3 jam, atau konstruksi lain yang setaraf dan memenuhi persyaratan mengenai kubu transformator yang disahkan oleh instansi yang berwenang. Lantai kubu transformator yang berhubungan dengan tanah harus dibuat dari bahan beton yang tebalnya tidak kurang dari 10 cm. Akan tetapi apabila kubu transformator dibangun pada lantai dengan ruang kosong atau tingkat lain di bawahnya, maka lantai itu harus mempunyai kekuatan struktur yang cukup terhadap beban yang bekerja di atasnya dan mempunyai daya tahan terhadap api minimum selama 3 jam.

510.8.3.3 Pintu kubu transformator harus dilindungi sebagai berikut:

- a) Tiap pintu yang menuju ke dalam bangunan harus dilengkapi dengan daun pintu yang pas dan rapat.
- b) Kosen pintu bagian bawah atau penghalang harus cukup tinggi untuk dapat mengurung minyak yang berasal dari transformator terbesar dan tidak boleh kurang dari 10 cm.
- c) Pintu masuk harus dilengkapi dengan kunci, dan pintu harus selalu terkunci, dan hanya boleh dibuka dan dimasuki oleh orang yang berwenang.

Kunci dan grendel harus disusun sedemikian sehingga pintu dapat dibuka dengan segera dan mudah dari dalam.

510.8.3.4 Bila diperlukan lubang ventilasi untuk memenuhi 510.8.3.1, lubang ventilasi tersebut harus dibuat sesuai dengan persyaratan sebagai berikut:

- a) Lubang ventilasi harus ditempatkan sejauh mungkin dari pintu jendela, jalan darurat kebakaran, dan barang yang mudah terbakar.
- b) Kubu transformator yang diberi ventilasi dengan cara sirkulasi udara alamiah boleh mempunyai satu atau beberapa lubang yang luasnya setengah dari seluruh luas lubang yang diperlukan untuk ventilasi, ditempatkan pada lantai dan sisanya pada dinding sisi dekat atap; atau seluruh luas lubang yang diperlukan untuk ventilasi berupa satu atau beberapa lubang ditempatkan pada atap atau dekat atap.
- c) Dalam hal kubu transformator diberi ventilasi ke bagian luar tanpa menggunakan saluran udara setelah dikurangi dengan luas yang dipakai untuk saringan, trali dan kisi-kisi untuk angin, tidak boleh kurang dari 1000 cm² untuk kapasitas transformator di bawah 50 kVA.

- d) Lubang ventilasi harus ditutup dengan trali, saringan, dan kisi-kisi angin yang cukup kuat demi keamanan.
- e) Saluran udara untuk ventilasi harus dibuat dari bahan yang tahan api.

510.8.3.5 Bila mungkin dilaksanakan, kubu transformator yang berisi transformator dengan daya lebih dari 100 kVA, harus diberi saluran pembuangan atau lengkapan lain, yang dapat digunakan untuk membuang air atau minyak yang terkumpul dalam kubu transformator. Bila ada saluran pembuangan, lantai harus merupakan sumuran yang menyorong ke bawah menuju ke saluran tersebut.

510.8.3.6 Sistem pipa atau saluran udara yang tidak ada hubungannya dengan instalasi listrik tidak boleh melalui kubu transformator. Bilamana hal ini tidak dapat dihindarkan, maka harus diusahakan agar perlengkapan dari sistem ini, yang memerlukan pemeliharaan tidak terletak di dalam kubu transformator. Langkah seperlunya harus diambil untuk mencegah kemungkinan rusaknya transformator yang disebabkan oleh kondensasi, kebocoran, atau rusaknya perlengkapan sistem pipa atau saluran udara tersebut di atas. Pipa atau fasilitas lain yang dipasang sebagai pencegah bahaya kebakaran atau untuk transformator yang didinginkan dengan air, dianggap ada hubungannya dengan instalasi listrik.

510.8.3.7 Dilarang menyimpan barang-barang dalam kubu transformator.

510.9 Akumulator

510.9.1 Ruang lingkup dan definisi

510.9.1.1 Persyaratan dalam pasal ini berlaku untuk semua instalasi tetap dari akumulator yang memakai asam atau alkali sebagai elektrolit dan yang terdiri atas beberapa sel yang tergabung dalam seri dengan voltase pengenal lebih dari 16 V.

510.9.1.2 Voltase pengenal akumulator harus dihitung dengan dasar voltase 2 V tiap sel untuk jenis asam timbal, dan 1,2 V tiap sel untuk jenis alkali.

510.9.2 Perkawatan

510.9.2.1 Perkawatan dan perlengkapan yang disuplai dari akumulator harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) Perkawatan, peranti dan gawai lainnya yang disuplai dari akumulator harus memenuhi persyaratan yang mencakup persyaratan mengenai konduktor, peranti dan gawai lainnya yang bekerja dengan voltase yang sama.
- b) Konduktor yang dibungkus dengan kain katun yang divernis, tidak boleh digunakan.
- c) Konduktor telanjang tidak boleh diinsulasi dengan pita insulasi.
- d) Bila dipakai saluran logam, atau selubung logam lain dalam ruang akumulator, maka pada jarak sekurang-kurangnya 30 cm dari terminal sel, konduktor harus dimasukkan dalam pipa yang menginsulasi, tahan lembab, dan tahan terhadap pengaruh yang merusak dari elektrolit. Ujung pipa harus tertutup rapat untuk mencegah masuknya elektrolit.

510.9.3 Penyekatan dan insulasi

510.9.3.1 Penyekatan baterai akumulator dengan voltase di atas 300 V diatur sebagai berikut:

- a) Jika terdapat voltase ke bumi di atas 300 V, akumulator harus dipasang sedemikian atau dilindungi dari sentuh langsung pada akumulator itu, atau pada konduktor telanjang yang langsung dihubungkan padanya, tidak mungkin terjadi.

- b) Baterai akumulator stasioner untuk voltase ke bumi di atas 300 V harus dikelilingi dengan lantai yang menginsulasi secara baik dan tepat.

510.9.3.2 Konduktor yang tidak termasuk sirkit akumulator dan sirkit arus yang langsung dihubungkan padanya, yang berada dalam jarak capai tangan dan di mana saja terdapat kemungkinan besar akan terjadi sentuhan, harus diinsulasi dan dilindungi terhadap sentuhan.

Di tempat lain konduktor tersebut di atas dapat digunakan konduktor regang telanjang di atas isolator lonceng atau isolator yang sekurang-kurangnya sederajat.

510.9.4 Rak dan baki

Rak dan baki harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a) Rak yang dimaksud dalam pasal ini ialah kerangka yang direncanakan sebagai penyangga sel atau baki. Rak tersebut harus kuat dan terbuat dari :
- 1) Kayu yang dipersiapkan sedemikian sehingga tahan terhadap pengaruh yang merusak dari elektrolit; atau dari
 - 2) Logam yang dipersiapkan sedemikian sehingga tahan terhadap pengaruh yang merusak dari elektrolit dan dilengkapi dengan bagian yang tidak menghantarkan listrik yang langsung menyangga sel, atau dengan bahan insulasi yang kontinu pada bagian yang dapat menyalurkan listrik; atau dari
 - 3) Konstruksi lain seperti gelas serat (fiberglass) atau dari bahan lain bukan logam, yang memenuhi syarat.
- b) Baki di sini merupakan kerangka seperti krat atau kotak yang tidak dalam, biasanya terbuat dari kayu atau bahan lain yang tidak menghantarkan listrik, yang dikonstruksikan atau dipersiapkan sedemikian sehingga tahan terhadap pengaruh yang merusak dari elektrolit.

510.9.5 Ruang akumulator

510.9.5.1 Sepanjang dalam pasal ini tidak ditetapkan lain, akumulator stasioner harus dipasang dalam ruang kerja listrik terkunci, yang khusus disediakan untuk maksud itu, yang harus memenuhi persyaratan 8.3 (Ruang kerja listrik terkunci).

510.9.5.2 Sepanjang dalam pasal ini tidak ditetapkan lain untuk instalasi dalam ruang akumulator, berlaku persyaratan 8.9 (Ruang dengan gas yang korosif).

510.9.5.3 Akumulator stasioner harus diinsulasi terhadap raknya, dan rak itu sendiri harus diinsulasi terhadap bumi dengan lapisan antara yang terbuat dari bahan insulasi yang tahan lembab.

510.9.5.4 Bahan yang mudah menyala tidak boleh dipakai untuk akumulator stasioner, baik sebagai bahan cairnya, maupun sebagai bahan bakunya.

510.9.5.5 Lantai, dinding bagian konstruksi, dan bagian instalasi dalam ruang akumulator, sejauh yang diperlukan, harus tahan atau dilindungi terhadap pengaruh yang merusak dari elektrolit akumulator.

510.9.5.6 Ruang akumulator harus baik dan luas, supaya perlindungan, pemeliharaan dan pemeriksaan dapat dilaksanakan dengan mudah dan aman.

510.9.5.7 Pada voltase ke bumi di atas 300 V, lebar gang yang diperlukan untuk pekerjaan yang disebut dalam 510.9.5.6 harus sekurang-kurangnya 1,50 m jika akumulator

SNI 0225:2011

ditempatkan pada kedua sisi gang dan sekurang-kurangnya 1 m jika hanya ditempatkan pada salah satu sisi gang.

510.9.5.8 Dalam ruang akumulator, kabel yang digunakan harus tahan lembab dan tahan pengaruh yang merusak dari elektrolit akumulator.

510.9.5.9 Dalam ruang akumulator harus diusahakan penyegaran udara yang baik dan tepat.

510.9.5.10 Dalam ruang akumulator tidak boleh terdapat instalasi listrik atau bagian instalasi listrik selain yang digunakan untuk maksud ruang tersebut.

510.9.5.11 Mesin dan pesawat yang dapat mengakibatkan ledakan karena bunga api, tidak boleh terdapat dalam ruang akumulator.

510.9.5.12 Pencahayaan untuk ruang akumulator harus terdiri atas lampu pijar hampa saja. Jika dipakai pemegang lampu logam, maka lampu dan pemegangnya harus tertutup dari udara sekitarnya dengan selungkup kedap gas.

510.9.5.13 Makan, minum dan merokok dalam ruang akumulator dilarang, demikian juga ruang itu dengan membawa barang yang sedang menyala atau sedang berpijar. Larangan ini harus dinyatakan jelas dekat pintu.

510.9.6 Pengisi akumulator

510.9.6.1 Instalasi untuk mengisi akumulator portabel harus dipasang dalam ruang kerja listrik yang khusus dimaksudkan untuk itu, dan yang hanya boleh dimasuki oleh pegawai yang melayani.

510.9.6.2 Instalasi termaksud dalam 510.9.6.1 harus memenuhi syarat tersebut dalam 510.9.3.2, 510.9.5.1, sampai dengan 510.9.5.7.

510.9.6.3 Penyimpangan terhadap persyaratan dalam 510.9.6.1 dan 510.9.6.2 diperkenankan untuk instalasi pengisian dengan daya setinggi-tingginya 500 W, dan voltase pengisian ke bumi tidak lebih dari 500 V, dengan pengertian, bahwa instalasi ini harus dipasang dalam ruang yang hanya boleh dimasuki oleh petugas yang berwenang, dan lain daripada itu harus pula memenuhi syarat tersebut dalam 510.9.5.9 dan 510.9.5.11.

510.9.7 Pemberian tanda

510.9.7.1 Pemberian tanda harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) Di dalam atau pada ruang akumulator harus ada tanda yang jelas tentang voltase, kuat arus pengisian maksimum, dan kuat arus pengosongan maksimum yang diperbolehkan, serta kapasitas baterainya.
- b) Pada baterai akumulator harus terdapat tanda polaritasnya dan voltase kutubnya terhadap bumi jika baterai itu dibumikan.
- c) Akumulator dari suatu baterai harus memakai nomor urut.

510.10 Kapasitor

510.10.1 Instalasi

510.10.1.1 Ayat berikut berlaku untuk instalasi kapasitor suatu sirkit listrik di dalam atau pada suatu gedung.

Pengecualian:

- a) Kapasitor yang merupakan bagian dari perlengkapan lain harus sesuai dengan persyaratan perlengkapan tersebut.
- b) Kapasitor yang ditempatkan di tempat yang membahayakan harus memenuhi persyaratan yang bersangkutan dalam Bagian 8.

510.10.1.2 Suatu instalasi kapasitor yang terdiri atas unit berisi cairan yang mudah terbakar lebih dari 10 liter, harus dimasukkan dalam ruang yang memenuhi persyaratan dalam 510.6.3.

510.10.1.3 Kapasitor harus dilindungi terhadap kerusakan mekanis dengan penempatan yang baik, dengan pagar atau penghalang yang sesuai, atau pengurung.

510.10.1.4 Kapasitor yang diberi selungkup dan penunjang yang terbuat dari bahan yang tidak dapat terbakar.

510.10.1.5 Transformator yang merupakan bagian dari suatu instalasi kapasitor, dan digunakan untuk menghubungkan kapasitor dengan suatu sirkit tenaga, harus dipasang sesuai dengan 510.6. Daya pengenal transformator dalam KVA tidak boleh kurang dari 135 % dari daya pengenal kapasitor dalam KVA.

510.10.1.6 Kapasitor harus dilengkapi dengan suatu gawai untuk meluahkan muatan yang tersimpan.

- a) Sisa voltase dari suatu kapasitor voltase rendah harus turun sampai atau kurang dari 50 V dalam satu menit setelah kapasitor dilepas hubungannya dengan sumber, dan dalam 5 menit untuk kapasitor voltase menengah atau voltase tinggi.
- b) Sirkit peluahkan muatan dapat dihubungkan dengan terminal dari kapasitor, baik secara tetap maupun secara otomatis bila kapasitor diputuskan dari sumber voltase. Tidak boleh digunakan gawai untuk menghubungkan sirkit peluahkan muatan yang dijalankan dengan tangan.

CATATAN Kumparan pada motor, transformator atau gawai lain yang langsung dihubungkan dengan kapasitor tanpa sakelar atau proteksi arus lebih yang ditempatkan di antaranya, merupakan gawai peluahkan muatan yang baik.

510.10.2 Konduktor

510.10.2.1 KHA konduktor sirkit kapasitor tidak boleh kurang dari 135 % dari arus pengenal kapasitor. KHA konduktor yang menghubungkan kapasitor dengan terminal suatu motor, atau dengan konduktor sirkit motor harus mencukupi kebutuhan arus kapasitor yang diperlukan, tetapi tidak boleh kurang dari sepertiga dari KHA konduktor sirkit motor.

510.10.2.2 Proteksi dari arus lebih dilakukan sebagai berikut:

- a) Untuk tiap gugus kapasitor harus dipasang proteksi arus lebih pada tiap konduktor fase yang tidak dibumikan.

Pengecualian :

Tidak perlu dipasang proteksi arus lebih yang tersendiri jika kapasitor dihubungkan pada sisi beban dari proteksi arus lebih motor.

- b) Penyetelan proteksi arus lebih harus serendah mungkin.

510.10.2.3 Sarana pemisah

SNI 0225:2011

510.10.2.3.1 Untuk tiap gugus kapasitor harus dipasang sarana pemisah pada tiap konduktor fase yang tidak dibumikan.

Pengecualian :

Tidak perlu dipasang sarana pemisah tersendiri jika kapasitor disambung pada sisi beban dari proteksi arus lebih motor.

510.10.2.3.2 Sarana pemisah harus membuka semua konduktor fase yang tidak dibumikan secara sekaligus.

510.10.2.3.3 Sarana pemisah dapat dipakai untuk memutuskan hubungan kapasitor dengan sirkit, sebagai prosedur kerja yang biasa.

510.10.2.3.4 Kemampuan arus kontinu sarana pemisah tidak boleh kurang dari 135 % arus pengenal kapasitor.

510.10.3 Pemasangan

Bila dalam pemasangan motor ada kapasitor yang disambungkan pada sisi beban, dan proteksi arus lebih motor yang dipakai dapat disetel, maka penyetelan proteksi arus lebih motor itu harus dikurangi sesuai dengan adanya perbaikan faktor kerja.

510.10.4 Pembumian dan perlindungan

510.10.4.1 Selungkup logam kapasitor harus dibumikan.

510.10.4.2 Semua bagian bervoltase dari kapasitor yang dihubungkan dengan sirkit yang bervoltase ke bumi di atas 300 V, dan dapat dicapai oleh orang yang tidak berwenang, harus ditutup/diproteksi.

510.10.5 Pemberian tanda

Tiap kapasitor harus diberi pelat nama yang memberi keterangan mengenai:

- a) Nama pembuat
- b) Voltase pengenal
- c) Frekuensi
- d) KVA dan ampere
- e) Jumlah fase
- f) Volume cairan, kalau diisi dengan cairan yang mudah terbakar
- g) Nama cairan; bila diisi dengan cairan yang tidak mudah terbakar, hal ini harus disebutkan
- h) Gawai peluah muatan, jika ada

510.11 Resistor dan reaktor

510.11.1.1 Resistor dan reaktor tidak boleh ditempatkan di tempat yang mudah terkena kerusakan mekanis. Bila ditempatkan dekat barang yang mudah terbakar, resistor dan reaktor harus dari jenis direndam dalam minyak atau tertutup dalam kotak atau lemari logam.

510.11.1.2 Kecuali jika dipasang pada panel penghubung yang terbuat dari bahan yang tidak dapat terbakar, dan kecuali kalau dipasang seperti dinyatakan dalam 510.11.1.3, resistor dan reaktor harus dipisahkan dari bahan yang dapat terbakar dengan jarak tidak kurang dari 30 cm.

510.11.1.3 Bila ditempatkan dalam jarak 30 cm dari bahan yang dapat terbakar, resistor dan reaktor harus dipasang sesuai persyaratan sebagai berikut:

- a) Resistor atau reaktor harus dipasang pada panel atau landasan yang dibuat dari bahan yang tidak terbakar dan tidak dapat menyerap air, seperti beton, marmer, dan sebagainya.
- b) Landasan harus mempunyai luas melebihi pinggiran perlengkapan, dan harus mempunyai tebal sebanding dengan ukuran dan berat perlengkapan tetapi tidak boleh kurang dari 1 cm.
- c) Landasan harus dipasang secara kuat di tempatnya dengan dudukan yang bebas dari alat pengukuh perlengkapan pada landasan.

510.11.1.4 Pencegahan sentuhan diatur sebagai berikut:

- a) Elemen resistor harus dicegah secara baik terhadap sentuhan yang tidak sengaja, baik dengan mengatur maupun dengan memberinya alat pelindung khusus.
- b) Jika untuk maksud ini digunakan selubung pelindung, pelindung ini harus dibuat dari bahan tahan api mempunyai kekuatan mekanis memadai.

510.11.1.5 Persyaratan mengenai reostat adalah sebagai berikut:

- a) Poros pelayanan reostat tidak boleh bervoltase
- b) Reostat harus disusun sedemikian sehingga pada pelayanan yang baik dan tepat tidak dapat timbul busur api yang menyala terus.
- c) Dalam ruang berdebu dan dalam ruang dengan bahaya yang lebih besar atau bahaya ledakan, reostat harus dipasang dalam lemari logam, yang kedap debu dan tahan ledakan.

510.11.1.6 Persyaratan mengenai kontak adalah sebagai berikut:

- a) Kontak yang tetap atau dapat bergerak harus direncanakan sedemikian sehingga bunga api dapat diperkecil sampai minimum.
- b) Kontak reostat harus dilindungi terhadap sentuhan dengan selungkup yang kuat, dapat dibuka, dibuat dari bahan yang baik dan tidak dapat terbakar.
- c) Kecuali jika membahayakan, persyaratan dalam butir b) tidak berlaku dalam ruang kerja listrik terkunci, ruang percobaan bahan listrik, dan laboratorium elektroteknik.

510.11.1.7 Reaktor harus dibuat dari bahan yang tidak dapat terbakar dan harus dipasang pada landasan yang tidak dapat terbakar pula.

510.11.1.8 Bila kotak atau wadah resistor atau reaktor hendak dipasang pada permukaan yang rata, hanyaudukannya saja yang boleh menempel pada permukaan; antara permukaan dan kotak harus terdapat ruang udara paling sedikit 6 mm.

510.11.1.9 Konduktor yang diinsulasi dan dipakai untuk menghubungkan elemen resistor dengan gawai kendali harus tahan terhadap suhu kerja tidak kurang dari 90 °C.

Pengecualian :

Boleh juga digunakan insulasi konduktor jenis lain gawai asut motor.

510.12 Peranti pemanas

510.12.1 Peranti pemanas harus didesain, dipasang, dihubungkan, dan/atau dilindungi sedemikian sehingga :

- a) Pengoperasian dan pemeliharaannya tidak menyebabkan bahaya terluka oleh gejala api, dan kerusakan mata oleh penyinaran cahaya;
- b) Tidak mungkin terjadi sentuhan yang tidak sengaja dengan bagian yang bervoltase dalam keadaan kerja normal;

- c) Bagian luar pada keadaan kerja normal, tidak mempunyai suhu yang dapat membahayakan atau merusak barang di dekatnya.

510.12.2 Bahan peranti pemanas harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) Harus tahan lembab, tahan panas, dan cukup tahan kerusakan mekanis.
- b) Harus tetap memiliki daya insulasi, juga pada suhu yang tinggi.
- c) Bagian yang dipasang elemen pemanas yang bervoltase, atau yang mudah terkena busur api atau logam yang berpijar, harus terbuat dari bahan yang tidak terbakar.

510.12.3 Penumaian

510.12.3.1 BKT peranti pemanas yang dipakai dalam ruang lembab atau sangat panas, selama terhubung pada sumber listrik harus diproteksi terhadap sentuh tak langsung sesuai dengan persyaratan 3.3.

510.12.3.2 Persyaratan dalam 510.12.3.1 di atas berlaku pula untuk semua peranti pemanas portabel dengan daya lebih dari 2 kW.

510.12.4 Pemberian tanda

510.12.4.1 Pada peranti pemanas harus terdapat keterangan tentang voltase atau batas voltase atau batas voltase yang diperbolehkan untuk penggunaan peranti itu, dan juga arus pengenal serta dayanya.

510.12.4.2 Pada elemen pemanas, jika mungkin, harus terdapat keterangan tentang voltase yang diperbolehkan untuk elemen itu dan resistansinya pada 30 °C, yang dicantumkan sedemikian sehingga meskipun telah lama digunakan tetap dapat dibaca dengan jelas.

510.12.5 Lengkapan

510.12.5.1 Untuk semua peranti setrika dan pemanas listrik portabel dengan daya lebih dari 50 W, yang menghasilkan suhu lebih dari 120 °C pada permukaan yang dapat bersentuhan dengan kabel penghubungnya, kabel penghubung ini dari jenis tahan panas.

510.12.5.2 Peranti setrika dan pemanas portabel, yang akan digunakan pada barang yang mudah terbakar harus dilengkapi dengan alat penyangga yang sesuai. Alas

penyangga tersebut dapat merupakan bagian dari alat itu sendiri, atau merupakan suatu bagian yang terpisah.

510.12.6 Konstruksi

Peranti pemanas yang dicelupkan, harus dibuat dan dipasang sedemikian sehingga bagian yang mengalirkan arus listrik tetap terinsulasi dengan baik dari cairan di mana alat tersebut dicelupkan.

510.12.7 Gawai pembatas

510.12.7.1 Peranti pemanas air, yang dipasang tetap harus dilengkapi dengan gawai pembatas suhu dan katup pelepas tekanan.

Peranti pemanas demikian harus diberi tanda peringatan yang mencantumkan keharusan tersebut.

510.12.7.2 Peranti pemanggang roti, tungku pembuat kue portabel harus dilengkapi gawai pembatas suhu untuk memutuskan arus.

CONTOH Ceret pemasak air, penanak nasi, pemanas sayuran dan pelat masak.

510.12.7.3 Peranti pemanas badan harus dibuat dengan insulasi ekstra atau diberi proteksi tambahan. Gawai pemanasnya harus diberi pembatas suhu untuk memutuskan arus.

510.12.8 Pemanas zat cair

Peranti untuk memanaskan zat cair harus disusun sedemikian sehingga zat cair itu tidak dapat masuk ke dalam ruang yang disediakan untuk menempatkan elemen pemanasnya, meskipun telah lama digunakan.

510.12.9 Keadaan ruang

510.12.9.1 Dalam ruang yang mengandung bahan yang dapat terbakar, campuran debu dan udara yang mudah meledak, bahan yang mudah menyala, atau bahan peledak, elemen pemanas harus tertutup kedap debu.

510.12.9.2 Dalam ruang yang mengandung gas atau uap yang mudah menyala atau meledak, elemen pemanas harus tertutup kedap gas.

510.13 Perlengkapan pemanas induksi dan dielektrik

510.13.1 Ruang lingkup dan umum

510.13.1.1 Ruang lingkup

Persyaratan dalam pasal ini berlaku bagi konstruksi dan instalasi perlengkapan pemanas induksi dan dielektrik, beserta lengkapannya yang digunakan dalam lingkungan industri dan bidang ilmu pengetahuan, tetapi tidak berlaku untuk perlengkapan kedokteran, kedokteran gigi atau peranti rumah tangga.

510.13.1.2 Perlengkapan pemanas yang dimaksud dalam pasal ini meliputi setiap perlengkapan yang digunakan untuk tujuan pemanasan dengan cara induksi atau dielektrik. Pemanasan induksi ialah pemanasan suatu bahan konduktor yang disebabkan oleh kerugian panas dari bahan tersebut apabila bahan itu ditempatkan dalam suatu medan elektromagnet yang berubah-ubah. Pemanasan dielektrik ialah pemanasan suatu bahan bukan konduktor yang disebabkan oleh kerugian dielektrik bahan itu sendiri apabila bahan tersebut ditempatkan dalam suatu medan listrik yang berubah-ubah.

510.13.1.3 Perlengkapan pemanas induksi dan dielektrik tidak boleh dipasang dalam ruang dengan bahaya kebakaran atau ledakan seperti yang dimaksud dalam Bagian 8 kecuali jika perlengkapan dan pengawatannya perkawatannya didesain dan disahkan untuk dipasang dalam ruang tersebut.

510.13.2 Perlengkapan motor generator

510.13.2.1 Perlengkapan motor generator meliputi semua perlengkapan yang berputar yang dijalankan oleh motor listrik atau secara mekanis oleh suatu penggerak utama, yang membangkitkan a.b. dengan frekuensi tertentu untuk pemanasan induksi dan atau dielektrik.

510.13.2.2 KHA konduktor suplai harus ditetapkan sesuai dengan 510.5.

510.13.2.3 Proteksi arus lebih harus diadakan pada sirkit suplai sesuai dengan persyaratan dalam 510.5.

510.13.2.4 Sarana pemutus

Sarana pemutus harus memenuhi persyaratan dalam 510.5. Setiap aparat pemanas harus dapat dipisahkan dari sirkit suplainya. Kemampuan sarana pemutus ini tidak boleh kurang dari arus pengenal yang tercantum pada pelat nama aparat tersebut. Sarana pemutus sirkit suplai dapat digunakan sebagai sarana pemutus aparat pemanas apabila sirkit hanya mensuplai sebuah perlengkapan.

510.13.2.5 Definisi sirkit keluaran

Sirkit keluaran meliputi semua komponen di luar generator, termasuk kontaktor, transformator, dan konduktor lainnya.

510.13.2.6 Sirkit keluaran

510.13.2.6.1 Sirkit keluaran generator harus terinsulasi dari bumi, jika voltase pengenal ke bumi di atas 500 V, sirkit keluaran harus dilengkapi dengan unit proteksi pembumian a.s.. A.s. yang dimaksudkan pada sirkit keluaran tegangan gannya tidak boleh melampaui 30 V dan tidak boleh mempunyai kemampuan arus melebihi 5 mA. Pada sirkit keluaran dapat digunakan suatu transformator pemisah untuk menyesuaikan beban dengan sumbernya yang sekundernya tidak berada pada potensial bumi a.s..

510.13.2.6.2 Untuk hubungan antar komponen pada suatu instalasi perlengkapan pemanas induksi yang lengkap harus digunakan kabel berinti banyak, rel konduktor atau kabel koaksial, yang diberi perlindungan yang tepat. Kabel harus dipasang dalam saluran bukan besi. Jika diperlukan, rel konduktor dilindungi dengan menggunakan selungkup bukan besi.

510.13.2.7 Dalam bagian kendali suatu aparat pemanas dapat digunakan a.b. dengan frekuensi rendah atau a.s. Voltase harus terbatas sampai paling tinggi 230 V ke bumi. Kawat pejal yang dipilih yang digunakan harus yang berpenampang 0,75 mm² atau lebih besar, komponen yang berfrekuensi 50 Hz dapat digunakan. Sirkit elektronik yang menggunakan alat "solid state" dan tabung elektronik dapat menggunakan sirkit cetak atau kawat yang berpenampang kurang dari 0,75 mm².

510.13.2.8 Kendali jarak jauh

510.13.2.8.1 Jika digunakan gawai kendali jarak jauh untuk mengendalikan tenaga listrik, harus digunakan sakelar pilih yang dilengkapi interlok untuk mencegah kemungkinan penggunaan tenaga dari sumber kendali lain.

510.13.2.8.2 Sakelar yang dijalankan dengan kaki harus diberi perisai yang melindungi tombol kontak untuk mencegah terjadinya penghubungan arus dengan tak sengaja.

510.13.3 Perlengkapan bukan motor generator

510.13.3.1 Ruang lingkup

Perlengkapan lain bukan motor generator meliputi semua unit pengali statik dan jenis osilator yang menggunakan tabung hampa dan atau perlengkapan solid state. Perlengkapan ini harus mampu mengubah a.b. atau a.s. menjadi arus dengan frekuensi yang sesuai untuk pemanasan induksi dan atau dielektrik.

510.13.3.2 Konduktor suplai

KHA konduktor suplai ditetapkan sebagai berikut:

- a) KHA konduktor sirkit tidak boleh kurang dari nilai arus pengenal yang tercantum pada pelat nama perlengkapan tersebut.
- b) KHA konduktor yang mensuplai dua buah perlengkapan atau lebih tidak boleh kurang dari jumlah arus pengenal yang tercantum pada pelat nama semua perlengkapan.

Pengecualian :

Apabila beberapa perlengkapan disuplai oleh satu saluran suplai, dan tidak mungkin semua perlengkapan itu bekerja serempak, untuk penghematan saluran KHA saluran ini bisa dikurangi, sampai mencapai jumlah arus terbesar ditambah dengan arus siaga dari perlengkapan lain, namun harus cukup untuk semua arus beban penuh dari mesin-mesin yang akan bekerja serempak.

510.13.3.3 Proteksi arus lebih

Proteksi arus lebih untuk perlengkapan secara keseluruhan harus mempunyai nilai pengenal atau penyetelan yang tidak melebihi 200 % dari arus pengenal pada pelat nama perlengkapan.

Proteksi arus lebih ini dapat terpisah atau merupakan bagian dari perlengkapan tersebut.

510.13.3.4 Sarana pemutus

Harus dipasang sarana pemutus yang mudah dicapai, yang dapat memisahkan setiap aparat pemanas dari sirkit suplai. Kemampuan sarana pemutus ini tidak boleh kurang dari daya pengenal aparat yang tersebut pada pelat namanya. Sarana pemutus sirkit suplai dapat digunakan untuk memisahkan aparat pemanas apabila sirkit hanya mensuplai sebuah perlengkapan.

510.13.3.5 Definisi sirkit keluaran

Sirkit keluaran meliputi semua komponen keluaran di luar gawai konversi, termasuk kontaktor, transformator, rel konduktor lainnya.

510.13.3.6 Sirkit keluaran harus memenuhi hal sebagai berikut:

- a) Keluaran gawai konverter
 - Sirkit keluaran gawai konverter (langsung atau digandeng) harus berada pada potensial bumi a.s..
- b) Hubungan antara gawai konverter dan aplikator kerja.
 - Apabila penghubung gawai konverter dan aplikator kerja panjangnya melebihi 60 cm, penghubung itu harus tertutup atau dilindungi dengan bahan bukan besi yang tidak dapat terbakar.

510.13.3.7 Frekuensi keluaran perlengkapan konverter

Keluaran arus bolak-balik dengan frekuensi antara 25 dan 60 Hz dapat dipakai untuk tujuan kendali, tetapi voltasenya ke bumi harus dibatasi setinggi-tingginya 230 V selama sirkitnya bekerja.

510.13.3.8 Kendali jarak jauh

510.13.3.8.1 Apabila digunakan gawai kendali jarak jauh untuk mengendalikan tenaga listrik, harus digunakan sakelar pilih yang dilengkapi interlok untuk mencegah kemungkinan penggunaan tenaga dari sumber kendali lain.

510.13.4 Perlindungan, pembumian dan penandaan

510.13.4.1 Selungkup

Aparat konverter (termasuk saluran a.s.) dan sirkit listrik frekuensi tinggi (tidak termasuk sirkit keluran dan sirkit kendali jarak jauh), seluruhnya harus ditempatkan dalam satu atau beberapa selungkup tertutup dari bahan yang tidak dapat terbakar.

510.13.4.2 Semua panel kendali harus dibuat dengan konstruksi yang bagian depannya bebas voltase.

510.13.4.3 Pencapaian tangan pada perlengkapan bagian dalam

Pintu atau tutup panel harus dapat dilepas, sehingga bagian dalam perlengkapan mungkin dicapai. Dalam hal penggunaan pintu untuk pencapaian bagian yang bervoltase ke bumi 500 V atau lebih arus bolak balik atau arus searah, pintu tersebut harus berkunci atau dilengkapi dengan interlok yang memenuhi persyaratan proteksi.

510.13.4.4 Tanda peringatan

Tanda "berbahaya" harus ditempatkan pada perlengkapan, dan harus dapat dilihat dengan mudah, meskipun pintu dibuka atau tutup panel dipindahkan dari bagian ruangan, apabila perlengkapan itu mempunyai voltase ke bumi di atas 250 V a.b atau a.s.

510.13.4.5 Apabila dalam sirkit a.s. digunakan kapasitor lebih besar dari 0,1 mikrofard, baik sebagai komponen saringan penyearah maupun sebagai peredam dan lain-lain, yang bervoltase lebih dari 240 V ke bumi, maka sebagai gawai pembumian harus digunakan resistans pelepasan atau sakelar pembumian. Lama waktu pelepasan harus sesuai dengan yang tersebut dalam 510.7.

Apabila digunakan penyearah tambahan, pada sisi keluaran resistor pelepasan harus dipasang kapasitor penyaring walaupun voltase a.s.nya tidak melebihi 240 V ke bumi.

510.13.4.6 Untuk melindungi aplikator yang bukan merupakan jenis kumparan pemanas induksi, harus digunakan sangkar pelindung atau perisai yang mencukupi. Kumparan pemanas induksi dapat dilindungi dengan bahan insulasi pemanas. Sakelar interlok harus digunakan pada semua pintu panel berengsel, tutup panel yang dapat dilepas, atau alat lainnya yang dapat digunakan untuk mencapai aplikator dengan tangan.

Semua sakelar interlok harus dihubungkan sedemikian sehingga semua tenaga listrik dibebaskan dari aplikator apabila salah satu pintu atau panel terbuka. Interlok tidak diperlukan pada pintu atau tutup panel apabila aplikator merupakan suatu kumparan pemanas induksi yang berada pada potensial bumi a.s. atau yang bekerja pada voltase ke bumi kurang dari 230 V.

510.13.4.7 Pembumian dan pengikatan secara listrik

Potensial frekuensi radio yang timbul antara bumi dan semua bagian perlengkapan yang terbuka yang tidak menyalurkan arus, antara semua bagian perlengkapan dan benda sekitarnya, serta antara benda tersebut dan bumi, apabila hendak dibatasi besarnya sampai batas yang aman maka diperlukan pembumian dan atau pengikatan secara listrik yang pemasangannya harus sesuai dengan Bagian 3 dengan memperhatikan sistem yang digunakan.

510.13.4.8 Pemberian tanda

Tiap aparat pemanas harus dilengkapi dengan pelat nama yang menyebutkan nama pabrik pembuatnya, frekuensi, jumlah fase, arus terbesar, kVA beban penuh dan faktor kerja pada beban penuh.

510.14 Pemanfaat listrik dengan penggerak elektromekanis

510.14.1.1 Hubungan listrik

Pemanfaat listrik yang memakai penggerak elektromekanis hanya boleh dihubungkan dengan system voltase rendah.

510.14.1.2 Mainan untuk anak

Pemanfaat listrik yang tujuannya untuk dipakai oleh anak-anak harus disambung dengan voltase rendah setinggi-tingginya 25 V.

510.14.1.3 Pemanfaat listrik untuk digunakan pada badan manusia

Pemanfaat listrik untuk pemeliharaan badan dan lain -lain, yang selama penggunaannya bersentuhan langsung dengan badan manusia, harus dibuat dengan insulasi ganda atau dengan voltase ekstra rendah 25 V.

CATATAN Persyaratan ini tidak berlaku untuk penghisap debu, mesin jahit, peranti mesin dapur dan lain-lain.

510.14.1.4 Pemanfaat listrik untuk tujuan lain

Pemanfaat listrik di luar 510.14.1.2 sampai dengan 510.14.1.3 yang diberi arus bolak-balik lebih dari 75 V, harus dibuat dengan insulasi khusus atau dibuat dengan pembumian proteksi. Pengecualian ialah kipas angin dinding atau meja, jam dinding, bel listrik, dan lain-lain.

510.15 Mesin las listrik

510.15.1.1 Ruang lingkup pasal ini meliputi mesin las busur listrik, mesin las resistans listrik, dan mesin listrik lain yang dihubungkan dengan jaringan suplai listrik.

510.15.2 Mesin las busur listrik yang menggunakan transformator, penyearah, dan motor generator

510.15.2.1 KHA konduktor suplai

510.15.2.1.1 KHA konduktor suplai tidak boleh kurang dari besar arus primer pengenal dalam ampere yang dinyatakan pada pelat nama dikalikan dengan faktor yang didasarkan atas daur tugas atau waktu kerja pengenal dari mesin las sebagai berikut :

Tabel 510.15-1 Daur tugas mesin las listrik

Daur tugas %	Faktor perkalian
20	0,45
30	0,55
40	0,63
50	0,71
60	0,78
70	0,84
80	0,89
90	0,95
100	1,00
Untuk mesin las yang mempunyai waktu kerja normal satu jam, faktor perkaliannya 0,75	

510.15.2.1.2 KHA konduktor yang mensuplai sekelompok mesin las boleh kurang dari jumlah arus mesin las yang yang disuplai sebagaimana ditentukan dalam 510.15.2.1.1. KHA konduktor tersebut harus ditentukan untuk tiap keadaan tersendiri sesuai dengan pembebanan tiap mesin las dengan kemungkinan tidak semua mesin las bekerja serempak.

Untuk menentukan beban setiap mesin las harus diperhitungkan beban dan lama pembebanan. Untuk perhitungan praktis, kemampuan hantar arus konduktor dapat dihitung berdasarkan penjumlahan dari 100 % besar arus sebagaimana ditentukan dalam 510.15.2.1.1 untuk dua mesin las yang terbesar, 85 % untuk mesin las terbesar ketiga, 70 % untuk mesin las terbesar keempat, dan 60 % untuk mesin las lainnya. Hal ini akan memberikan keamanan yang cukup besar sehubungan dengan suhu yang diperkenankan untuk konduktor. Nilai persentase yang lebih rendah dari yang diberikan di atas di bolehkan jika daur tugas yang tinggi untuk setiap mesin las tidak dimungkinkan.

510.15.2.2 Proteksi arus lebih

510.15.2.2.1 Untuk mesin las: Setiap mesin las harus mempunyai proteksi arus lebih dengan nilai pengenal atau setelan tidak melebihi 200 % dari arus primer pengenal. Proteksi ini tidak diperlukan jika konduktor suplai mesin las sudah diproteksi oleh gawai proteksi arus lebih dengan nilai pengenal atau setelan tidak melebihi 200 % dari arus pengenal primer.

510.15.2.2.2 Untuk konduktor: Konduktor yang mensuplai satu mesin las atau lebih harus diproteksi dengan gawai proteksi arus lebih dengan nilai pengenal atau setelan tidak melebihi 200 % dari KHA konduktor. Apabila nilai pengenal standar terdekat, atau nilai setelan terdekat proteksi arus lebih yang dipilih sesuai dengan persyaratan di atas menyebabkan pemutusan yang tak dikendaki, maka boleh dipakai nilai pengenal atau setelah lebih tinggi yang terdekat.

510.15.2.3 Sebuah sarana pemutus harus dipasang pada hubungan suplai dari tiap-tiap mesin las busur listrik yang tidak dilengkapi dengan pemutus arus sebagai bagian yang integral dari mesin las daya dan nilai pengenalnya tidak boleh kurang dari yang diperlukan untuk memberi proteksi terhadap arus lebih sebagaimana ditentukan dalam 510.15.2.2.

510.15.2.4 Tiap mesin las busur listrik harus dilengkapi dengan pelat nama yang memberikan keterangan mengenai:

Untuk mesin las busur listrik yang memakai transformator dan penyearah arus; nama pembuat, frekuensi, jumlah fase, voltase suplai, arus primer pengenal, voltase sirkit terbuka maksimum, arus sekunder pengenal, dasar penentuan nilai pengenal yaitu daur tugas atau waktu kerja pengenal.

Untuk mesin las busur listrik motor generator;

nama pembuat, frekuensi pengenal, jumlah fase, voltase suplai, tegangan sirkit terbuka maksimum, arus keluar pengenal, dasar penentuan nilai pengenal yaitu daur tugas atau waktu kerja pengenal.

510.15.3 Mesin las resistans

510.15.3.1 KHA konduktor suplai untuk mesin las resistans yang diperlukan untuk membatasi drop voltase sampai pada suatu nilai yang diperkenankan untuk hasil kerja yang baik dari mesin las, biasanya lebih besar dari nilai yang diperlukan untuk mencegah suhu yang berlebihan sebagaimana ditetapkan dalam Subayat di bawah ini.

510.15.3.1.1 Mesin las tunggal

KHA pengenal untuk konduktor bagi mesin las tunggal harus sesuai dengan persyaratan berikut:

- a) KHA dari konduktor suplai untuk sebuah mesin las yang pada waktu yang berbeda dapat bekerja pada nilai arus primer atau daur kerja yang berlainan harus tidak boleh kurang dari 70 % dari arus primer pengenal untuk mesin las tidak otomatis, yang dijalankan dengan tangan.
- b) KHA konduktor suplai untuk mesin las yang dikawati untuk suatu kerja yang khusus yang arus primer pengenal sebenarnya dan daur tugasnya diketahui dan tetap tidak berubah, tidak boleh kurang dari hasil perkalian dari arus primer sebenarnya dan daur tugas mesin las yang dipakai.

Daur Tugas %	50	40	30	25	20	15	10	7,5	5 atau kurang
Faktor Perkalian	0,71	0,63	0,55	0,50	0,45	0,39	0,32	0,27	0,22

510.15.3.1.2 Kelompok mesin las

KHA konduktor yang mensuplai dua mesin las atau lebih, tidak boleh kurang dari jumlah nilai yang sebagaimana ditetapkan dalam 510.15.3.1.1 untuk mesin las terbesar yang disuplai, dan 60 % dari nilai yang didapatkan sebagaimana ditetapkan dalam 510.15.3.1.1 butir a) untuk semua mesin las lainnya yang disuplai.

Keterangan mengenai istilah:

- a) Arus primer pengenal ialah KVA pengenal dikalikan 1000 dan dibagi oleh voltase primer pengenal, dengan memakai nilai sebagaimana tercantum pada pelat nama
- b) Arus primer sebenarnya adalah arus dari suplai selama mesin las beroperasi pada sadapan setelan kendali yang digunakan.
- c) Daur tugas adalah persentase waktu selama mesin las dibebani. Misalnya sebuah mesin las titik yang disuplai suatu sistem 50 Hz (180.000 daur/jam) yang mengerjakan 400 las per jam, (yaitu 400×15 , dibagi 180.000, dikalikan 100).

Sebuah mesin las kampuh (seam welder) yang beroperasi 2 daur "nyala" dan 2 daur "mati" mempunyai tugas 50%.

510.15.3.2 Proteksi arus lebih

Proteksi arus lebih untuk mesin las resistans harus memenuhi persyaratan 510.15.3.2.1. Tetapi apabila nilai pengenal standar terdekat, atau nilai setelan terdekat proteksi arus lebih yang dipilih sesuai dengan persyaratan di atas menyebabkan pemutusan yang tidak dikehendaki, maka boleh dipakai nilai pengenal atau setelan lebih tinggi yang terdekat.

510.15.3.2.1 Tiap mesin las resistans harus mempunyai proteksi arus lebih yang mempunyai nilai pengenal atau setelan tidak melebihi 300 % dari arus primer pengenal dari mesin las, dengan pengecualian bahwa tidak diperlukan proteksi arus lebih untuk sebuah mesin las yang konduktor suplainya diproteksi oleh proteksi arus lebih yang mempunyai nilai pengenal atau setelan tidak melebihi 300 % dari KHA konduktor.

510.15.3.2.2 Konduktor yang mensuplai satu mesin las atau lebih harus diproteksi oleh proteksi arus lebih yang mempunyai nilai pengenal atau setelan tidak melebihi 300 % dari KHA konduktor.

510.15.3.3 Tiap mesin las resistans dan perlengkapan kendalinya harus dilengkapi dengan sakelar atau pemutus daya yang dapat memisahkan mesin las dan perlengkapan kendalinya

dari sirkit suplai. Arus pengenal dari sarana pemutus nilai tidak boleh kurang dari KHA konduktor suplai sebagaimana ditetapkan dalam 510.15.3.1. Sa kelar sirkit suplai tersebut dapat dipakai sebagai sarana pemutus mesin las jika sirkit tersebut hanya mensuplai satu mesin las.

510.15.3.4 Tiap mesin las resistans harus dilengkapi dengan pelat nama yang memberi keterangan mengenai: nama pembuat, frekuensi, voltase primer, KVA pengenal, voltase sekunder maksimum dan minimum pada sirkit terbuka.

510.16 Mesin perkakas

510.16.1 Umum

510.16.1.1 Ruang lingkup

Persyaratan dalam pasal ini berlaku bagi ukuran dan proteksi arus lebih konduktor suplai ke mesin perkakas dan untuk data pada pelat nama mesin perkakas.

510.16.1.2 Definisi mesin perkakas logam dan plastik

Yang dimaksud dengan mesin perkakas dalam pasal ini ialah mesin yang digerakkan dengan tenaga listrik, dan tidak portabel, dan digunakan untuk membentuk logam atau plastik dengan cara memotong, menempa, menekan dan mengerjakan teknik listrik atau dengan gabungan cara tersebut.

Yang dimaksud dengan mesin listrik ialah mesin yang digerakkan dengan tenaga listrik, dan tidak portabel untuk membentuk plastik dengan menggunakan energi panas dan/atau mekanis dengan cara memotong dan menekan atau dengan gabungan cara tersebut.

510.16.1.3 Pemberian tanda

Pelat nama yang tetap harus dilekatkan pada perlengkapan kendali atau mesin di suatu tempat yang dapat dilihat dengan mudah setelah mesin itu terpasang. Pada pelat nama harus dicantumkan keterangan mengenai voltase suplai, jumlah fase, frekuensi, arus beban penuh, serta arus pengenal yang terbesar.

CATATAN:

a) Arus beban penuh tidak boleh kurang dari jumlah arus beban penuh semua motor dan perlengkapan lain yang mungkin bekerja serempak pada keadaan kerja biasa. Jika beban luar yang lebih dari ukuran biasa, membutuhkan konduktor yang lebih dari ukuran biasa, KHA yang dibutuhkan harus tercakup dalam data arus beban penuh.

b) Apabila mesin tersebut membutuhkan lebih dari satu sirkit suplai, maka pelat nama harus memuat keterangan tersebut di atas bagi setiap sirkit suplai.

510.16.2 Konduktor

510.16.2.1 Konduktor sirkit suplai harus mempunyai KHA yang tidak kurang dari besarnya arus beban penuh yang tercatat ditambah dengan 25 % dari arus beban penuh motor terbesar yang tertulis pada pelat nama.

Untuk proteksi konduktor suplai ke mesin perkakas, lihat 510.5.6.1.

510.16.2.2 Mesin perkakas harus dilengkapi dengan sarana pemutus dan disuplai dari sirkit cabang yang diproteksi dengan sekering atau pemutus sirkit.

510.16.2.3 Sarana pemutus boleh dilengkapi dengan proteksi arus lebih. Apabila proteksi arus lebih dipasang pada terminal konduktor suplai mesin perkakas, hal ini harus dicantumkan pada pelat nama.

510.17 Perlengkapan sinar X

510.17.1 Umum

510.17.1.1 Ruang lingkup

Persyaratan dalam pasal ini berlaku bagi semua perlengkapan sinar X yang bekerja pada semua frekuensi atau voltase dan yang digunakan dalam bidang industri atau bentuk tujuan lainnya, kecuali bidang kedokteran.

510.17.1.2 Definisi

- a) Perlengkapan sinar X portabel merupakan perlengkapan sinar X yang didesain untuk dapat dibawa dengan tangan;
- b) Perlengkapan sinar X lincah, merupakan perlengkapan sinar X yang dipasang pada suatu dasar yang tetap, dilengkapi dengan roda sehingga mudah memindahkan seluruh perlengkapan;
- c) Perlengkapan sinar X yang dapat diangkat (transportable) merupakan perlengkapan sinar X yang dipasang pada suatu kendaraan/alat pengangkut atau yang dapat dengan mudah dibongkar-pasang pada suatu kendaraan/alat pengangkut untuk diangkat;
- d) Perlengkapan sinar X jenis kerja lama (long time rating), merupakan perlengkapan sinar X yang mempunyai waktu kerja selama 5 menit atau lebih;
- e) Perlengkapan sinar X jenis kerja singkat (momentary rating), merupakan perlengkapan sinar X yang mempunyai waktu kerja tidak melebihi 5 detik.

510.17.1.3 Ruang dengan bahaya kebakaran atau ledakan

Perlengkapan sinar X beserta perlengkapan yang berhubungan dengannya tidak boleh dipasang atau dioperasikan dalam ruang dengan bahaya kebakaran/ledakan kecuali bila perlengkapan tersebut didesain untuk dioperasikan pada tempat yang dimaksud.

510.17.1.4 Hubungan ke sirkit suplai

510.17.1.4.1 Perlengkapan magun dan perlengkapan stasioner

Hubungan antara penyuplai tenaga dan perlengkapan sinar X yang dipasang tetap dan stasioner harus menggunakan cara pengawatan perkawatan yang memenuhi persyaratan PUIL 2000.

Pengecualian:

Perlengkapan yang disuplai oleh suatu sirkit cabang yang bekerja dengan arus pengenal tidak melebihi 30 A, diperkenankan disuplai dengan menggunakan kontak tusuk dan kabel untuk tekanan mekanis berat.

510.17.1.4.2 Perlengkapan genggam dan perlengkapan portabel

Tidak diperlukan sirkit akhir tersendiri bagi perlengkapan sinar X genggam dan portabel yang berkapasitas tidak lebih dari 60 A. Kotak kontak yang dipasang pada sirkit akhir yang berkapasitas 50 A sampai 60 A yang mensuplai perlengkapan sinar X untuk kedokteran harus dari jenis yang memenuhi standar.

Perlengkapan sinar X dari semua kapasitas dari jenis genggam dan jenis portabel harus disuplai dengan menggunakan kontak tusuk dan kabel untuk tekanan mekanis berat.

510.17.1.5 Sarana pemutus

Perlengkapan sinar X harus dilengkapi dengan sarana pemutus pada si rkit suplainya, yang harus dapat dilayani dari tempat yang mudah dicapai dari tempat kendali sinar X.

Kapasitas sarana pemutus tersebut sekurang-kurangnya harus sebesar nilai tertinggi antara 50% dari masukan yang diperlukan untuk perlengkapan jenis kerj a singkat dan 100% dari masukan yang diperlukan untuk perlengkapan jenis kerja lama.

Bagi perlengkapan yang dihubungkan dengan sirkit akhir bervoltase 230 V ke bumi atau berkapasitas 30 A atau kurang, dapat digunakan tusuk kontak dan kotak kontak dari jenis yang dibumikan dan berkekuatan cukup sebagai sarana pemutus.

Pengecualian:

Persyaratan tersebut di atas tidak berlaku bagi perlengkapan sinar X jenis genggam atau portabel dari semua kapasitas yang tersebut dalam 510.17.2.2.

510.17.1.6 Persyaratan sirkit dan proteksi arus lebih

KHA sirkit akhir dan nilai pengenal gawai proteksi arus lebih harus sebesar nilai tertinggi antara 50% dari masukan yang diperlukan untuk perlengkapan jenis kerja singkat dan 100% dari masukan yang diperlukan untuk perlengkapan jenis kerja lama.

510.17.1.7 Jumlah konduktor dalam jalur kabel

Jumlah konduktor sirkit kendali yang dipasang dalam jalur kabel harus memenuhi persyaratan dalam Bagian 7.

510.17.1.8 Ukuran konduktor terkecil

Kabel armatur jenis yang berselubung karet ata u bahan termoplastik, dan kabel fleksibel berukuran penampang 1 mm² atau 1,5 mm² dapat digunakan dalam sirkit kendali dan sirkit kerja perlengkapan sinar X atau lengkapan bantunya apabila diproteksi oleh proteksi arus lebih yang bernilai pengenal 16 A.

510.17.1.9 Pemasangan perlengkapan

Semua perlengkapan baru yang digunakan pada instalasi sinar X dan semua perlengkapan yang telah dipakai atau yang telah diperbaiki yang dipindahkan dan dipasangkan kembali pada suatu tempat yang baru, harus terdiri dari jenis yang memenuhi standar.

510.17.2 Kendali

510.17.2.1 Perlengkapan magun dan perlengkapan stasioner

510.17.2.1.1 Gawai kendali yang terpisah, disamping sarana pemutus, harus merupakan bagian dari suplai kendali sinar X atau dari sirkit primer transformator perlengkapan sinar X. Gawai ini harus merupakan bagian dari perlengkapan sinar X, akan tetapi dapat ditempatkan dalam kotak yang terpisah, yang dipasang berdekatan dengan unit kendali sinar X.

510.17.2.1.2 Sebagai proteksi terhadap akibat kegagalan di sirkit voltase tinggi, suatu gawai proteksi harus dapat digabungkan kedalam gawai kendali yang terpisah untuk mengendalikan beban (lihat pula 6.6.5.4).

510.17.2.2 Perlengkapan genggam dan perlengkapan portabel harus memenuhi 510.17.2.1 tetapi gawai kendali m anual yang bersangkutan harus ditempatkan pada atau di dalam perlengkapan tersebut.

510.17.2.3 Perlengkapan sinar X untuk kedokteran

510.17.2.3.1 Pada tiap perlengkapan jenis radiografik harus terdapat gawai pengukur waktu atau gawai otomatis pemutus penyinaran dan sakelar yang ditahan tangan yang menjalankan pengatur waktu, atau gawai yang otomatis memutuskan penyinaran dan mematikan perlengkapan jika dilepas.

510.17.2.3.2 Tiap perlengkapan jenis fluoroskopis harus dilengkapi dengan sakelar yang didesain untuk dapat membuka secara otomatis, kecuali jika sakelar tersebut ditahan dalam keadaan tertutup oleh operator dan membuka jika dilepas.

510.17.2.3.3 Tiap perlengkapan jenis terapeutic harus dilengkapi dengan sebuah pengukur waktu atau gawai otomatis pemutus penyinaran yang bukan merupakan jenis yang mengulang.

510.17.2.4 Perlengkapan sinar X untuk industri

510.17.2.4.1 Semua perlengkapan jenis radiografik dan fluoroskopik harus tertutup dengan efektif atau harus dilengkapi dengan interlok yang memutus suplai listrik perlengkapan tersebut secara otomatis untuk mencegah sentuhan pada bagian konduktor aktif.

510.17.2.4.2 Perlengkapan jenis difraksi atau irradiasi harus dilengkapi dengan tanda yang jelas dan terlihat dengan mudah pada waktu perlengkapan mendapat suplai tenaga misalnya dengan lampu sinyal, meter yang mudah terbaca atau perlengkapan lain yang sederajat, kecuali jika perlengkapan tersebut tertutup secara efektif atau dilengkapi dengan interlok yang mencegah sentuhan terhadap bagian aktif selama bekerja.

510.17.2.5 Kendali untuk beberapa unit

Apabila lebih dari sebuah perlengkapan bekerja pada suatu sirkit yang sama yang bervoltase lebih dari 1000 V tiap perlengkapan atau tiap kelompok perlengkapan yang merupakan satu unit harus dilengkapi dengan suatu pemutus bervoltase lebih dari 1000 V atau sarana pemutus yang sederajat. Sarana pemutus ini harus dibuat berselungkup atau ditempatkan sedemikian sehingga mencegah sentuhan langsung dengan bagian aktif.

510.17.3 Transformator dan kapasitor

510.17.3.1 Transformator dan kapasitor yang merupakan komponen perlengkapan sinar X tidak perlu memenuhi persyaratan dalam 510.8 dan 510.10.

510.17.3.2 Kapasitor harus dipasang dalam kotak tertutup dari logam yang dibumikan, atau dalam kotak terbuat dari bahan insulasi.

510.17.4 Perlindungan dan pembumian

510.17.4.1 Umum

510.17.4.1.1 Semua bagian yang bervoltase menengah atau bervoltase tinggi termasuk tabung sinar X, harus dipasang dalam selungkup tertutup yang dibumikan. Udara, minyak, gas, atau bahan insulasi lainnya yang sesuai dapat digunakan untuk menginsulasi voltase menengah dan voltase tinggi ke tabung sinar X. Komponen voltase tinggi lainnya harus menggunakan kabel berperisai yang sesuai dengan voltasenya.

510.17.4.1.2 Kabel penghubung tegangan rendah ke unit yang berisi minyak seperti transformator, kondensator, alat pendingin minyak dan sakelar yang tidak tertutup sempurna, harus dari jenis yang tahan minyak.

510.17.4.2 Bagian logam perlengkapan sinar X atau lengkapannya (gawai kendali, meja standar tabung sinar X, tangki transformator, kabel berperisai, kepala tabung sinar X, dan lain-lain) yang tidak menyalurkan arus harus dibumikan menurut cara yang disebutkan dalam Bagian 3. Perlengkapan genggam dan perlengkapan portabel harus dilengkapi dengan kontak tusuk dari jenis yang dibumikan yang memenuhi standar.

510.18 Lampu busur

510.18.1.1 Lampu busur harus disusun atau dipasang sedemikian sehingga partikel kecil yang berpijar dan berloncatan tidak akan membahayakan.

510.18.1.2 Dalam instalasi yang memancarkan sinar yang dapat menyebabkan pengaruh yang membahayakan manusia, maka pengaruh ini harus dihindarkan dengan tindakan yang baik dan tepat.

**Bagian 5-511:
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik –
Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK)
serta komponennya**

CATATAN Bagian 5-511 merupakan revisi Bagian 6 PUIL 2000. Pada penomoran ayat/subayat, angka 511 menggantikan angka 6.

511.1 Ruang lingkup

511.1.1 Bagian ini mengatur persyaratan PHBK yang meliputi, pemasangan, sirkit, ruang pelayanan, penandaan untuk semua jenis PHBK, baik tertutup, terbuka, dan pasangan dalam, maupun pasangan luar.

511.1.2 Bagian ini mengatur juga persyaratan khusus untuk komponen yang merupakan bagian PHBK.

511.2 Ketentuan umum

511.2.1 Penataan PHBK

511.2.1.1 PHBK harus ditata dan dipasang sedemikian sehingga terlihat rapi dan teratur, dan harus ditempatkan dalam ruang yang cukup leluasa.

511.2.1.2 PHBK harus ditata dan dipasang sedemikian sehingga pemeliharaan dan pelayanan mudah dan aman, dan bagian yang penting mudah dicapai.

511.2.1.3 Semua komponen yang pada waktu kerja memerlukan pelayanan, seperti instrumen ukur, tombol dan sakelar, harus dapat dilayani dengan mudah dan aman dari depan tanpa bantuan tangga, meja atau perkakas yang tidak lazim lainnya.

511.2.1.4 Penyambungan saluran masuk dan saluran keluar pada PHBK harus menggunakan terminal sehingga penyambungannya dengan komponen dapat dilakukan dengan mudah, teratur dan aman. Ketentuan ini tidak berlaku bila komponen tersebut letaknya dekat saluran keluar atau saluran masuk.

511.2.1.5 Terminal kabel kendali harus ditempatkan terpisah dari terminal saluran daya.

511.2.1.6 Beberapa PHBK yang letaknya berdekatan dan disuplai oleh sumber yang sama sedapat mungkin ditata dalam satu kelompok.

511.2.1.7 PHBK voltase rendah atau bagiannya, yang masing-masing disuplai dari sumber yang berlainan harus jelas terpisah dengan jarak sekurang-kurangnya 5 cm.

511.2.1.8 Komponen PHBK harus ditata dengan memperhatikan keadaan di Indonesia dan dipasang sesuai dengan petunjuk pabrik pembuat; jarak bebas harus memenuhi ketentuan tersebut dalam 511.2.9.

511.2.1.9 Sambungan dan hubungan konduktor dalam PHBK harus mengikuti ketentuan dalam 7.11.

Semua mur baut dan komponen yang terbuat dari logam dan berfungsi sebagai konduktor, harus dilapisi logam pencegah karat untuk menjamin kontak listrik yang baik. Rel dari

tembaga hanya memerlukan lapisan tersebut pada pemakaian arus 1000A ke atas. Sambungan dua jenis logam yang berlainan harus menggunakan konektor khusus, misalnya konektor bimetal.

511.2.2 Ruang pelayanan dan ruang bebas sekitar PHBK

511.2.2.1 Di sekitar PHBK harus terdapat ruang yang cukup luas sehingga pemeliharaan, pemeriksaan, perbaikan, pelayanan dan lalulintas dapat dilakukan dengan mudah dan aman.

511.2.2.2 Ruang pelayanan di sisi depan, lorong dan emper lalulintas yang dimaksud dalam 511.2.2.1. di atas pada PHBK voltase rendah, lebarnya harus sekurang-kurangnya 0,75 m, sedangkan tingginya harus sekurang-kurangnya 2 m (lihat Gambar 511.2-1).

511.2.2.3 Jika di sisi kiri dan kanan ruang bebas yang berupa lorong terdapat instalasi listrik tanpa dinding pengaman (dinding pemisah), lebar ruang bebas ini harus sekurang-kurangnya 1,5 m (lihat Gambar 511.2-1).

511.2.2.4 Pintu ruang khusus tempat PHBK terpasang harus mempunyai ukuran tinggi sekurang-kurangnya 2 m dan ukuran lebar sekurang-kurangnya 0,75 m (lihat Gambar 511.2-1).

511.2.2.5 Dalam ruang sekitar PHBK tidak boleh diletakkan barang yang mengganggu kebebasan bergerak.

511.2.2.6 PHBK harus dipasang di tempat yang jelas terlihat dan mudah dicapai. Tempat itu harus dilengkapi dengan tanda pengenal seperlunya dan pencahayaan yang cukup.

511.2.2.7 Dinding dan plafon ruang tempat PHBK dipasang harus terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar.

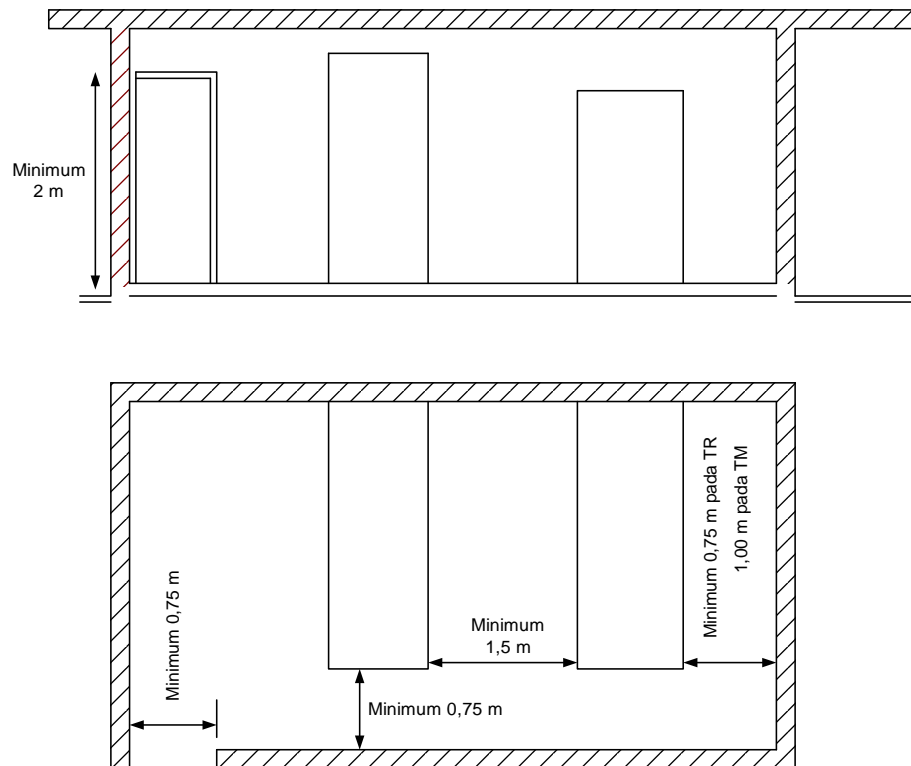
511.2.2.8 Untuk PHBK terbuka voltase rendah dengan rel telanjang melintang dalam ruang bebas, tinggi rel tersebut di atas lantai lorong harus sekurang-kurangnya 2,3 m.

511.2.2.9 Bila pada PHBK terpasang tangkai penggerak yang menonjol ke luar, lebar ruang pelayanan tersebut dalam 511.2.2.9 diukur dari ujung tangkai tersebut.

511.2.2.10 Bila dalam ruang terdapat PHBK voltase rendah dan voltase menengah, PHBK voltase rendah dianggap sebagai dinding tembok dan lebar ruang pelayanan PHBK voltase menengah harus sekurang-kurangnya 1 m.

511.2.2.11 Pada PHBK yang terpasang pada bangunan sederhana, arus hubung pendek tidak boleh melebihi 6000 A.

511.2.2.12 PHBK yang digunakan dalam bangunan sederhana harus dari jenis tertutup dengan bahan kotak yang tidak mudah terbakar.



Gambar 511.2-1 Ruang pelayanan

511.2.3 Penandaan

511.2.3.1 Di beberapa tempat yang jelas dan mudah terlihat pada sirkit arus PHBK dipasang pengenal yang jelas sehingga memudahkan pelayanan dan pemeliharaan.

511.2.3.2 Tiap konduktor fase, konduktor netral dan konduktor proteksi atau rel pembumian harus dapat dibedakan secara mudah dengan warna sesuai dengan Ayat 5210 Bagian 5-52.

511.2.3.3 Untuk memudahkan pelayanan dan pemeliharaan, harus dipasang bagan sirkit PHBK yang mudah dilihat.

511.2.3.4 Terminal gawai kendali harus diberi tanda atau lambang yang jelas dan mudah dilihat sehingga memudahkan pemeriksaan.

511.2.3.5 PHBK yang ada gawai kendalinya harus dilengkapi dengan gambar beserta penjelasan secukupnya.

511.2.3.6 Pada gawai kendali harus ada tanda pengenal dan keterangan yang jelas dan mudah dilihat sehingga memudahkan pelayanan.

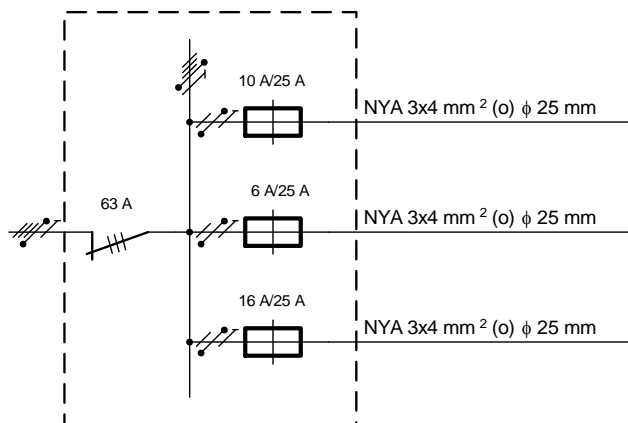
511.2.3.7 Pada PHBK harus dipasang tanda-tanda yang jelas dan tidak mudah terhapus sehingga terlihat pada kelompok mana perlengkapan disambungkan dan pada terminal mana setiap fase dan netral dihubungkan.

511.2.4 Pemasangan sakelar masuk dan proteksi sirkit keluar

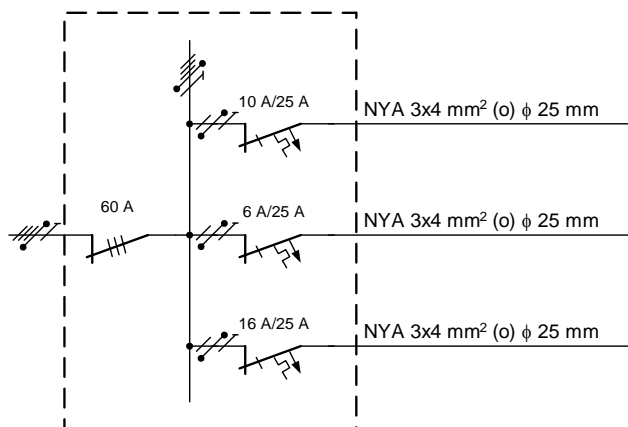
511.2.4.1 Pada sisi konduktor masuk PHBK utama (sirkuit utama) harus dipasang sakelar masuk utama, sedangkan pada setiap sirkit keluar setidaknya-tidaknya dipasang satu proteksi arus lebih. Gawai proteksi arus lebih dapat berupa sekering (Gambar 511.2-2a) atau pemutus sirkit (Gambar 511.2-2b) yang memenuhi persyaratan 433 dan 434 Bagian 4-43.

CATATAN Pada instalasi domestik (rumah tangga) sakelar masuk utama dapat diganti dengan pemutus sirkit asalkan tidak memutus konduktor PEN.

Pada sisi konduktor masuk PHBK cabang sebaiknya dipasang sakelar masuk.



Gambar 511.2-2a Contoh gambar bagan untuk 511.2.4.1 dan 511.2.4.2



Gambar 511.2-2b Contoh gambar bagan untuk 511.2.4.1 dan 511.2.4.2

511.2.4.2 Sakelar masuk utama untuk memutuskan aliran suplai PHBK utama (sirkuit utama) voltase rendah harus mempunyai batas kemampuan minimum 10 A, dan arus minimum sama besar dengan arus nominal konduktor masuk tersebut (lihat 2.2.2.2).

511.2.4.3 Sakelar yang dimaksud dalam 511.2.4.1 dan 511.2.4.2 di atas tidak diperlukan dalam hal berikut:

- a) jika PHBK mendapat suplai dari saluran keluar suatu PHBK lain, yang pada saluran keluarnya dipasang sakelar yang mudah dicapai dan kedua PHBK itu terletak dalam

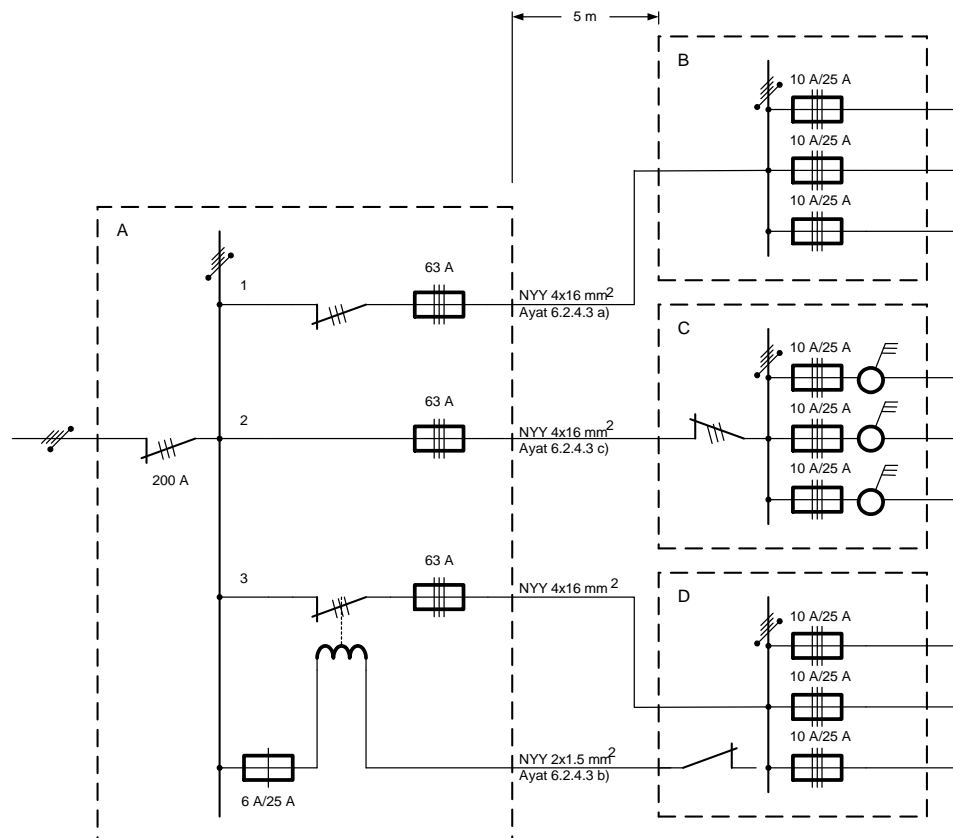
ruang yang sama serta jarak antara keduanya tidak lebih dari 5 m (lihat Gambar 511.2-3a atau Gambar 511.2-3b).

- b) jika dengan cara tertentu dapat dilaksanakan pemutusan dan penyambungan suplai ke PHBK tersebut melalui suatu sakelar pembantu. Sakelar pembantu ini harus dipasang pada tempat yang mudah dicapai.
- c) jika sakelar itu diganti dengan pemisah, asalkan pada setiap sirkit keluar dipasang sakelar keluar (lihat Gambar 511.2-3a atau 511.2-3b).

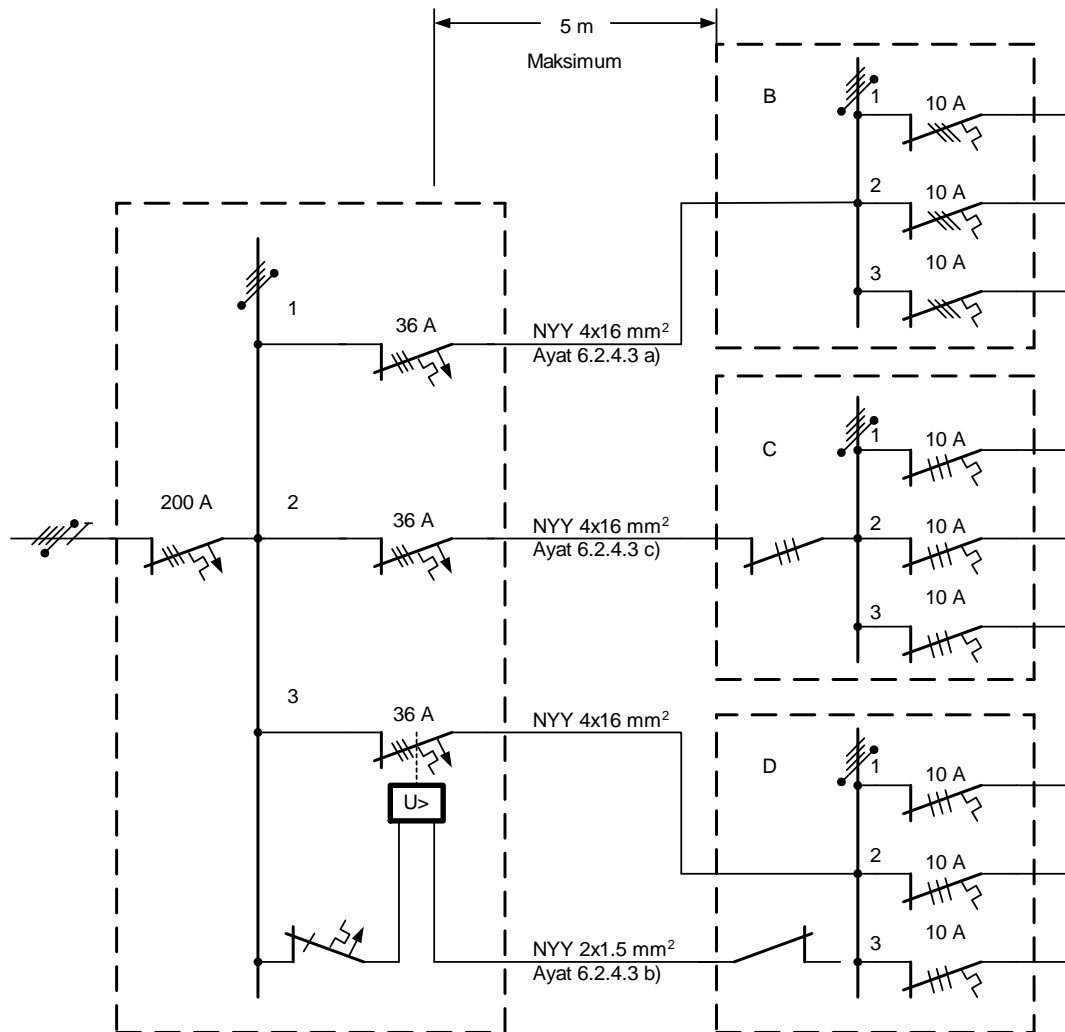
511.2.4.4 Sakelar masuk harus dipasang sedemikian sehingga tidak ada sekering dan gawai lainnya yang menjadi bervoltase, kecuali voltmeter, lampu indikator, dan sekering utama yang dipasang sebelum sakelar masuk, jika sakelar masuk tersebut dalam keadaan terbuka.

511.2.4.5 Sakelar masuk PHBK harus diberi tanda pengenal khusus sehingga mudah dikenal dan dibedakan dari sakelar lain.

511.2.4.6 Jika PHBK dapat disuplai oleh beberapa sumber voltase yang berlainan dan tidak sinkron, maka pada konduktor masuk harus dipasang sakelar yang dalam pelayanannya tidak dimungkinkan terjadi hubungan paralel antara sumber yang berlainan



Gambar 511.2-3a Contoh gambar bagan untuk 511.2.4.3



Gambar 511.2-3b Contoh gambar bagan untuk 511.2.4.3

511.2.5 Pengelompokan perlengkapan sirkit

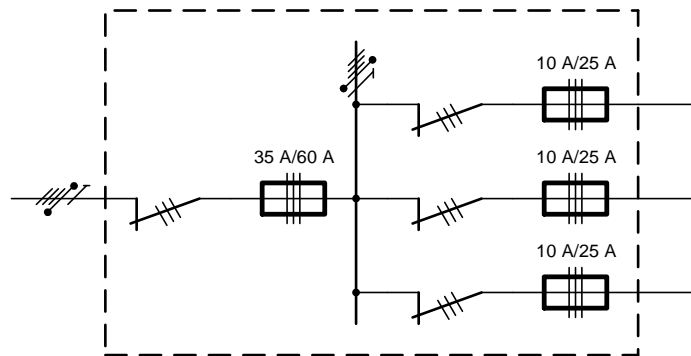
Pada PHBK yang mempunyai banyak sirkit keluar fase tunggal, dan fase tiga, baik untuk instalasi daya maupun instalasi pencahayaan, gawai proteksi, sakelar, dan terminal yang serupa harus dikelompokkan sehingga:

- kelompok perlengkapan instalasi daya sebaiknya terpisah dari kelompok perlengkapan instalasi pencahayaan;
- kelompok perlengkapan fase tunggal, fase dua, dan fase tiga merupakan kelompok sendiri-sendiri yang terpisah.

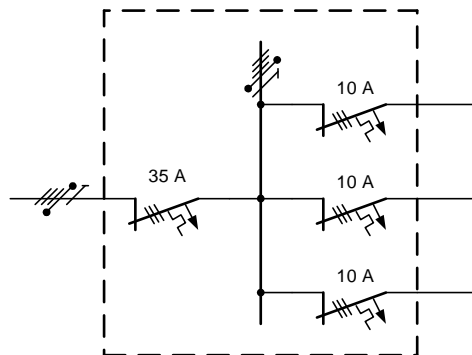
511.2.6 Penempatan sekering, sakelar, dan rel

511.2.6.1 Jika sekering dan sakelar kedua-duanya terdapat pada sirkit masuk, sebaiknya sekering dipasang sesudah sakelar (lihat Gambar 511.2-5a).

511.2.6.2 Jika sekering dan sakelar kedua-duanya terdapat pada sirkit keluar, sebaiknya sekering dipasang sesudah sakelar sebagaimana dimaksud 511.2.7.1 di atas (lihat Gambar 511.2-5a). Apabila sistem proteksi tidak menggunakan sekering tetapi menggunakan pemutus sirkit, maka ketentuan dalam 511.2.7.1 dan ayat ini tidak berlaku, tetapi diterapkan ketentuan seperti tersebut dalam 511.2.4.1 (lihat Gambar 511.2-5b).



Gambar 511.2-5a Contoh gambar bagan untuk 511.2.7.1



Gambar 511.2-5b Contoh gambar bagan untuk 511.2.7.2

511.2.6.3 Kemampuan sakelar pada suatu sirkit sekurang-kurangnya harus sama dengan kemampuan sekering pada sirkit tersebut.

511.2.6.4 Dalam memasang rel dan konduktor pada PHBK untuk arus bolak-balik harus dihindari kemungkinan terjadinya pemanasan yang berlebihan yang disebabkan oleh arus pusar pada kerangka dan pipa pelindung yang terbuat dari bahan feromagnetik.

511.2.7 Pembebanan yang berlebihan

511.2.7.1 Bagian PHBK tidak boleh dibebani secara terus menerus dengan arus, voltase atau frekuensi yang melebihi kemampuannya.

511.2.7.2 PHBK harus tahan terhadap arus hubung pendek yang dapat timbul di dalamnya dengan cara memperhitungkan kerja gawai proteksi yang terpasang di depannya.

511.2.8 Bahan

Bahan yang digunakan harus dari jenis yang sesuai dengan cuaca dan lingkungan setempat.

511.2.9 Jarak minimum antar bagian yang telanjang

511.2.9.1 Untuk PHBK yang ditata ditempat pemasangan, jarak minimum antar setiap bagian bervoltase dan:

- a) semua Bagian Konduktif Terbuka (BKT), yaitu bagian yang bersifat penghantar yang tidak termasuk sirkit arus;
- b) bagian bervoltase lain dengan polaritas atau fase berbeda;
- c) bagian bervoltase lain dengan polaritas yang sama, yang dapat diputuskan hubungannya secara bebas;

harus sekurang-kurangnya 5 cm ditambah 2/3 cm untuk setiap kV voltase nominalnya.

511.2.9.2 Ketentuan dalam 6.2.9.1. tidak berlaku dibagian belakang PHBK, dalam peranti listrik dan juga jika dalam penyelenggaraannya akan menimbulkan kerusakan pada penyambungan peranti listrik.

511.2.10 Pembebanan yang berlebihan

511.2.10.1 Bagian PHBK tidak boleh dibebani secara terus menerus dengan arus, voltase atau frekuensi yang melebihi kemampuannya.

511.2.10.2 PHBK harus tahan terhadap arus hubung pendek yang dapat timbul di dalamnya dengan cara memperhitungkan kerja gawai proteksi yang terpasang di depannya.

511.2.11 Bahan

Bahan yang digunakan harus dari jenis yang sesuai dengan cuaca dan lingkungan setempat.

511.2.12 Penempatan

PHBK untuk voltase menengah harus dipasang dalam ruang kerja listrik atau ruang kerja terkunci.

511.2.13 Pembumian

Pembumian rel pada PHBK adalah sebagai berikut :

- a) bila pada PHBK utama, rel proteksi terpisah dari rel netral, maka rel proteksi harus dihubungkan dengan rel netral dan harus dibumikan (sistem TN-C-S).
- b) bila pada PHBK utama, rel proteksi terpisah dari rel netral, maka hanya rel proteksi saja yang harus dibumikan (sistem TT).

511.3 Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK) tertutup

511.3.1 Umum

511.3.1.1 Rangka, rumah dan bagian konstruksi PHBK tertutup harus terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar, tahan lembab dan kokoh.

511.3.1.2 Sakelar masuk dan sakelar keluar PHBK tertutup harus dapat dilayani dari luar, serta kedudukan atau posisi kerja sakelar itu harus dapat dilihat dengan mudah dari tempat pelayanan.

511.3.1.3 Di dalam PHBK tertutup hanya boleh ada sambungan kawat yang diperlukan untuk penyambungan gawai listrik yang terdapat di dalam PHBK tersebut; sambungan listrik untuk sistem hidrolik/pnematik dan saluran pengukuran dikecualikan dari ketentuan ini asal dipasang secara teratur, teliti, dan sependek mungkin.

511.3.2 PHBK tertutup pasangan dalam

511.3.2.1 PHBK tertutup pasangan dalam yang ditempatkan dalam ruang khusus harus memenuhi ketentuan untuk ruang tersebut dalam Bagian 8.

511.3.2.2 Di tempat untuk pekerjaan kasar yang memungkinkan terjadinya kerusakan mekanik, PHBK tertutup pasangan dalam harus dibuat dengan konstruksi yang diperkuat. Jika dibuat dari konstruksi biasa, PHBK tersebut harus diberi pelindung secukupnya sehingga tahan gangguan mekanis.

511.3.3 PHBK tertutup pasangan luar

511.3.3.1 Konstruksi

511.3.3.1.1 Konstruksi PHBK tertutup pasangan luar harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a) Selungkup harus kokoh dan dibuat dari bahan yang tahan cuaca;
- b) Lubang ventilasi harus dibuat sedemikian sehingga binatang dan benda kecil, serta air yang jatuh tidak mudah dapat masuk ke dalamnya;
- c) Semua komponen harus dipasang di bagian dalam sehingga hanya dapat dilayani dengan membuka tutup yang terkunci.

511.3.3.1.2 Pintu PHBK harus memenuhi ketentuan berikut :

- a) Pintu atau penutup PHBK yang dibuat dari logam harus diamankan dengan jalan membumikannya melalui konduktor fleksibel.
- b) Bila pintu PHBK dibuat dari bahan isolasi, instrumen ukur dengan BKT yang terpasang pada pintu tersebut harus dihubungkan dengan konduktor proteksi PHBK.
- c) Untuk melayani PHBK, pintu hanya boleh dibuka dengan perkakas atau kuci pembuka sekerup. Lazimnya pintu terpasang jika PHBK dalam keadaan bekerja.

511.3.3.2 Penempatan

511.3.3.2.1 PHBK tertutup pasangan luar harus dipasang di tempat yang cukup tinggi sehingga tidak akan terendam pada waktu banjir, dan juga harus cukup kuat.

511.4 Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK) terbuka

511.4.1 Syarat umum

511.4.1.1 PHBK terbuka harus dipasang dalam ruang kerja listrik atau ruang kerja terkunci yang dimaksud dalam Bagian 8, kecuali jika sebagian atau seluruhnya ditempatkan dalam kurungan atau pagar sehingga sentuhan langsung dapat dihindari, atau jika ruang tersebut

merupakan bagian dari ruang khusus seperti laboratorium listrik. Kurungan atau pagar pelindung itu jika terbuat dari logam harus dibumikan dengan baik.

511.4.1.2 PHBK harus dibuat, dirakit dan dilindungi sedemikian rupa sehingga gejala api yang timbul pada waktu pelayanan atau dalam keadaan bekerja tidak akan membahayakan pegawai yang melayaninya atau menjalar ke bagian lain yang dapat terbakar.

511.4.1.3 Rel pada PHBK terbuka harus memenuhi ketentuan dalam 511.2.9.1 dan 511.2.9.2.

511.4.1.4 Jika untuk mengganti sekering pintu harus dibuka, sedangkan PHBK dalam keadaan bekerja, maka harus dirancang suatu pelindung terhadap sentuhan dengan bagian bertegangan.

511.4.2 PHBK terbuka pasangan dalam

511.4.2.1 PHBK terbuka pasangan dalam tidak boleh ditempatkan dekat saluran gas, saluran uap, saluran air atau saluran lain yang tidak ada kaitannya dengan PHBK tersebut.

511.4.2.2 PHBK terbuka pasangan dalam yang panjangnya maksimum 1,2 m dan lebar ruang bebas di belakangnya kurang dari 0,3 m, pemasangannya harus memenuhi ketentuan berikut:

- a) jarak antara bagian terbuka yang bertegangan listrik dan dinding di belakangnya harus sesuai dengan ketentuan dalam 511.2.9.1;
- b) pemeriksaan perlengkapan, serta pemasangan atau pembongkaran sambungan kawat dengan perkakas harus dapat dikerjakan dari depan;
- c) ruang bebas di belakang PHBK yang tidak dipasang dalam ruang kerja listrik atau ruang kerja terkunci, harus dipagari dengan syarat pertukaran udara harus tetap terjamin.

511.4.2.3 Untuk PHBK terbuka pasangan dalam yang panjangnya maksimum 1,2 m dan lebar ruang bebas di belakang kurang dari 0,3 m selain harus memenuhi 511.4.2.2. juga harus memenuhi ketentuan yang berikut:

- a) apabila sambungan listrik tidak dapat dikerjakan dari depan konstruksi PHBK, maka harus memungkinkan dapat dikerjakan dari belakang.
- b) ruang bebas yang ada dalam ruang yang tidak termasuk ruang kerja listrik, harus dipagari dengan syarat pertukaran udara harus tetap terjamin.
- c) dinding di belakang PHBK itu tidak boleh dibuat dari logam kecuali jika lebar ruang bebas tersebut 0,75 m atau lebih.

511.4.2.4 Pada PHBK terbuka pasangan dalam yang panjangnya lebih dari 1,2 m dan bagian belakangnya terbuka, jika pelayanan serta pemeriksaan tidak dapat dilakukan dari depan maka :

- a) 1) di belakang PHBK dan sepanjang PHBK itu harus ada ruang bebas dengan ukuran tinggi minimum 2 m dan lebar minimum 0,75 m.
2) jika di kedua sisi ruang bebas pada ketinggian 2 m terdapat bagian yang bertegangan, maka lebar ruang bebas harus sekurang-kurangnya 1,5 m.
- b) ruang bebas menurut butir a) yang panjangnya kurang dari 6 m dan harus mempunyai sekurang-kurangnya satu jalan masuk di salah satu ujungnya sedangkan jika panjangnya lebih dari 6 m, maka pada kedua ujungnya harus diberi jalan masuk; jalan masuk itu harus mempunyai tinggi minimum 2 m dan lebar minimum 0,75 m dengan ketentuan, jika

diberi pintu maka pintu itu harus dapat membuka keluar; (lihat 8.2.2.9). Gang pelayanan yang panjangnya lebih dari 6 m harus dapat dilewati melalui kedua ujung.

c) dalam ruang bebas itu tidak boleh diletakkan barang-barang.

511.4.2.5 Di dekat PHBK terbuka pasangan dalam tidak boleh dipasang saluran listrik yang tidak ada hubungannya dengan PHBK tersebut. Ketentuan ini tidak berlaku jika PHBK tersebut tertutup dengan baik.

511.4.2.6 Rel dan kawat penyambung tidak boleh ditempatkan di sebelah muka PHBK terbuka, kecuali dalam ruang kerja listrik terkunci.

511.4.3 PHBK terbuka pasangan luar

511.4.3.1 Ruang tempat PHBK terbuka pasangan luar harus memenuhi ketentuan dalam Bagian 8.

511.4.3.2 Semua gawai atau perlengkapan dan bahan penghantar yang dipasang pada PHBK terbuka pasangan luar harus tahan terhadap pengaruh cuaca setempat.

511.4.3.3 Tempat pemasangan PHBK terbuka pasangan luar harus merupakan perlengkapan yang tahan cuaca. Perlengkapan itu harus mempunyai saluran air sehingga dapat dicegah terjadinya genangan air.

511.5 Lemari hubung bagi, kotak hubung bagi dan meja hubung bagi

511.5.1 Bentuk

511.5.1.1 Bentuk PHBK tertutup ada 3 macam yaitu:

- a) Bentuk lemari, yang selanjutnya disebut lemari hubung bagi, dengan ciri sebagai berikut:
 - 1) Selungkup dan kerangka umumnya terbuat dari logam, biasanya dari besi.
 - 2) Konstruksinya dimaksudkan untuk dipasang berdiri pada lantai, pada pondasi, pada dinding atau didalam dinding.
 - 3) Pada sebelah depan dipasang panel logam yang mencegah sentuhan langsung dengan bagian yang bervoltase. Pada sebelah lain bisa saja tidak dipasang pelindung (semi tertutup).
- b) Bentuk kotak, yang selanjutnya disebut kotak hubung bagi atau deretan kotak hubung bagi dengan ciri sebagai berikut :
 - 1) Jika merupakan deretan kotak hubung bagi, kotak tersebut dipasang dengan kuat yang satu pada yang lain, dan jika perlu menggunakan kerangka.
 - 2) Selungkup dan kerangka kotak hubung bagi umumnya terbuat dari logam, biasanya dari besi atau aluminium.
- c) Bentuk meja, yang selanjutnya disebut meja hubung bagi dengan ciri mempunyai bidang untuk pelayanan yang mendatar atau miring, biasanya tingginya kurang dari 1 m.

511.5.1.2 PHBK yang berbentuk lemari, kotak dan meja harus memenuhi ketentuan 511.3, 511.3.1, 511.3.2 dan 511.3.3.

511.5.2 Pemasangan

511.5.2.1 Lemari hubung bagi, kotak hubung bagi dan meja hubung bagi harus dipasang pada tempat yang sesuai, kering dan berventilasi cukup. Bila tidak, perlengkapan tersebut harus diamankan terhadap udara lembab.

511.5.2.2 Dengan tidak mengurangi ketentuan pada 511.2.2.2, bilamana PHBK membuka ke depan, ruang bebas antara dinding atau benda tetap dan pintu-pintu PHBK yang terbuka secara maksimal, atau antara dinding dan komponen PHBK yang ditarik keluar, harus tidak kurang dari 0,45 m.

511.5.2.3 Bila pada tempat umum terpaksa harus ditempatkan lemari hubung bagi, maka pemasangannya harus pada ketinggian sekurang-kurangnya 1,2 m dari lantai sampai dengan alas lemari hubung bagi, atau diberi pagar agar tidak didekati oleh umum.

511.5.2.4 Untuk instalasi perumahan, lemari atau kotak hubung bagi harus dipasang sekurang-kurangnya 1,5 m di atas lantai.

511.5.2.5 Bila lemari/kotak hubung bagi tidak boleh dipasang dalam ruang cuci, maka ia harus ditempatkan pada jarak sekurang-kurangnya 2,5 m dari mesin cuci, kecuali bila lemari/kotak hubung bagi itu kedap air.

511.5.2.6 Lemari/kotak hubung bagi tidak boleh dipasang di : kamar mandi, tempat cuci tangan, toilet, di atas kompor, di atas bak air atau di tempat yang sejenis.

511.5.3 Konstruksi lemari dan panelnya

511.5.3.1 Panel lemari/kotak hubung bagi harus cukup tebal sehingga ketahanannya terhadap gaya mekanis memenuhi persyaratan.

511.5.3.2 Dinding dari lemari/kotak hubung bagi harus cukup tebal sehingga ketahanannya terhadap gaya mekanik memenuhi persyaratan, dan harus dibuat dari bahan yang tak dapat terbakar.

511.6 Komponen yang dipasang pada PHBK

511.6.1 Syarat umum

511.6.1.1 Komponen yang dipasang pada PHBK harus dari jenis yang sesuai dengan syarat penggunaannya.

511.6.1.2 Kemampuan komponen yang dipasang pada PHBK harus sesuai dengan keperluan.

511.6.1.3 Komponen yang dipasang pada PHBK harus memenuhi persyaratan standar yang berlaku.

511.6.2 Instrumen ukur dan indikator

511.6.2.1 Instrumen ukur dan indikator yang dipasang pada PHBK harus terlihat jelas dan harus ada petunjuk tentang besaran apa yang dapat diukur dan gejala apa yang ditunjukkan.

511.6.2.2 Instrumen ukur dan indikator yang dipasang pada PHBK atau panel distribusi harus terhindar terhadap kemungkinan pengaruh induksi listrik sekitar, terlindung dari suhu yang melampaui suhu kerja maksimum, bebas dari getaran mekanik atau pengaruh lain yang dapat menurunkan mutu/akurasi instrumen ukur/indikator.

511.6.2.3 Instrumen ukur dan indikator yang dipasang pada PHBK atau panel distribusi harus selalu terpelihara kehandalannya secara berkesinambungan dapat menampilkan penunjukkan yang benar sesuai dengan peruntukannya.

511.6.2.4 Pengawatan instrumen ukur dan indikator dalam PHBK atau panel distribusi harus menggunakan kabel fleksibel yang mempunyai pelindung elektrik yang dapat dihubungkan dengan saluran pembumian.

511.6.3 Konduktor rel

511.6.3.1 Rel yang digunakan pada PHBK harus terbuat dari tembaga atau logam lain yang memenuhi persyaratan sebagai konduktor listrik.

511.6.3.2 Besar arus yang mengalir dalam rel tersebut harus diperhitungkan sesuai kemampuan rel sehingga tidak akan menyebabkan suhu lebih dari 65 °C. Pada suhu sekitar 35 °C dapat digunakan ukuran rel menurut Tabel 511.6-1 dan 511.6-2 (Tabel pembebanan konduktor yang diperbolehkan untuk tembaga dan aluminium penampang persegi).

511.6.3.3 Lapisan yang digunakan untuk memberi warna rel dan saluran harus dari jenis yang tahan terhadap kenaikan suhu yang diperbolehkan.

511.6.4 Komponen gawai kendali

511.6.4.1 Komponen gawai kendali seperti tombol, sakelar, lampu, sinyal, sakelar magnet dan kawat penghubung harus mempunyai kemampuan yang sesuai dengan penggunaannya.

511.6.4.2 Komponen seperti tombol, sakelar kendali, dan sakelar pemilih harus mempunyai tanda atau warna yang memudahkan operator untuk melayaninya.

511.6.4.3 Konduktor atau kabel yang digunakan untuk gawai kendali dalam PHBK harus berukuran sekurang-kurangnya 1,0 mm² kecuali konduktor atau kabel yang sudah terpasang dalam gawai kendali itu.

511.6.4.4 Proteksi sistem kendali harus terpisah dari proteksi yang lain.

511.6.5 Terminal dan sepatu kabel

511.6.5.1 Terminal harus terbuat dari paduan tembaga atau logam lain yang memenuhi persyaratan atau standar yang berlaku.

511.6.5.2 Dudukan terminal harus terbuat dari bahan isolasi yang tidak mudah pecah atau rusak oleh gaya mekanis dan termis dari konduktor yang disambung pada terminal tersebut.

511.6.5.3 Kemampuan terminal sekurang-kurangnya harus sama dengan kemampuan sakelar dari sirkit yang bersangkutan.

511.6.5.4 Sepatu kabel harus dibuat dari bahan yang sesuai dan kuat, dan ukurannya harus sesuai dengan kabel yang akan dipasang. Sepatu kabel yang dibuat dari bahan aluminium tidak boleh disambung dengan kabel tembaga atau sebaliknya, kecuali dengan menggunakan bimetal.

Pemegang kabel harus dapat memikul gaya berat, gaya tekan, dan gaya tarik yang ditimbulkan oleh kabel yang akan dipasang sehingga gaya-gaya tersebut tidak akan langsung dipikul oleh gawai listrik yang lain.

Tabel 511.6-1 Daftar pembebanan konduktor yang dibolehkan untuk tembaga penampang persegi

Ukuran	Penampang	Berat	Pembebanan kontinu (A)															
			Arus bolak-balik								Arus searah							
			Dilapisi lapisan konduktif Jumlah batang				Telanjang Jumlah batang				Dilapisi lapisan konduktif Jumlah batang				Telanjang Jumlah batang			
m	mm ²	kg/m	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
12 x 2	24	0,23	125	225	-	-	110	200	-	-	130	230	-	-	120	210	-	-
15 x 2	30	0,27	155	270	-	-	140	240	-	-	160	200	-	-	145	255	-	-
15 x 3	45	0,40	185	330	-	-	170	300	-	-	195	335	-	-	175	305	-	-
20 x 2	40	0,36	205	350	-	-	185	315	-	-	210	370	-	-	190	330	-	-
20 x 3	60	0,53	245	425	-	-	220	380	-	-	250	435	-	-	225	395	-	-
20 x 5	100	0,89	325	550	-	-	290	495	-	-	330	570	-	-	300	515	-	-
25 x 3	75	0,67	300	510	-	-	270	460	-	-	300	530	-	-	275	485	-	-
25 x 5	125	1,11	385	670	-	-	350	600	-	-	400	680	-	-	360	620	-	-
30 x 3	90	0,80	350	600	-	-	315	540	-	-	360	630	-	-	325	570	-	-
30 x 5	150	1,34	450	780	-	-	400	700	-	-	475	800	-	-	425	725	-	-
40 x 3	120	1,07	460	780	-	-	420	710	-	-	470	820	-	-	425	740	-	-
40 x 5	200	1,78	600	1000	-	-	520	900	-	-	600	1030	-	-	550	985	-	-
40 x 10	400	3,56	835	1599	2060	2800	760	1350	1650	2500	870	1550	2180	-	800	1395	1950	-
50 x 5	250	2,23	700	1200	1750	2310	630	1100	1550	2100	740	1270	1870	-	660	1150	1700	-
50 x 10	500	4,46	1025	1800	2450	3330	920	1620	2200	3000	1070	1900	2700	-	1000	1700	2400	-
60 x 5	300	2,67	825	1400	1983	2650	750	1300	1800	2400	870	1500	2200	2700	780	1400	1900	2500
60 x 10	600	5,34	1200	2100	2800	3800	1100	1860	2500	3400	1250	2200	3100	3900	1100	2000	2800	3500
80 x 5	400	3,56	1060	1800	2450	3300	950	1650	2700	2900	1150	2000	2800	3500	1000	1800	2500	3200
80 x 10	800	7,12	1540	2600	3450	4600	1400	2300	3100	4200	1650	2800	4000	5100	1450	2600	3600	4500
100 x 5	500	4,45	1310	2200	2950	3800	1200	2000	2800	3400	1400	2500	3400	4300	1250	2250	3000	3900
100 x 10	1000	8,90	1880	3100	4000	5400	1700	2700	3600	4800	2000	3600	4900	6200	1700	3200	4400	5500

CATATAN :

- Suhu sekitar 30 - 35 °C.
- Suhu konduktor tembaga maksimum 65 °C.

Tabel 511.6-2 Daftar pembebanan konduktor yang dibolehkan untuk aluminium penampang persegi

Ukuran	Penampang	Berat	Pembebanan kontinu (A)															
			Arus bolak-balik								Arus searah							
			Dilapisi lapisan konduktif Jumlah batang				Telanjang Jumlah batang				Dilapisi lapisan konduktif Jumlah batang				Telanjang Jumlah batang			
m	mm ²	kg/m	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
12 x 2	24	0,06	100	180	-	-	80	140	-	-	105	185	-	-	80	145	-	-
15 x 2	30	0,08	125	215	-	-	95	170	-	-	130	225	-	-	95	175	-	-
15 x 3	45	0,12	150	265	-	-	115	210	-	-	155	270	-	-	115	220	-	-
20 x 2	40	0,11	165	280	-	-	120	220	-	-	170	295	-	-	125	225	-	-
20 x 3	60	0,16	245	425	-	-	145	270	-	-	200	350	-	-	150	280	-	-
20 x 5	100	0,27	325	550	-	-	195	350	-	-	270	460	-	-	200	370	-	-
25 x 3	75	0,20	240	410	-	-	180	330	-	-	245	430	-	-	185	340	-	-
25 x 5	125	0,34	310	535	-	-	230	430	-	-	320	550	-	-	235	440	-	-
30 x 3	90	0,24	280	480	-	-	205	3385	-	-	290	500	-	-	220	400	-	-
30 x 5	150	0,40	360	625	-	-	270	550	-	-	380	645	-	-	275	520	-	-
40 x 3	120	0,32	370	630	-	-	280	500	-	-	380	660	-	-	285	525	-	-
40 x 5	200	0,54	460	800	-	-	350	650	-	-	485	830	-	-	360	660	-	-
40 x 10	400	1,08	670	1200	1650	2250	515	975	1350	1800	700	1240	1750	-	540	1000	1420	-
50 x 5	250	0,67	560	970	1400	1850	425	780	1120	1500	590	1020	1500	-	445	815	1220	-
50 x 10	500	1,35	820	1440	1960	2660	625	1150	1600	2160	850	1520	2140	-	655	1220	1730	-
60 x 5	300	0,81	670	1160	1600	2120	500	900	1300	1730	700	1210	1700	2200	530	960	1420	1850
60 x 10	600	1,62	960	1680	2280	3040	730	1330	1900	2500	1000	1790	2500	3150	770	1430	2030	2600
80 x 5	400	1,08	880	1500	2000	2600	680	1170	1650	2230	910	1600	2200	2800	700	1260	1850	2400
80 x 10	800	2,16	1250	2140	2860	3800	940	1700	2360	3150	1300	2300	3200	4100	985	1840	2640	3400
100 x 5	500	1,35	1080	1880	2450	3100	820	1440	2000	2600	1120	2000	2700	3400	855	1550	2220	2900
100 x 10	1000	2,70	1520	2550	3400	4300	1150	2050	2800	3700	1580	2800	3900	5000	1200	2240	3200	4200

CATATAN :

- Suhu sekitar 30 - 35 °C.
- Suhu konduktor maksimum 65 °C.
- Untuk pemasangan 4 lapis dibagi dua kelompok dengan suhu udara.

Bagian 6: Verifikasi

CATATAN Bagian 6 merupakan adopsi dari IEC 60364-6:2006 dengan modifikasi. Modifikasi dapat berupa penambahan, perubahan atau pengurangan. Ayat, subayat, tabel, catatan atau lampiran yang merupakan modifikasi diberi tanda MOD.

6.1 Ruang lingkup

Bagian 6 memberikan persyaratan untuk verifikasi awal dan periodik dari instalasi listrik.

Ayat 61 memberikan persyaratan untuk verifikasi awal dengan inspeksi dan pengujian dari instalasi listrik, untuk menentukan apakah persyaratan pada Bagian lain PUIL telah dipenuhi dan menentukan persyaratan untuk pelaporan hasil verifikasi awal, sejauh dapat dipraktikkan dengan wajar. Verifikasi awal dilakukan setelah selesainya instalasi baru atau selesainya tambahan atau perubahan pada instalasi yang telah ada.

Ayat 62 memberikan persyaratan untuk verifikasi periodik pada instalasi listrik untuk menentukan apakah instalasi dan semua bagian perlengkapannya berada dalam kondisi yang memuaskan untuk digunakan dan menentukan persyaratan untuk pelaporan hasil verifikasi periodik, sejauh dapat dipraktikkan dengan wajar.

6.2 MOD Acuan normatif

Dokumen acuan berikut sangat diperlukan untuk penerapan dokumen ini. Untuk acuan bertahun, hanya berlaku edisi yang diacu. Untuk acuan tak bertahun, berlaku edisi termutakhir dari dokumen acuan (termasuk setiap amandemen).

IEC 60364 (*all parts*), *Low-voltage electrical installations*¹

IEC 60364-4-41, *Low-voltage electrical installation – Part 4-41: Protection of safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-42, *Electrical installations of buildings – Part 4-42: Protection of safety – Protection against thermal effects*

IEC 60364-4-43, *Electrical installations of buildings – Part 4-43: Protection of safety – Protection against overcurrent*

IEC 60364-5-51, *Electrical installations of buildings – Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment – Common rules*

IEC 60364-5-52, *Electrical installations of buildings – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

IEC 60364-5-53, *Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and kendali*

IEC 60364-5-54, *Electrical installations of buildings – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors*

IEC 61557 (*all parts*), *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures*

IEC 61557-2, *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 2: Insulation resistance*

IEC 61557-6, *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 6: Residual current devices (RCD) in TT and TN systems*

6.3 Istilah dan definisi

Untuk keperluan dokumen ini, berlaku definisi berikut:

6.3.1

verifikasi

semua tindakan untuk memeriksa kesesuaian instalasi listrik dengan persyaratan yang relevan dari PUIL

CATATAN Tindakan ini mencakup inspeksi, pengujian dan pelaporan.

6.3.2

inspeksi

pemeriksaan instalasi listrik dengan menggunakan semua indera guna memastikan pemilihan yang benar dan pemasangan yang tepat dari perlengkapan listrik

6.3.3

pengujian

implementasi tindakan pada instalasi listrik untuk membuktikan keefektifan instalasi tersebut

CATATAN Implementasi tindakan ini mencakup pemastian nilai dengan sarana instrumen ukur yang sesuai, yang nilainya tidak dapat dideteksi dengan inspeksi.

6.3.4

pelaporan

perekaman hasil inspeksi dan pengujian

6.3.5

pemeliharaan

kombinasi semua tindakan teknik dan administrasi, termasuk tindakan supervisi, yang dimaksudkan untuk mempertahankan suatu bagian instalasi, atau memulihkannya ke suatu keadaan sehingga dapat melakukan fungsi yang disyaratkan.

61 Verifikasi awal

CATATAN Dalam Lampiran C diberikan pedoman untuk penerapan persyaratan Ayat 61.

61.1 Umum

61.1.1 Setiap instalasi harus diverifikasi selama pemasangan, sejauh dapat dipraktikkan dengan wajar, dan pada saat penyelesaian, sebelum difungsikan dalam pelayanan oleh penggunaannya.

61.1.2 Informasi yang disyaratkan pada 514.5 Bagian 5-51 dan informasi lain yang perlu untuk verifikasi awal, harus tersedia untuk orang yang melakukan verifikasi awal.

61.1.3 Verifikasi awal harus mencakup perbandingan dari hasil dengan kriteria yang relevan untuk memastikan bahwa persyaratan PUIL telah dipenuhi.

61.1.4 Tindakan pencegahan harus diambil untuk memastikan bahwa verifikasi tidak menyebabkan bahaya pada orang atau ternak dan tidak menyebabkan kerusakan pada milik orang dan perlengkapan bahkan jika sirkit rusak.

61.1.5 Untuk penambahan atau perubahan pada instalasi yang ada, harus diverifikasi bahwa penambahan atau perubahan memenuhi PUIL dan tidak mengurangi keselamatan instalasi yang ada.

CATATAN Untuk perlengkapan yang digunakan ulang lihat Lampiran E.

61.1.6 Verifikasi awal harus dilakukan oleh personel terampil, yang kompeten dalam verifikasi.

CATATAN Persyaratan mengenai kualifikasi bagi perusahaan dan personel berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

61.2 Inspeksi

61.2.1 Inspeksi harus mendahului pengujian dan biasanya harus dilakukan sebelum energisasi instalasi.

61.2.2 Inspeksi harus dilakukan untuk memastikan bahwa perlengkapan listrik yang merupakan bagian dari instalasi magun adalah:

sesuai dengan persyaratan keselamatan standar perlengkapan yang relevan;

CATATAN Hal ini dapat dipastikan dengan pemeriksaan informasi, penandaan dan sertifikasi pabrikan.

dipilih dan dipasang dengan benar menurut PUIL dan menurut petunjuk pabrikan; tidak terlihat adanya kerusakan yang dapat mengurangi keselamatan.

61.2.3 Inspeksi harus mencakup paling sedikit pemeriksaan berikut, bila relevan:

- a) metode proteksi terhadap kejut listrik (lihat Bagian 4-41);
- b) terdapat penghalang api dan tindakan pencegahan lain terhadap penyebaran api dan proteksi terhadap efek termal (lihat Bagian 4-42 dan Ayat 527 Bagian 5-52);
- c) pemilihan konduktor untuk KHA dan drop voltase (lihat Bagian 4-43 dan Ayat 523 dan 525 Bagian 5-52);
- d) pemilihan dan penyetelan gawai proteksi dan gawai monitor (lihat Bagian 5-53);
- e) adanya dan penempatan yang benar dari gawai isolasi dan gawai sakelar yang sesuai (lihat Ayat 536 Bagian 5-53);
- f) pemilihan perlengkapan dan tindakan proteksi yang sesuai terhadap pengaruh eksternal (lihat Ayat 422 Bagian 4-42, 512.2 Bagian 5-51 dan Ayat 522 Bagian 5-52);
- g) konduktor netral dan konduktor proteksi diidentifikasi dengan benar (lihat 514.3 Bagian 5-51);
- h) gawai sakelar kutub tunggal yang dihubungkan pada konduktor lin (lihat Ayat 536 Bagian 5-53);
- i) adanya gambar, catatan peringatan atau informasi sejenis lain (lihat 514.5 Bagian 5-51);
- j) identifikasi sirkit, gawai proteksi arus lebih, sakelar, terminal dsb.nya (lihat Ayat 514 Bagian 5-51);
- k) hubungan konduktor yang memadai (lihat Ayat 526 Bagian 5-52);
- l) adanya dan memadainya konduktor proteksi, termasuk konduktor ikatan ekuipotensi utama dan suplemen ikatan ekuipotensi (lihat Bagian 5-54);

m) kemampuaksesan perlengkapan untuk kemudahan operasi, identifikasi dan pemeliharaan (lihat Ayat 513 dan 514 Bagian 5-51).

Inspeksi harus mencakup semua persyaratan khusus untuk instalasi atau lokasi khusus.

61.3 Pengujian

61.3.1 Umum

Metode uji yang diuraikan dalam ayat ini diberikan sebagai metode acuan; metode lain tidak dilarang asalkan metode tersebut memberikan hasil yang tidak kurang sah.

Instrumen ukur serta perlengkapan dan metode monitor harus dipilih sesuai dengan bagian yang relevan dari IEC 61557. Jika digunakan perlengkapan ukur lain, maka perlengkapan ukur ini tidak boleh memberikan tingkat yang kurang untuk kinerja dan keselamatan.

Jika relevan pengujian berikut harus dilakukan dan sebaiknya lebih disukai dilakukan dalam urutan berikut:

- a) kontinuitas konduktor (lihat 61.3.2);
- b) resistans insulasi instalasi listrik (lihat 61.3.3);
- c) proteksi dengan SELV, PELV atau dengan pemisahan listrik (lihat 61.3.4);
- d) resistans/impedans dinding dan lantai (lihat 61.3.5);
- e) pemutusan otomatis suplai (lihat 61.3.6);
- f) proteksi tambahan (lihat 61.3.7);
- g) uji polaritas (lihat 61.3.8);
- h) uji urutan fase (lihat 61.3.9);
- i) uji fungsional dan operasional (lihat 61.3.10);
- j) drop voltase (lihat 61.3.11).

Dalam hal sembarang pengujian menunjukkan kegagalan terhadap kesesuaian, maka pengujian tersebut dan setiap pengujian terdahulu, yang hasilnya mungkin telah dipengaruhi oleh kegagalan yang terindikasi, harus diulang setelah kesalahan diperbaiki.

CATATAN Bila pengujian dilakukan dalam atmosfer ledak yang potensial maka perlu tindakan pencegahan terhadap keselamatan, sesuai dengan IEC 60079-17 dan IEC 61241-17.

61.3.2 MOD Kontinuitas konduktor

Harus dilakukan uji kontinuitas listrik pada:

- a) konduktor aktif,
- b) konduktor proteksi, termasuk konduktor ikatan ekuipotensial utama dan suplemen.

61.3.3 Resistans insulasi instalasi listrik

Resistans insulasi harus diukur antara konduktor aktif dan konduktor proteksi yang dihubungkan ke susunan pembumian. Untuk keperluan pengujian ini, konduktor aktif dapat dihubungkan bersama.

Tabel 6A Nilai minimum resistans insulasi

Voltase sirkit nominal V	Voltase uji a.s. V	Resistans insulasi MΩ
SELV dan PELV	250	≥ 0,5
Sampai dengan 500 V, termasuk FELV	500	≥ 1,0
Di atas 500 V	1 000	≥ 1,0

Resistans insulasi, yang diukur dengan voltase uji yang tercantum dalam Tabel 6A adalah memenuhi bila setiap sirkit, dengan peranti didiskoneksi, mempunyai resistans insulasi tidak kurang dari nilai yang sesuai yang tercantum dalam Tabel 6A.

Tabel 6A harus diterapkan untuk verifikasi resistans insulasi antara konduktor proteksi tak dibumikan dan bumi.

Bila gawai proteksi surja (GPS) atau perlengkapan lain mungkin akan mempengaruhi uji verifikasi, atau akan rusak, maka perlengkapan demikian harus didiskoneksi sebelum melakukan uji resistans insulasi.

Bila tidak dapat dipraktikkan untuk mendiskoneksi perlengkapan tersebut (yaitu dalam hal kotak kontak dilengkapi GPS), maka voltase uji untuk sirkit khusus tersebut dapat dikurangi hingga 250 V a.s., tetapi resistans insulasi harus mempunyai nilai paling sedikit 1 MΩ.

CATATAN 1 Untuk keperluan pengukuran, konduktor netral didiskoneksi dari konduktor proteksi.

CATATAN 2 Dalam lokasi yang dapat terkena bahaya kebakaran, sebaiknya diterapkan pengukuran resistans insulasi antara konduktor aktif. Dalam praktik, mungkin diperlukan untuk melakukan pengukuran ini selama pemasangan instalasi sebelum menghubungkan perlengkapan.

CATATAN 3 Nilai resistans insulasi biasanya jauh lebih tinggi dari yang terdapat dalam Tabel 6A. Bila nilai tersebut memperlihatkan perbedaan yang jelas, investigasi lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi penyebabnya.

61.3.4 Proteksi dengan SELV, PELV atau dengan separasi listrik

Separasi sirkit harus sesuai dengan 61.3.4.1 dalam hal diproteksi dengan SELV, 61.3.4.2 dalam hal diproteksi dengan PELV dan 61.3.4.3 dalam hal diproteksi dengan separasi listrik.

Nilai resistans yang diperoleh dalam 61.3.4.1, 61.3.4.2 dan 61.3.4.3 harus paling sedikit untuk sirkit dengan voltase tertinggi yang tercantum dalam Tabel 6A.

61.3.4.1 Proteksi dengan SELV

Pemisahan bagian aktif dari bagian aktif sirkit lain dan terhadap bumi, menurut Ayat 414 Bagian 4-41, harus dikonfirmasi dengan pengukuran resistans insulasi. Nilai resistans yang diperoleh harus sesuai dengan Tabel 6A.

61.3.4.2 Proteksi dengan PELV

Pemisahan bagian aktif dari bagian aktif sirkit lain, menurut Ayat 414 Bagian 4-41, harus dikonfirmasi dengan pengukuran resistans insulasi. Nilai resistans yang diperoleh harus sesuai dengan Tabel 6A.

61.3.4.3 Proteksi dengan separasi listrik

Pemisahan bagian aktif dari bagian aktif sirkit lain dan terhadap bumi, menurut 413 Bagian 4-41, harus dikonfirmasi dengan pengukuran resistans insulasi. Nilai resistans yang diperoleh harus sesuai dengan Tabel 6A.

Dalam hal separasi listrik dengan lebih dari satu pemanfaat listrik, dengan pengukuran ataupun dengan perhitungan, maka harus diverifikasi sehingga dalam hal dua gangguan bersamaan dengan impedans yang dapat diabaikan antara konduktor lin yang berbeda dan konduktor ikatan proteksi atau BKT yang dihubungkan padanya, maka paling sedikit salah satu dari sirkit yang terganggu harus didiskoneksi. Waktu diskoneksi harus sesuai dengan waktu diskoneksi tindakan proteksi diskoneksi otomatis suplai pada sistem TN.

61.3.5 Resistans/impedans insulasi lantai dan dinding

Bila diperlukan untuk memenuhi persyaratan Ayat C.1 Bagian 4-41, maka paling sedikit harus dilakukan tiga pengukuran pada lokasi yang sama, salah satu dari pengukuran ini kira-kira berjarak 1 m dari sembarang BKE yang dapat diakses dalam lokasi. Dua pengukuran lain harus dilakukan pada jarak yang lebih jauh.

Pengukuran resistans/impedans insulasi lantai dan dinding dilakukan dengan voltase sistem ke bumi pada frekuensi nominal.

Seri pengukuran di atas harus diulang untuk setiap permukaan lokasi yang relevan.

CATATAN Dalam Lampiran A, metode pengukuran resistans/impedans insulasi dari lantai atau dinding diberikan sebagai contoh.

61.3.6 Proteksi dengan diskoneksi otomatis suplai

CATATAN Bila GPAS juga diterapkan untuk proteksi terhadap kebakaran, verifikasi kondisi untuk proteksi dengan diskoneksi otomatis suplai dapat dianggap mencakup aspek Bagian 4-42.

61.3.6.1 Umum

Verifikasi keefektifan tindakan untuk proteksi terhadap sentuh tak langsung dengan diskoneksi otomatis suplai dilakukan sebagai berikut:

- a) Untuk sistem TN
 - Kesesuaian dengan persyaratan 411.4.4 dan 411.3.2 Bagian 4-41 harus diverifikasi dengan:
 - 1) pengukuran impedans lingkaran gangguan (lihat 61.3.6.3).

CATATAN 1 Bila GPAS dengan $I_{\Delta n} \leq 500$ mA digunakan sebagai gawai diskoneksi, pengukuran impedans lingkaran gangguan biasanya tidak diperlukan.

Sebagai alternatif, bila perhitungan impedans lingkaran gangguan atau resistans konduktor proteksi tersedia, dan bila susunan instalasi memungkinkan verifikasi panjang dan luas penampang konduktor, maka verifikasi kontinuitas listrik konduktor proteksi (lihat 61.3.2) sudah mencukupi.

CATATAN 2 Kesesuaian dapat diverifikasi dengan pengukuran resistans konduktor proteksi.

2) verifikasi karakteristik dan/atau keefektifan gawai proteksi terkait.

Verifikasi harus dilakukan:

- untuk GPAL, dengan inspeksi visual (yaitu penyetelan waktu singkat atau trip sesaat untuk pemutus sirkit, nilai peringkat arus dan tipe untuk sekering);
- untuk GPAS, dengan inspeksi visual dan pengujian.

Keefektifan diskoneksi otomatis suplai dengan GPAS harus diverifikasi dengan menggunakan perlengkapan uji yang sesuai menurut IEC 61557-6 (lihat 61.3.1), dengan mengkonfirmasi bahwa persyaratan relevan dalam Bagian 4-41 telah dipenuhi.

Direkomendasikan bahwa waktu diskoneksi yang disyaratkan pada Bagian 4-41 diverifikasi. Namun persyaratan waktu diskoneksi harus diverifikasi dalam hal:

- GPAS digunakan ulang;
- Penambahan atau perubahan pada instalasi yang ada bila GPAS yang ada juga masih digunakan sebagai gawai diskoneksi untuk penambahan atau perubahan tersebut.

CATATAN 1 Bila keefektifan tindakan proteksi telah dikonfirmasi pada suatu titik yang terletak di sisi hilir GPAS, proteksi instalasi di hilir titik ini dapat dibuktikan dengan konfirmasi kontinuitas konduktor proteksi.

Sebagai tambahan, harus dikonfirmasi dengan kesepakatan bersama antara kontraktor dan pemasok listrik bahwa persyaratan 411.4.1 Bagian 4-41 telah dipenuhi.

b) Untuk sistem TT

Kesesuaian dengan persyaratan 411.5.3 Bagian 4-41 harus diverifikasi dengan:

1) pengukuran resistans R_A dari elektrode bumi untuk BKT instalasi (lihat 61.3.6.2);

CATATAN Bila pengukuran R_A tidak mungkin, dapat dimungkinkan untuk menggantinya dengan ukuran impedans lingkaran gangguan seperti dalam a) 1).

2) verifikasi karakteristik dan/atau keefektifan gawai proteksi terkait. Verifikasi ini harus dilakukan:

- untuk GPAL, dengan inspeksi visual (yaitu penyetelan waktu singkat atau trip sesaat untuk pemutus sirkit, peringkat arus dan tipe untuk sekering);
- untuk GPAS, dengan inspeksi visual dan dengan pengujian.

Keefektifan diskoneksi otomatis suplai dengan GPAS harus diverifikasi dengan menggunakan perlengkapan uji yang sesuai menurut IEC 61557-6 (lihat 61.3.1) untuk mengkonfirmasi bahwa persyaratan relevan dalam Bagian 4-41 telah dipenuhi.

Direkomendasikan bahwa waktu diskoneksi yang disyaratkan dalam Bagian 4-41 diverifikasi. Namun persyaratan untuk waktu diskoneksi harus diverifikasi dalam hal:

- GPAS digunakan ulang;
- penambahan atau perubahan pada instalasi yang sudah ada jika GPAS yang ada digunakan lagi sebagai gawai diskoneksi untuk penambahan atau perubahan tersebut.

CATATAN Bila keefektifan tindakan proteksi telah dikonfirmasi pada suatu titik yang terletak di sisi hilir GPAS, maka proteksi instalasi di hilir titik ini dapat dibuktikan dengan konfirmasi kontinuitas konduktor proteksi.

b) Untuk sistem IT

Kesesuaian persyaratan 411.6.2 Bagian 4-41 harus diverifikasi dengan perhitungan atau pengukuran arus I_d dalam hal gangguan pertama pada konduktor lin atau pada netral.

CATATAN 1 Pengukuran dilakukan hanya bila perhitungan tidak dimungkinkan, sebab semua parameternya tidak diketahui. Harus diambil tindakan pencegahan bila melakukan pengukuran guna menghindari bahaya karena gangguan dobel.

Bila terjadi kondisi serupa dengan kondisi sistem TT, dalam hal gangguan kedua di sirkit lain (lihat 411.6.2 a) Bagian 4-41), maka dilakukan verifikasi untuk sistem TT (lihat butir b) ayat ini).

Bila terjadi kondisi serupa dengan kondisi sistem TN, dalam hal gangguan kedua di sirkit lain (lihat 411.6.4 b) Bagian 4-41), maka verifikasi dilakukan untuk sistem TN (lihat butir a) ayat ini).

CATATAN 2 Selama pengukuran impedans lingkaran gangguan, maka diperlukan untuk menetapkan hubungan impedans yang dapat diabaikan antara titik netral sistem dan konduktor proteksi, lebih disukai di awal instalasi atau bila hal ini tidak dapat diterima, di titik pengukuran.

61.3.6.2 Pengukuran resistans elektrode bumi

Pengukuran resistans elektrode bumi, bila ditentukan (lihat 411.5.3 untuk sistem TT, 411.4.1 untuk sistem TN, dan 411.6.2 untuk sistem IT, dari Bagian 4-41), dilakukan dengan metode yang sesuai.

CATATAN 1 Lampiran B, Metode B1, sebagai contoh, memberikan uraian metode pengukuran dengan menggunakan dua elektrode bumi bantu dan kondisi yang harus dipenuhi.

CATATAN 2 Bila lokasi instalasi (misalnya dalam kota) adalah sedemikian sehingga tidak mungkin dalam praktik untuk menyediakan dua elektrode bumi bantu, maka pengukuran impedans lingkaran menurut 61.3.6.3, atau Lampiran B, Metode B2 dan B3, akan memberikan nilai yang berlebihan.

61.3.6.3 Pengukuran impedans lingkaran gangguan

Sebelum melakukan pengukuran impedans lingkaran gangguan, uji kontinuitas listrik harus dilakukan menurut 61.3.2.

Impedans lingkaran gangguan terukur harus memenuhi 411.4.4 Bagian 4-41 untuk sistem TN dan dengan 411.6.4 Bagian 4-41 untuk sistem IT.

Bila persyaratan subayat ini tidak dipenuhi atau dalam hal meragukan dan bila ikatan ekuipotensial suplemen menurut 415.2 Bagian 4-41 diterapkan, keefektifan ikatan tersebut harus diperiksa menurut 415.2.2 Bagian 4-41.

61.3.7 Proteksi tambahan

Verifikasi keefektifan tindakan yang diterapkan untuk proteksi tambahan dipenuhi dengan inspeksi visual dan pengujian.

Bila GPAS disyaratkan untuk proteksi tambahan, keefektifan diskoneksi otomatis suplai otomatis dengan GPAS harus diverifikasi dengan menggunakan perlengkapan uji yang sesuai IEC 61557-6 (lihat 61.3.1) dengan mengkonfirmasi bahwa persyaratan relevan dalam Bagian 4-41 telah dipenuhi.

CATATAN 1 Bila GPAS disediakan untuk proteksi gangguan dan proteksi tambahan, maka sebaiknya GPAS ini harus diuji menurut persyaratan paling berat yang relevan dari Bagian 4-41.

61.3.8 Uji polaritas

Lihat 134.1.10.

Bila persyaratan melarang pemasangan gawai saklar kutub tunggal pada konduktor netral, maka harus dilakukan pengujian untuk memverifikasi bahwa semua gawai tersebut dihubungkan hanya pada konduktor lin saja.

61.3.9 Pemeriksaan urutan fase

Dalam hal sirkit multifase, harus diverifikasi bahwa urutan fase dipertahankan.

61.3.10 Uji fungsi

Rakitan, seperti rakitan PHBK, penggerak, kendali dan silih kunci (*interlock*), harus dikenai uji fungsi untuk memverifikasi bahwa rakitan tersebut dipasang dengan benar, disetel dan dipasang sesuai dengan persyaratan relevan standar ini.

Gawai proteksi harus dikenai uji fungsi, bila perlu, untuk memeriksa bahwa telah dipasang dan disetel dengan benar.

CATATAN Uji fungsi ini tidak menggantikan uji fungsi yang dinyatakan dalam standar yang relevan.

61.3.11 Verifikasi drop voltase

Bila disyaratkan untuk memverifikasi kesesuaian dengan Ayat 525 Bagian 5-52, pilihan berikut dapat digunakan:

- drop voltase dapat dievaluasi dengan pengukuran impedans sirkit;
- drop voltase dapat dievaluasi dengan menggunakan diagram serupa yang diperlihatkan sebagai contoh dalam Lampiran D.

61.4 Pelaporan untuk verifikasi awal

61.4.1 Pada saat selesainya verifikasi instalasi baru serta penambahan atau perubahan pada instalasi yang sudah ada, laporan awal harus disediakan. Dokumentasi tersebut harus meliputi rincian cakupan instalasi yang dicakup dalam laporan, bersama-sama dengan rekaman inspeksi dan hasil uji.

Setiap kerusakan atau kesalahan yang ditemukan selama verifikasi pekerjaan harus diperbaiki sebelum kontraktor menyatakan bahwa instalasi memenuhi PUIL.

61.4.2 Dalam hal verifikasi awal dari perubahan atau penambahan pada instalasi yang sudah ada, laporan dapat memuat rekomendasi untuk perbaikan dan peningkatan, yang mungkin sesuai.

61.4.3 Laporan awal harus mencakup:

- rekaman inspeksi;
- rekaman sirkit yang diuji dan hasil uji.

Rekaman rincian sirkit dan hasil uji harus mengidentifikasi setiap sirkit, termasuk gawai proteksi terkait, dan harus merekam hasil pengujian dan pengukuran yang sesuai.

61.4.4 Personel yang bertanggung jawab untuk keselamatan, konstruksi dan verifikasi instalasi, harus memberikan laporan, yang memperhitungkan tanggung jawab masing-

masing, kepada personel yang menugaskan pekerjaan, bersama-sama dengan rekaman yang tercantum dalam 61.4.3.

CATATAN 1 Laporan awal instalasi listrik sebaiknya berisi rekomendasi untuk periode antara verifikasi awal dan verifikasi periodik pertama.

CATATAN 2 Di Indonesia, periode antara verifikasi awal dan verifikasi periodik pertama ditetapkan oleh peraturan perundang-undangan.

61.4.5 Laporan harus disusun dan ditandatangani atau disahkan oleh personel yang kompeten dalam verifikasi.

CATATAN 1 Lampiran F, G dan H memberikan contoh formulir jadwal yang dapat digunakan untuk uraian dan untuk verifikasi awal dan juga verifikasi periodik instalasi, khususnya yang sesuai untuk instalasi perumahan.

62 Verifikasi periodik

62.1 Umum

62.1.1 Bila disyaratkan, verifikasi periodik setiap instalasi harus dilakukan sesuai dengan 62.1.2 hingga 62.1.6.

Bila mungkin, rekaman dan rekomendasi verifikasi periodik terdahulu harus diperhitungkan.

62.1.2 Inspeksi periodik yang terdiri atas pemeriksaan rinci instalasi harus dilakukan tanpa pembongkaran, atau dengan pembongkaran sebagian, jika disyaratkan, ditambah dengan pengujian yang sesuai dari Ayat 61, termasuk verifikasi untuk memperlihatkan bahwa persyaratan untuk waktu diskoneksi seperti yang dicantumkan dalam Bagian 4-41 untuk GPAS dipenuhi, dan dengan pengukuran, untuk memberikan:

- a) keselamatan orang dan ternak terhadap efek kejutan listrik dan luka bakar, dan
- b) proteksi terhadap kerusakan pada harta benda karena kebakaran dan bahang yang timbul dari kerusakan instalasi, dan
- c) konfirmasi bahwa instalasi tidak rusak atau memburuk sehingga mengurangi keselamatan, dan
- d) identifikasi kerusakan instalasi dan penyimpangan dari persyaratan standar ini yang dapat menimbulkan bahaya.

Bila tidak terdapat rekaman terdahulu, maka perlu investigasi lebih lanjut.

CATATAN 1 Instalasi yang sudah ada mungkin telah dirancang dan dipasang sesuai dengan edisi PUIL terdahulu, yang diterapkan pada waktu desain dan pemasangannya. Hal ini tidak berarti bahwa instalasi tersebut tidak aman.

CATATAN 2 Menurut edisi ke 5 IEC 60364-4-41, bila memverifikasi kesesuaian dengan waktu diskoneksi maksimum, maka pengujian sebaiknya diterapkan pada arus sisa sama dengan $5 I_{\Delta n}$.

62.1.3 Harus diambil tindakan pencegahan untuk memastikan bahwa verifikasi periodik tidak akan menyebabkan bahaya terhadap orang atau ternak dan tidak boleh menyebabkan kerusakan pada harta benda dan perlengkapan walaupun sirkit rusak.

Instrumen ukur serta perlengkapan dan metode monitor harus dipilih sesuai dengan bagian relevan IEC 61557. Jika digunakan perlengkapan ukur lain, maka perlengkapan ukur ini tidak boleh memberikan kinerja dan keselamatan yang tingkatnya lebih rendah.

62.1.4 Cakupan dan hasil verifikasi periodik instalasi, atau sembarang bagian instalasi, harus direkam.

62.1.5 Setiap kerusakan, pemburukan, cacat atau kondisi berbahaya harus direkam. Selanjutnya, pembatasan yang signifikan dari verifikasi periodik sesuai dengan standar ini dan alasannya harus direkam.

62.1.6 Verifikasi harus dilakukan oleh personel terampil, kompeten dalam verifikasi.

CATATAN Persyaratan mengenai kualifikasi bagi perusahaan dan personel berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

62.2 Kekerapan verifikasi periodik

62.2.1 Kekerapan verifikasi periodik bagi instalasi harus ditentukan berkaitan dengan jenis instalasi dan perlengkapan, penggunaan dan operasinya, kekerapan dan mutu pemeliharaan serta pengaruh eksternal yang mengengaruhinya.

CATATAN 1 Interval maksimum antara verifikasi periodik dapat ditentukan oleh peraturan perundang-undangan.

CATATAN 2 Interval dapat misalnya beberapa tahun (sebagai contoh 5 tahun), dengan pengecualian kasus berikut jika terdapat risiko yang lebih tinggi dan periode yang lebih singkat mungkin diperlukan;

- tempat atau lokasi kerja dimana terdapat risiko kejutan listrik, kebakaran atau ledakan karena degradasi;
- tempat atau lokasi kerja dimana terdapat instalasi voltase tinggi maupun voltase rendah;
- fasilitas umum;
- tempat konstruksi;
- instalasi keselamatan (misalnya lumener darurat)

Untuk rumah tinggal, periode lebih lama (misalnya 10 tahun) mungkin sesuai. Bila penghuni perumahan telah berganti, verifikasi instalasi listrik sangat disarankan.

Hasil dan rekomendasi laporan terdahulu, bila dapat diperoleh, harus diperhatikan.

CATATAN 4 Bila tidak ada laporan terdahulu, maka diperlukan investigasi lebih lanjut.

62.2.2 Dalam hal instalasi berada di bawah sistem manajemen efektif untuk pemeliharaan preventif dalam penggunaan normal, verifikasi periodik dapat digantikan dengan pengaturan yang sesuai dari pemantauan dan pemeliharaan yang kontinu dari instalasi dan semua perlengkapan utamanya oleh personel terampil. Rekaman yang sesuai harus disimpan.

62.3 Pelaporan verifikasi periodik

62.3.1 Pada saat selesainya verifikasi periodik instalasi yang sudah ada, laporan verifikasi periodik harus dibuat. Dokumentasi tersebut harus mencakup rincian bagian instalasi dan pembatasan verifikasi yang dicakup oleh laporan, bersama-sama dengan rekaman inspeksi, termasuk setiap kekurangan yang terdaftar pada 62.1.5, dan hasil uji. Laporan periodik dapat berisi rekomendasi untuk perbaikan dan peningkatan, misalnya peningkatan instalasi untuk memenuhi standar termutakhir, yang mungkin sesuai.

Laporan periodik harus diberikan oleh personel yang bertanggung jawab untuk melakukan verifikasi, atau personel yang berwenang untuk bertindak atas namanya, kepada personel yang menugaskan verifikasi.

Rekaman hasil uji harus merekam hasil uji yang sesuai, yang dirinci dalam Ayat 62.

62.3.2 Laporan harus disusun dan ditandatangani atau dengan cara lain disahkan oleh personel yang kompeten.

Lampiran A (informatif)

Metode untuk mengukur resistans/impedans insulasi lantai dan dinding terhadap bumi atau terhadap konduktor proteksi

A.1 Umum

Pengukuran impedans atau resistans lantai dan dinding insulasi harus dilakukan dengan voltase sistem ke bumi dan frekuensi nominal, atau dengan voltase yang lebih rendah dengan frekuensi nominal yang sama dikombinasikan dengan pengukuran resistans insulasi. Hal ini dapat dilakukan, misalnya sesuai dengan metode pengukuran berikut:

1) sistem a.b.

- pengukuran dengan voltase a.b. nominal, atau
- pengukuran dengan voltase a.b. yang lebih rendah (minimum 25 V) dan sebagai tambahan dengan uji insulasi menggunakan voltase uji minimum 500 V (a.s.) untuk voltase sistem nominal tidak melebihi 500 V dan voltase uji minimum 1 000 V (a.s.) untuk voltase sistem normal di atas 500 V.

Sumber voltase berikut dapat digunakan sebagai pilihan:

- a) voltase sistem dibumikan (voltase ke bumi) yang terdapat pada titik pengukuran;
- b) voltase sekunder transformator belitan dobel;
- c) sumber voltase independen pada frekuensi nominal sistem.

Dalam hal seperti dirinci pada b) dan c), voltase ukur harus dibumikan untuk pengukuran.

Untuk alasan keselamatan, bila mengukur voltase di atas 50 V, arus keluaran maksimum harus dibatasi hingga 3,5 mA.

2) sistem a.s.

- uji insulasi dengan menggunakan voltase uji minimum 500 V (a.s.) untuk voltase sistem nominal tidak melebihi 500 V;
- uji insulasi dengan menggunakan voltase uji minimum 1 000 V (a.s.) untuk voltase sistem nominal di atas 500 V.

Uji insulasi sebaiknya dilakukan dengan menggunakan perlengkapan ukur sesuai dengan IEC 615557-2.

A.2 Metode uji untuk mengukur impedans lantai dan dinding dengan voltase a.b.

Arus I dialirkan melalui ammeter ke elektrode uji dari keluaran sumber voltase atau dari konduktor lin L . Voltase U_x pada elektrode diukur dengan sarana voltmeter dengan resistans internal paling sedikit 1 M Ω terhadap PE.

Maka impedans insulasi lantai akan sebesar: $Z_x = U_x / I$.

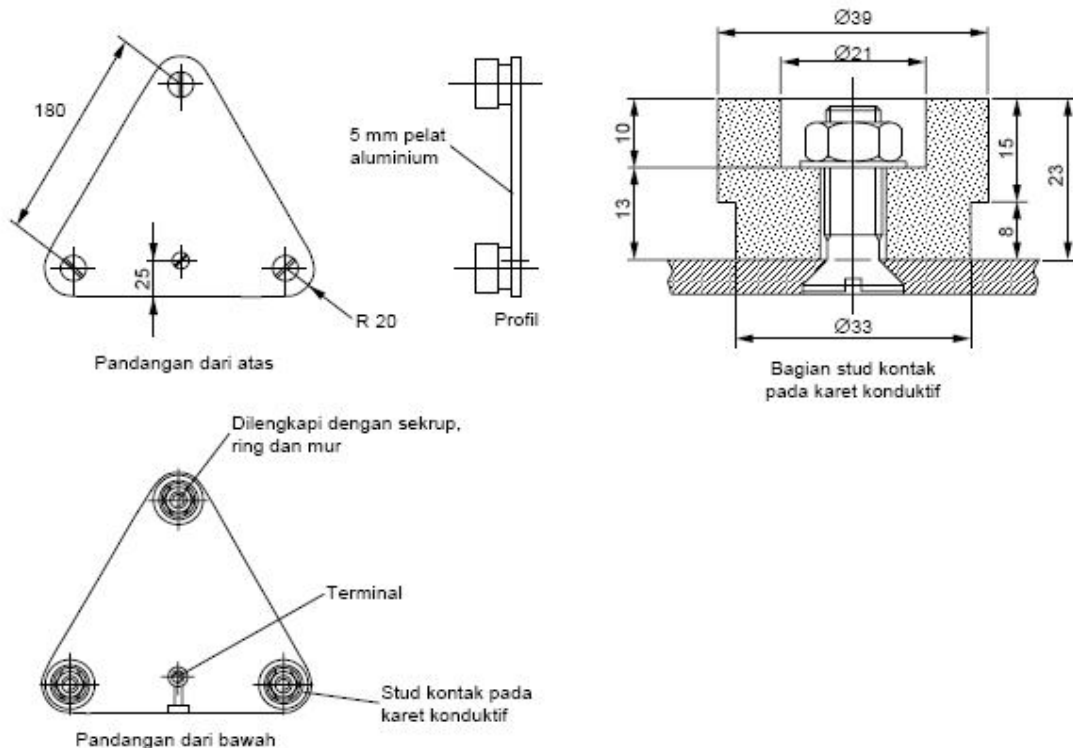
Pengukuran untuk memastikan impedans harus dilakukan pada beberapa titik yang dianggap perlu, yang dipilih secara acak, dengan minimum tiga.

Elektrode uji dapat merupakan salah satu jenis berikut. Dalam hal ada keragu-raguan, penggunaan elektrode uji 1 adalah metode acuan.

A.3 Elektrode uji 1

Elektrode terdiri atas tripod logam dengan bagiannya yang berada pada lantai membentuk titik-titik segitiga sama sisi. Setiap titik penyangga dilengkapi dengan alas fleksibel yang memastikan, bila dibebani, kontak rapat dengan permukaan yang diuji dengan luas kira-kira 900 mm^2 dan memberikan resistans kurang dari $5\,000 \Omega$.

Sebelum melakukan pengukuran, permukaan yang diuji dibersihkan dengan cairan pembersih. Ketika pengukuran dilakukan, gaya sebesar 750 N untuk lantai atau 250 N untuk dinding diterapkan pada tripod.

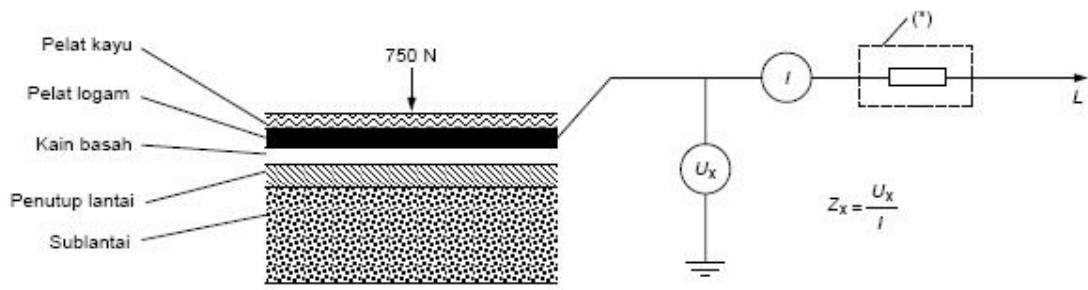


Gambar A.1 – Elektrode uji 1

A.4 Elektrode uji 2

Elektrode terdiri atas pelat logam bujur sangkar dengan sisi berukuran 250 mm , dan kertas atau kain bujur sangkar lembab dan penyerap air, yang surplus airnya telah dibuang, dengan sisi berukuran kira-kira 270 mm . Kertas ditempatkan di antara pelat logam dan permukaan yang diuji.

Selama pengukuran gaya kira-kira 750 N untuk lantai dan 250 N untuk dinding dikenakan pada pelat.



(*) Proteksi terhadap kontak tak disengaja dengan resistans yang membatasi arus hingga 3,5 mA.

Gambar A.2 – Elektrode uji 2

Lampiran B (informatif)

Metode B1, B2 dan B3

B.1 Metode B1 – Pengukuran resistans elektrode bumi

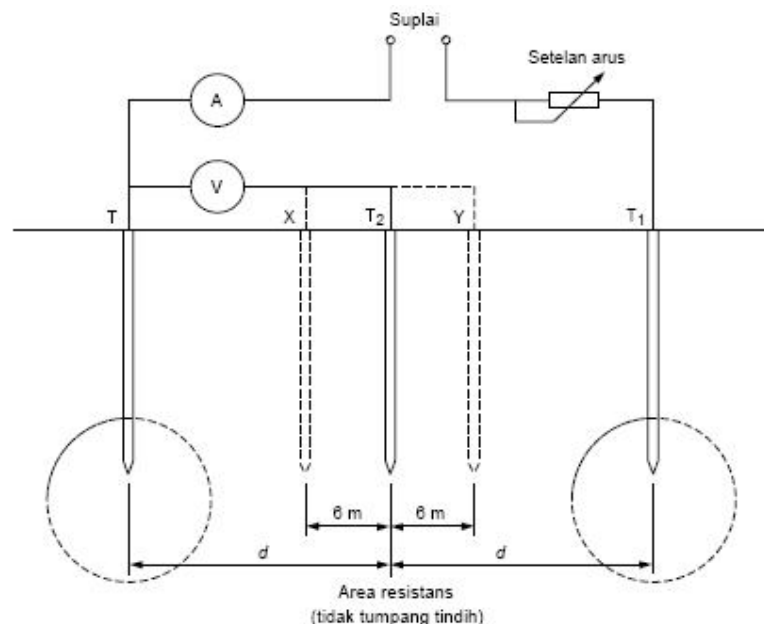
Sebagai contoh, prosedur berikut dapat diadopsi bila pengukuran resistans bumi harus dilakukan (lihat Gambar B.1).

Arus bolak-balik dengan nilai tunak dialirkan antara elektrode bumi, T, dan elektrode bumi bantu, T₁, yang ditempatkan pada jarak dari T sedemikian sehingga daerah resistans dari kedua elektrode tidak tumpang tindih.

Elektrode bumi bantu kedua, T₂, yang dapat merupakan paku logam yang ditancapkan ke dalam bumi, kemudian disisipkan di tengah antara T dan T₁, dan drop voltase antara T dan T₂ diukur.

Maka resistans elektrode bumi adalah voltase antara T dan T₂, dibagi dengan arus yang mengalir antara T dan T₁, asalkan tidak terdapat tumpang tindih daerah resistans.

Untuk memeriksa apakah resistans elektrode bumi adalah nilai yang benar, maka diambil dua pembacaan berikutnya dengan elektrode bantu kedua T₂ dipindahkan masing-masing 6m dari dan 6 m lebih dekat ke T. Jika hasil ketiga-tiganya secara substansial disepakati, rerata dari ketiga pembacaan diambil sebagai resistans elektrode bumi T. Jika tidak ada kesesuaian, maka pengujian diulang dengan jarak antara T dan T₁ ditambah.



Catatan

- T elektrode bumi yang sedang diuji, didiskoneksi dari semua sumber suplai lain
- T₁ elektrode bumi bantu
- T₂ elektrode bumi bantu kedua
- X posisi alternatif T₂ untuk pengukuran pemeriksaan
- Y posisi alternatif selanjutnya dari T₂ untuk pengukuran pemeriksaan lain.

Gambar B.1 - Pengukuran resistans elektrode bumi

B.2 Metode B2 – Pengukuran impedans lingkaran gangguan

Pengukuran impedans lingkaran gangguan harus dilakukan sesuai dengan persyaratan 61.3.6.3.

Sebagai contoh, dapat digunakan metode berikut dengan sarana drop voltase.

CATATAN 1 Metode yang diusulkan dalam lampiran ini hanya memberikan nilai kira-kira impedans lingkaran gangguan karena tidak memperhitungkan sifat vektorial voltase, yaitu kondisi yang terdapat saat gangguan bumi aktual. Namun tingkat kira-kira dapat diterima asalkan reaktans sirkit yang berkaitan dapat diabaikan.

CATATAN 2 Dianjurkan bahwa uji kontinuitas dilakukan antara terminal pembumian utama dan BKT sebelum melakukan uji impedans lingkaran gangguan .

CATATAN 3 Harus diperhatikan fakta bahwa metode saat ini menimbulkan kesukaran dalam penerapannya.

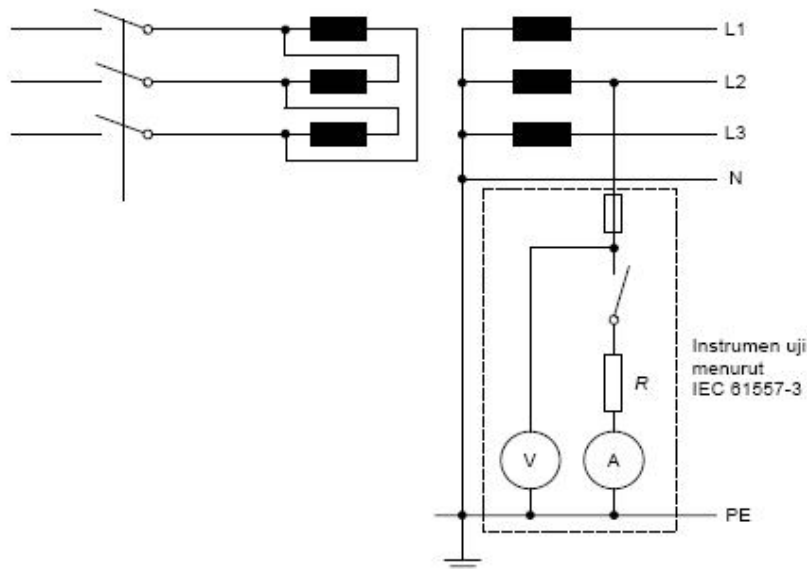
Voltase sirkit yang harus di verifikasi diukur dengan dan tanpa hubungan resistans beban variabel, dan impedans lingkaran gangguan dihitung dari rumus:

$$Z = \frac{U_1 - U_2}{I_R}$$

dengan

- Z adalah impedans lingkaran gangguan;
- U_1 adalah voltase yang diukur tanpa hubungan resistans beban;
- U_2 adalah voltase yang diukur dengan hubungan resistans beban;
- I_R arus yang melalui resistans beban.

CATATAN 4 Perbedaan antara U_1 dan U_2 sebaiknya signifikan



Gambar B.2 – Pengukuran impedans lingkaran gangguan dengan drop voltase

B.3 Metode B3 – Pengukuran resistans lingkaran bumi tanpa klem arus

Metode pengukuran ini bekerja dengan lingkaran bumi yang ada dalam sistem pembumian jala, seperti terlihat dalam Gambar B.3.

Klem pertama membangkitkan voltase ukur U pada lingkaran, klem kedua mengukur arus I dalam lingkaran. Resistans lingkaran dapat dihitung dengan membagi voltase U dengan arus I .

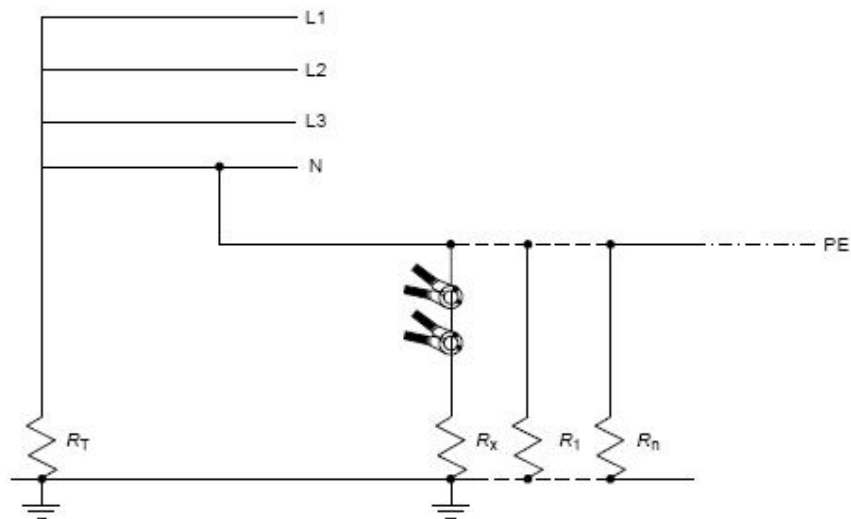
Sebagai nilai hasil resistans paralel $R_1 \dots\dots R_n$ biasanya dapat diabaikan, resistans yang tidak diketahui adalah sama dengan resistans lingkaran yang sedang diukur atau sedikit lebih rendah.

Setiap klem dapat dihubungkan tunggal ke instrumen atau dapat dikombinasikan pada satu klem khusus.

Metode ini langsung dapat diterapkan pada sistem TN dan dalam sistem pembumian jala sistem TT.

Dalam sistem TT, jika hanya tersedia hubungan bumi yang tak diketahui, maka lingkaran dapat ditutup dengan hubungan waktu singkat antara elektrode bumi dan konduktor netral (semi sistem TN) selama pengukuran.

Untuk menghindarkan kemungkinan risiko karena arus yang disebabkan oleh perbedaan potensial antara netral dan bumi, sistem sebaiknya disakelar off selama hubungan dan diskoneksi.



- R_T hubungan bumi transformator
- R_X resistans bumi tak diketahui yang akan diukur
- $R_1 \dots I_N$ hubungan bumi paralel yang dihubungkan dengan ikatan ekuipotensial atau konduktor PEN

Gambar B.3 – Pengukuran resistans lingkaran bumi dengan klem arus

Lampiran C
(informatif)

**Pedoman untuk penerapan persyaratan Ayat 61 –
Verifikasi awal**

Penomoran ayat dan subayat lampiran ini mengikuti penomoran Ayat 61.

Tidak terdapatnya acuan ayat atau subayat berarti bahwa tidak ada penjelasan tambahan yang diberikan untuk ini.

C.61.2 Inspeksi

C.61.2.2 Inspeksi ini juga dimaksudkan untuk memeriksa bahwa instalasi perlengkapan adalah sesuai dengan petunjuk pabrikan agar kinerjanya tidak terpengaruh buruk.

C.61.2.3

b) Adanya penghalang api dan tindakan pencegahan lain terhadap penyebaran api dan proteksi terhadap efek termal (Bagian 4-42 dan Ayat 527 Bagian 5-52)

- adanya penghalang api (527.2 Bagian 5-52)
Pemasangan pengedap diverifikasi untuk memastikan kesesuaian dengan petunjuk pemasangan berkaitan dengan uji tipe IEC untuk produk yang relevan (masih dipertimbangkan oleh ISO).

Tidak diperlukan pengujian lain setelah verifikasi ini.

- proteksi terhadap efek termal (Bagian 4-42)
Persyaratan Bagian 4-42 mengenai proteksi terhadap efek termal berlaku untuk pelayanan normal, yaitu tidak ada gangguan.
Proteksi arus lebih sistem perkawatan merupakan obyek Bagian 4-43 dan Ayat 533 Bagian 5-53.
Operasi gawai proteksi sebagai akibat gangguan, termasuk hubung pendek, atau beban lebih, dianggap sebagai pelayanan normal.
- proteksi terhadap api (Ayat 422 Bagian 4-42)
Persyaratan Ayat 422 untuk lokasi dengan bahaya api mengasumsikan bahwa proteksi terhadap arus lebih sesuai dengan persyaratan Bagian 4-43.

c) dan d) Pemilihan konduktor untuk KHA dan drop voltase serta pemilihan dan penyetelan gawai proteksi dan monitor.

Pemilihan konduktor termasuk bahannya, pemasangan dan luas penampang, pemasangan dan penyetelan gawai proteksi, diverifikasi menurut perhitungan desainer instalasi sesuai dengan persyaratan standar ini, khususnya Bagian 4-41, 4-43, 5-52, 5-53 dan 5-54.

i) Adanya diagram, catatan peringatan dan informasi sejenis lain

Diagram, seperti disyaratkan oleh 514.5 Bagian 5-51, khususnya diperlukan bila instalasi terdiri atas beberapa panel distribusi.

m) Kecukupan hubungan konduktor

Maksud verifikasi ini adalah untuk memeriksa apakah sarana klem memadai untuk konduktor yang harus dihubungkan dan apakah hubungan dilakukan dengan benar.

Dalam hal keragu-raguan, dianjurkan untuk mengukur resistans hubungan. Resistans sebaiknya tidak melebihi resistans konduktor dengan panjang 1 m dan luas penampang yang sama dengan luas penampang terkecil konduktor yang dihubungkan.

p) Kemampuaksesan ke perlengkapan untuk kemudahan operasi, identifikasi dan pemeliharaan

Harus diverifikasi bahwa gawai operasi disusun sedemikian sehingga mudah dapat diakses operator.

Untuk gawai penyakelaran darurat lihat 536.4.2 Bagian 5-53.

Untuk gawai penyakelaran off untuk pemeliharaan mekanis, lihat 536.3.2 Bagian 5-53.

C.61.3 Pengujian**C.61.3.2 Kontinuitas konduktor proteksi**

Pengujian ini disyaratkan untuk verifikasi kondisi proteksi dengan sarana diskoneksi otomatis suplai (lihat 61.3.6) dan dianggap memuaskan jika gawai yang digunakan untuk pengujian memberikan indikasi yang sesuai.

CATATAN Arus yang digunakan untuk pengujian sebaiknya cukup rendah sehingga tidak menyebabkan risiko kebakaran atau ledakan.

C.61.3.3 Resistans insulasi instalasi listrik

Pengukuran harus dilakukan dengan instalasi diisolasi dari suplai.

Pengukuran insulasi biasanya dilakukan pada awal instalasi.

Jika nilai yang diukur kurang dari nilai yang ditentukan dalam Tabel 6A, instalasi dapat dibagi dalam beberapa kelompok sirkit dan resistans instalasi untuk setiap kelompok harus diukur. Jika untuk satu kelompok sirkit, nilai terukur adalah kurang dari yang ditentukan dalam Tabel 5A, maka resistans insulasi setiap sirkit kelompok ini harus diukur.

Bila beberapa sirkit atau bagian sirkit didiskoneksi dengan gawai voltase kurang (misalnya kontaktor) yang memutus semua konduktor aktif, resistans insulasi sirkit ini atau bagian sirkit diukur secara terpisah.

C.61.3.4 Proteksi dengan SELV, PELV atau dengan separasi listrik**C.61.3.4.3 Proteksi dengan separasi sirkit**

Bila perlengkapan mencakup sirkit terpisah dan sirkit lain, insulasi yang disyaratkan diperoleh dengan membuat konstruksi perlengkapan sesuai dengan persyaratan keselamatan dari standar yang relevan.

C.61.3.6 Proteksi dengan diskoneksi otomatis suplai

C.61.3.6.1 Umum

Menurut edisi ke 5 IEC 60364-4-41, bila memverifikasi kesesuaian dengan waktu diskoneksi maksimum, pengujian sebaiknya diterapkan pada arus sisa sama dengan $5 I_{\Delta N}$.

C.61.3.6.2 Pengukuran impedans lingkaran gangguan: pertimbangan kenaikan resistans konduktor dengan kenaikan suhu.

Karena pengukuran dilakukan pada suhu ruang, dengan arus rendah, prosedur yang diuraikan disini dapat diikuti dengan memperhitungkan kenaikan resistans konduktor karena kenaikan suhu yang disebabkan oleh gangguan, untuk memverifikasi, untuk sistem TN, kesesuaian dengan nilai terukur impedans lingkaran gangguan menurut persyaratan 411.4 Bagian 4-41.

Persyaratan 411.4 dianggap dipenuhi bila nilai terukur impedans lingkaran gangguan memenuhi persamaan berikut:

$$Z_s(m) \leq \frac{2}{3} \times \frac{U_0}{I_a}$$

dengan

$Z_s(m)$ adalah impedans terukur arus gangguan lingkaran awal dan akhir pada titik gangguan (Ω);

U_0 adalah voltase konduktor lin ke netral dibumikan (V);

I_a adalah arus yang menyebabkan operasi otomatis gawai proteksi dalam waktu yang dinyatakan dalam Tabel 41.1 atau dalam waktu 5 detik menurut kondisi yang dinyatakan dalam 411.4.

Bila nilai terukur impedans lingkaran gangguan melebihi $2 U_0/3 I_a$, asesmen yang lebih tepat dari kesesuaian dengan 411.4 dapat dilakukan, dengan mengevaluasi nilai impedans lingkaran gangguan menurut prosedur berikut:

- impedans lingkaran konduktor lin suplai – netral dibumikan, Z_e , mula-mula diukur pada awal instalasi;
- resistans konduktor lin dan konduktor proteksi dari sirkit distribusi kemudian diukur;
- resistans konduktor lin dan konduktor proteksi sirkit akhir kemudian diukur;
- nilai resistans yang terukur sesuai dengan a), b) dan c) dinaikkan berdasarkan kenaikan suhu, dengan mempertimbangkan, dalam hal arus gangguan, energi yang melalui gawai proteksi.
- nilai resistans yang dinaikkan sesuai d) akhirnya ditambahkan pada nilai impedans lingkaran konduktor lin suplai – netral dibumikan, Z_s , dengan demikian mendapatkan nilai yang realistik dari Z_s pada kondisi gangguan.

Lampiran D
(informatif)

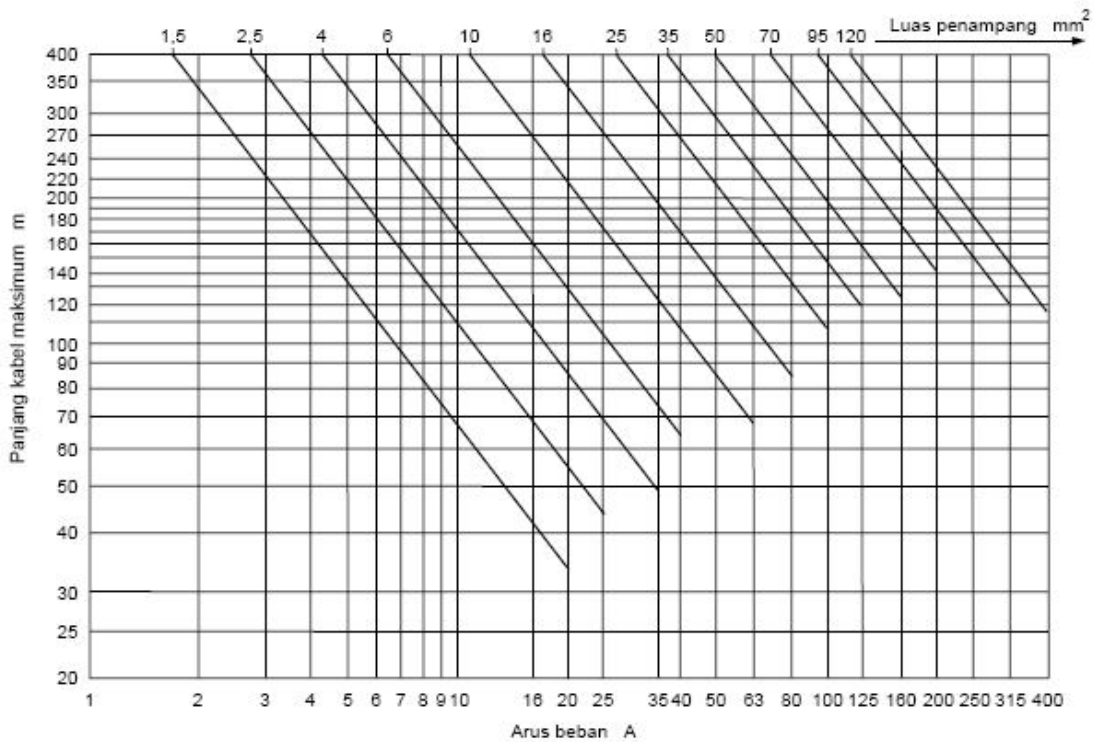
Contoh diagram yang sesuai untuk evaluasi drop voltase

Panjang kabel maksimum untuk drop voltase 4 % pada 400 V a.b. voltase nominal dan 55 °C suhu perkawatan.

Sistem perkawatan trifase, kabel berinsulasi PVC, perkawatan tembaga.

Untuk sistem perkawatan fase tunggal (230 V a.b.), bagi panjang kabel maksimum dengan 2.

Untuk kawat aluminium: : panjang kabel maksimum dibagi 1,6.



CATATAN Diagram di atas tidak dimaksudkan untuk memberikan pedoman untuk KHA konduktor.

Lampiran E
(informatif)

**Rekomendasi untuk perlengkapan listrik digunakan ulang
dalam instalasi listrik**

Perlengkapan digunakan ulang adalah perlengkapan yang telah terpasang sebelumnya.

Untuk perlengkapan digunakan ulang, dokumen sebaiknya tersedia pada saat verifikasi, yang memuat paling sedikit informasi berikut:

- jenis perlengkapan digunakan ulang
- pabrikan
- rincian instalasi relevan
- instrumen uji
- hasil inspeksi
- pengujian yang dilakukan, termasuk verifikasi waktu diskoneksi GPAS, dan hasil pengujian.

Lampiran F
(informatif)

Uraian instalasi untuk verifikasi

CATATAN Khusus diperuntukkan instalasi rumah tangga

Jenis verifikasi														
<input type="checkbox"/> Verifikasi awal														
<input type="checkbox"/> Verifikasi periodik														
Nama pelanggan dan alamat:														
Alamat instalasi:														
Nama instalatir dan alamat:														
Instalasi:														
<input type="checkbox"/> Baru	<input type="checkbox"/> Perubahan													
<input type="checkbox"/> Perluasan	<input type="checkbox"/> Yang sudah ada													
Nama pemeriksa:														
Uraian pekerjaan instalasi:														
Tanggal pemeriksaan:		Tanda tangan:												
Identifikasi instrumen yang digunakan:														
	<table border="1"><thead><tr><th>Jenis</th><th>Model</th><th>Nomor Seri</th></tr></thead><tbody><tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr></tbody></table>	Jenis	Model	Nomor Seri										
Jenis	Model	Nomor Seri												

Karakteristik suplai dan susunan pembumian		Tandai dan tuliskan rincian, yang sesuai	
Susunan pembumian			
Otoritas suplai	Jumlah dan jenis konduktor aktif	Sifat parameter suplai	Karakteristik gawai proteksi suplai masuk
Elektrode bumi konsumen			
Jenis sistem		Voltase nominal, $U/U_0^{(1)}$ V	Tipe:
TN-C	a.b. a.s.	Frekuensi nominal, $f^{(1)}$ Hz	Peringkat arus nominal: A
TN-C-S	1-fase,2 kawat (LN) 2 kutub	Arus hubung-pendek prospektif, $I_{cc}^{(2)}$ kA	
TN-S	1-fase, 3 kawat (LLN) 3 kutub	Impedans lingkaran gangguan bumi eksternal, $Z_e^{(2)}$ Ω	
TT	2-fase, 3 kawat (LLN) lainnya		
IT	3-fase, 3 kawat (LLL) lainnya		
Sumber alternatif suplai (dirinci di jadwal terlampir)	3-fase, 4 kawat (LLL) lainnya	CATATAN (1) Dengan bertanya (2) Dengan bertanya, atau pengukuran atau dengan perhitungan	Kepekaan GPAS, jika dapat diterapkan mA

Rincian elektrode bumi konsumen (jika ada)			
Jenis	Material		
	Cu	Fe	Lain
Elektrode bumi fondasi	0	0	0
Elektrode bumi tanah	0	0	0
Batang	0	0	0
Pita	0	0	0
Lain :	0	0	0
Lokasi:			
Resistans ke bumi: Ω			
CATATAN: Pada instalasi lama, bila informasi di atas tidak dapat ditentukan, agar dicatat			

Konduktor pembumian dan ikatan utama				
Konduktor pembumian:	bahan	l _{pk} ¹⁾	mm ²	hubungan baik <input type="checkbox"/>
Konduktor ikatan ekuipotensial utama:	bahan	l _{pk}	mm ²	hubungan baik 0
Ke saluran air dan/atau gas		0	Ke bagian lain	
Ikatan ekuipotensial suplemen				
Kamar mandi:	bahan	l _{pk}	mm ²	hubungan baik 0.
Kolam renang :	bahan	l _{pk}	mm ²	hubungan baik 0
Lain: (keterangan)	bahan	l _{pk}	mm ²	hubungan baik 0
1) l _{pk} : luas penampang konduktor				

Gawai isolasi dan proteksi di awal instalasi			
	Tipe	Jumlah kutub	Nilai pengenalan
Sakelar utama			V
			A
Sekering atau pemutus sirkit			I_n A
			I_{cn}, I_{cu}, I_{cs} kA
GPAS			I_n A
			$I_{\Delta n}$ mA

Lampiran G
(informatif)

Formulir untuk inspeksi instalasi listrik
(lihat contoh dalam Ayat G.2)

G.1 Formulir untuk inspeksi instalasi listrik

CATATAN Khusus digunakan untuk instalasi rumah tangga.

A Proteksi terhadap sentuh langsung

	Hal	Kesesuaian ^(CATATAN 1)	Catatan
i	Insulasi bagian aktif		
ii	Penghalang		
iii	Selungkup		

B Perlengkapan

	Perlengkapan	Pemilihan ^(CATATAN 2)	Pemasangan ^(CATATAN 1)	Catatan
i	Kabel			
ii	Lengkapan perkawatan			
iii	Konduit			
iv	Berumbung			
v	Perlengkapan distribusi			
vi	Luminer			
vii	Pemanas			
viii	Gawai proteksi GPAS, MCB, dsb.			
ix	Lain-lain			

C Identifikasi

	Hal	Ada	Lokasi benar	Tulisan benar	Catatan
i	Label gawai proteksi, sakelar dan terminal				
ii	Catatan peringatan				
iii	Catatan bahaya				
iv	Identifikasi konduktor				
v	Gawai isolasi				
vi	Gawai sakelar				
vii	Diagram dan jadwal				

CATATAN 1 Tuliskan S (sesuai) bila sesuai dengan standar instalasi, TS (tidak sesuai) jika tidak sesuai

CATATAN 2 Tampak indikasi kesesuaian dengan standar produk yang sesuai. Jika meragukan, pernyataan kesesuaian dengan standar perlu diperoleh dari pabrikan (misalnya dari katalog)

G.2 Contoh hal yang harus diperiksa bila melakukan inspeksi instalasi

Umum

- Pekerjaan baik dan telah digunakan bahan yang sesuai
- Sirkuit dipisahkan (tidak ada interkoneksi netral antara sirkuit)
- Sirkuit diidentifikasi (konduktor netral dan proteksi dalam urutan yang sama seperti konduktor lin)
- Waktu diskoneksi yang mungkin dipenuhi oleh gawai proteksi terpasang
- Jumlah sirkuit yang memadai
- Dilengkapi kotak kontak dengan jumlah yang memadai
- Semua sirkuit diidentifikasi dengan sesuai
- Dilengkapi sakelar utama yang sesuai
- Pemisah utama untuk memutus semua konduktor aktif, jika dapat diterapkan
- Dilengkapi dengan terminal pembumian utama, mudah diakses dan diidentifikasi
- Konduktor diidentifikasi dengan benar
- Terpasang sekering atau pemutus sirkuit yang tepat
- Semua hubungan baik
- Seluruh instalasi telah dibumikan sesuai dengan standar nasional
- Ikatan ekuipotensial utama menghubungkan pelayanan dan BKE ke fasilitas bumi utama
- Ikatan suplemen telah disediakan dalam kamar mandi dan ruang pancuran
- Semua bagian aktif diinsulasi atau berada dalam selungkup.

A Proteksi terhadap sentuh langsung

- Insulasi bagian aktif
- Penghalang (periksa kecukupan dan keselamatannya)
- Selungkup mempunyai tingkat proteksi yang sesuai terhadap pengaruh eksternal
- Selungkup mempunyai tempat masuk kabel yang kedap dengan benar
- Selungkup yang mempunyai tempat masuk tak digunakan telah ditutup bila perlu

B Perlengkapan

1 Kabel dan kabel senur

Kabel dan senur nonfleksibel

- Tipe yang benar
- Peringkat arus yang benar
- Kabel nirsulubung diproteksi dengan selungkup dalam conduit, talang atau berumbung
- Kabel bersulubung dipasang dalam zone yang diizinkan atau dilengkapi proteksi mekanis tambahan
- Bila terpapar cahaya matahari langsung, dengan tipe yang sesuai
- Dipilih dan dipasang dengan benar untuk penggunaannya, misalnya ditanam
- Radius belokan internal sesuai dengan standar yang relevan
- Disangga dengan benar
- Sambungan dan hubungan secara listrik dan mekanis baik dan diinsulasi memadai
- Semua kawat terpasang pada terminal dsb.nya tanpa regangan (*strain*)
- Selungkup terminal
- Pemasangan yang memungkinkan penggantian dengan mudah dalam hal konduktor rusak
- Pemasangan kabel yang menghindari regangan berlebihan pada konduktor dan terminasi
- Proteksi terhadap efek termal
- Satu conduit dimungkinkan untuk konduktor dengan sirkuit yang sama (lihat 521.6 Bagian 5-52)
- Hubungan konduktor (ukuran terminal disesuaikan dengan luas penampang konduktor); harus dipastikan kontak tekanan yang cukup
- Pemilihan konduktor untuk KHA dan drop voltase dengan mempertimbangkan metode perletakannya
- Identifikasi konduktor N, PEN dan PE

Kabel dan kabel senur fleksibel

- Dipilih untuk tahan rusak karena bahang
- Warna inti yang dilarang tidak digunakan
- Sambungan dilakukan dengan menggunakan kopler kabel
- Hubungan akhir ke pemanfaat listrik dipasang dengan baik atau disusun untuk mencegah regangan pada hubungan
- Massa yang disangga dengan penggantung tidak melebihi nilai yang benar

Konduktor proteksi

- Konduktor proteksi disediakan pada setiap titik dan lengkapan
- Konduit fleksibel disuplemen dengan konduktor proteksi
- Luas penampang minimum konduktor tembaga
- Insulasi, selongsong dan terminasi diidentifikasi dengan warna kombinasi hijau dan kuning
- Sambungan yang baik
- Konduktor ikatan utama dan suplemen dengan ukuran yang benar

Umum (dapat diterapkan pada setiap jenis lengkapan)

- Tampak indikasi kesesuaian dengan standar produk yang sesuai, bila disyaratkan dalam standar produk yang relevan
- Kotak atau selungkup lain magun dengan aman
- Sisi kotak tertanam tidak menonjol di luar permukaan dinding
- Tidak terdapat sisi tajam pada tempat masuk kabel, kepala sekerup, dsb.nya yang dapat menyebabkan kerusakan kabel
- Kabel nirselubung dan inti kabel yang selubungnya telah dilepas, tidak terlihat di luar selungkup
- Hubungan yang benar
- Konduktor diidentifikasi dengan benar
- Konduktor proteksi polos diberi selongsong hijau/kuning
- Terminal kencang dan memuat semua pilinan konduktor
- Penjepit kabel senur dipasang dengan benar atau klip dipasang pada kabel untuk mencegah regangan pada terminal
- Peringkat arus yang sesuai
- Sesuai untuk kondisi yang mungkin dihadapi

Kotak kontak

- Tinggi pemasangan di atas lantai atau permukaan kerja sesuai
- Polaritas yang benar
- Sirkuit konduktor proteksi dihubungkan langsung pada terminal pembumian kotak kontak

Kotak sambungan

- Sambungan dapat diakses untuk inspeksi
- Sambungan diproteksi terhadap kerusakan mekanis

Unit hubungan

- Di luar jangkauan orang yang mandi atau menggunakan pancuran
- Peringkat yang benar sekering terpasang

Unit kendali alat masak

- Ditempatkan di sisi dan cukup rendah untuk dapat dijangkau dan mencegah kabel lentur (*flexes trailing*) melintasi pelat panas
- Kabel ke pemasak, magun untuk mencegah regangan (*strain*) pada hubungan

Kendali lampu

- Sakelar kutub tunggal hanya dihubungkan pada konduktor lin
- Kode atau penandaan warna konduktor yang benar
- Pembumian bagian logam yang terbuka, misalnya pelat sakelar logam
- Sakelar di luar jangkauan orang yang sedang mandi atau menggunakan pancuran

Hubungan magun pemanfaat listrik (termasuk luminer)

- Pemasangan menurut rekomendasi pabrikan
- Proteksi terhadap kontak langsung

3 Konduit**Umum**

- Indikasi yang tampak dari kesesuaian dengan standar produk yang sesuai, bila disyaratkan dalam standar produk yang relevan
- Magun dengan aman, penutup pada tempatnya dan diproteksi memadai terhadap kerusakan mekanis
- Jumlah kabel untuk memudahkan penarikan masuk tidak dilampaui
- Jumlah kotak yang memadai untuk penarikan masuk kabel
- Radius belokan sedemikian sehingga kabel tidak rusak
- Tingkat proteksi yang sesuai terhadap pengaruh eksternal

Konduit logam kaku

- Dihubungkan ke terminal pembumian utama
- Kabel lin dan netral diselungkup dalam konduit yang sama
- Konduit sesuai untuk situasi lembab dan korosif

Konduit logam fleksibel

- Disediakan konduktor proteksi terpisah
- Disangga dan diterminasi dengan baik

Konduit nonlogam kaku

- Ketentuan untuk ekspansi dan pengkerutan
- Kotak dan pemagun sesuai untuk massa luminer gantung pada suhu yang diperkirakan
- Dilengkapi dengan konduktor proteksi

4 Berumbung (*trunking*)**Umum**

- Indikasi yang terlihat dari kesesuaian dengan standar produk yang sesuai, bila disyaratkan dalam standar produk yang relevan
- Magun dengan aman dan diproteksi dengan memadai terhadap kerusakan mekanis
- Dipilih, dipasang dan diletakkan sedemikian sehingga tidak timbul kerusakan yang disebabkan karena masuknya air
- Kabel disangga untuk jalur vertikal
- Tingkat proteksi yang sesuai berkaitan dengan pengaruh eksternal dan lokasi

Berumbung logam – persyaratan tambahan

- Kabel lin dan netral diselungkup dalam berumbung logam yang sama
- Diproteksi terhadap lembab atau korosi
- Dibumikan dengan benar
- Sambungan secara mekanis kuat, dan dengan kontinuitas yang baik dengan tautan (*link*) terpasang

5 Perlengkapan distribusi

- Indikasi terlihat dari kesesuaian dengan standar produk yang sesuai, bila disyaratkan dalam standar produk yang relevan
- Sesuai untuk keperluan yang dimaksudkan
- Magun dengan aman dan berlabel sesuai
- Akhir nonkonduktif pada PHB yang dilepas pada hubungan konduktor proteksi dan bila perlu dibuat rapi setelah dihubungkan
- Dibumikan dengan benar
- Kondisi yang mungkin harus diperhitungkan, yaitu sesuai untuk lingkungan yang diperkirakan
- Diterapkan tingkat IP yang benar
- Cocok sebagai sarana isolasi, bila dapat diterapkan
- Tidak dapat diakses oleh orang yang mandi atau menggunakan pancuran
- Memenuhi keperluan isolasi, pemeliharaan mekanis, penyakelaran darurat dan fungsional
- Semua hubungan cukup kuat
- Kabel diterminasi dan diidentifikasi dengan benar
- Tidak ada sisi yang tajam pada tempat masuk kabel, kepala sekerup dsb.nya, yang dapat menyebabkan kerusakan kabel
- Semua penutup dan perlengkapan ditempatnya dan terpasang baik
- Akses dan ruang kerja yang memadai
- Selungkup cocok untuk proteksi mekanis dan bila dapat diterapkan, untuk proteksi kebakaran
- Proteksi terhadap sentuh langsung
- Hubungan yang benar pada perlengkapan
- Pemilihan dan penyetulan gawai proteksi (proteksi terhadap arus lebih)
- Gawai proteksi diperuntukkan masing-masing sirkit
- Perkawaran magun dalam panel distribusi

6 Luminer

Titik lampu

- Diterminasi dengan benar pada lengkapan atau fitting yang sesuai
- Tidak lebih dari satu flex kecuali dirancang untuk beberapa gantungan
- Digunakan gawai penyangga fleksibel
- Kawat sakelar diidentifikasi
- Lubang di plafon di atas roset telah diperbaiki untuk mencegah penyebaran api
- Cocok untuk massa yang digantung
- Ditempatkan dengan cocok
- Pencahayaan darurat

7 Pemanasan

- Indikasi terlihat mengenai kesesuaian dengan standar produk yang sesuai
- Insulasi kelas 2 atau dihubungkan dengan konduktor proteksi

8 Gawai proteksi

- Indikasi terlihat mengenai kesesuaian dengan standar produk yang sesuai, bila disyaratkan dalam standar produk yang relevan
- Dilengkapi dengan GPAS bila disyaratkan
- Dipertimbangkan diskriminasi antara GPAS

9 Lain-lain

C Identifikasi Pelabelan

- Tanda peringatan
- Tanda bahaya
- Identifikasi konduktor
- Gawai isolasi
- Gawai sakelar
- Diagram dan jadwal
- Gawai proteksi

Lampiran H
(informatif)

Laporan untuk verifikasi

Tabel H.1 – Contoh lembaran untuk rincian sirkit dan skedul hasil pengujian

KETERANGAN MENGENAI PANEL DISTRIBUSI (1)																									
Uraian:					Acuan:					Pabrikan:															
Voltase pengenjal: V			Arus nominal: I_n A			Frekuensi: Hz			Tingkat Proteksi IP:				Kemampuan ketahanan hubung-pendek panel distribusi, I_{cc} kA												
SUPLAI UTAMA KE PANEL DISTRIBUSI (6)																									
Gawai proteksi:			Jenis		Arus Pengenal, I_n A			Nilai pengenjal kapasitas hubung-pendek kA			GPAS: mA		I_{op} : kA (2)		Z_s : Ω		Kondisi suplai LP Penampang : L= mm ² PE = mm ²								
RINCIAN SIRKIT										HASIL PENGUJIAN															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
No Sirkit	Keterangan untuk ruangan	Jumlah titik	Fungsi (5)	Beban dihubung-kan kW (9)	Kabel /konduit		Proteksi sirkit			Karakteristik sirkit			Resistans Insulasi M Ω				GPAS			Voltase sentuh (8)	Uji polaritas (3)	Kontinuitas PE	Komenta r+p ers yartanasional		
					Jenis	Penampang – L/PE mm ²	Sekring	Pemutus sirkit	Jenis	Z_s Ω	I_p (A)		N-PE	L1-PE	L2-PE	L3-PE	I_n A	I_{dn} mA	T_d (3) (4)					(7)	

CATATAN

- 1) Dengan pertanyaan (pabrikan, pelat nama atau dokumen teknis)
- 2) Dengan pengukuran atau perhitungan
- 3) Tulis S jika sesuai atau TS jika tidak sesuai
- 4) Pengujian lengkap jika dapat diterapkan harus dilakukan termasuk voltase sentuh dan waktu trip pada arus pengenalan
- 5) Tuliskan kode fungsi yang sesuai (lihat dibawah)
- 6) Hanya dilengkapi jika panel distribusi tidak dihubungkan langsung ke asal instalasi
- 7)
- 8) Hanya diperlukan bila ikatan penyama potensial suplemen telah terpasang menurut 413.1.3.6
- 9) Catat beban terhubung bila dapat diketahui

Singkatan

L	Saluran
T_d	Waktu trip uji
Z_s	Impedans lup gangguan
LP	Luas penampang
I_p	Arus hubung pendek yang terukur pada ujung saluran suplai konsumen. Untuk sirkit kotak-kontak, pengukuran harus dilakukan pada setiap S/O dan hanya dicatat kasus yang paling jelek.
I_{cw}	Ketahanan hubung pendek dari perlengkapan

Kode fungsi (untuk kolom 4)

C	Pemasak
S/O	Kotak-kontak
UFH	Pemanas bawah lantai
H	Pemanasan
W/H	Pemanas air
S/H	Pemanas air tabung
Li	Pencahayaan
HP	Pompa pemanas

Bibliografi

IEC 60079-17, *Electrical apparatus for explosive atmospheres – Part 17: Inspection and maintenance of electrical installations in hazardous areas (other than mines)*

IEC 61241-17, *Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust – Part 17: Inspection and maintenance of electrical installations in hazardous areas (other than mines)*

EN 60238, *Edison screw lampholders*

Bagian 7: Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik – Konduktor dan pemasangannya

CATATAN 1 Bagian 7 merupakan revisi Bagian 7 PUIL 2000.

CATATAN 2 Bagian 7 merupakan tambahan Bagian 5-52. Apabila terjadi perbedaan atau pertentangan, maka yang berlaku adalah Bagian 5-52.

CATATAN 3 Untuk Tabel tetap memakai nomor lama, walaupun nomornya tidak berurutan karena sudah ada tabel yang direvisi/dihapus.

7.1 Umum

7.1.1 Persyaratan umum konduktor

7.1.1.1 Semua konduktor yang digunakan harus dibuat dari bahan yang memenuhi syarat, sesuai dengan tujuan penggunaannya, serta telah diperiksa dan diuji menurut standar yang berlaku.

7.1.1.2 Ukuran konduktor

7.1.1.2.1 Ukuran konduktor dinyatakan dalam ukuran luas penampang konduktor intinya dan satuannya dinyatakan dalam mm².

7.1.1.2.2 Ukuran luas penampang nominal kabel dan kabel tanah yang digunakan harus sesuai dengan Tabel 7.1-1.

7.1.2 Kabel

7.1.2.1 Penggunaan

Penggunaan kabel harus sesuai dengan Tabel 7.1-3 dan 7.1-4, masing-masing untuk kabel instalasi dan kabel fleksibel.

7.1.2.2 Ketentuan tentang voltase pengenal dan voltase kerja

Voltase pengenal dan voltase kerja ditentukan seperti di bawah ini:

a) Voltase pengenal kabel dibedakan dalam tingkatan sebagai berikut:

230/400 (300) V; 300/500 (400) V; 400/690 (600) V; 450/750 (690) V; 0,6/1 kV (1,2 kV).

CATATAN Nilai voltase pengenal di dalam tanda kurung adalah nilai voltase kerja tertinggi untuk perlengkapan yang diperbolehkan untuk kabel. Untuk kabel voltase rendah, voltase kerja tertinggi antar fase ke netral sesuai IEC 60038 (SNI 04-0227-2003, Tegangan standar).

b) Pada keadaan kerja terus menerus (lihat 7.3) yang tidak terganggu, kabel harus mampu diberi voltase kerja maksimum sesuai dengan voltase tertinggi untuk perlengkapan sebagaimana tercantum dalam tanda kurung.

7.1.2.3 Perlindungan dan insulasi pengaman

Lapisan pelindung listrik kabel tidak boleh digunakan sebagai konduktor netral, akan tetapi boleh dihubungkan dengan konduktor netral atau dibumikan.

7.1.3 Kabel tanah

7.1.3.1 Penggunaan kabel tanah dicantumkan dalam Tabel 7.1-5 dan 7.1-6, untuk masing-masing jenis bahan konduktor dan insulasi.

7.1.3.2 Dalam menggunakan kabel tersebut di atas harus pula diperhatikan pembebanan dan cara pemasangan yang diatur dalam pasal-pasal yang bersangkutan.

7.1.3.3 Kabel tanah tidak boleh diberi voltase kerja melampaui nilai voltase tertinggi perlengkapan/kabel yang berkaitan dengan nilai voltase pengenalan perlengkapan/kabel tersebut.

7.1.4 Kabel udara berinsulasi

Kabel udara berinsulasi yang dipasang di sekitar bangunan direntangkan di antara tiang-tiang khusus tanpa insulator atau pada alat pemegang yang dibuat khusus untuk itu. Penggunaan dan syarat-syarat bagi kabel udara berinsulasi tercantum dalam Tabel 7.1-10.

7.1.5 Konduktor jenis lain

Konduktor jenis lain yang tidak disebut dalam standar ini (misalnya kabel berinsulasi mineral, karet EPR atau lainnya) penggunaannya lihat Bagian 5-52.

7.2 Identifikasi konduktor dengan warna

Lihat Ayat 5210 Bagian 5-52.

7.3 Pembebanan konduktor

7.3.1 Pembebanan terus menerus kabel instalasi dengan insulasi tunggal

7.3.1.1 Kabel instalasi inti tunggal berinsulasi PVC yang dimaksud dalam Tabel 7.1-3 baris 1 sampai dengan baris 5, tidak diperbolehkan dibebani arus melebihi KHA yang tercantum pada Tabel 7.3-1, untuk masing-masing luas penampang nominal serta jenis konduktor tembaga.

7.3.1.2 Untuk kabel instalasi inti tunggal berinsulasi karet yang dimaksud dalam Tabel 7.1-3 baris 14 sampai dengan baris 16, nilai yang tercantum pada Tabel 7.3-1 harus dikoreksi sesuai dengan Tabel 7.3-2.

7.3.1.3 Untuk suhu ambien yang lebih tinggi dari 30 °C, Tabel 7.3-1 harus pula dikoreksi sesuai dengan Tabel 7.3-2 dan 7.3-3.

7.3.1.4 Di dalam ruang yang mempunyai suhu ruang atau suhu ambien lebih tinggi dari 55 °C, haruslah digunakan kabel instalasi tahan panas yang khusus dibuat untuk maksud itu (misalnya N2GAU).

7.3.1.5 Tabel 7.3-1 hanya berlaku untuk kabel instalasi dengan insulasi tunggal yang terpasang di dalam conduit sesuai dengan 7.13 dan Tabel 7.8-1, atau di udara yang dipasang sesuai dengan 7.12.1. Nilai-nilai KHA dalam Tabel 7.3-1 tersebut tidak hanya berlaku untuk sistem 1 sampai 3-kawat, tetapi juga untuk sistem 4-kawat. Dapat digunakan juga untuk sistem 5-kawat asalkan salah satu kawatnya adalah kawat konduktor proteksi.

7.3.2 Pembebanan terus menerus kabel instalasi dengan insulasi dan selubung PVC dan kabel fleksibel

7.3.2.1 Kabel instalasi multiinti dengan insulasi dan selubung PVC yang dimaksud pada Tabel 7.1-3 baris 6 sampai dengan baris 13, dan Tabel 7.1-4 baris 1 sampai dengan baris 5, tidak diperbolehkan dibebani arus melebihi KHA yang tercantum pada Tabel 7.3-4 untuk masing-masing luas penampang nominal serta bahan konduktor tembaga. Nilai-nilai KHA dalam 7.3-1 tersebut tidak hanya berlaku untuk sistem 1 sampai 3 kawat, tetapi juga untuk sistem 4 kawat. Dapat digunakan juga untuk sistem 5 kawat asalkan salah satu kawatnya adalah kawat konduktor proteksi.

7.3.2.2 Untuk kabel dengan insulasi dan selubung karet seperti yang dimaksud dalam **52A.1.2.1** dan Tabel 7.1-4 lajur 6 sampai dengan 14, nilai yang tercantum pada Tabel 7.3-4, harus dikoreksi sesuai Tabel 7.3-2.

7.3.2.3 Untuk suhu ambien yang lebih tinggi dari 30 °C, Tabel 7.3-4 harus pula dikoreksi sesuai dengan Tabel 7.3-2 dan 7.3-3.

7.3.2.4 Di dalam ruang yang mempunyai suhu ruang atau suhu ambien lebih tinggi dari 55 °C, haruslah digunakan kabel berinsulasi tahan panas yang khusus dibuat untuk maksud itu (misalnya NSLFou).

7.3.4 Pembebanan terus menerus kabel tanah berinsulasi PVC

7.3.4.1 Kabel tanah berinsulasi PVC yang dimaksud dalam Tabel 7.1-5 tidak diperbolehkan dibebani arus melebihi KHA yang tercantum pada Tabel 7.3-5a, 7.3-5b, 7.3-7a, 7.3-7b, 7.3-8a dan 7.3-8b.

7.3.4.2 KHA yang tercantum pada tabel tersebut di atas dihitung atas dasar kondisi berikut:

- a) Suhu konduktor maksimum untuk insulasi PVC: 70 °C
- b) Untuk pemasangan di dalam tanah dengan siklus harian, beban penuh terus menerus selama maksimum 10 jam dan selanjutnya beban maksimum 60 % dari pada KHA yang tersebut dalam 7.3.4.1 selama minimum 10 jam.
- c) Kabel tanah terpasang di udara dengan syarat sebagai berikut:
 - 1) Jarak minimum antara permukaan kabel tanah dan benda magun, dinding, landasan atau tutup: 2 cm.
 - 2) Untuk kabel tanah yang berdekatan, jarak antara permukaan kedua kabel tanah tersebut. minimum 2D (D = diameter luar kabel).
 - 3) Bilamana kabel tanah dipasang satu di atas yang lain, maka jarak minimum adalah 30 cm.

7.3.4.3 Faktor koreksi

KHA yang tercantum dalam tabel tersebut dalam 7.3.4.1 harus dikoreksi sebagai berikut:

- a) Untuk kabel tanah berinti lebih dari 4 serta berluas penampang 1,5 mm² sampai dengan 10 mm² dan bervoltase 0,6/1 kV (1,2 kV), KHA harus dikoreksi sesuai dengan Tabel 7.3-13.
- b) Untuk kabel tanah yang ditanam di dalam tanah yang mempunyai resistans panas jenis lain dari 100 °C cm/W, KHA harus dikoreksi dengan faktor yang tercantum dalam Tabel 7.3-14.
- c) Untuk kabel tanah yang ditanam dalam tanah dengan suhu ambien yang berbeda dari 30 °C, KHA harus dikoreksi dengan faktor yang tercantum dalam Tabel 7.3-15a.

- d) Untuk kabel tanah yang ditanam dalam tanah bersama-sama, KHA harus dikoreksi dengan faktor-faktor yang tercantum dalam Tabel 7.3-16a untuk a.s. dan a.b., sedangkan Tabel 7.3-16b dan 7.3-17 untuk a.b.
- e) Untuk kabel tanah yang dipasang di udara pada suhu ambien yang lain dari 30 °C, KHA harus dikoreksi dengan faktor yang tercantum dalam Tabel 7.3-18.
- f) Untuk kabel tanah yang dipasang bersama-sama di udara, KHA harus dikoreksi dengan faktor yang tercantum dalam Tabel 7.3-19 dan 7.3-20 untuk sistem a.s. dan a.b. Dalam penggunaan tabel tersebut harus diperhatikan faktor dan jumlah kabel seperti yang tercantum pula dalam kedua Tabel 7.3-19 dan 7.3-20 tersebut.

7.3.4.4 KHA yang tercantum dalam 7.3-5a, 7.3-5b, 7.3-7a, 7.3-7b, 7.3-8a dan 7.3-8b serta faktor koreksinya seperti yang dimaksudkan dalam 7.3.4.3 dihitung atas dasar kondisi berikut:

- a) Kabel tanah dipasang 70 cm dalam tanah.
- b) Resistans-panas-jenis dari tanah 100 °C cm/W.
- c) Resistans-panas-jenis bahan insulasi PVC : 600 °C cm/W & XLPE : 350 °C cm/W
- d) Suhu maksimum konduktor untuk kabel tanah berinsulasi PVC adalah 70 °C.

7.4 Pembebanan konduktor dalam keadaan khusus

7.4.1 Definisi

7.4.1.1 Pembebanan singkat

Yang dimaksud dengan pembebanan singkat ialah pembebanan dengan waktu kerja singkat, tidak melampaui 4 menit, disusul dengan waktu istirahat yang cukup lama, sehingga konduktor menjadi dingin kembali sampai suhu ambien.

7.4.1.2 Pembebanan intermiten

Yang dimaksud dengan pembebanan intermiten ialah pembebanan berdaur (periodik) dengan waktu kerja tidak melampaui 4 menit diselingi dengan waktu istirahat (beban nol atau berhenti), yang cukup lama untuk mendinginkan konduktor sampai suhu ambiennya.

7.4.2 Perhitungan pembebanan singkat dan intermiten

7.4.2.1 Pembebanan singkat

Pada pembebanan singkat konduktor boleh dibebani lebih tinggi dari KHA dengan suatu faktor K_s . Untuk perhitungan praktis, K_s dapat dihitung sebagai berikut:

$$K_s = \frac{t_d}{t_b}$$

dengan:

t_d = jumlah waktu kerja singkat (t_b) ditambah dengan waktu yang minimum dibutuhkan konduktor untuk dapat menjadi dingin sampai suhu ambiennya

t_b = jangka waktu kerja singkat, tidak lebih dari 4 menit

7.4.2.2 Pembebanan intermiten

Pada pembebanan intermiten konduktor boleh dibebani lebih tinggi dari KHA dengan faktor K_i . Untuk perhitungan praktis, K_i dapat dihitung sebagai berikut:

$$K_i = 0,875 \frac{t_s}{t_b}$$

dengan:

t_s = waktu daur kerja intermiten, tidak lebih dari 10 menit.

t_b = waktu pembebanan, tidak lebih dari 4 menit

7.4.2.3 Ketentuan dalam 7.4.2.2, tidak berlaku untuk konduktor tembaga yang mempunyai luas penampang nominal kurang dari 10 mm² atau aluminium kurang dari 16 mm².

7.5 Proteksi arus lebih

7.5.1 Ketentuan umum

7.5.1.1 Dengan memperhatikan 7.5.1.2, konduktor harus diproteksi dengan gawai proteksi (sekering atau pemutus sirkit) yang harus dapat membuka sirkit dalam waktu yang tepat bila timbul bahaya bahwa suhu konduktor akan menjadi terlalu tinggi.

Gawai proteksi harus dipilih yang mempunyai nilai arus pengenal lebih rendah atau sama dengan KHA konduktor dengan memperhatikan persyaratan Bagian 4-43.

7.5.1.2 Apa yang ditetapkan dalam 7.5.1.1 tidak berlaku untuk:

- a) konduktor pembumian dan konduktor penyalur arus bocoran.
- b) konduktor netral, bila:
 - 1) konduktor tersebut merupakan bagian instalasi sirkit cabang 2-kawat yang diberi arus dari sistem distribusi dalam tanah yang dipasang sedemikian sehingga netralnya bervoltase mendekati voltase bumi.
 - 2) konduktor tersebut dihubungkan pada sistem distribusi di atas tanah yang dihubungkan langsung pada sistem dalam tanah tersebut di atas.
 - 3) pemutus sirkit tersebut dalam 7.5.1.1, pada waktu menyambung atau memutus netral, secara otomatis menyambung atau memutus fase pada waktu bersamaan.
- c) konduktor yang berhubungan dengan kutub yang dibumikan dari sistem arus searah berkutub dua, bila:
 - 1) ada cukup jaminan bahwa sisi kutub ini tetap bervoltase mendekati voltase bumi di semua titik.
 - 2) pemutus sirkit tersebut dalam 7.5.1.1 pada waktu menyambung atau memutus kutub yang dibumikan tersebut, secara otomatis menyambung atau memutus kutub lainnya pada waktu yang bersamaan.
- d) konduktor penyambungan di dalam PHB, antara PHB dan dinamo, generator, atau akumulator, dan pada umumnya di semua tempat, dimana sebagai akibat melelehnya sekering atau bekerjanya pemutus sirkit, dapat timbul bahaya; atau pemasangan sekering atau pemutus sirkit tidak mungkin karena bentuk instalasinya, kecuali bila konduktor dipasang demikian rupa sehingga tidak menimbulkan bahaya kebakaran.

7.5.1.3 Apabila kabel yang tercantum dalam Tabel 7.1-3 dan 7.1-4 perlu diproteksi dengan gawai proteksi, dipilih gawai proteksi sebagai berikut:

- a) Untuk kabel instalasi berinsulasi tunggal yang tercantum dalam kolom 1 Tabel 7.3-1, sesuai kolom 5 atau 6 untuk masing-masing luas penampang nominal.
- b) Untuk kabel yang tercantum dalam kolom 1 Tabel 7.3- 4 sesuai dengan kolom 4 untuk masing-masing luas penampang nominal.

Perlu diperhatikan pula ketentuan dalam 7.5.1.2 dan 7.7.

7.5.1.4 Apabila kabel tanah yang tercantum dalam Tabel 7.1-5 perlu diproteksi dengan gawai proteksi, harus dipilih gawai proteksi yang mempunyai nilai arus pengenal sama dengan atau lebih rendah dari KHA kabel tanah tersebut dalam Tabel 7.3-5a sampai dengan 7.3-8b dengan memperhatikan 7.3.4.

7.6 Proteksi konduktor dari kerusakan karena suhu yang sangat tinggi atau sangat rendah

7.6.1.1 Konduktor dengan bahan insulasi yang tercantum dalam Tabel 7.6-1, pembebanan dan pemasangannya harus memperhatikan suhu batas yang diperbolehkan.

7.7 Proteksi sirkit listrik

7.7.1 Sirkit pencahayaan

7.7.1.1 Sirkit pencahayaan instalasi domestik hanya boleh diproteksi sampai 25 A. Sirkit lampu tabung gas bertekanan tinggi dan lampu tabung, dan juga sirkit pencahayaan dengan fitting jenis E 40, dapat diproteksi dengan sekering atau pemutus sirkit arus lebih yang lebih tinggi. Dalam hal ini harus diperhatikan beban yang diizinkan dari konduktor tersebut dan bahan instalasinya.

7.7.1.2 Pada proteksi arus lebih dari sirkit kotak kontak baik yang 2 kutub maupun yang 3 kutub, harus diperhatikan bukan saja beban yang diizinkan dari konduktor, tetapi juga kuat arus pengenal dari kotak kontak yang dipasang. Artinya diambil nilai terendah dari keduanya.

7.7.1.3 Instalasi domestik sirkit pencahayaan dengan kotak kontak 2 kutub sampai arus nominal 16 A, maupun sirkit yang hanya terdiri dari kotak kontak sirkit pencahayaan dengan kotak kontak 2 kutub sampai arus nominal 16 A, hanya boleh diproteksi dengan pemutus sirkit jenis cepat sampai 16 A.

7.8 Insulator, conduit dan lengkapannya

7.8.1 Umum

7.8.1.1 Semua insulator, conduit, dan lengkapannya harus dibuat serta diperiksa menurut standar yang berlaku.

7.8.1.2 Sistem ukuran

Ukuran insulator, conduit dan lengkapannya dinyatakan dengan sistem ukuran metris.

7.8.2 Insulator

7.8.2.1 Insulator, seperti insulator rel, insulator lonceng, insulator jepit, dan lain-lainnya harus terbuat dari porselin atau dari bahan lain yang sekurang-kurangnya sederajat.

7.8.2.2 Syarat konstruksi

7.8.2.2.1 Insulator harus mempunyai sudut lekuk yang licin dan tidak tajam untuk menghindari kerusakan konduktor pada waktu pemasangan.

7.8.2.2.2 Insulator harus demikian sehingga pada keadaan terpasang konduktor tidak bersentuhan yang satu dengan yang lain, atau dengan bagian gedung atau benda lain.

7.8.2.3 Syarat mekanis, termal dan listrik

Insulator harus cukup tahan terhadap dadal dan loncat lalu listrik dan terhadap arus rambat, lagi pula harus cukup tahan terhadap gaya mekanis perubahan suhu dan cuaca, sesuai dengan keadaan kerja setempat.

7.8.3 Konduit

7.8.3.1 Konduit harus memenuhi ketentuan dan persyaratan sesuai standar yang berlaku.

7.8.3.2 Bahan

Konduit harus terbuat dari bahan yang tahan terhadap tekanan mekanis, tahan terhadap panas, tidak menyalakan nyala api, dan tahan kelembaban, misalnya baja, PVC atau bahan lain yang sederajat.

7.8.3.3 Syarat konstruksi

7.8.3.3.1 Konduit harus dibuat sedemikian sehingga dapat melindungi secara mekanis konduktor yang ada di dalamnya dan harus tahan terhadap tekanan mekanis yang mungkin timbul selama pemasangan dan pemakaian.

7.8.3.3.2 Permukaan bagian dalam dan luar konduit haruslah licin dan rata, tidak boleh terdapat lubang atau tonjolan yang tajam atau cacat lainnya yang sejenis. Bagian dalam maupun luar konduit tersebut harus dilindungi secara baik terhadap karat.

7.8.3.3.3 Pada bagian dalam dan pada ujung dari bagian penyambungan konduit tidak boleh terdapat bagian yang tajam. Permukaan dan pinggiran atau bibir lewat mana konduktor ditarik harus licin dan tidak tajam.

Pada ujung bebas konduit yang terbuat dari baja harus dipasang selubung masuk (tule) yang berbentuk baik dan terbuat dari bahan yang awet.

7.8.3.3.4 Konduit dan bagian penyambungannya harus dapat disambung dengan baik.

7.8.3.3.5 Benda bantu bengkok harus mempunyai jari-jari lengkung sekurang-kurangnya 3 kali garis tengah luar konduit tersebut.

Pembengkokan konduit harus dilaksanakan demikian rupa sehingga tidak terjadi penggepengan dan keretakan.

Jari-jari lengkung pembengkokan konduit tersebut, diukur dari bagian dalam pembengkokan harus mengikuti radius belokan minimum untuk kabel sesuai Tabel E.52.2 Bagian 5-52.

7.8.3.4 Syarat mekanis, termal dan listrik

7.8.3.4.1 Konduit dan bagian penyambungannya harus tahan terhadap tekanan mekanis.

Konduit jika dibengkokkan, ditekan, kena pukulan, atau dalam suhu di atas normal selama ataupun sesudah pemasangan, tidak boleh menjadi retak atau pecah ataupun berubah bentuknya sehingga pemasangan konduktor di dalamnya menjadi sukar atau konduktor akan rusak di dalamnya.

7.8.3.4.2 Konduit dan bagian penyambung konduit dari PVC tidak boleh menyalurkan api.

7.8.3.4.3 Konduit dan bagian penyambung konduit dari PVC harus mempunyai resistans insulasi sesuai dengan ketentuan standar yang berlaku.

7.8.4 Pemasangan insulator

7.8.4.1 Insulator harus dipasang sedemikian sehingga konduktor yang dipasang padanya tetap berada pada jarak yang ditetapkan antara konduktor yang satu dan yang lain, antara konduktor dan dinding, antara konduktor dan bagian konstruksi dan lain sebagainya.

CATATAN Untuk kabel rumah jenis NYA, jarak minimum antara konduktor yang satu dan yang lainnya adalah 3 cm, dan antara konduktor dan dinding atau bagian lain dari gedung adalah 1 cm.

7.8.4.2 Insulator lonceng dan insulator yang sederajat harus demikian rupa sehingga, zat cair tidak dapat berkumpul di dalamnya.

7.8.4.3 Semua insulator harus dipasang cukup kuat, sehingga dapat menjamin instalasi dari kerusakan mekanis pada keadaan pemakaian normal.

7.8.4.4 Insulator harus dipasang demikian rupa sehingga tidak terjadi gaya mekanis lebih pada konduktor.

7.8.5 Pemasangan konduit

7.8.5.1 Umum

Pemasangan konduit harus demikian rupa sehingga konduktor dapat ditarik dengan mudah setelah konduit dan lengkapannya dipasang, serta konduktor dapat diganti dengan mudah tanpa membongkar sistem konduit.

Ketetapan ini tidak berlaku bagi konduktor dengan penampang tembaga 10 mm² atau lebih, asalkan konduit tersebut dipasang di tempat yang terlihat jelas dan mudah dicapai.

7.8.5.2 Konduit tidak boleh merupakan bagian dari sirkit listrik.

7.8.5.3 Konduit yang terbuat dari logam dan terbuka yang terdapat dalam jarak jangkauan tangan harus dibumikan dengan baik sesuai **3.8.1.1.1a)**, kecuali bila konduit logam tersebut digunakan untuk menyelubungi kabel yang mempunyai insulasi-ganda atau digunakan hanya untuk menyelubungi kawat pembumian. Contoh kabel berinsulasi dobel yaitu kabel NYM.

7.8.5.4 Konduit harus dipasang tegak lurus atau mendatar.

7.8.5.5 Konduit dan lengkapannya yang tidak dimaksudkan untuk bersifat kedap gas, harus mempunyai ventilasi serta jalan ke luar pengeringan pada tempat dimana ada

kemungkinan cairan embun akan berkumpul. Lubang pengeringan atau ventilasi yang dimaksud di atas tidak boleh dibuat pada conduit itu sendiri.

7.8.5.6 Lengkapan seperti kotak periksa, kotak tarik, siku bengkok, siku siku, dan siku T harus dipasang demikian rupa sehingga penarikan kembali konduktor atau pemasangan konduktor tambahan tetap dimungkinkan.

Di antara dua kotak tarik tidak boleh ada dua siku bengkok atau 20 m conduit lurus. Siku S yang tumpul dianggap satu siku bengkok.

7.8.5.7 Pemakaian siku T seperti yang dimaksud dalam ayat di atas, harus dibatasi pada tempat-tempat sebagai berikut:

- a) Pada ujung conduit tepat di belakang armatur pencahayaan, kotak-kontak atau kotak penghubung.
- b) Pada jalur conduit antara 2 kotak tarik yang panjangnya tidak lebih dari 10 m, dimana dapat dipasang 1 siku pada kedudukan tidak lebih dari 0,5 m dari kotak tarik yang mudah dicapai, asalkan semua bengkokan yang lain pada jalur conduit tersebut tidak lebih dari 90 derajat.

7.8.5.8 Khusus dalam pemakaian conduit dengan kampuh terbuka terlipat harus diperhatikan hal berikut:

- a) Tidak boleh dibengkokkan.
- b) Alur kampuh harus berada di bawah pada pemasangan mendatar dan menghadap dinding pada pemasangan tegak lurus.

7.8.5.9 Conduit yang tidak tertanam dengan sempurna harus dipasang secara baik dengan menggunakan alat penopang dan klem yang cocok atau dengan alat yang sekurang-kurangnya sederajat.

Jarak antara tempat pemasangan alat penopang atau klem tidak dibolehkan lebih dari 1 meter.

7.8.5.10 Khusus dalam pemakaian conduit nonlogam (misalnya conduit PVC) harus diperhatikan hal berikut:

- a) Dengan mengingat 7.8.3.3, conduit nonlogam hanya boleh digunakan pada suhu ambien yang tinggi bilamana dapat dijamin suhu kerjanya tidak melampaui batas yang diizinkan.

CATATAN Conduit PVC dan siku bantunya mungkin tidak sesuai untuk tempat dengan suhu kerja normal conduit yang melebihi 60 °C.

- b) Dengan mengingat 7.8.5.9. cara penopangan conduit PVC kaku yang tidak ditanam dengan sempurna, harus memungkinkan pemuaian panjang dan pengerutan conduit tersebut, yang mungkin terjadi dengan adanya perubahan suhu pada keadaan kerja normal.
- c) Conduit logam yang dilapisi keseluruhannya (dalamnya, luarnya, ujungnya) dengan bahan insulasi dianggap sebagai conduit nonlogam: dalam pemasangannya harus diambil tindakan pencegahan yang tepat agar bagian logam conduit tersebut tidak berhubungan dengan bagian logam lain yang ada.

7.9 Jalur konduktor

7.9.1 Umum

7.9.1.1 Jalur konduktor adalah sarana untuk memegang dan atau menopang kawat, kabel atau rel, yang direncanakan untuk digunakan hanya untuk keperluan tersebut.

7.9.1.2 Jalur konduktor dapat terbuat dari logam atau dari bahan insulasi/nonlogam, yang diizinkan untuk digunakan oleh instansi yang berwenang.

7.9.2 Jenis jalur konduktor

- a) jalur konduktor permukaan (dari logam atau nonlogam)
- b) jalur konduktor bawah lantai
- c) jalur konduktor lantai logam berbentuk sel
- d) jalur konduktor kerangka
- e) jalur konduktor lantai beton berbentuk sel
- f) jalur kawat.

7.9.3 Penggunaan

7.9.3.1 Jalur konduktor permukaan dari logam dan nonlogam dimaksudkan untuk dipasang di tempat yang kering.

7.9.3.2 Jalur konduktor bawah lantai dipasang di bawah permukaan lantai beton atau lantai dari bahan lain, misalnya dalam kantor dimana sisi atas jalur konduktor dipasang rata dengan lantai beton dan ditutup dengan linoleum atau tutup lantai lain yang sejenis.

7.9.3.3 Jalur konduktor lantai logam berbentuk sel adalah ruang dengan lubang seperti conduit di dalam lantai logam berikut fitting yang bersangkutan, yang dapat digunakan sebagai selubung konduktor.

7.9.3.4 Jalur konduktor kerangka adalah kerangka dari baja yang digunakan untuk pemasangan kawat dan kabel listrik di dalamnya. Jalur konduktor ini juga dipakai pada rumah tinggal.

7.9.3.5 Jalur konduktor lantai beton berbentuk sel adalah ruang dengan lubang seperti conduit di dalam lantai yang terbuat dari beton khusus untuk itu, yang bersama dengan fitting logam yang bersangkutan direncanakan untuk memberikan jalan kearah sel lantai.

7.9.3.6 Jalur kawat adalah jalur dari plat logam dengan tutup berengsel atau tutup yang dapat diambil, untuk tempat dan perlindungan kawat dan kabel listrik.

7.9.4 Syarat umum

7.9.4.1 Syarat yang harus dipenuhi oleh jalur konduktor adalah seperti berikut:

- a) Dilindungi luar dan dalam terhadap korosi, khususnya untuk yang dari logam besi.
- b) Tidak dipasang di tempat dengan kemungkinan terjadinya kerusakan berat.
- c) Tidak dipasang di tempat yang berbahaya.
- d) Secara mekanis harus tersambung secara kontinu.
- e) Jumlah konduktor yang dipasang tidak boleh lebih dari yang ditetapkan dalam perancangan.

7.9.5 Syarat perancangan

7.9.5.1 Jalur konduktor hanya boleh dipasang pada suatu konstruksi bangunan bilamana konstruksi tersebut sudah dirancang untuk menggunakan jalur konduktor tersebut.

7.10 Syarat umum pemasangan konduktor (sampai dengan 1.000 volt)

7.10.1.1 Daerah penggunaan

Pemasangan konduktor harus memperhatikan daerah penggunaan seperti yang tercantum dalam Tabel 7.1-3 sampai dengan 7.1-6.

7.10.1.2 Pemasangan konduktor harus dilaksanakan demikian rupa sehingga tercapai suatu keseluruhan yang baik dan aman serta kelangsungan kerja terjamin.

7.10.1.3 Pemasangan konduktor harus dilaksanakan demikian rupa sehingga instalasi itu tahan terhadap pengaruh gaya elektrodinamik dan pembebanan termal yang merusak akibat arus hubung pendek yang mungkin timbul.

7.10.1.4 Untuk melaksanakan pemasangan yang baik, harus dipilih konduktor yang memenuhi persyaratan ditinjau dari KHA, kekuatan insulasi, dan pembebanan mekanis sesuai Tabel-tabel 7.1.3, 7.1.4, 7.1.5, 7.1.6, 7.1.7 dan 7.1.10.

7.10.1.5 Konduktor harus dilindungi terhadap kerusakan mekanis dengan cara pemasangannya yang tepat atau dengan selubung khusus. Pada jarak yang masih terjangkau oleh tangan, konduktor harus diberi perlindungan yang memenuhi syarat terhadap kerusakan mekanis, kecuali pada tempat tertutup.

7.10.1.6 Konduktor yang boleh dipasang di dalam conduit ialah konduktor berinsulasi dengan bahan insulasi yang sesuai dengan keperluan itu dan dengan kemampuan insulasi yang cukup, sesuai yang tercantum pada Tabel 7.1.3.

7.10.1.7 Yang boleh dipasang di dalam tanah atau di dalam air hanya kabel yang dibuat khusus untuk itu (lihat Tabel 7.1-5 dan 7.1-6).

7.10.1.8 Kabel instalasi (misalnya NYM) di dalam dan di bawah plesteran, pada atau di atas langit-langit dan di dalam dinding berongga dapat dianggap sebagai instalasi di luar jangkauan tangan serta dianggap telah dilindungi secara mekanis. Di tempat-tempat tersebut di atas, kabel instalasi harus dipasang tegak lurus atau mendatar.

7.10.1.9 Pada pemasangan kabel berinsulasi dan berinti tunggal (misalnya kabel rumah NYA) di dalam conduit, yang boleh dipasang di dalam suatu conduit hanya kabel dari satu sirkit daya dan atau sirkit bantu.

7.10.1.10 Pada pemasangan kabel atau kabel tanah multiinti, boleh dipasang lebih dari satu sirkit daya dalam satu conduit, berikut sirkit bantu yang diperuntukkan bagi sirkit daya itu.

7.10.1.11 Kalau sirkit bantu dipasang terpisah dari sirkit daya, maka konduktor dari beberapa sirkit bantu tersebut boleh disatukan di dalam satu conduit atau dipakai kabel tanah multiinti.

7.10.1.12 Apabila beberapa sirkit daya yang dipasang di dalam satu conduit mempunyai voltase yang berbeda-beda, maka kabel atau kabel tanah multiinti yang digunakan untuk itu haruslah dipilih dari yang sesuai dengan voltase kerja yang tertinggi.

7.10.1.13 Konduktor satu sirkit daya tidak boleh dibagi ke dalam beberapa konduit, kabel atau kabel tanah multiinti yang berbeda-beda, yang mengandung juga sirkit daya yang lain.

7.10.1.14 Pada pemasangan kabel multiinti, konduktor netral dari suatu sirkit tidak boleh digunakan sebagai konduktor netral sirkit yang lain, kecuali pada perlengkapan hubung bagi asalkan luas penampang konduktor netral itu minimum sama dengan jumlah luas penampang normal dari konduktor netral masing-masing sirkit daya.

7.10.1.15 Beberapa sirkit daya selama tidak terpotong konduktornya boleh dilewatkan bersama-sama melalui satu kontak tarik tanpa menggunakan insulasi pemisah. Insulasi pemisah diperlukan pada kotak tarik tersebut bila dilakukan penyambungan sirkit daya termaksud di atas. Untuk itu harus diperhatikan ketentuan 7.11.1.2.

7.10.1.16 Sambungan kabel, selubung logam, pelindung konsentris dan lapisan pelindung mekanis harus saling dihubungkan dengan baik, kecuali bila disyaratkan bahwa gawai-gawai itu dipisahkan.

7.10.1.17 Pada pencabangan atau penyambungan dari konduktor yang selubung atau pelindung logamnya dibumikan, pelindung logam tersebut harus dihubungkan dengan baik, kecuali jika masing-masing bagian dari selubung atau pelindung logam itu telah dibumikan dengan baik pada kedua sisi pencabangan atau penyambungannya.

7.10.1.18 Bumi tidak boleh sekali-kali digunakan sebagai konduktor balik untuk instalasi arus kuat, untuk hal semacam itu harus digunakan konduktor tersendiri.

7.10.1.19 Di dalam bangunan pada persilangan atau pendekatan antara kabel arus kuat dan kabel arus lemah harus diambil tindakan untuk melindungi konduktor listrik arus lemah (telekomunikasi) terhadap pengaruh yang berbahaya atau merusak dengan membuat jarak minimum sebesar 1 cm atau dengan satu dinding pemisah. Klem dari instalasi arus kuat dan arus lemah yang letaknya berdekatan harus di susun terpisah dan diletakkan demikian rupa sehingga mudah dibedakan yang satu dengan yang lain.

7.10.1.20 Di luar bangunan konduktor listrik arus kuat dan bagian konstruksi yang bersangkutan, sedapat mungkin berjarak minimum 1 m dari konduktor listrik arus lemah (telekomunikasi) yang tidak dilindungi oleh pelindung elektromagnetik.

7.10.1.21 Sistem konduktor penyalur arus harus merupakan sirkit yang tidak terputus. Konduit gas, konduit air, bumi, dan benda logam lain yang kegunaannya utamanya bukan untuk penyalur arus tidak diperbolehkan dipakai sebagai pengganti penyalur arus.

7.10.1.22 Konduktor netral atau konduktor nol sistem konduktor penyalur arus dalam bangunan pada seluruh panjangnya harus berinsulasi, yang memenuhi ketentuan yang sama dengan yang disyaratkan untuk konduktor kutub atau konduktor fase dari sistem yang bersangkutan, kecuali jika konduktor kutub atau konduktor fase ini juga tidak berinsulasi.

7.10.1.23 Konduktor netral dan konduktor nol dalam bangunan, termasuk pula semua konduktor cabang yang dihubungkan padanya harus dapat dikenal secara jelas dan seragam pada seluruh panjangnya sesuai dengan 7.2.2 dan 7.2.3.

7.10.1.24 Pada konduktor netral atau konduktor nol tidak boleh dipasang sakelar, kecuali sesuai dengan 4.12.2.

7.10.1.25 Konduktor yang terpasang akan tetapi tidak dipakai lagi, harus dibebaskan dari sumber voltase. Konduktor tersebut tidak boleh tinggal bersama-sama dengan konduktor yang masih bervoltase, kecuali jika kedua ujungnya diproteksi secara baik dari sentuh langsung (misalnya ujung kabelnya ditutup dengan insulasi secara baik atau dihubungkan dengan klem yang tertutup).

7.11 Sambungan dan hubungan

7.11.1 Umum

7.11.1.1 Penyambungan antar konduktor harus dilakukan dengan baik dan kuat dengan cara sebagai berikut:

- a) Penyambungan selongsong dengan sekrup
- b) Penyambungan selongsong tanpa sekrup
- c) Penyambungan selongsong dipres
- d) Penyambungan solder (sambungan mati), sebaiknya dihindari
- e) Penyambungan dengan lilitan kawat
- f) Penyambungan las atau las perak (sambungan mati)
- g) Penyambungan puntiran kawat padat dengan memuntir dan memakai las dop.

7.11.1.2 Sambungan harus diberi insulasi yang memberikan jaminan yang sama dengan insulasi konduktor yang disambungkan. Sambungan yang dapat dibuka kembali (misalnya sambungan selongsong dengan sekrup) harus dapat mudah dijangkau.

7.11.1.4 Bahan dan perlengkapan yang digunakan untuk penyambungan dan penghubung harus memenuhi persyaratan yang ditentukan untuk konduktor yang disambungkan atau dihubungkan, misalnya jumlah inti, luas penampang konduktor, dan macam bahan insulasinya.

7.11.1.5.1 Terminal penghubung, misalnya pada sakelar atau kotak kontak, tidak boleh digunakan untuk lebih dari satu inti.

7.11.1.5.2 Apabila terminal penghubung tersebut secara khusus dibuat juga untuk menyambung, maka terminal tersebut boleh digunakan baik sebagai penyambung maupun sebagai penghubung.

7.11.1.6 Terminal perlengkapan lampu tidak boleh digunakan untuk menyambung konduktor utama instalasi magun di luar perlengkapan tersebut.

7.11.1.7 Setiap sambungan atau hubungan harus dilaksanakan dengan baik, sehingga tahan terhadap beban terus-menerus ataupun keadaan hubung pendek yang mungkin terjadi.

7.11.1.8 Semua hubungan kabel fleksibel pada perlengkapan listrik harus dilaksanakan dengan baik dan rapi seperti tercantum dalam 7.11.1.9.

7.11.1.9 Hubungan kabel fleksibel harus tahan terhadap gaya tarik dan gesekan. Selubung kabel harus tahan terhadap pengelupasan dan inti konduktor terhadap puntiran. Inti pengaman, kalau ada, di dalam hubungan tersebut di atas harus demikian panjangnya sehingga apabila hubungan tersebut terlepas, maka inti pengaman tersebut akan putus paling akhir. Alat untuk mengurangi beban tersebut tidak boleh bervoltase dan harus demikian rupa konstruksinya, sehingga kerusakan mekanis dari konduktor yang dilindungi terhadap gaya tarik dapat dihindarkan.

7.11.1.10 Penekukan kabel fleksibel pada lubang pemasangan harus dihindarkan, misalnya dengan menghaluskan tepi lubang pemasangan atau dengan menggunakan tule. Membuat simpul dan mengikat mati konduktor fleksibel pada perlengkapan listrik tidak dibolehkan.

7.11.1.11 Ujung konduktor kabel fleksibel yang dihubungkan pada perlengkapan listrik harus dibuat demikian rupa sehingga kawat halus (kawat banyak) konduktor tersebut tidak tersebar. Hal ini dapat dicapai dengan jalan menyolder, menggunakan selongsong, atau dengan menggunakan sepatu kabel sesuai dengan 7.11.3.2. Sepatu kabel yang disolder tidak dibolehkan pada tempat hubungan, dimana terdapat getaran kerja.

7.11.1.12 Sambungan pada kabel instalasi yang fleksibel

Sambungan antara kabel instalasi yang fleksibel lainnya boleh dilaksanakan dengan pertolongan kotak sambung.

7.11.1.13 Larangan sambungan dengan solder

Sambungan dengan solder tidak boleh dipakai pada setiap bagian instalasi di mana suhunya akan melampaui 120 °C. Sambungan dengan solder tidak boleh dipakai pada konduktor yang mengalami gaya mekanis.

7.11.1.14 Fluks untuk solder

Dalam membuat sambungan solder untuk konduktor tidak boleh digunakan fluks yang menyebabkan korosi. Air keras atau cairan asam lainnya tidak boleh digunakan dalam proses penyolderan.

7.11.2 Sambungan kabel dan kabel tanah

7.11.2.1 Cara penyambungan

Pada kabel dan kabel tanah, penyambungan harus dilaksanakan dengan solder, dengan selongsong disekrup atau dipres, atau dengan cara lain yang sekurang-kurangnya sederajat.

7.11.2.2 Kotak sambung (mof)

Semua sambungan kabel dan kabel tanah harus ditutup dengan kotak sambung, kecuali:

- a) Bila sambungan dilakukan di instalasi terbuka
- b) Bila sambungan ada di belakang atau di dalam rumah PHB.
- c) Bila sambungan dibuat di dalam armatur lampu.
- d) Bila sambungan dilakukan dengan cara yang membenarkan tidak diperlukannya kotak sambung.

Jika digunakan kotak sambung, maka harus dari bahan yang tidak dapat terbakar.

CATATAN Sambungan kabel tidak diperbolehkan terdapat di dalam conduit, tetapi boleh di dalam kotak penghubung atau kotak tarik. Kotak sambung harus dipasang demikian rupa sehingga dapat dipertahankan kelangsungan mekanis dari conduit, lapisan pelindung conduit dan sebagainya yang dimasukkan di dalamnya. Kelangsungan listriknya harus tetap dipertahankan secara efektif.

7.11.2.3 Sambungan antar kabel instalasi berinsulasi dobel

Sambungan antar kabel instalasi berinsulasi dobel dari PVC karet, harus diinsulasi dan diselubungi dengan bebat PVC karet, atau bebat lain yang dibenarkan sampai tebalnya tidak kurang dari insulasi kabel. Bila digunakan bebat karet atau bebat lain yang terpengaruh oleh kelembaban, maka keseluruhan sambungan tersebut harus ditutup dengan bebat kedap air

atau dapat pula sambungan tersebut diinsulasi dan dilindungi dengan cara perlindungan yang setaraf dengan cara yang tersebut di muka.

7.11.2.4 Sambungan antar kabel tanah berselubung logam atau berperisai

Sambungan antar semua jenis kabel tanah berselubung logam atau berperisai harus dibuat sebagai berikut:

- a) Di dalam kotak sambung, dengan syarat lapisan logam atau perisai kabel tersebut harus ikut masuk sampai suatu batas tertentu di dalam kotak sambung tersebut.
- b) Di dalam suatu tabung timbel yang diselubungkan pada selubung luar kabel.
- c) Dengan cara lain yang dibenarkan, dimana sambungan harus diinsulasi secara tepat dan bila dipakai kotak sambung, maka kotak sambung ini harus diisi dengan komponen insulasi yang tahan lembab.

7.11.2.5 Sambungan pada kabel tanah konduktor aluminium

Bila dibuat sambungan antar kabel tanah berkonduktor aluminium (contoh: NAHKBA), maka harus diperhitungkan adanya lapisan oksida aluminium, perbedaan koefisien muai-panjang antara aluminium dan logam lain, lunaknya aluminium, dan perlunya pencegahan terhadap korosi.

CATATAN Pada penyambungan konduktor aluminium, diperlukan teknik khusus dan harus mengikuti petunjuk pabrik kabel.

7.11.2.6 Tekanan pada sambungan dan hubungan konduktor

Semua kabel harus dipasang demikian rupa sehingga pada setiap hubungan dan sambungan tidak terdapat tekanan atau tarikan yang tidak dikehendaki.

7.11.2.7 Penyambungan kabel udara aluminium dengan kabel tembaga ke rumah, harus menggunakan sambungan khusus.

7.11.3 Cara menghubungkan

7.11.3.1 Semua hubungan konduktor pada terminal harus baik secara mekanis dan listrik. Hubungan konduktor pada kotak hubung dan semacamnya harus dengan cara menjepit konduktor, sehingga hubungan tersebut tidak akan mengendur atau menjadi terlalu panas pada keadaan kerja normal. Penjepitan tidak boleh terpengaruh oleh tekanan jika penjepit terbuat dari bahan nonlogam atau logam yang tidak cukup keras, yang mungkin meleleh atau berubah bentuknya karena tekanan. Terminal harus terbuat dari bahan tahan karat. Peraturan ini tidak menghalangi penggunaan fitting lampu hias untuk pemasangan sementara, yang dihubungkan pada konduktor secara ditusukkan; juga tidak menghalangi penyolderan kawat kecil pada terminal rele dan alat kecil semacam itu, atau cara penghubungan lain yang disetujui oleh instansi yang berwenang.

7.11.3.2 Konduktor berkawat banyak (termasuk konduktor fleksibel)

Hubungan konduktor kawat banyak (tujuh atau lebih) harus dilaksanakan sebagai berikut:

- a) Disolder atau dipres pada sepatu kabel.
- b) Dijepit pada kotak hubung yang mempunyai alat yang dapat mencegah penyebaran kawat-kawat.
- c) Kawat-kawat disatukan terlebih dahulu dengan cara menyolder bersama dan kemudian menjepitnya antara permukaan logam atau dengan skrup penjepit.
- d) Dimasukkan terlebih dahulu ke dalam selongsong, kemudian disolder atau dipres.

e) Cara lain yang sudah diizinkan.

7.11.3.3 Konduktor aluminium

Konduktor aluminium harus dihubungkan dengan penjepit jenis khusus yang dibuat demikian rupa sehingga tekanan pada konduktor dapat tersebar merata dan lapisan oksida dapat dihilangkan dari permukaan konduktor.

Konduktor aluminium tidak boleh dihubungkan dengan terminal dari kuningan atau logam lain berkadar tembaga tinggi, kecuali bila terminal itu telah diberi lapisan yang tepat atau telah diambil tindakan lain untuk mencegah korosi.

7.11.3.4 Hubungan bersama

Dua konduktor atau lebih hanya boleh dihubungkan bersama pada satu terminal dengan menggunakan sepatu kabel, selosong atau alat hubung lain yang telah diizinkan, apabila terminal tersebut berbentuk demikian rupa sehingga semua konduktor terjepit dengan baik, tanpa menyebabkan terpotongnya kawat konduktor.

Jika terminal tersebut tidak cukup untuk dimasuki semua konduktor, maka harus digunakan terminal majemuk dengan penjepit yang cukup untuk menjepit dengan baik semua konduktor tersebut.

7.11.4 Hubungan kabel instalasi permanen dengan perlengkapan listrik

7.11.4.1 Perlengkapan listrik dapat disambungkan pada sirkit instalasi dengan salah satu cara tersebut di bawah ini, kecuali perlengkapan listrik tertentu yang memerlukan cara khusus.

a) Kabel yang dipasang dalam conduit biasa atau conduit fleksibel, atau kabel berpelindung yang untuk selanjutnya tidak perlu dilindungi lagi, harus dihubungkan dan dikokohkan dengan baik pada perlengkapan listrik yang bersangkutan.

Bila kedudukan perlengkapan listrik perlu digeser-geser pada pemakaiannya, pengawatannya harus demikian rupa sehingga bersifat fleksibel tanpa merusak kabel, misalnya dengan menggunakan conduit fleksibel. Conduit fleksibel itu harus dihubungkan dan dikokohkan dengan baik pada conduit biasa perlengkapan listrik tersebut.

b) Pengawatan permanen dari instalasi harus berujung pada kotak kontak yang sesuai, atau pada kotak sambung atau alat sambung yang lain; hubungan pengawatan selanjutnya ke perlengkapan yang lain; hubungan pengawatan selanjutnya ke perlengkapan listrik harus dilaksanakan dengan menggunakan kabel fleksibel yang dihubungkan secara baik pada kedua ujungnya.

c) Pada instalasi terbuka atau saluran udara, penyambungan harus dilaksanakan dengan cara dan perlengkapan yang sudah diizinkan.

7.11.5 Penutupan ujung kabel tanah yang terbuka

7.11.5.1 Dalam keadaan bagaimanapun, konduktor dan insulasinya yang terbuka dari kabel tanah berinsulasi kertas yang di impregnasi harus dilindungi terhadap masuknya kelembaban dengan jalan penutupan yang tepat.

Ujung kabel tanah yang berinsulasi termoplastik dan XLPE, harus ditutup rapat kalau ada kemungkinan masuknya air ke dalam kabel.

7.12 Instalasi dalam bangunan

7.12.1 Kabel rumah tanpa selubung

7.12.1.1 Kabel rumah tanpa selubung berinsulasi PVC (yaitu NYA, NYAF) dan berinsulasi karet, tidak boleh dipasang di dalam atau pada kayu, dan tidak boleh pula langsung pada, di dalam, atau di bawah plesteran.

7.12.1.2 Di dalam gedung, kabel rumah tersebut harus dipasang demikian rupa sehingga mempunyai jarak minimum 1 cm terhadap dinding atau bagian bangunan, bagian konstruksi, rangka dan sebagainya, dengan memperhatikan 7.10.1.5.

7.12.1.3 Jarak bebas antara kabel rumah tersebut yang satu dengan yang lain, pada pemasangan di dalam gedung serta pada insulator jepitan atau insulator rol, harus sekurang-kurangnya 3 cm, kecuali apabila kabel-kabel rumah tersebut merupakan cabang paralel dari polaritas atau fase sama, yang tidak dapat diputuskan sendiri-sendiri.

7.12.1.4 Pada setiap insulator jepit atau insulator rol tidak dibolehkan dipasang lebih dari satu kabel rumah tersebut, kecuali apabila kabel rumah tersebut merupakan cabang paralel dari polaritas atau fase yang sama, yang tidak dapat diputuskan sendiri-sendiri.

7.12.1.5 Jika kabel rumah tersebut bertumpu pada insulator rol atau insulator jepit dan menggunakan konduktor yang berpenampang nominal $1,5 \text{ mm}^2$ atau $2,5 \text{ mm}^2$, jarak titik tumpu kabel rumah tidak boleh lebih dari 1 m. Bila konduktor tersebut berpenampang nominal 4 mm^2 atau lebih, dan bertumpu pada insulator yang memenuhi syarat mekanis, jarak titik tumpu tersebut dapat diperbesar sampai maksimum 6 m.

7.12.1.6 Kabel rumah tersebut tidak boleh dipasang secara dibelitkan pada insulator, kecuali pada ujung tarikan regang.

7.12.1.7 Bilamana kabel rumah tersebut dipasang bersilang baik dengan sesama kawat berinsulasi, maupun dengan bagian bangunan, konstruksi atau rangka dan sebagainya, maka pemasangan tersebut harus demikian rupa sehingga jaraknya tidak kurang dari 1 cm.

7.12.1.8 Kabel rumah tersebut di atas, yang pemasangannya diregangkan pada insulator harus tegang serta terlihat jelas. Sesuai dengan 7.8.4.3 insulator harus dipasang dan diatur demikian rupa sehingga tidak terjadi gaya mekanis lebih pada konduktor.

7.12.1.9 Kabel rumah tersebut hanya boleh dipasang di ruangan lembab bila ia dipasang di dalam conduit PVC, conduit baja yang tertutup dan berulir (lihat 8.6.1.7) atau di dalam armatur pencahayaan yang sesuai untuk itu.

7.12.2 Kabel instalasi berselubung

7.12.2.1 Kabel instalasi berselubung yang tercantum dalam Tabel 7.1-3 boleh dipasang dengan pertolongan penjepit langsung pada, di dalam, atau di bawah plesteran; atau dalam ruangan lembab. Kabel instalasi tersebut boleh juga di pasang langsung pada bagian bangunan, konstruksi, rangka, dan sebagainya, asalkan lapisan pelindungnya tidak menjadi rusak karena cara pemasangannya (tergencet, sobek, dan sebagainya). Bila kabel jenis ini dipasang di dalam beton, harus digunakan conduit yang memenuhi syarat.

CATATAN Kabel instalasi jenis NYM bukanlah jenis kabel tanah, karena itu dalam keadaan bagaimanapun tidak boleh ditanam di dalam tanah.

7.12.2.2 Jarak antara klem-klem kabel instalasi tersebut pada 7.12.2.1 harus cukup sehingga kabel tersebut tidak terlihat melendut.

7.12.2.3 Kotak sambung dan kotak hubung dari kabel instalasi (yang mempunyai lapisan pelindung) harus dibuat demikian rupa sehingga cukup memberi jaminan bahwa kelembaban tidak dapat masuk dan inti kabel tidak menjadi rusak. Persyaratan tersebut di atas tidak diperlukan bagi kabel berselubung PVC pada tempat yang kering.

7.12.2.4 Dalam keadaan normal lapisan pelindung logam dan konduktor telanjang tambahan pada kabel instalasi, bilamana ada, (misalnya pada jenis kabel instalasi NHYRUZY), tidak boleh dipakai secara khusus sebagai konduktor arus, konduktor nol (netral) atau konduktor pembumian.

7.12.2.5 Kabel instalasi dengan lapisan pelindung logam keras (contoh : NYRAMZ) boleh dipasang di atas, di dalam atau di bawah plesteran hanya dalam ruang kering.

7.12.3 Pemasangan kabel instalasi pipih

7.12.3.1 Kabel instalasi pipih (NYIFY) hanya boleh dipasang dalam ruangan kering dan hanya di dalam dan di bawah plesteran.

7.12.3.2 Kabel instalasi pipih harus seluruhnya tertutup plesteran, kecuali di dalam rongga pada loteng dan dinding yang terbuat dari beton, batu, atau bahan lain yang tidak dapat terbakar.

7.12.3.3 Kabel instalasi pipih tidak boleh dipasang pada bahan yang dapat terbakar, misalnya kayu, walaupun ditutup dengan plester.

7.12.3.4 Tidak dibenarkan untuk menumpuk kabel instalasi pipih.

7.12.3.5 Kabel instalasi pipih tidak boleh dipasang di dalam ruang yang terbuat dari kayu.

7.12.3.6 Untuk pemasangan kabel instalasi pipih hanya boleh digunakan alat dan cara, yang tidak merusak atau merubah bentuk selubung insulasinya.

CATATAN Misalnya dapat digunakan plester dari gips atau klem yang disesuaikan dengan bentuk konduktornya dan terbuat dari bahan insulasi atau juga dari logam dengan lapisan (antara) insulasi, perekat atau paku dengan kepala yang di insulasi.

7.12.3.7 Sebagai lengkapan bagi kabel instalasi pipih hanya boleh dipakai kotak yang terbuat dari bahan insulasi.

7.12.4 Konduktor telanjang

Pemasangan konduktor telanjang untuk instalasi tidak diperbolehkan,

7.12.5 Pemasangan kabel instalasi yang fleksibel

7.12.5.1 Penggunaan kabel instalasi yang fleksibel, sedapat mungkin dibatasi, hanya dalam hal penggunaan kabel instalasi yang tidak fleksibel tidak dimungkinkan.

CATATAN Kabel instalasi yang fleksibel (bukan kabel fleksibel), mempunyai derajat yang sama dengan kabel instalasi, hanya saja karena konduktornya terbuat dari banyak kawat, maka kabel ini mempunyai sifat fleksibel.

7.12.5.2 Jika untuk melindungi kabel instalasi yang fleksibel, kabel tersebut dimasukkan ke dalam selubung logam, maka selubung ini harus disusun dan dipasang demikian rupa sehingga tidak menyebabkan kerusakan pada beban insulasi kabel dan pada selubung logam itu sendiri, selain itu selubung tersebut harus dibumikan dengan baik.

7.12.5.3 Dalam ruangan kerja listrik terbuka maupun terkunci, serta dalam ruangan dengan bahaya ledakan kabel instalasi yang fleksibel tidak boleh dilengkapi dengan selubung logam.

7.12.5.4 Kabel lampu gantung atau pendel (contoh NYPLYw), harus digantungkan demikian rupa sehingga inti kabel tersebut bebas dari gaya tarik, dengan cara menggunakan tali kabel yang dikokohkan pada roset langit-langit atau perlengkapan lainnya yang sejenis.

7.12.6 Pemasangan kabel fleksibel

7.12.6.1 Konduktor untuk perlengkapan listrik tersebut di bawah ini harus dari jenis kabel fleksibel seperti tercantum dalam Tabel 7.1-4.

- a) Perlengkapan listrik yang untuk maksud tertentu, misalnya untuk pemeliharaan dan penghubungan, harus dapat dipindah-pindahkan seperti: alat pemanas ruangan, alat pemanas air, pengondisi udara (a.c.), mesin cuci dan lemari es.
- b) Perlengkapan yang karena cara pemakaiannya, misalnya karena getaran, berpindah-pindah tempat secara terbatas.
- c) Perlengkapan magun, tetapi terminalnya bukan untuk instalasi magun atau tidak dapat dimasuki konduktor instalasi magun.

Pelaksanaan hubungan fleksibel, harus sesuai dengan 7.11.1.9.

7.12.6.2 Kabel fleksibel dari perlengkapan listrik magun yang dimaksud pada 7.12.6.1, bila dihubungkan dengan instalasi magun secara permanen, harus melalui suatu klem pada kotak yang tidak dapat dipindah-pindahkan.

Perlengkapan listrik yang dimaksud dalam 7.12.6.1, bila akan disambung secara tidak permanen pada suatu instalasi magun, harus menggunakan alat yang sesuai dengan persyaratan mengenai hal tersebut ialah 510.4 dengan memperhatikan ketentuan 2.4.

7.12.6.3 Bilamana timbul kemungkinan adanya suatu beban tarik pada kabel fleksibel, maka tidak boleh digunakan klem sekrup terminal sebagai satu-satunya yang bekerja sebagai alat pengurang beban tarik. Untuk itu digunakan klem kabel, atau alat pengurang beban tarik lainnya, misalnya tali atau jepitan karet.

7.12.6.4 Pada tempat dengan kemungkinan besar dapat terjadi kerusakan mekanis atau perlakuan kasar pada kabel fleksibel, hanya boleh digunakan kabel fleksibel yang selubungnya cukup tahan terhadapnya (misalnya NMH atau NMHou).

7.13 Pemasangan konduktor dalam conduit

7.13.1.1 Hanya kabel rumah yang tidak rusak boleh dipasang di dalam conduit.

7.13.1.2 Di dalam conduit tidak boleh ada sambungan konduktor; penyambungan konduktor ini harus dilaksanakan dalam kotak sambung atau kotak cabang yang diperuntukkan bagi maksud itu.

7.13.1.3 Kabel rumah berinsulasi karet dan berinsulasi PVC (NYA) harus dipasang di dalam conduit; jika tidak, maka harus ditempuh cara-cara tersebut dalam 7.12.1.

7.13.1.4 Kabel rumah dan kabel instalasi hanya boleh dimasukkan/ditarik ke dalam conduit setelah conduit untuk setiap sirkit daya terpasang lengkap.

7.13.1.5 Kabel rumah dan kabel instalasi tidak boleh dipasang dalam conduit sebelum pekerjaan kasar, antara lain pembetonan dan plesteran, diselesaikan.

7.13.1.6 Jumlah kabel rumah berinsulasi karet dan berinsulasi PVC (NYA) yang dipasang dalam conduit, harus memungkinkan penarikan dengan mudah. Jumlah kabel rumah tersebut, tidak boleh melebihi apa yang tercantum dalam Tabel 7.8-1 dan 7.8-2.

7.13.1.7 Untuk macam kabel rumah tersebut yang mempunyai diameter luar lebih besar dari apa yang terdapat dalam tabel, jumlahnya harus dikurangi sehingga penarikan yang dimaksud di atas dapat dilakukan dengan mudah, dengan memperhatikan 7.13.1.8.

7.13.1.8 Untuk jenis konduktor, yang ukurannya tidak tercantum dalam Tabel 7.8-1 dan 7.8-2, jumlah dan ukuran konduktor yang boleh dimasukkan dalam satu conduit harus ditentukan sehingga faktor pengisian tidak lebih dari ketentuan di dalam tabel di bawah ini :

Tabel 7.13-1 Faktor pengisian maksimum

Jumlah konduktor dalam conduit	Faktor pengisian %
1	50
2	40
3 atau lebih	35

$$Faktor\ pengisian = \frac{Jumlah\ luas\ penampang\ seluruh\ penghantar}{Luas\ penampang\ dalam\ pipa} \times 100\%$$

7.13.1.9 Kabel rumah dari sistem arus bolak-balik yang dipasang di dalam conduit yang bersifat magnetis (misalnya: conduit dari baja) harus dikelompokkan sehingga kabel rumah yang tersebut di bawah ini berada dalam conduit yang sama :

Pada sistem fase tiga : Kabel rumah dari ketiga fase dan kawat netralnya (kalau ada)

Pada sistem fase dua : Kabel rumah dari kedua fase dan kawat netralnya (kalau ada)

Pada sistem fase tunggal : Kabel rumah dari fase dan kawat netralnya.

7.14 Pemasangan kabel tanah

7.14.1 Umum

7.14.1.1 Pada pemasangan kabel tanah harus diperhatikan konstruksi dan karakteristik kabel yang bersangkutan, seperti tercantum dalam Tabel 7.1-5 dan 7.1-6.

7.14.1.2 Pemasangan kabel di dalam tanah harus dilakukan dengan cara demikian rupa sehingga kabel itu cukup terlindung terhadap kerusakan mekanis dan kmiawi yang mungkin timbul di tempat kabel tanah tersebut dipasang.

Letak kabel tanah tersebut harus ditandai dengan patok tanda kabel yang kuat, jelas, dan tidak mudah hilang.

CATATAN Perlindungan terhadap kerusakan mekanis pada umumnya dianggap mencukupi bila kabel tanah itu ditanam:

a) Minimum 0,8 m di bawah permukaan tanah pada jalan yang dilewati kendaraan.

b) Minimum 0,6 m di bawah permukaan tanah yang tidak dilewati kendaraan.

7.14.1.3 Bahaya kebakaran, meluasnya dan akibatnya harus sejauh mungkin dikurangi dengan cara pemasangan kabel tanah yang tepat. Selubung luar harus dibuang jika hal ini disyaratkan untuk mencegah meluasnya bahaya api; kecuali bila selubung luar tersebut dari bahan yang sukar terbakar.

7.14.1.4 Kabel tanah harus diletakan di dalam pasir atau tanah halus, bebas dari batu-batuan, di atas galian tanah yang stabil, kuat, rata, dan bebas dari batu-batuan dengan ketentuan tebal lapisan pasir atau tanah halus tersebut tidak kurang dari 5 cm di sekeliling kabel tanah tersebut.

CATATAN Sebagai tambahan perlindungan, maka di atas urugan pasir dapat dipasang beton, batu, atau bata pelindung.

7.14.1.5 Pada umumnya kabel tanah untuk voltase yang lebih tinggi harus dipasang di bawah kabel tanah untuk voltase yang lebih rendah, kabel tanah listrik arus kuat di bawah kabel tanah telekomunikasi.

7.14.1.6 Pada persilangan antara berkas kabel tanah, haruslah diambil salah satu tindakan proteksi seperti diuraikan dalam butir a) dan b) di bawah ini, kecuali jika salah satu dari berkas kabel tanah yang bersilangan itu terletak di dalam saluran pasangan batu, beton, atau bahan semacam itu yang mempunyai tebal dinding sekurang-kurangnya 6 cm.

- a) Di atas berkas kabel tanah yang terletak di bawah harus dipasang tutup pelindung dari lempengan, atau konduit belah dari beton atau sekurang-kurangnya dari bahan tahan api yang sederajat. Tutup pelindung ini pada kedua ujungnya harus menjorok ke luar sekurang-kurangnya 0,5 m dari berkas kabel yang terletak di atas, diukur dari kabel sisi luar sedangkan tutup pelindung ini harus sekurang-kurangnya 5 cm lebih lebar dari berkas kabel yang terletak di bawah.
- b) Di atas berkas kabel tanah yang terletak di atas, dipasang konduit belah dari beton atau dari bahan lain yang cukup kuat, tahan lama dan tahan api. Konduit belah ini harus dipasang menjorok ke luar sekurang-kurangnya 0,5 m dari berkas yang terletak di bawah, diukur dari kabel sisi luar.

7.14.2 Persilangan dan pendekatan kabel tanah dengan kabel tanah instalasi telekomunikasi

7.14.2.1 Pada tempat persilangan dengan kabel tanah telekomunikasi, kabel tanah dilindungi pada bagian atasnya dengan konduit belah, plat atau konduit dari bahan bangunan yang tidak dapat terbakar. Kabel tanah voltase menengah ataupun voltase rendah harus dipasang di bawah kabel tanah telekomunikasi.

7.14.2.2 Jika kabel tanah menyilang di atas kabel tanah telekomunikasi dengan jarak lebih kecil dari 0,3 m untuk kabel tanah voltase rendah dan 0,5 m untuk kabel tanah voltase menengah, maka perlu tambahan perlindungan pada sisi kabel tanah yang menghadap kabel telekomunikasi dengan memasang plat atau konduit dari bahan bangunan yang tidak dapat terbakar. Perlindungan ini harus menjorok ke luar paling sedikit 0,5 m dari kedua sisi persilangan itu.

7.14.2.3 Kabel tanah telekomunikasi dan kabel tanah yang dipasang sejajar harus dipasang dengan jarak sejauh mungkin, misalnya dengan menempatkannya pada sisi-sisi jalan yang berlainan. Kabel tanah yang letaknya berdekatan dengan kabel tanah telekomunikasi dengan jarak kurang dari 0,3 m untuk kabel tanah voltase rendah dan kurang dari 0,5 m untuk kabel kabel tanah voltase menengah, harus diselubungi sepanjang

pendekatan tersebut dengan konduit belah, plat atau konduit yang terbuat dari bahan bangunan yang tidak dapat terbakar dan diberi tanda khusus.

7.14.2.4 Pelindung kabel tersebut pada 7.14.2.1, 7.14.2.2 dan 7.14.2.3 baik pada kabel tanah, arus kuat maupun pada kabel tanah, telekomunikasi, harus menjorok ke luar paling sedikit 0,5 m dari kedua ujung tempat persilangan pada pendekatan itu.

7.14.2.5 Kabel tanah di dalam tanah harus dipasang pada jarak paling sedikit 0,3 m dari bagian instalasi telekomunikasi yang terletak dalam tanah; bila jarak tersebut sama atau lebih dari 0,3 m, akan tetapi lebih kecil dari 0,8 m, maka kabel tanah itu harus dilindungi dengan konduit belah, plat, atau konduit, yang menjorok ke luar sepanjang minimum 0,5 m dari kedua ujung tempat bersilangan dan pendekatan itu.

7.14.2.6 Kalau kabel tanah arus kuat di dalam tanah berada diantara bagian-bagian tiang, anker, atau bagian penunjang yang terletak di dalam tanah dari instalasi telekomunikasi, maka kabel tanah itu harus dilindungi dengan konduit belah, plat atau konduit. Kestabilan tiang tidak boleh terganggu olehnya.

7.14.2.7 Kabel tanah telekomunikasi yang diletakkan di dalam jalur kabel dianggap telah terlindung.

7.14.3 Persilangan dan pendekatan kabel tanah dengan jalan kereta rel dan jalan raya

7.14.3.1 Kabel tanah lazimnya tidak boleh mendekati rel kereta dalam jarak 2 m diukur secara proyeksi mendatar, kecuali pada persilangan.

7.14.3.2 Kabel tanah yang dipasang berdekatan atau menyilang dengan jarak lebih kecil dari 0,3 m dari kabel instalasi listrik Perusahaan Kereta Api atau perusahaan lain harus diletakkan di dalam jalur kabel atau konduit yang terdiri dari bahan bangunan yang tidak dapat terbakar atau konduit PVC. Pelindung itu harus menjorok ke luar paling sedikit 0,5 m pada kedua ujung tempat pendekatan atau persilangan tersebut.

7.14.3.3 Kabel tanah di dalam tanah harus mempunyai jarak minimum 0,3 m akan tetapi lebih kecil dari 0,8 m, kabel tanah itu harus dilindungi dengan konduit, plat, atau konduit, yang panjangnya ke luar paling sedikit 0,5 m pada kedua ujung tempat pendekatan.

7.14.3.4 Pada persilangan dengan jalan kendaraan bermotor yang dikeraskan dan jalan kereta rel, kabel tanah harus dipasang di dalam konduit atau selubung baja atau bahan lain yang cukup kuat, tahan lama dan tahan api.

Panjang dan garis tengah dalam dari konduit atau selubung ini, harus dipilih sehingga kabel tanah itu dapat dikeluarkan tanpa membongkar jalan tersebut.

7.14.3.5 Konduit pelindung atau jalur kabel harus menjorok keluar, paling sedikit 0,5 meter dari kedua sisi rel terluar atau tepi pinggir dari jalan kendaraan bermotor.

7.14.3.6 Di bawah pekarangan dan bangunan dari Perusahaan Kereta Api atau perusahaan lain yang dipakai untuk tempat bekerja, pemasangan semua kabel tanah harus memenuhi persyaratan yang sama dengan untuk di bawah rel, yang tercantum dalam 7.14.3.4.

7.14.4 Persilangan dan pendekatan kabel tanah dengan saluran air dan bangunan pengairan

7.14.4.1 Pada persilangan dengan saluran air, kabel tanah harus diletakkan paling sedikit 1 m di bawah dasar saluran air yang direncanakan, dan harus ditanam dalam lapisan pasir.

7.14.4.2 Pada persilangan dengan saluran air laut, kabel tanah harus diletakan sedapat mungkin 2 m di bawah dasar saluran air laut yang direncanakan.

7.14.4.3 Pada persilangan kabel tanah harus diletakan paling sedikit 0,3 m di bawah atau di atas kabel listrik pengairan dan kabel tanah itu harus dilindungi dengan konduit yang terbuat dari bahan bangunan yang tidak dapat terbakar; perlindungan tersebut harus menjorok ke luar paling sedikit 0,5 m dari sisi kabel yang disilangnya.

7.14.4.4 Kabel tanah yang dipasang berdekatan dengan kabel listrik pengairan dengan jarak lebih kecil dari 0,3 m harus diletakkan dalam jalur atau konduit dari bahan yang tidak dapat terbakar.

7.14.4.5 Kabel tanah tidak boleh terletak lebih dekat dari 0,3 m dari bagian bangunan pengairan yang terletak di dalam tanah. Bila jarak tersebut sama atau lebih dari 0,3 m akan tetapi kurang dari 0,8 m, maka kabel tanah itu harus dilindungi dengan konduit belah, plat atau konduit yang panjangnya menjorok ke luar paling sedikit 0,5 m dari kedua tempat pendekatan.

7.14.4.6 Kabel tanah di bawah bangunan pengairan harus mempunyai perisai dan harus ditutupi dengan konduit belah atau plat, kecuali hal itu tidak dibenarkan karena alasan listrik. Kabel tanah yang tidak mempunyai perisai mekanis harus dimasukkan ke dalam konduit atau jalur kabel.

7.14.4.7 Di bawah jalan pengairan kabel tanah harus ditanam sedalam paling sedikit 0,8 m.

7.14.4.8 Letak dari kabel tanah yang dipasang melintas di bawah saluran air harus ditandai pada kedua tepinya sehingga dapat dilihat oleh pengemudi kapal.

7.14.5 Pendekatan kabel tanah dengan instalasi listrik di atas tanah

7.14.5.1 Jarak kabel tanah harus dipertahankan sekurang-kurangnya 0,3 m, diukur secara proyeksi mendatar dari bagian konstruksi konduktor listrik di atas tanah.

7.14.5.2 Bila jarak tersebut pada 7.14.5.1 lebih dari 0,3 m tetapi kurang dari 0,8 m, kabel tanah itu harus dilindungi dengan konduit dari baja atau bahan yang kuat, tahan lama, dan tahan api, atau dengan perlindungan yang sekurang-kurangnya sederajat. Perlindungan ini harus menjorok sekurang-kurangnya 0,5 m dari kedua ujung tempat yang jaraknya kurang dari 0,8 m.

7.14.6 Kabel tanah yang keluar dari tanah

7.14.6.1 Kabel tanah yang dipasang keluar dari tanah pada tempat di luar bangunan harus dipasang di dalam konduit atau selubung dari baja atau dari bahan lain yang cukup kuat sampai di luar jangkauan tangan, kecuali jika telah terdapat perlindungan lain yang sekurang-kurangnya sederajat.

Tabel 7.1-1 Luas penampang nominal kabel dan kabel tanah

Kabel dan kabel tanah instalasi tetap dari aluminium atau tembaga				Kabel dan kabel tanah instalasi tetap dari aluminium atau tembaga bentuk sektor	Kabel fleksibel, lebih fleksibel, sangat fleksibel dari tembaga
mm ²				mm ²	mm ²
(a)	(b)	(c)	(d)		
1	2	3	4	5	6
0,5	0,5 ^{*)}	-	-	-	0,5
0,75	0,75 ^{*)}	-	-	-	0,75
1,0	1,0 ^{*)}	-	-	-	1,0
1,0	1,5 ^{*)}	-	-	-	1,0
2,5	2,5 ^{*)}	-	-	-	2,5
4	4	-	-	-	4
6	6	-	-	-	6
10	10	-	-	10	10
16	16	16	-	16	16
-	25	25	-	25	25
-	35	35	-	35	35
-	50	50	-	50	50
-	70	70	-	70	70
-	95	95	-	95	95
-	120	120	-	120	120
-	150	150	-	150	150
-	185	185	-	185	185
-	240	240	-	240	240
-	300	300	-	300	300
-	400	400	-	400	400 ^{**)}
-	500	500	-	500	500 ^{**)}
-	630	630	800	630	-
-	800	-	1000	-	-
-	1000	-	1200	-	-

CATATAN :

^{*)} Hanya untuk tembaga

^{**)} Tidak digunakan untuk kabel sangat fleksibel

a) Berbentuk pejal bulat

b) Berbentuk dipilin bulat

c) Berbentuk dipilin bulat dipadatkan

d) Konduktor bulat terdiri dari sektor-sektor

Tabel 7.1-3 Daftar konstruksi kabel instalasi

No	Nama kabel	Nomenklatur	Voltase nominal (antara konduktor)	Jumlah inti	Luas penampang nominal inti mm ²	Daerah penggunaan			
						Dalam ruang kering	Dalam ruang lembab, basah dan yang sejenis, juga di alam terbuka	Dalam tempat kerja dan gudang dengan bahaya kebakaran	Dalam tempat kerja dan gudang dengan bahaya ledakan
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Kabel lampu termoplastik	NYFA	230/400 (300)	1,3 & 4	0,5 & 0,75	Untuk magun di dalam dan pada lampu			
		NYFAF	230/400 (300)	1,3 & 4	sda				
		NYFAZ	230/400 (300)	2	sda				
		NYFAD	230/400 (300)	3	sda				
2	Kabel lampu termoplastik tahan panas sampai 105 °C	NYFAw	230/400 (300)	1,3 & 4	0,5 1	Untuk magun di dalam dan pada lampu			
		NYFAFw	230/400 (300)	1,3 & 4	0,5 1				
		NYFAZw	230/400 (300)	2	0,5 & 0,75				
		NYFADw	230/400 (300)	3	0,5 & 0,75				
3	Kabel rumah termoplastik	NYA	400/690 (600)	1	0,5 400	Dalam konduit yang dipasang di atas atau di dalam plesteran (pada kamar mandi di rumah dan di hotel, hanya konduit plastik), pasangan terbuka pada insulator di atas plesteran di luar jangkauan tangan, dalam alat listrik, lemari hubung bagi	Tidak diperbolehkan	Tidak diperbolehkan	Tidak diperbolehkan
		NYAF	400/690 (600)	1	0,5 400				

Tabel 7.1-3 (lanjutan)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	Kabel termoplastik khusus	NSYA NSYAF NSYAW	400/690 (600) 400/690 (600) 400/690 (600)	1 1 1	1,5 .. 400 1,5 .. 400 1,5 .. 400	sda	Dipasang secara terbuka pada insulator di luar jangkauan tetapi tidak di alam terbuka. Terutama sebagai konduktor masuk di luar jangkauan tangan.	Dipasang di konduit plastik di atas dan di dalam plesteran	Dalam lemari hubung-bagi diperbolehkan
5	Kabel lampu tabung termoplastik	NYL	4000 atau 8000 terhadap tanah	1	1,5	Hanya di dalam konduit baja dalam udara, atau dalam konduit seperti itu di atas dan di bawah plesteran, selanjutnya untuk dipasang dalam kotak lampu reklame dan benda relief juga dalam kanal hantaran dari logam (juga pada kendaraan)	Tidak diperbolehkan	Tidak diperbolehkan	
6	Kabel termoplastik pipih a. berselubung karet b. berselubung termoplastik	NYIF NYIFY	230/400 (300) 230/400 (300)	2 ... 5 2 ... 5	1,5 & 2,5 1,5 & 2,5 Pada kabel berinti 2 dan 3, juga sampai 4 mm ²	Di dalam dan di bawah plesteran juga pada kamar mandi di rumah dan di hotel di dalam celah-celah dari langit-langit dan dinding tanpa plesteran, yang terbuat dari bahan yang tidak dapat terbakar selanjutnya dalam langit-langit balok kayu dari bangunan masif antara langit-langit palsu dan langit-langit yang diplester. Tidak diperbolehkan pada rumah kayu dan bangunan yang dipakai untuk pertanian.	Tidak diperbolehkan	Tidak diperbolehkan	Tidak diperbolehkan

Tabel 7.1-3 (lanjutan)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	Kabel gantung termoplastik tahan panas sampai 105°C	NYPLY	230/400 (300)	2 ... 4	0,75	Untuk lampu gantung ringan			
8	a. Kabel rumah termoplastik berselubung	NYM	230/400 (300)	1 ... 5	1,5 ... 35 Bila inti tunggal hanya sampai 16 mm ²	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran. Juga di atas kayu	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran juga di atas kayu	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran juga di atas kayu	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran dengan memperhatikan pengaruh kimia dan termis. Juga di atas kayu
	b. Kabel rumah termoplastik berselubung oval	NYM-O	230/400 (300)	2 dan 3					
9	Kabel termoplastik berperisai logam	NYRAMZ	230/400 (300)	2 ... 5	1 ... 5	sda	Tidak diperbolehkan	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran. Juga di atas kayu	Sda
10	Kabel termoplastik berperisai logam berselubung termoplastik	NYRUZY NYRUZYr	300/500 (400) 300/500 (400)	2 ... 5 2 ... 5	1,5 ... 25 1,5 ... 25 5-inti hanya sampai 16 mm ²	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran, tetapi tidak pada kamar mandi dalam rumah dan hotel. Juga di atas kayu.	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran. Juga di atas kayu	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran. Juga di atas kayu	Tidak diperbolehkan
11	Kabel termoplastik berperisai logam berpelindung elektrik berselubung termoplastik.	NHYRUZY NHYRUZYr	300/500 (400) 300/500 (400)	2 ... 5 2 ... 5	1,5 ... 25 1,5 ... 25 5-inti hanya sampai 6 mm ²	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran, tetapi tidak pada kamar mandi dalam rumah dan hotel, dalam ruangan dengan instalasi frekuensi tinggi. Juga di atas kayu.	Di atas di dalam dan di bawah plesteran, dalam ruang dengan instalasi frekuensi tinggi. Juga di atas kayu	Di atas di dalam dan di bawah plesteran, dalam ruang dengan instalasi frekuensi tinggi. Juga di atas kayu	Tidak diperbolehkan

Tabel 7.1-3 (lanjutan)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	Kabel termoplastik berselubung timah hitam dan termoplastik.	NYBUY	300/500 (400)	2 ... 5	1,5 ... 35 5-inti hanya sampai 6 mm ²	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran, tetapi tidak pada kamar mandi dalam rumah dan hotel. Juga di atas kayu.	Di atas, di bawah plesteran. Juga di atas kayu	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran. Juga di atas kayu	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran. Dengan memperhatikan pengaruh kimia dan termis. Juga di atas kayu
13	Kabel termoplastik lampu tabung dengan selubung termoplastik	NYLRZY	4000 dan 8000 terhadap tanah.	1	1,5	Di atas, dan di bawah plesteran. Juga di atas kayu.	Di atas, dan di bawah plesteran. Juga di atas kayu.	Tidak diperbolehkan	Tidak diperbolehkan
14	Kabel rumah karet	NGA	300/500 (400)	1	1 ... 95	Dalam conduit yang di pasang di atas atau di dalam plesteran (pada kamar mandi di rumah dan hotel hanya conduit plastik). Pemasangan terbuka pada insulator di atas plesteran di luar jangkauan tangan, dalam alat listrik, lemari hubung bagi.	Tidak diperbolehkan	Tidak diperbolehkan	Tidak diperbolehkan
15	Kabel karet tahan panas	N2GAU N2GAU	300/500 (400) 300/500 (400)	1 1	1 ... 95 0,5 ... 95	Pemasangan dalam conduit di atas dan di bawah plesteran juga di dalam dan pada lampu	Tidak diperbolehkan	Pemasangan di dalam conduit plastik di atas dan di bawah plesteran.	Di dalam lemari hubung bagi
16	Kabel karet	NPL	230/400 (300)	2 dan 3	0,75	Untuk lampu gantung ringan.		Tidak diperbolehkan	

CATATAN :

- a) Kabel instalasi dalam tabel di atas tidak boleh dipasang pada atau di dalam tanah, serta tidak boleh pula dipasang sebagai kabel udara.
- b) Nilai voltase pengenal di dalam tanda kurung adalah nilai kerja voltase tertinggi antara fase dan netral yang diperbolehkan.
- c) Untuk kabel berkonduktor tembaga, Nomenklaturnya dimulai dengan huruf N...

Tabel 7.1 – 4 Daftar konstruksi kabel fleksibel untuk dihubungkan dengan peralatan listrik yang dapat dipindah-pindahkan atau bergerak

No.	Nama konduktor	Nomenklatur	Voltase nominal (antara konduktor)	Jumlah inti	Luas penampang nominal inti mm ²			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Kabel termoplastik ringan	NLYZ	230/400 (300)	2	0,1	Ya	Hanya dalam ruang kering	Untuk menyambung alat listrik tangan yang sangat ringan (alat cukur, jam meja dll). beban arus dan panjang hantaran tidak boleh lebih dari 1 A dan 2 m.
2	Kabel termoplastik kembar dua dan tiga	NYZ NYD	230/400 (300) 230/400 (300)	2 3	0,5 & 0,75 0,5 & 0,75	Ya	Hanya dalam ruang kering	Dengan tekanan mekanik sedikit, untuk alat listrik tangan yang ringan, misalnya : pes, radio, alat cukur, dsb. Tidak untuk peralatan listrik termis.
3	Kabel termoplastik ringan berselubung termoplastik	NYLHY rd NYLHY n	230/400 (300) 230/400 (300)	2..4 2..3	0,5..0,75 0,5..0,75	Ya	Hanya dalam ruang kering	Dengan tekanan mekanik sedikit, untuk alat listrik tangan yang ringan, misalnya : mesin kantor, lampu meja dsb. Tidak untuk peralatan listrik termis.
4	Kabel termoplastik sedang berselubung termoplastik	NYMHYrd NYMHYfl	230/400 (300) 230/400 (300)	2..7 2	0,5...0,25 0,75	Ya	Hanya dalam ruang kering untuk peralatan listrik domestik juga dalam ruang lembab semen tara.	Dengan tekanan mekanik sedang, misalnya : untuk mesin cuci, lemari es dsb. Tidak untuk peralatan listrik termis.

Tabel 7.1 – 4 (lanjutan)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Kabel termoplastik pipih fleksibel berselubung karet	NYFLY	300/500 (400)	4...6 4...8 4...12	1.....6 1.....4 1.....2,5	Ya	Hanya dalam ruang kering	Dengan tekanan mekanis sedang, sebagai konduktor tenaga dan kontrol misalnya : pada alat angkat, alat transport, mesin kerja dsb. bila konduktor hanya tertekuk pada sisi pipihnya saja.
6	Kabel karet berurat banyak berselubung karet	NSA	230/400 (300)	2 & 3	0,75...1,5	Tidak	Dalam ruang kering	Dengan tekanan mekanis sedikit, untuk alat listrik ringan misalnya setrika.
7	Kabel karet ringan berselubung karet	NLH	230/400 (300)	2....4	0,75...4	Ya	Dalam ruang kering tapi tidak dalam bengkel	Dengan tekanan mekanis sedikit, untuk alat listrik ringan misalnya penghisap debu, setrika, panggangan roti dsb.
8	Kabel karet sedang berselubung karet	NMH NMHou	300/500 (400)	1...4	0,5 & 0,75	Ya	Dalam ruang ke ring & lembab dalam tempat kerja dengan bahaya kebakaran diperbolehkan mulai penampang 1,5 cm ² . Dalam tempat kerja dengan bahaya kebakaran, untuk maksud pertanian & di alam terbuka. Dalam air dan untuk keperluan industri dsb., hanya dengan NMHoc atau NMHoc(rf) Tidak boleh diregangkan seperti konduktor udara.	Dengan tekanan mekanis sedang : untuk alat listrik dapur, bengkel, pertanian, misalnya: pemanas air yang besar, lampu tangan dan alat listrik tangan. Dengan tekanan mekanis sedang, untuk alat listrik tangan seperti alat bor dsb, dimana konduktor penyambungannya terkena tekanan karena tekukan dan puntiran.

Table 7.1 – 4 (lanjutan)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	Kabel karet panggung berselubung khusus	NTSK	300/500 (400)	2	2,5....35	Ya	Di ruang kering, digantung pada panggung	Bilamana digantung, maka harus dijahitkan pada selubung luar kabel yang terbuat dari kain tenda.
10	Kabel las	NSLFFou	200	1	16 95	-	Dalam ruang kering dan lembab, juga di alam terbuka	Tahan terhadap puntiran dan tekukan.
11	Kabel karet berselubung sangat fleksibel	NMHVou	230/400 (300)	2 4	0,75 ... 1,5 2-inti hanya sampai 0,75 mm ²	Ya	Di ruang kering dan lembab juga di alam terbuka.	Tahan terhadap puntiran dan tekukan
12	Kabel karet berselubung pipih sangat fleksibel	NGFLGou	300/500 (400)	4...6 4...8 4...12	16 4 1.....2,5	Ya	Di ruang kering dan lembab juga di alam terbuka.	Dengan tekanan mekanis sedang sebagai konduktor tenaga dan kontrol, mesin kerja dsb. Bila konduktor tertekuk hanya pada sisi pipihnya saja.
13	Kabel karet berat berselubung karet	NSHou	450/750 (690)	1 2...4 5 6	1,5.....400 1,5.....185 1,5.....70 1,5.....6	Ya	Dalam ruang kering dan lembab, dalam ruang kerja dengan bahaya kebakaran dan ruang kerja pertanian, juga dalam alam terbuka dan dalam air untuk keperluan industri dsb. Dalam ruang kerja dengan bahaya ledakan.	Dengan tekanan mekanis berat, untuk alat listrik berat seperti mesin pembangkit listrik dan motor yang bergerak, motor kerja listrik, mesin pertanian dan pada pembangunan.

Tabel 7.1 – 4 (lanjutan)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	Kabel karet berat berselubung karet berpelindung listrik	NSHCou	450/750 (690)	2.....4	1,5.....16	Ya	Dalam ruang kering dan lembab, dalam ruang kerja dengan bahaya kebakaran dan ruang kerja pertanian, juga dalam alam terbuka dan dalam air untuk keperluan industri dsb. Dalam ruang kerja dengan bahaya ledakan.	Dengan tekanan mekanis berat, untuk alat listrik berat seperti mesin pembangkit listrik dan motor yang bergerak, motor kerja listrik, mesin pertanian dan pada pembangunan.

CATATAN Kabel fleksibel dalam tabel di atas tidak boleh di pasang pada atau di dalam tanah, serta pula tidak boleh dipasang sebagai kabel udara.

Tabel 7.1 – 5 Daftar konstruksi dan penggunaan kabel tanah berinsulasi dan berselubung termoplastik

No.	Nama kabel tanah	Nomenklatur ¹⁾	Voltase nominal ²⁾	Jumlah inti	Luas penampang nominal ³⁾⁴⁾ mm ²	Perlindungan/ konduktor konsentris	Penggunaan utama	Penggunaan dengan pembatasan	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Kabel tanah berinsulasi dan berselubung termoplastik	NY ³⁾	0,6/1 (1,2)	1 ... 4	1,5 400	Tanpa	Kabel daya : Di dalam ruang, saluran kabel, dan di alam terbuka, untuk mesin tenaga, lemari penghubung, instalasi industri bila diharapkan tidak terjadi kerusakan mekanis.	Dalam tanah dengan pelindung bila diperhitungkan kemungkinan terjadi kerusakan mekanis. Dengan NAYY disyaratkan tindakan pengamanan khusus.	
		NAYY ³⁾	0,6/1(1,2)	1 4	25 400				Bila inti tunggal bisa sampai 500 mm ² .
2	Kabel tanah berinsulasi dan berselubung termoplastik dengan perisai pita baja	NYBY	Sda	2 4	4..... 400 ⁴⁾	Dobel perisai pita baja yang digalvanis	Di dalam ruang, saluran kabel, dan di dalam tanah untuk instalasi industri dan lemari penghubung, serta untuk mesin tenaga bila mungkin terdapat gangguan mekanis ringan.	Dalam penggelarannya harus diperhatikan agar kabel tanah ini tidak mengalami tarikan-tarikan yang berlebihan atas pengaruhnya.	
		NAYBY		3 dan 4	25.....400				Dobel perisai pita aluminium
				3 dan 4 n 4	25.....400				
1	10.....400								
3	Kabel tanah berinsulasi dan berselubung termoplastik dengan perisai kawat baja	NYFGbY NYRGbY	Sda	2..... 4	1,5 400	Perisai kawat baja bundar atau pipih yang digalvanis	NYFGbY dan NAYFGbY : di dalam ruang, saluran kabel dan dialam terbuka, dan di dalam tanah untuk mesin tenaga, untuk instalasi industri dan lemari penghubung, bila diharapkan terjadi gangguan mekanis sedang.	NYFGby dan NAYFGbY : di dalam air dan sungai, bila tidak akan terjadi gang guan gaya tarik mekanis.	
		NAYFGbY NAYRGbY		3 dan 4	25 400				25 400
				3 dan 4	25 400				
				3 dan 4	35 400				
				3 dan 4	35 400				

Tabel 7.1-5 (lanjutan)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Kabel tanah berinsulasi dan berselubung termoplastik dengan konduktor konsentrik.	NYCY NYCWY NAYCY NAYCWY	0,6/1 (1,2)	14 3 dan 4 3 dan 4	1,5 400 25400 25400 Bila inti tunggal bisa sampai 500 mm ² , sampai 100mm ² bisa multiinti	Berpenghantar konsentris tembaga (c) Konduktor konsentris tidak membelit urat-urat (zigzag)-(CW) Luas penampang nominal konduktor konsentris maksimum 240 mm ²	NYCY dan NAYCY : untuk jaringan listrik dengan konduktor konsentris, untuk pemasangan dalam tanah, di dalam ruang, saluran kabel dan alam terbuka; untuk pencahayaan jalan dan sambungan rumah dalam jaringan listrik, diperlukan pengamanan mekanis tambahan. NAYCWY dan NAYCYWY : Untuk jaringan listrik dengan konduktor konsentris bergelombang yang pada pencabangan tidak dipotong, untuk pemasangan dalam tanah di dalam ruang, untuk pencahayaan jalan dan sambungan rumah dalam jaringan listrik, diperlukan pengamanan mekanisme tambahan.	NYCY dan NAYCY : Pada waktu montase dan pada waktu pembebanan dapat dibebani gaya mekanis ringan (lihat lajur 1) NAYCWY dan NAYCYWY : Pada waktu montase dan pada waktu pembebanan dapat dibebani gaya mekanis ringan (lihat lajur 1).
5	Kabel tanah berinsulasi dan berselubung termoplastik dengan lapisan pelindung listrik.	NYSY NAYSY	Sda	3 dan 4 3 dan 4 1 4 3 dan 4 3 dan 4	25 400 25 400 35 400 35 400 35 400	Berpelindung listrik dari bahan tembaga sesuai 7.1.3.4.2	Di dalam ruangan sempit karena radius tekuknya yang kecil untuk instalasi mesin tenaga dan lemari penghubung. Disebabkan karena ringannya, sebagai kabel tanah tepat untuk daerah dengan perbedaan tinggi yang besar.	Di dalam memilih penampang lapisan Cu perlu diperhatikan syarat pembumian jaringan.
6	Kabel tanah berinsulasi dan berselubung termoplastik dengan konduktor	NYCEY NAYCEY	Sda	3 dan 4 3 dan 4 2 4 3 dan 4 3 dan 4	25 400 25 400 35 400 35 400 35 400	Konduktor konsentris melilit setiap urat, jumlah luas penampang semua konduktor konsentris sesuai 7.1.3.4.2.	Di dalam ruang, saluran kabel, di alam terbuka dan di dalam tanah untuk mesin tenaga, instalasi industri dan lemari penghubung.	Dalam memilih pemasangan konduktor konsentris Cu perlu diperhatikan syarat pembumian dari jaringan.

Tabel 7.1-5 (lanjutan)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	Kabel tanah berinsulasi dan berselubung termoplastik dengan lapisan pelindung listrik membungkus tiap inti	NYSEY NAYSEY	Sda	3 dan 4 3 dan 4 3 dan 4 3 dan 4	25 400 25 400 35 400 35 400	Lapisan pelindung listrik melilit setiap urat, luas penampang pelindung listrik yang membungkus tiap urat sesuai 7.1.3.4.2.	Di dalam ruang, saluran kabel, di alam terbuka dan di dalam tanah untuk mesin tenaga, instalasi industri dan lemari penghubung.	Dalam memilih pemasangan konduktor konsentris Cu perlu diperhatikan syarat pembumian dari jaringan.
8	Kabel tanah berinsulasi dan berselubung termoplastik dengan lapisan pelindung listrik dan lapisan pembatas medan magnet.	NYHSY NAYHSY	Sda	1 dan 4 1 dan 4 1 dan 4 1 dan 4	25 400 25 400 35 400 35 400	Lapisan pelindung listrik melilit sesuai 7.1.3.4.2. dan lapisan pembatas medan magnet pada setiap inti.	Di dalam ruang, saluran kabel, di alam terbuka dan di dalam tanah untuk mesin tenaga, instalasi industri dan lemari penghubung. Dalam memilih penampang lapisan Cu perlu diperhatikan syarat resistansi dari jaringan.	Karena susut dielektris yang rendah, tepat untuk jaringan umum yang sangat panjang.

CATATAN :

- a) Untuk kabel berkonduktor aluminium, Nomenklaturnya dimulai dengan huruf kombinasi NA
- b) Untuk kabel tanah bervoltase pengenal lebih dari 0,6/1 kV (1,2 kV), luas penampang konduktor terkecil adalah 25 mm² untuk Cu, dan 35 mm² untuk A1.
- c) Untuk 1,5 s/d 10 mm² berkonduktor tembaga bisa berurat banyak, bila inti tunggal berkonduktor aluminium minimum 35 mm².
- d) Kabel tanah 4-inti juga dengan ukuran 2,5 mm²
- e) Untuk menahan kebocoran terhadap air secara radial maupun longitudinal, kabel jenis ini dapat diberi lapisan khusus, yang tidak mengandung bahan selulosa.
- f) Untuk keperluan khusus, misalnya menyeberangi sungai, kabel jenis ini dapat diberi perisai aluminium atau stainless steel yang berombak-ombak (*corrugated*), atau untuk kabel berselubung timbal harus dilindungi dengan perisai kawat bulat.
- g) Kecuali bahan XLPE (*cross-linked polyethylene*), boleh juga digunakan PE (*polyethylene*) sebagai bahan insulasi kabel, dalam hal ini momenklaturnya adalah N2Y (atau NA2Y).

Tabel 7.1-6 Kabel udara

No.	Jenis kabel	Nomenklatur	Voltase pengenal kV	Jumlah inti	Luas penampang pengenal mm ²	Contoh penggunaan
1	2	3	4	5	6	7
1.	Kabel udara berselubung termoplastik dengan tali penggantung baja	NYM-T	0,3/0,5 (0,4)	2 . . . 5	1,5 . . . 35	Sebagai penghantar udara di luar bangunan
2.	Kabel udara berinsulasi termoplastik dengan penguat kawat penggantung, berselubung termoplastik	NYMZ	0,3/0,5 (0,4)	2 . . . 5	1,5 . . . 16	s.d.a
3.	Kabel udara ber-konduktor tembaga keras dengan insulasi termoplastik	NFYM	0,6/1 (1,2)	1	6 . . . 50	s.d.a
4.	Kabel pilin udara ber-konduktor tembaga atau aluminium berinsulasi PVC	NFY NFAY	0,6/1 (1,2)	2	Cu: 6 – 25 Al: 10 – 25	s.d.a
5.	Kabel pilin udara ber-konduktor tembaga atau aluminium berinsulasi XLPE	NF2X NFA2X	0,6/1 (1,2)	2 . . . 6	Cu: 6 – 25 Al: 35 – 120	s.d.a

Tabel 7.3-1 KHA terus menerus yang diperbolehkan dan proteksi untuk kabel instalasi inti tunggal berinsulasi PVC pada suhu ambient 30 °C dan suhu konduktor maksimum 70 °C

Jenis Konduktor	Luas penampang nominal mm ²	KHA terus menerus		KHA pengenalan gawai proteksi	
		Pemasangan dalam konduit ^(x) sesuai 7.13	Pemasangan di udara ^(xx) sesuai 7.12.1	Pemasangan dalam konduit	Pemasangan di udara
		A	A	A	A
1	2	3	4	5	6
NYFA NYFAF NYFAZ NYFAD NYA NYAF NYFAw NYFAFw NYFAZw NYFADw dan NYL	0,5	2,5	-	2	-
	0,75	7	15	4	10
	1	11	19	6	10
	1,5	15	24	10	20
	2,5	20	32	16	25
	4	25	42	20	35
	6	33	54	25	50
	10	45	73	35	63
	16	61	98	50	80
	25	83	129	63	100
	35	103	158	80	125
	50	132	198	100	160
	70	165	245	125	200
	95	197	292	160	250
	120	235	344	250	315
	150	-	391	-	315
	185	-	448	-	400
240	-	5285	-	400	
300	-	608	-	500	
400	-	726	-	630	
500	-	830	-	630	

CATATAN ^(x) Untuk satu atau lebih kabel tunggal tanpa selubung

^(xx) Untuk kabel tunggal dengan jarak sekurang-kurangnya sama dengan diameternya

Tabel 7.3-2 Faktor koreksi untuk KHA terus menerus untuk kabel instalasi inti tunggal berinsulasi karet/PVC pada suhu ambient 30 °C dengan suhu konduktor maksimum 70 °C

Suhu ambient °C	% dari nilai KHA menurut Tabel 7.3-1 kolom 4	
	Bahan insulasi karet	Bahan insulasi PVC
1	2	3
$t \leq 30^{\circ}\text{C}$	98	100
$30^{\circ}\text{C} < t \leq 35^{\circ}\text{C}$	90	94
$35^{\circ}\text{C} < t \leq 40^{\circ}\text{C}$	80	87
$40^{\circ}\text{C} < t \leq 45^{\circ}\text{C}$	69	80
$45^{\circ}\text{C} < t \leq 50^{\circ}\text{C}$	56	71
$50^{\circ}\text{C} < t \leq 55^{\circ}\text{C}$	40	62

Tabel 7.3-3 Faktor koreksi untuk KHA terus menerus untuk kabel instalasi tunggal berinsulasi terbuat dari bahan khusus tahan panas pada suhu ambient di atas 55 °C

Suhu ambient °C		% dari nilai menurut Tabel 7.3-1 kolom 4
Konduktor dengan batas suhu kerja 100 °C	Konduktor dengan batas suhu kerja 180 °C	
1	2	3
$55^{\circ}\text{C} < t \leq 65^{\circ}\text{C}$	$55^{\circ}\text{C} < t \leq 145^{\circ}\text{C}$	100
$65^{\circ}\text{C} < t \leq 70^{\circ}\text{C}$	$145^{\circ}\text{C} < t \leq 150^{\circ}\text{C}$	92
$70^{\circ}\text{C} < t \leq 75^{\circ}\text{C}$	$150^{\circ}\text{C} < t \leq 155^{\circ}\text{C}$	85
$75^{\circ}\text{C} < t \leq 80^{\circ}\text{C}$	$155^{\circ}\text{C} < t \leq 160^{\circ}\text{C}$	75
$80^{\circ}\text{C} < t \leq 85^{\circ}\text{C}$	$160^{\circ}\text{C} < t \leq 165^{\circ}\text{C}$	65
$85^{\circ}\text{C} < t \leq 90^{\circ}\text{C}$	$165^{\circ}\text{C} < t \leq 170^{\circ}\text{C}$	53
$90^{\circ}\text{C} < t \leq 95^{\circ}\text{C}$	$170^{\circ}\text{C} < t \leq 175^{\circ}\text{C}$	38

Tabel 7.3-4 KHA terus menerus yang diperbolehkan untuk kabel instalasi berinsulasi dan berselubung PVC, serta kabel fleksibel dengan voltase pengenal 230/400 (300) volt dan 300/500 (400) volt pada suhu ambien 30 °C, dengan suhu konduktor maksimum 70 °C

Jenis kabel	Luas penampang mm ²	KHA terus menerus A	KHA pengenal gawai proteksi A
1	2	3	4
	1,5	18	10
	2,5	26	20
	4	34	25
	6	44	35
NYIF	10	61	50
NYIFY	16	82	63
NYPLYw			
NYM/NYM-0	25	108	80
NYRAMZ	35	135	100
NYRUZY	50	168	125
NYRUZYr			
NHYRUZY	70	207	160
NHYRUZYr	95	250	200
NYBUY	120	292	250
NYLRZY, dan Kabel fleksibel berinsulasi PVC	150	335	250
	185	382	315
	240	453	400
	300	504	400
	400	-	-
	500	-	-

Tabel 7.3-5a KHA terus menerus untuk kabel tanah inti tunggal, berkonduktor tembaga, berinsulasi dan berselubung PVC, dipasang pada sistem a.s. dengan voltase kerja maksimum 1,8 kV; serta untuk kabel tanah 2-inti, 3-inti dan 4-inti berkonduktor tembaga, berinsulasi dan berselubung PVC yang dipasang pada sistem a.b. trifase dengan voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV), pada suhu ambien 30 °C.

Jenis kabel	Luas penampang g mm ²	KHA terus menerus					
		Inti tunggal		2-inti		3-inti dan 4-inti	
		di tanah	di udara	di tanah	di udara	di tanah	di udara
		A	A	A	A	A	A
1	2	3	4	5	6	7	8
	1,5	40	26	31	20	26	18,5
	2,5	54	35	41	27	34	25
	4	70	46	54	37	44	34
	6	90	58	68	48	56	43
NY Y	10	122	79	92	66	75	60
NY BY	16	160	105	121	89	98	80
NY FGbY							
NY RGbY	25	206	140	153	118	128	106
NY CY	35	249	174	187	145	157	131
NY CWY	50	296	212	222	176	185	159
NY SY							
NY CEY	70	365	269	272	224	228	202
NY SEY	95	438	331	328	271	275	244
NY HSY	120	499	386	375	314	313	282
NYKY							
NY KBY	150	561	442	419	361	353	324
NY KFGBY	185	637	511	475	412	399	371
NY KRGBY	240	743	612	550	484	464	436
	300	843	707	525	590	524	481
	400	986	859	605	710	600	560
	500	1125	1000	-	-	-	-

CATATAN KHA terus menerus kabel tanah ini dihitung berdasarkan kondisi tersebut dalam 7.3.4.2 dan 7.3.4.4.

Tabel 7.3-5b KHA terus menerus untuk kabel tanah inti tunggal, berkonduktor aluminium, berinsulasi dan berselubung PVC, dipasang pada sistem arus searah dengan voltase kerja maksimum 1,8 kV; serta untuk kabel tanah 2-inti, 3-inti dan 4-inti berkonduktor aluminium, berinsulasi dan berselubung PVC yang dipasang pada sistem arus trifase dengan voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV), pada suhu ambien 30 °C

Jenis kabel	Luas penampang nominal mm ²	KHA terus menerus					
		Berinti tunggal		Berinti dua		Berinti tiga dan empat	
		di tanah	di udara	di tanah	di udara	di tanah	di udara
		A	A	A	A	A	A
1	2	3	4	5	6	7	8
	4	45	36	36	29	32	26
	6	57	45	45	37	40	34
	10	76	62	61	51	53	46
	16	102	82	79	70	69	62
	25	134	125	102	91	93	83
NAYY	35	180	145	125	113	111	102
NAYBY	50	215	176	147	138	133	124
NAYFGbY							
NAYRGbY	70	265	224	178	174	165	158
NAYCY							
NAYCWY	95	319	271	218	210	198	190
NAYS	120	683	314	245	244	227	221
NAYCEY							
NAYSEY	150	409	361	280	281	254	252
dan	185	464	412	316	320	290	289
NAYHSY	240	543	484	369	378	341	339
	300	615	548	414	460	387	377
	400	719	666	481	550	446	444
	500	821	776	-	-	-	-

CATATAN KHA terus-menerus kabel tanah ini dihitung berdasarkan kondisi tersebut dalam 7.3.4.2 dan 7.3.4.4.

Tabel 7.3-7a KHA terus menerus untuk tiga kabel tanah inti tunggal, berkonduktor tembaga, berinsulasi dan berselubung PVC, dengan voltase pengenal 0,6/1 kV yang dipasang sejajar pada suatu sistem trifase pada suhu ambien 30 °C

Jenis kabel	Luas penampang nominal mm ²	KHA terus menerus	
		Voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV)	
		di tanah	di udara
1	2	3	4
	16	119	103
	25	153	137
	35	183	169
NYN	50	216	206
NYCY			
NYCWY	70	265	261
NYHSY	95	316	321
NYSY	120	359	374
NYKY			
NYSKY	150	402	428
NYKBY	185	454	494
NYSKBY	240	527	590
	300	544	678
	400	686	817
	500	774	940

CATATAN KHA terus menerus kabel tanah ini dihitung berdasarkan kondisi tersebut dalam 7.3.4.2 dan 7.3.4.4.

Tabel 7.3-7b KHA terus menerus untuk tiga kabel tanah inti tunggal, berkonduktor aluminium berinsulasi dan berselubung PVC, dengan voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV) yang dipasang sejajar pada suatu sistem trifase pada suhu ambien 30 °C

Jenis kabel	Luas penampang nominal mm ²	KHA terus menerus	
		Voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV)	
		di tanah	di udara
1	2	3	4
	16	-	-
	25	-	-
	35	141	131
NAYY	50	168	160
NAYCY			
NAYCWY	70	204	202
NAYHSY	95	245	249
NAYSY	120	279	291
NAYKY			
NAYSKY	150	312	333
NAYKBY	185	353	384
NAYSKBY	240	410	460
	300	464	530
	400	538	642
	500	610	744

CATATAN KHA terus menerus kabel tanah ini dihitung berdasarkan kondisi tersebut dalam 7.3.4.2 dan 7.3.4.4.

Tabel 7.3-8a KHA terus menerus untuk tiga kabel tanah inti tunggal, berkonduktor tembaga berinsulasi dan berselubung PVC, tidak berperisai, dengan voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV) yang dipasang terikat membentuk suatu sistem trifase, pada suhu ambien 30 °C

Jenis kabel	Luas penampang nominal mm ²	KHA terus menerus	
		Voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV)	
		di tanah	di udara
1	2	3	4
	16	100	89
	25	129	118
	35	155	145
	50	183	176
NYY	70	225	224
NYCY	95	270	271
NYCWY	120	306	314
NYHSY			
NYSY	150	344	361
	185	389	412
	240	452	484
	300	509	549
	400	587	657
	500	656	749

CATATAN KHA terus menerus kabel tanah ini dihitung berdasarkan kondisi tersebut dalam 7.3.4.2 dan 7.3.4.4.

Tabel 7.3-8b KHA terus menerus untuk tiga kabel tanah inti tunggal, berkonduktor aluminium berinsulasi dan berselubung PVC, tidak berperisai, dengan voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV) yang dipasang terikat (trefoil) membentuk suatu sistem trifase, pada suhu ambien 30 °C

Jenis kabel	Luas penampang nominal mm ²	KHA terus menerus	
		Voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV)	
		di tanah	di udara
1	2	3	4
	16	-	-
	25	-	-
	35	119	113
	50	142	138
NAYY	70	175	174
NAYCY	95	210	210
NYCWY	120	239	244
NAYHSY			
NAYSY	150	268	281
	185	304	320
	240	355	378
	300	401	433
	400	466	523
	500	528	603

CATATAN KHA terus menerus kabel tanah ini dihitung berdasarkan kondisi tersebut dalam 7.3.4.2 dan 7.3.4.4.

Tabel 7.3-9a KHA terus menerus untuk tiga kabel tanah, berkonduktor tembaga berinsulasi XLPE, berpelindung bebat tembaga serta berselubung PVC dengan voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV) yang dipasang sejajar pada suatu sistem trifase pada suhu ambien 30 °C atau suhu tanah 30 °C

Jenis kabel voltase rendah	Luas penampang nominal mm ²	<i>KHA terus menerus</i>					
		Inti tunggal (*)		Berinti dua (*)		Berinti tiga empat (*)	
		di tanah	di udara	di tanah	di udara	di tanah	Di udara
		A	A	A	A	A	A
1	2	3	4	5	6	7	8
	1,5	43	35	33	27	29	23
	2,5	58	43	44	36	38	32
	4	76	57	58	48	49	41
	6	95	72	72	61	60	52
	10	128	98	97	83	97	71
	16	169	132	128	113	108	96
N2XY	25	220	187	167	150	141	130
N2XB(AI)Y	35	265	217	201	186	170	159
N2XSY	50	316	263	239	226	201	193
N2XSB(AI)Y	70	385	331	295	290	249	245
N2XFGbY	95	465	408	355	353	299	302
N2XRGbY	120	531	474	404	413	340	349
	150	597	550	458	468	381	400
	185	680	633	516	540	434	464
	240	790	750	600	590	506	552
	300	901	871	695	745	585	640
	400	1032	1019	-	-	-	-
	500	1180	1188	-	-	-	-

CATATAN :

- KHA terus-menerus kabel tanah ini dihitung berdasarkan kondisi tersebut dalam 7.3.6.2 dan 7.3.6.4
- Jarak minimum antar kabel 7 cm

Tabel 7.3-12a KHA terus menerus kabel pilin udara berkonduktor aluminium atau tembaga, berinsulasi XLPE atau PVC dengan voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV), untuk saluran voltase rendah dan saluran pelayanan, pada suhu ambien maksimum 30°C

Jenis kabel	Penampang nominal mm ²	KHA terus menerus A	Penggunaan
1	2	3	4
NFA2X	2 x 25 + 25 2 x 35 + 25 2 x 50 + 35 2 x 70 + 50 2 x 95 + 70 3 x 25 + 25 3 x 35 + 25 3 x 50 + 35 3 x 70 + 50 3 x 95 + 70	103 125 154 196 242 s.d.a	Saluran voltase rendah
	3 x 25 + 25 + 2 x 16 3 x 35 + 25 + 2 x 16 3 x 50 + 35 + 2 x 16 3 x 70 + 50 + 2 x 16 3 x 95 + 70 + 2 x 16	s.d.a	
	2 x 10 re 2 x 10 rm 2 x 16 rm 4 x 10 re 4 x 10 rm 4 x 16 rm 4 x 25 rm	54 54 72 54 54 72 102	Saluran pelayanan
	2 x 6 re 2 x 6 rm 2 x 10 re 2 x 10 rm 2 x 16 rm 4 x 6 re 4 x 6 rm 4 x 10 re 4 x 10 rm 4 x 16 rm 4 x 25 rm	54 54 73 73 97 54 54 73 73 97 133	
NFAY	2 x 10 re 2 x 10 rm 2 x 16 rm 4 x 6 re 4 x 6 rm 4 x 16 rm 4 x 25 rm	42 42 58 42 42 58 75	
NFY	2 x 6 re 2 x 6 rm 2 x 10 re 2 x 10 rm 4 x 6 re 4 x 6 rm 4 x 10 re 4 x 10 rm 4 x 16 rm 4 x 25 rm	42 42 60 60 42 42 60 60 75 107	

Tabel 7.3-13 Faktor koreksi untuk KHA kabel tanah berkonduktor tembaga atau aluminium berinsulasi dan berselubung PVC dengan voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV), lebih dari 4-inti, dengan luas penampang nominal konduktor 1,5 mm² sampai dengan 10 mm²

Faktor koreksi ini berlaku untuk Tabel 7.3-5a dan 7.3-5b, kolom 7 dan 8.

Jumlah inti yang dibebani	Faktor koreksi terhadap Tabel 7.3-5a dan 7.3-5b untuk luas penampang nominal konduktor 1,5 mm ² sampai 10 mm ²	
	Kolom 7 (di tanah)	Kolom 8 (di udara)
1	2	3
5	0,70	0,75
7	0,60	0,65
10	0,50	0,55
14	0,45	0,50
19	0,40	0,45
24	0,35	0,40
40	0,30	0,35
61	0,25	0,30

Tabel 7.3-14 Faktor koreksi untuk KHA terus-menerus dari kabel tanah yang ditanam dalam tanah yang mempunyai resistans panas-jenis lain dari 100 °C cm/W

Resistans panas jenis tanah dalam °C.cm/W	70	100	120	150	200	250	300
1	2	3	4	5	6	7	8
Luas penampang nominal (mm ²)	Faktor A						
<i>Sampai dengan 25</i>	1,11	1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6
$25 < Q \leq 95$	1,13	1	4	7	8	2	7
$95 < Q \leq 240$	1,14	1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6
$Q > 240$	1,15	1	3	6	6	0	4
			0,9	0,8	0,7	0,6	0,6
			3	5	6	9	3
			0,9	0,8	0,7	0,6	0,6
			2	5	5	8	3
Jenis Kabel Tanah	Faktor B						
Kabel berinti 3 dan 4, voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV)	1	1	1	1	1	1	1
Kabel berinti 2, voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV)	0,98	1	1,0 1	1,0 1	1,0 2	1,0 2	1,0 3
Kabel inti tunggal, arus searah, voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV)	0,98	1	1,0 1	1,0 1	1,0 2	1,0 2	1,0 3
3 kabel inti tunggal tidak berperisai, voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV).	1,01	1	1,0 0	0,9 8	1,0 7	0,9 7	0,9 6

Faktor A harus dikalikan dengan faktor B untuk mendapatkan faktor koreksi yang diperlukan.

Tabel 7.3-15a Faktor koreksi untuk KHA kabel tanah berinsulasi PVC voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV) yang ditanam dalam tanah dengan suhu ambien selain dari 30 °C

Suhu ambien	15 °C	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C
1	2	3	4	5	6	7
Faktor koreksi	1,18	1,12	1,07	1	0,94	0,87

Tabel 7.3-15b Faktor koreksi untuk kabel XLPE dengan suhu ambien selain dari 30 °C

Suhu ambien	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Faktor koreksi</i>	1,15	1,12	1,08	1,04	1,00	0,96	0,91	0,87	0,82

Tabel 7.3-16a Faktor koreksi untuk KHA dari kabel tanah yang ditanam sejajar dalam tanah dengan jarak 7 cm untuk kabel tanah inti tunggal (arus searah) dan multiinti (trifase)

Jumlah kabel dalam tanah	2	3	4	5	6	8	10
1	2	3	4	5	6	7	8
Faktor koreksi untuk kabel berinsulasi PVC (Tabel 7.3-6a sampai dengan 7.3-8b)	0,87	0,78	0,74	0,71	0,68	0,65	0,63
Faktor koreksi untuk kabel berinsulasi XLPE (Tabel 7.3-9a sampai dengan 7.3-11 b)	0,87	0,77	0,73	0,70	0,68	0,65	0,63

Tabel 7.3-16b Faktor koreksi untuk KHA kabel tanah berinti tiga sebagaimana termaksud dalam Tabel 7.3-10a sampai dengan 7.3-11b dempet, berjarak 7 cm dan berjarak 25 cm dalam tanah

Jumlah kabel dalam tanah	2	3	4	5	6	8	10
1	2	3	4	5	6	7	8
Faktor koreksi untuk kondisi letak kabel :							
- Dempet	0,79	0,69	0,63	0,58	0,55	0,50	0,46
- Berjarak 7 cm	0,85	0,75	0,70	0,66	0,63	0,59	0,56
- Berjarak 25 cm	0,89	0,79	0,75	0,72	0,72	0,66	0,64

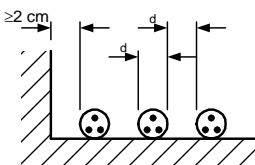
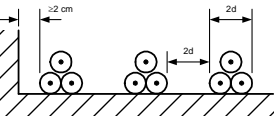
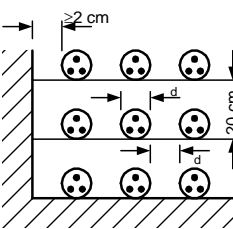
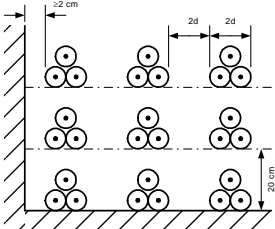
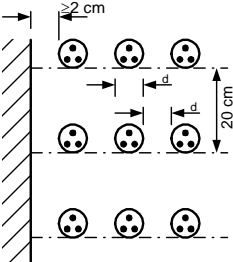
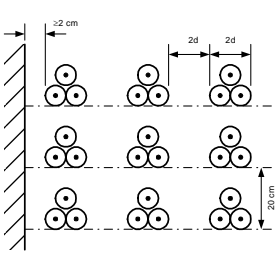
Tabel 7.3-17 Faktor koreksi untuk KHA kabel tanah yang ditanam dalam tanah, untuk kabel tanah inti tunggal pada sistem a.b.

Jumlah kabel dalam tanah	2	3	4
1	2	3	4
Faktor koreksi untuk Tabel 7.3-7a dan 7.3-7b dengan jarak antara permukaan kabel masing-masing 7 cm	0,82	0,74	0,68
Faktor koreksi untuk Tabel 7.3-8a dan 7.3-8b dengan jarak antara permukaan kabel masing-masing 7 cm	0,85	0,77	0,72

Tabel 7.3-18 Faktor koreksi untuk KHA kabel tanah yang dipasang di udara dengan suhu ambien lain dari 30 °C

Suhu ambien	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C
1	2	3	4	5
<i>Kabel dengan voltase pengenal</i> 0,6/1 kV (1,2 kV)	1,06	1,00	0,94	0,87

Tabel 7.3-19 Faktor koreksi terhadap Tabel 7.3-5a sampai dengan 7.3-11b perhitungan KHA untuk kabel berinsulasi dan berselubung PVC multiinti dan inti tunggal (sistem arus searah) atau kabel berinsulasi XLPE, berpelindung bebat tembaga tanpa perisai baja dan berselubung PVC berinti tiga yang dipasang di udara pada sistem arus trifase

Penyusunan kabel	Jumlah penyangga kabel	Pemasangan tidak rapat [Jarak antara permukaan masing-masing kabel = diameter luar kabel (pemasangan mendatar, jarak dari dinding ke permukaan kabel 2 cm)]					Tata letak kabel	Pemasangan berhimpitan					Tata letak kabel
		Jumlah kabel						Jumlah ikatan kabel					
		1	2	3	6	9		1	2	3	6	9	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Kabel tanah di atas lantai		0,95	0,90	0,88	0,85	0,84		0,50	0,84	0,80	0,75	0,73	
Kabel tanah disusun pada penyangga kabel yang tertutup (sirkulasi udara terhindari)	1	0,95	0,90	0,88	0,85	0,84		0,95	0,84	0,80	0,75	0,73	
	2	0,95	0,85	0,83	0,81	0,80		0,95	0,80	0,76	0,71	0,69	
	3	0,88	0,83	0,81	0,79	0,78		0,95	0,78	0,74	0,70	0,68	
	6	0,86	0,81	0,79	0,77	0,76		0,95	0,76	0,72	0,68	0,66	
Kabel tanah disusun pada penyangga kabel terbuka	1	1,00	0,98	0,96	0,93	0,92		0,95	0,84	0,80	0,75	0,73	
	2	1,00	0,95	0,93	0,90	0,89		0,95	0,80	0,76	0,71	0,69	
	3	1,00	0,94	0,92	0,87	0,88		0,95	0,78	0,74	0,70	0,68	
	6	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86		0,95	0,76	0,72	0,68	0,66	

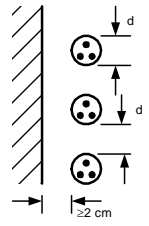
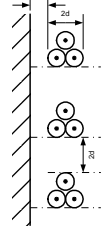
Tabel 7.3-19 (lanjutan)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Kabel dipasang satu di atas yang lain pada rangka besi atau dinding		1,00	0,93	0,90	0,87	0,86		0,95	0,76	0,73	0,68	0,66		
Bilamana kabel seperti gambar di samping, maka faktor-faktor koreksi tidak usah digunakan														

Tabel 7.3-20 Faktor koreksi terhadap Tabel 7.3-7a sampai dengan 7.3-9b untuk perhitungan KHA kabel tanah inti tunggal, berinsulasi dan berselubung PVC atau berinsulasi XLPE, berpelingdung bebat tembaga atau lilitan kawat tembaga dan berpelingdung PVC yang dipasang di udara pada sistem arus trifase

Penyusunan kabel	Jumlah penyangga kabel	Jarak antara permukaan 2 kabel = diameter kabel (pemasangan mendatar, jarak dari dinding ke permukaan kabel = 2 cm)			Tata letak kabel	Jarak antara 2 permukaan ikatan kabel = 2 x diameter kabel. (Pemasangan kabel yang diikat berbentuk segitiga, jarak dari dinding ke permukaan 2 cm)			Tata letak kabel
		Jumlah kabel				Jumlah ikatan kabel			
		3	4	5		7	8	9	
Kabel atau ikatan kabel di atas lantai		0,92	0,89	0,88		0,95	0,80	0,88	
Kabel atau ikatan kabel di atas penyangga kabel yang tertutup (sirkulasi udara terbatas)	1	0,92	0,89	0,88		0,95	0,90	0,88	
	2	0,87	0,84	0,83		0,90	0,85	0,83	
	3	0,84	0,82	0,81		0,88	0,83	0,81	
	6	0,82	0,80	0,79		0,86	0,81	0,79	
Kabel di atas penyangga kabel yang terbuka	1	1,00	0,97	0,96		1,00	0,98	0,96	
	2	0,97	0,91	0,93		1,00	0,95	0,93	
	3	0,96	0,93	0,92		1,00	0,94	0,92	
	6	0,94	0,91	0,90		1,00	0,93	0,90	

Tabel 7.3-20 (lanjutan)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<p>Bilamana kabel dipasang mendatar dengan jarak permukaan antara dua kabel cukup jauh, sehingga pengaruh panas dari kabel yang satu tidak mempengaruhi yang lain, maka faktor koreksi tersebut di atas tidak usah digunakan.</p>										
<p>Jumlah kabel atau ikatan kabel yang dipasang tegak lurus</p>	1	2	3		1	2	3			
<p>Kabel atau ikatan kabel dipasang pada konstruksi besi dan dinding</p>	0,94	0,91	0,89			0,89	0,86	0,84		

Tabel 7.3-29 Faktor koreksi untuk KHA terus-menerus dari kabel tanah yang ditanam di dalam tanah dengan resistans-panas-jenis berbeda dengan 100 °C cm/W. Faktor koreksi terhadap Tabel 7.3-10 sampai dengan 7.3.11. Faktor koreksi yang dipakai adalah hasil perkalian faktor A dan faktor B

1	2	3	4	5	6	7	8
Resistans panas jenis tanah (°C.cm/W)	70	100	120	150	200	250	300
Luas penampang nominal mm ²	Faktor A						
sampai dengan 25	1,11	1	0,9	0,87	0,7	0,7	0,67
dari 35 sampai dengan 95	1,13	1	4	0,86	8	2	0,64
dari 120 sampai dengan 240	1,14	1	0,9	0,85	0,7	0,7	0,63
dari 300 sampai dengan 500	1,15	1	3	0,85	6	0	0,63
			0,9		0,7	0,6	
			3		6	9	
			0,9		0,7	0,6	
			2		5	8	
Jenis kabel dan voltase pengenalan (dalam kV)	Faktor B						
Kabel berikat, berinti 3 dan 4 : $U = 0,6/1$ kV (1,2 kV) Kabel berikat berinti 2 : $U = 0,6/1$ kV (1,2 kV)	1	1	1	1	1	1	1
3 kabel inti tunggal tanpa perisai : $U = 0,6/1$ kV (1,2 kV)	1,01	1	1,0	0,98	0,9	0,9	0,97
	1,00	1	0	1,00	7	7	1,00
	0,98	1	1,0	1,02	1,0	0,0	1,05
			0		0	0	
Kabel inti tunggal arus searah $U = 0,6$ kV		1	1,0	1,03	1,0	1,0	1,05
			2		3	4	
			1,0		1,0	1,0	
			1		3	4	

Tabel 7.3-30 Faktor koreksi untuk KHA terus-menerus dari kabel tanah yang dipasang langsung di dalam tanah pada suhu ambien selain dari 30 °C

Voltase pengenal	Suhu tanah °C					
	15	20	25	30	35	40
1	2	3	4	5	6	6
Kabel berikat 0,6/1 kV (1,2 kV)	1,14	1,10	1,05	1	0,96	0,90
Kabel inti tunggal, kabel-kabel yang intinya berpelindung; dan Kabel H 0,6/1 kV (1,2 kV)	1,14	1,10	1,05	1,00	0,96	0,90

Tabel 7.3-31 Faktor koreksi untuk KHA terus-menerus dari beberapa kabel tanah inti tunggal pada sistem arus searah dan dari yang multiinti pada sistem arus trifase yang dipasang langsung di dalam tanah bersama-sama (jarak antara 2 kabel tanah berdekatan minimum 7 cm)

Jumlah kabel dalam tanah	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8
Faktor koreksi untuk Tabel 7.3-21a sampai dengan 7.3-24	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53

Tabel 7.3-32 Daftar faktor koreksi untuk KHA terus-menerus dari beberapa kabel tanah inti tunggal pada sistem arus trifase yang dipasang langsung di dalam tanah bersama-sama

Jumlah kabel dalam tanah	2	3	4
1	2	3	4
Kabel di tanah berjarak antara permukaan yang bersebelahan min. 7 cm. Koreksi terhadap Tabel 7.3-7a, 7.3-7b, 7.3-25a dan 7.3-25b.	0,82	0,74	0,68

Tabel 7.3-34 Faktor koreksi untuk KHA terus-menerus dari beberapa kabel tanah inti tunggal pada sistem arus searah dan kabel tanah multiinti pada sistem arus trifase; koreksi terhadap Tabel 7.3-22a sampai dengan 7.3-23b

Penyusunan kabel	Jumlah penyangga kabel	Pemasangan tidak rapat [Jarak antara permukaan kabel = diameter kabel (jarak dari dinding ke permukaan kabel ≥ 2 cm)]					Pemasangan berhimpit						
		Jumlah kabel yang dipasang					Tata letak kabel	Jumlah kabel yang dipasang					Tata letak kabel
		1	2	3	6	9		1	2	3	6	9	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Di atas lantai		0,95	0,90	0,88	0,85	0,84		0,90	0,84	0,80	0,75	0,73	
Di atas penyangga kabel tertutup (sirkulasi udara terhambat)	1	0,95	0,90	0,88	0,85	0,81		0,95	0,84	0,80	0,75	0,73	
	2	0,90	0,83	0,83	0,83	0,80		0,95	0,80	0,76	0,71	0,69	
	3	0,88	0,83	0,81	0,79	0,78		0,95	0,78	0,74	0,70	0,68	
	6	0,86	0,81	0,79	0,77	0,76		0,95	0,76	0,72	0,68	0,66	
Di atas penyangga kabel terbuka	1	1,00	0,98	0,96	0,93	0,92		0,95	0,84	0,80	0,75	0,73	
	2	1,00	0,95	0,93	0,90	0,89		0,95	0,80	0,76	0,71	0,69	
	3	1,00	0,94	0,92	0,87	0,88		0,95	0,78	0,74	0,70	0,68	
	6	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86		0,95	0,76	0,72	0,68	0,66	

Tabel 7.3-34 (lanjutan)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Dipasang pada konstruksi besi atau dinding		1,00	0,93	0,90	0,87	0,86		0,95	0,78	0,73	0,68	0,66	
Pemasangan yang faktor koreksinya dapat diabaikan		Jumlah kabel yang dipasang tidak ditetapkan						Jumlah kabel yang dipasang tidak ditetapkan					

Tabel 7.3-35 Faktor koreksi untuk KHA terus-menerus kabel tanah inti tunggal pada sistem arus trifase, koreksi terhadap Tabel 7.3-25a sampai dengan 7.3-28b

Penyusunan kabel	Jumlah penyangga kabel	Pemasangan tidak rapat				Tata letak kabel	Pemasangan 3 kabel diikat			Tata letak kabel		
		Jumlah kabel			1		2	3	Jumlah ikatan kabel			
		1	2	3					1		2	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Di atas lantai		0,92	0,89	0,88		0,95	0,80	0,88				
Di atas penyangga kabel tertutup (sirkulasi udara terhambat)	1	0,92	0,89	0,88		0,95	0,90	0,88				
	2	0,87	0,84	0,83		0,90	0,85	0,83				
	3	0,84	0,82	0,81		0,88	0,83	0,81				
	6	0,82	0,80	0,79		0,86	0,81	0,79				
Di atas penyangga kabel terbuka	1	1,00	0,97	0,96		1,00	0,98	0,96				
	2	0,97	0,91	0,93		1,00	0,95	0,93				
	3	0,96	0,93	0,92		1,00	0,94	0,92				
	6	0,94	0,91	0,90		1,00	0,93	0,90				

Tabel 7.3-35 (lanjutan)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Penyusunan kabel yang faktor koreksinya boleh diabaikan		Pada pemasangan mendatar dengan jarak antara kabel diperbesar, sehingga panas yang timbul tidak saling berpengaruh							
Dipasang pada konstruksi besi dan dinding		0,94	0,91	0,89		0,89	0,86	0,84	

Tabel 7.3 - 40 Resistans konduktor (kabel) instalasi magun pada suhu 20 °C (R₂₀)

Luas penampang nominal mm ²	Jumlah minimum kawat	Berlapis logam		Polos		Aluminium	
		Inti tunggal	Inti banyak	Inti tunggal	Inti banyak	Inti tunggal	Inti banyak
		ohm/km	ohm/km	ohm/km	ohm/km	ohm/km	ohm/km
1	2	3	4	5	6	7	8
0,5	1	36,0	36,7	35,3	36,0	-	-
0,75	1	24,3	24,8	24,0	24,5	-	-
1	1	17,9	18,2	17,7	18,1	29,3	29,9
1,5	1	12,0	12,2	11,9	12,1	19,7	20,0
2,5	1	7,21	7,35	7,14	7,28	11,8	12,0
4	1	4,51	4,60	4,47	4,56	7,39	7,54
6	1	3,0	3,06	2,97	3,03	4,91	5,01
10	1	1,79	1,83	1,77	1,81	2,94	3,0
16	1	1,13	1,15	1,12	1,14	1,85	1,89
0,5	7	42,4	43,10	41,7	42,40	-	-
0,75	7	27,0	27,50	26,8	27,0	-	-
1	7	21,2	21,60	20,8	21,20	34,8	35,4
1,5	7	13,6	13,80	13,3	13,60	22,2	22,7
2,5	7	7,41	7,56	7,27	7,41	12,1	12,4
4	7	4,6	4,70	4,52	4,61	7,55	7,70
6	7	3,05	3,11	3,02	3,08	4,99	5,09
10	7	1,81	1,84	1,79	1,83	2,96	3,02
16	7	1,41	1,16	1,13	1,15	1,87	1,91
25	7 (19)	0,719	0,734	0,712	0,727	1,18	1,20
35	19	0,519	0,529	0,514	0,524	0,851	0,868
50	19	0,383	0,391	0,379	0,387	0,628	0,641
70	7	0,265	0,270	0,262	0,268	0,435	0,443
95	7	0,191	0,195	0,189	0,193	0,313	0,320
120	7	0,151	0,154	0,150	0,153	0,248	0,253
150	7	0,123	0,126	0,122	0,124	0,202	0,206
185	7	0,0982	0,100	0,0972	0,0991	0,161	0,164
240	7	0,0747	0,0762	0,0740	0,0754	0,122	0,125
300	7 (19)	0,0595	0,0607	0,059	0,0601	0,976	0,100
400	19	0,0465	0,0475	0,0461	0,0470	0,0763	0,0778
500	19	0,0369	0,0377	0,0366	0,0373	0,0605	0,0617

Rumus menghitung resistans pada suhu t :

$$R_t = R_{20} \times \frac{234,5 + t}{254,5} \times \frac{L}{1000} \text{ untuk tembaga}$$

$$R_t = R_{20} \times \frac{228 + t}{248} \times \frac{L}{1000} \text{ untuk aluminium}$$

dimana R_t = resistans L meter kabel pada suhu t derajat C, dalam ohm
 R_{20} = resistans pada 20 derajat C, dalam ohm/km
t = suhu konduktor, dalam derajat C
L = panjang konduktor, dalam m

Faktor koreksi untuk menghitung resistans konduktor pada suhu berbeda dengan 20 °C.

Tabel 7.6-1 Konduktor dengan bahan insulasi, pembebanan dan pemasangannya harus memperhatikan suhu batas yang diperbolehkan

No.	Jenis Insulasi	Nomenklatur	Untuk kabel pasangan tetap			Untuk kabel fleksibel		
			Suhu Konduktor maksimum	Suhu ambien		Suhu konduktor maksimum	Suhu ambien	
				maksimum	minimum		maksimum	minimum
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C		
1.	Polyvinyl chloride biasa	Y biasa	70	60	+ 5	70	60	+ 5
2.	Polyvinyl chloride special	Y special	90	80	+ 5	-	-	-
3.	Karet biasa	G	60	50	- 25	60	50	- 25
4.	Karet Butil	2 G	85	75	- 25	85	75	- 25
5.	Karet Silikon	Si	-	-	-	180	170	25
6.	Polyethylene	2Y	70	60	- 25	-	-	-
7.	Cross linked Polyethylene (XLPE)	2 X	90	75	- 25	85	75	-25
8.	Ethylene Propylene Rubber	EPR	90	75	- 25	85	75	- 25
9.	Mineral	- biasa - special	85 250	60 -	- 25 -	- -	- -	- -
10.	Kertas	-	85	45	-	-	-	-

Tabel 7.8-1 Diameter dalam minimum conduit listrik untuk pemasangan kabel rumah berinsulasi PVC (NYA)

No.	Jumlah kabel rumah PVC (NYA)		1	2	3	4	5	6
	Luas penampang minimal mm ²	Diameter luar maksimum mm	Diameter dalam minimum dari pipa					
			mm					
1	1,5	3,3	7	9	9	11	13	13
2	2,5	3,9	7	10	11	13	14	16
3	4	4,4	7	11	13	14	16	17
4	6	2,4	9	14	16	17	20	21
5	10	6,8	10	17	19	22	24	27
6	16	8,0	13	20	22	26	29	34
7	25	9,8	14	24	27	34	35	38
8	35	11,0	16	27	34	35	40	44
9	50	13,0	19	34	36	44	46	56
10	70	15,0	22	36	44	48	56	-
11	95	17,0	24	44	48	56	-	-
12	120	19,0	27	48	56	-	-	-
13	150	21,0	34	56	-	-	-	-

Tabel 7.16-1 Luas penampang nominal terkecil kabel udara

No.	Macam kabel dan konduktor udara	Luas minimum penampang nominal mm ²
1.	Kabel udara berinsulasi PVC jenis NYM-T dan NYMZ, (Tabel 7.1-10 lajur 1 dan 2)	1,5
2.	Kabel udara berinsulasi PVC jenis NFYM (Tabel 7.1-10 lajur 3)	6
3.	Kabel pilin udara berinsulasi PVC atau XLPE - konduktor tembaga - konduktor aluminium	6 10

Bagian 8: Ketentuan untuk berbagai ruang dan instalasi khusus

8.1 Ruang lingkup

Untuk instalasi dalam ruang khusus dan instalasi listrik khusus berlaku juga ketentuan dalam bab lain persyaratan ini, sepanjang dalam bab ini tidak ditetapkan lain.

Ruang khusus adalah ruang dengan sifat dan keadaan tertentu seperti ruang lembab, ruang berdebu, ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan, atau ruang yang memerlukan pengaturan lebih khusus untuk instalasinya.

Instalasi khusus adalah instalasi listrik dengan karakteristik tertentu sehingga penyelenggaraannya memerlukan ketentuan tersendiri, misalnya instalasi derek, instalasi lampu pencahayaan tanda dan bentuk, dan lain-lain.

8.2 Ruang kerja listrik

8.2.1 Umum

8.2.1.1 Ruang kerja listrik (l) dan ruang kerja listrik terkunci (lk) harus memenuhi ketentuan dan syarat yang ditetapkan dalam pasal ini dan 8.3.

8.2.1.2 Ruang kerja listrik harus diawasi oleh pengawas ahli, kecuali ruang kerja listrik yang terkunci dan yang tidak ada orang di dalamnya.

Pengawas ahli harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a) Keahliannya sesuai dengan jenis dan susunan instalasi yang terpasang di dalamnya.
- b) Diberi wewenang masuk ke dalam ruang tersebut.

8.2.1.3 Ruang kerja listrik harus berukuran cukup besar sehingga instalasi listrik yang akan dipasang di dalamnya dapat diatur cukup leluasa dan mudah diperiksa.

8.2.1.4 Ruang kerja listrik harus mempunyai pencahayaan yang baik dan tepat.

8.2.1.5 Lantai, dinding, plafon dan bagian konstruksi lain dari ruang kerja listrik yang di dalamnya terdapat instalasi voltase menengah dan atau voltase tinggi, baik arus bolak-balik maupun arus searah, harus dibuat dari bahan yang tidak mudah terbakar atau bila hal yang demikian tidak dapat dipenuhi maka sisi dalamnya harus dilapisi dengan bahan yang tidak mudah terbakar.

8.2.1.6 Ruang kerja listrik yang berada di udara terbuka, harus dikelilingi seluruhnya dengan pagar yang baik dan tepat, dengan tinggi minimum 2 meter di atas tanah, atau dapat juga ditempuh cara lain asalkan cukup terjamin bahwa orang yang tidak berwenang tidak dapat masuk.

8.2.2 Perlindungan

8.2.2.1 Bagian bervoltase dan tidak terlindung harus tetap berjarak sekurang-kurangnya 1 meter, ditambah dengan 1 cm untuk tiap kilovolt penuh dari voltasenya, diukur secara

proyeksi mendatar sampai pagar atau penghalang lain, seperti yang dimaksud dalam 8.2.1.6.

8.2.2.2 Ketentuan dalam 8.2.2.1 tidak berlaku untuk bagian bervoltase, yang terletak lebih tinggi dari yang disyaratkan untuk konduktor udara voltase yang sama. Untuk bagian yang tingginya lebih 2 meter di atas tanah, dan letaknya lebih tinggi dari yang disyaratkan untuk konduktor udara, maka jarak mendatar tersebut dapat dikurangi menurut perbandingan.

8.2.2.3 Pada tempat yang lebih rendah dari 1 meter, diukur dari bagian atas dinding yang sama sekali tertutup, bagian bervoltase dan tidak terlindung dibolehkan berjarak mendatar lebih kecil terhadap dinding itu.

8.2.2.4 Ruang kerja listrik atau ruang kerja listrik terkunci di dalam bangunan harus kering, harus dijaga agar tetap kering, dan harus berventilasi baik.

8.2.2.5 Pada tempat masuk ruang kerja listrik atau ruang kerja listrik terkunci harus dipasang papan tanda peringatan sebagai pemberitahuan yang juga melarang masuknya orang yang tidak berkepentingan. Pada voltase menengah papan tanda peringatan itu harus dilengkapi dengan tanda kilat merah.

8.2.2.6 Papan tanda peringatan untuk ruang kerja listrik atau ruang kerja listrik terkunci, yang berada dalam udara terbuka, harus dipasang di tempat yang baik dan tepat, pada pagar, penghalang atau tutup, sehingga ruang kerja tersebut dapat diketahui dengan jelas dari luar dan dari semua arah.

8.2.2.7 Di gang, bordes, lorong, dan sebagainya, tidak boleh ada barang yang tidak pada tempatnya. Barang yang diperlukan untuk pekerjaan, jika tidak digunakan lagi, harus disimpan pada tempat yang telah disediakan.

8.2.2.8 Permukaan lantai gang, bordes dan lorong tidak boleh menyebabkan orang tergelincir atau tersandung.

8.2.2.9 Gang pelayanan yang panjangnya lebih dari 6 meter harus dapat ditinggalkan melalui kedua ujungnya (lihat 511.4.2.4.b)).

8.2.2.10 Jika dipasang instalasi yang seluruhnya atau sebagian memperbesar kemungkinan timbulnya kebakaran, maka harus disediakan alat yang baik dan tepat untuk memadamkan kebakaran. Hanya bahan pemadam api bersifat insulasi yang boleh digunakan.

8.2.3 Instalasi

8.2.3.1 Lampu pijar, fitting lampu, kotak kontak, sakelar, dan sebagainya harus dipasang sedemikian rupa sehingga dapat dicapai dan dilayani dengan aman, tanpa didahului tindakan proteksi.

8.2.3.2 Lampu gantung tidak boleh dipasang di atas bagian bervoltase yang tidak terlindung.

8.2.3.3 Untuk konduktor randah dalam ruang kerja listrik hanya boleh digunakan konduktor fleksibel berpelindung bukan logam. Ketentuan ini tidak berlaku untuk konduktor pembumian.

8.3 Ruang kerja listrik terkunci

8.3.1 Umum

8.3.1.1 Untuk ruang kerja listrik terkunci, pemasangan instalasinya harus memenuhi ketentuan dan syarat yang ditetapkan dalam pasal ini.

8.3.1.2 Untuk ruang kerja listrik terkunci berlaku juga ketentuan yang sama dengan yang ditetapkan untuk ruang kerja listrik dalam 8.2.

8.3.1.3 Dalam ruang kerja listrik terkunci tidak boleh dipasang mesin, pesawat, instrumen ukur dan perlengkapan lain, yang setiap hari berulang kali secara teratur dilayani, diamati, atau diperiksa di tempat.

8.3.1.4 Dalam ruang kerja listrik terkunci, bila ada pencahayaan lampu, lampu itu harus dipasang sedemikian rupa sehingga dapat dinyalakan dari tempat yang berdekatan dengan jalan masuk utama dan harus memberikan pencahayaan yang cukup.

8.3.1.5 Pintu jalan masuk ke ruang kerja listrik terkunci, harus diatur sedemikian rupa sehingga memenuhi syarat sebagai berikut:

- a) semua pintu harus membuka ke luar;
- b) semua pintu harus dapat dibuka dari luar dengan menggunakan anak kunci;
- c) semua pintu harus dapat dibuka dari dalam tanpa menggunakan anak kunci.

8.4 Ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik

8.4.1 Umum

Ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik harus memenuhi ketentuan 8.2.

8.4.2 Instalasi

8.4.2.1 Untuk instalasi pasangan tetap berlaku juga ketentuan yang disyaratkan untuk instalasi dalam ruang kerja listrik pada umumnya.

8.4.2.2 Instalasi pasangan tidak tetap boleh menyimpang dari ketentuan yang dimaksud dalam 8.4.2.1, asalkan keselamatan petugas cukup terjamin dengan penataan ruang dan pemasangan instalasi yang baik dan tepat.

8.4.2.3 Ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik tidak boleh berdebu, harus bebas bahaya kebakaran atau ledakan, serta tidak boleh lembab.

8.4.2.4 Dalam pabrik dan bengkel, ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik harus dipisahkan dari instalasi lain pabrik atau bengkel dengan baik dan tepat.

8.4.2.5 Pada pintu masuk harus dipasang papan tanda peringatan larangan masuk bagi orang yang tidak berwenang.

8.4.2.6 Harus dicegah orang yang tidak berwenang masuk ke dalam ruang instalasi listrik voltase menengah.

8.5 Ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan

CATATAN Untuk lengkapnya lihat seri IEC 60079. Bila ada ketidaksesuaian atau perbedaan, yang berlaku adalah persyaratan IEC 60079.

8.5.1 Umum

8.5.1.1 Ketentuan dalam pasal ini berlaku untuk instalasi listrik di lokasi dan ruang yang digolongkan berbahaya karena disitu terdapat atau mungkin terdapat campuran udara dan gas, uap debu atau serat yang mudah terbakar atau meledak.

CATATAN:

- a) Kata ruang dalam pasal ini dapat berarti "lokasi".
- b) Penempatan perlengkapan instalasi listrik dalam Zone 0 sebaiknya dihindarkan, kecuali jika perlengkapan tersebut sangat penting untuk proses ataupun penempatan di tempat lain tidak menguntungkan.

Dengan perencanaan instalasi yang tepat, sering kali sebagian besar perlengkapan dapat ditempatkan di ruang tidak berbahaya, dan dengan demikian mengurangi perlengkapan khusus yang disyaratkan oleh pasal ini. Kadang-kadang bahaya dapat dikurangi dengan ventilasi yang memadai berasal dari sumber udara bersih, disertai penjagaan yang efektif terhadap kegagalan ventilasi.

- c) Kata ruang berbahaya berarti ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan.

8.5.1.2 Ketentuan pasal ini tidak berlaku untuk instalasi listrik yang dibuat memenuhi persyaratan tertentu, sehingga dinyatakan aman dan dapat digunakan dalam ruang berbahaya.

Instalasi yang aman tersebut harus tidak mampu melepaskan energi listrik atau panas (dalam keadaan normal ataupun abnormal) yang dapat menyalakan campuran udara berbahaya dengan konsentrasi yang paling mudah menyala.

Yang dimaksud dengan keadaan abnormal, adalah kerusakan instalasi yang tak terduga karena kegagalan komponen listrik, adanya voltase lebih, kesalahan penyetelan dan pemeliharaan, dan keadaan serupa yang lain.

CATATAN Instalasi listrik yang aman mungkin digunakan untuk instrumentasi dan telekomunikasi, termasuk kendali jauh dan telemeter dengan arus listrik kecil.

8.5.2 Klasifikasi ruang

Ruang dengan bahaya ledakan diklasifikasikan dalam zone berdasarkan frekuensi terjadinya dan lamanya keberadaan gas ledak dalam atmosfer sebagai berikut:

Zone 0 : Suatu ruang dimana terdapat atmosfer gas ledak secara terus menerus atau dalam waktu yang lama.

Zone 1 : Suatu ruang dimana mungkin terdapat atmosfer gas ledak dalam operasi normal.

Zone 2 : Suatu ruang dimana mungkin tidak terdapat atmosfer gas ledak dalam operasi normal dan, jika hal ini terjadi, kemungkinannya tidak sering dan hanya akan berlangsung dalam waktu singkat.

CATATAN Klasifikasi ruang ini sebaiknya ditentukan oleh petugas yang mempunyai keahlian dalam bidang material yang mudah menyala, proses dan perlengkapan, jika perlu agar ditetapkan dengan konsultasi dengan petugas keamanan, listrik dan petugas teknik lainnya.

8.5.3 Kelompok perlengkapan

Untuk penggunaan perlengkapan dalam zone 0, zone 1 atau zone 2, maka dikelompokkan sebagai berikut:

Kelompok I: Perlengkapan untuk digunakan dalam penambangan (gas metan).

CATATAN 1: Penggunaan perlengkapan listrik Kelompok I tidak termasuk dalam PUIL ini.

Kelompok II: Perlengkapan untuk digunakan dalam industri lainnya.

Untuk penggunaan gas dalam kelompok II, maka Kelompok II dibagi menjadi :

Kelompok IIA: Atmosfer yang mengandung aseton, ammonia, etylen alkohol, bensin, metan, propan, dan gas atau uap dengan bahaya yang ekuivalen.

Kelompok IIB: Atmosfer yang mengandung acetaldehid, etylen, dan gas atau uap dengan bahaya yang ekuivalen.

Kelompok IIC: Atmosfer yang mengandung acetylen, hidrogen, dan gas atau uap dengan bahaya yang ekuivalen.

CATATAN 2: Untuk mendapatkan daftar gas dan uap yang berbahaya, agar merujuk ke IEC 60079-12.

8.5.4 Penggunaan dan penandaan

8.5.4.1 Penggunaan

Perlengkapan yang diperuntukkan untuk Zone 0 boleh digunakan untuk Zone 1 atau Zone 2 dengan kelompok gas yang sama.

Perlengkapan yang diperuntukkan untuk Zone 1 boleh digunakan untuk Zone 2 dengan kelompok gas yang sama.

8.5.4.2 Penandaan

Perlengkapan yang akan ditempatkan dalam ruang yang mengandung gas ledak harus mempunyai tanda pengenalnya, untuk memperlihatkan zone, kelompok gas, dan kelas suhu berdasarkan suhu sekeliling 40 °C.

CATATAN Perlengkapan listrik untuk dioperasikan dalam suhu sekeliling yang lebih dari 40 °C harus mempunyai tanda pengenal untuk suhu maksimum sekelilingnya, atau julat suhu pada suhu sekeliling.

8.5.5 Pemilihan perlengkapan listrik

Untuk penggunaan perlengkapan listrik dalam ruang dimana terdapat gas ledak, perlu diketahui hal berikut:

- a) Klasifikasi ruang berbahaya (lihat 8.5.2);
- b) Suhu nyala gas atau uap yang terdapat di dalam ruang (lihat IEC 60079-12);

- c) Selungkup perlengkapan yang sesuai dengan gas atau uap yang terdapat di dalam ruang;
- d) Pengaruh eksternal dan suhu ambien.

Untuk pemilihan perlengkapan yang sesuai dengan suhu pelayanan gas atau uap yang ada, maka harus digunakan perlengkapan sesuai dalam Tabel 8.5-5 di bawah ini :

Tabel 8.5-5 Hubungan antara kelas suhu perlengkapan, suhu permukaan dan suhu penyalan

Kelas suhu perlengkapan listrik	Suhu permukaan maksimum perlengkapan	Suhu penyalan gas atau uap
T ₁	450 °C	> 450 °C
T ₂	300 °C	> 300 °C
T ₃	200 °C	> 200 °C
T ₄	135 °C	> 135 °C
T ₅	100 °C	> 100 °C
T ₆	85 °C	> 85 °C

8.5.6 Perlengkapan yang digunakan dalam setiap zone

Zone 0 : Dalam ruang Zone 0 hanya boleh digunakan perlengkapan listrik yang mempunyai tanda pengenal sebagai berikut:

- a) perlengkapan yang secara intrinsik aman dengan kategori "ia"
- b) perlengkapan lainnya yang khusus di desain untuk digunakan dalam Zone 0

Zone 1 : Dalam ruang Zone 1 hanya boleh digunakan perlengkapan listrik untuk Zone 0, dan atau perlengkapan dengan jenis yang mempunyai tanda sesuai jenis perlindungan keamanan sebagai berikut :

- a) berselungkup tahan api "d" (lihat IEC 60079-1)
- b) berselungkup bertekanan "p" (lihat IEC 60079-2)
- c) perlengkapan berisi pasir "q" (lihat IEC 60079-5)
- d) perlengkapan dalam minyak "o" (lihat IEC 60079-6)
- e) perlengkapan keamanan yang ditingkatkan "e" (lihat IEC 60079-7)
- f) keamanan intrinsik "i" ("ia" atau "ib") (lihat IEC 60079-11)

Zone 2 : Dalam ruang Zone 2 boleh dipasang perlengkapan listrik sebagai berikut:

- a) perlengkapan listrik untuk Zone 0 dan Zone I, atau
- b) perlengkapan listrik dengan selubung bertekanan untuk Zone 2, atau
- c) perlengkapan listrik khusus yang didesain untuk Zone 2 (misalnya jenis proteksi "n") (lihat IEC 60079-15), atau

- d) perlengkapan listrik lainnya sesuai dengan standar lainnya, yang dalam operasi normal tidak menimbulkan busur api atau penyalan yang dapat memanaskan permukaan.

Perlengkapan listrik ini tidak memerlukan tanda khusus, tetapi harus ditentukan oleh petugas yang ahli.

8.5.7 Proteksi dari pembusuran yang membahayakan

- a) Bahaya dari bagian bervoltase. Untuk mencegah terjadinya busur api yang dapat menyulut atmosfer gas ledak, maka harus dihindari setiap kontak dengan bagian bervoltase selain bagian yang aman secara intrinsik.
- b) Arus gangguan ke bumi pada rangka atau selungkup harus dibatasi (besar dan lamanya) dan mencegah terjadi kenaikan potensial pada konduktor ikatan penyama potensial.
- c) Jika digunakan sistem TN, maka sebaiknya diterapkan sistem TN-S, dengan netral terpisah dan konduktor proteksi terpasang diseluruh sistem. Dalam ruang berbahaya, konduktor netral harus tidak boleh dihubungkan bersama, atau digabung dalam satu konduktor.

Sistem TN-C, yang mempunyai konduktor gabungan untuk fungsi netral dan fungsi proteksi yang berupa satu konduktor, tidak boleh digunakan dalam ruang berbahaya.

Jika menggunakan sistem TT (konduktor pembumian sistem terpisah dari bagian konduktif terbuka) digunakan dalam Zone 1, maka harus menggunakan gawai proteksi arus sisa (GPAS), juga untuk sirkit voltase ekstra rendah (di bawah 50 V).

Sistem TT tidak boleh diterapkan dalam Zone 0.

- d) Jika menggunakan sistem IT (netral terpisah dari bumi atau dibumikan melalui impedans), maka harus dipasang gawai monitor untuk mengetahui secara dini gangguan bumi. Instalasi dalam Zone 0 harus terputus segera setelah terjadi gangguan bumi pertama, oleh gawai monitor insulasi atau oleh GPAS.
- e) Untuk instalasi dalam Zone 0 yang menggunakan berbagai voltase harus diperhatikan, agar arus gangguan bumi sekecil mungkin dalam besar dan jangka waktunya. Harus dipasang proteksi gangguan bumi untuk penggunaan tertentu dalam Zone 1.

8.5.8 Ekuipotensial

Untuk mencegah pembusuran yang membahayakan antara bagian logam rangka, maka ekuipotensial perlu dipasang untuk instalasi pada Zone 0 dan Zone 1 dan mungkin juga diperlukan untuk instalasi dalam Zone 2. Oleh karena itu semua bagian konduktif terbuka harus dihubungkan ke konduktor ikatan ekuipotensial. Sistem ikatan dapat terdiri dari konduktor proteksi, conduit logam, selungkup kabel dari logam, baja pelindung kabel, semua rangka dari logam, tetapi tidak boleh dihubungkan dengan konduktor netral.

Ukuran konduktor antar bagian logam dari rangka harus berukuran paling kecil 10 mm² tembaga.

8.5.9 Sistem perkawatan

- a) Dalam merancang sistem perkawatan serta komponennya, maka harus diperkirakan lingkungan gas berbahaya, termasuk faktor mekanik, kimia dan termal.

- b) Kabel berinti tunggal tanpa selubung (misalnya, NYA) tidak boleh digunakan sebagai konduktor yang bervoltase, kecuali yang terpasang di dalam panel hubung bagi, selungkup atau sistem konduit.
- c) Sambungan kabel dan konduit kepada alat listrik harus dilaksanakan sesuai dengan jenis proteksi yang relevan.
- d) Lubang untuk tempat masuk kabel atau konduit pada alat listrik harus ditutup dengan pendedap yang sesuai dengan jenis proteksi yang relevan.
- e) Kabel dan konduit harus diberi pendedap, bila perlu, sehingga dapat mencegah air atau gas masuk.
- f) Jalur masuk sistem perkawatan dari zone yang satu ke zone lainnya, atau dari zone berbahaya ke zone yang tidak berbahaya, harus menghambat masuknya gas uap maupun cairan yang mudah terbakar dari satu ruang ke ruang lainnya dan mencegah pengumpulan gas, uap atau cairan yang mudah terbakar di dalam saluran. Pencegahan ini dapat merupakan pemasangan pendedap pada pencabangan, saluran atau pipa dan ventilasi yang baik atau mengisi pasir ke dalam saluran.

8.5.10 Sistem kabel

8.5.10.1 Kabel yang berselubung logam, termoplastik atau elastomerik, termasuk kabel berinsulasi mineral dapat digunakan untuk perkawatan yang permanen.

Kabel yang berselubung logam berlipat atau kabel dengan pelindung kawat baja yang dianyam hanya boleh digunakan, jika mempunyai selubung kedap air.

8.5.10.2 Untuk perlengkapan yang portabel dan dapat dipindahkan, dengan voltase tidak lebih dari 1000 V a.b. antar fase (atau 600 V ke bumi) atau 1500 V a.s antar kutub (atau 900 V a.s ke bumi), maka kabel suplai harus berselubung karet yang cukup kuat, atau kabel dengan konstruksi kuat sejenis.

Jika diperlukan konduktor proteksi, maka konduktor ini di insulasi tersendiri dengan cara yang sama seperti untuk konduktor lainnya dan disatukan di dalam selubung kabel suplai, kecuali jika konduktor merupakan anyaman pelindung.

Perlengkapan listrik dengan arus pengenal yang tidak lebih dari 6 A untuk digunakan dalam ruang dengan voltase tidak lebih dari 250 V ke bumi boleh dihubungkan ke kabel berselubung karet kuat yang biasa, kabel polipropilen kuat biasa, atau kabel yang mempunyai konstruksi kuat yang sama.

Konduktor tembaga harus berukuran minimum 1,5 mm².

Kabel ini tidak boleh untuk perlengkapan portabel dan dapat dipindahkan yang mendapatkan tekanan mekanik berat, umpamanya lampu tangga, sakelar kaki.

Untuk alat listrik portabel atau dapat dipindahkan, pelindung kabel atau anyaman fleksibel metalik tidak boleh digunakan sebagai pembumian utama, kecuali konduktansnya cukup dan tidak terputus.

Kabel tembaga yang terpasang pada penyangga dan kabel untuk alat telekomunikasi berukuran minimum 0,75 mm².

8.5.10.3 Kabel fleksibel di dalam ruang berbahaya harus dipilih dari yang berikut:

- a) kabel fleksibel berselubung karet kuat yang biasa

- b) kabel fleksibel berselubung polichloroprene kuat yang biasa,
- c) kabel fleksibel berselubung karet kuat dan berat,
- d) kabel berselubung polichloroprene kuat dan berat,
- e) kabel berinsulasi plastik ekivalen dengan kabel fleksibel berselubung karet kuat yang biasa.

8.5.10.4 Kabel berselubung lainnya yang tidak ditanam di dalam tanah atau dalam conduit berisi pasir atau tidak terlindung terhadap kebakaran harus berupa kabel yang tahan api (umpamanya sesuai IEC 332).

8.5.11 Sistem conduit untuk selungkup tahan api

8.5.11.1 Penedap

Konduit kaku terbuat dari logam harus digunakan. Harus terbuat dari conduit pejal yang ditarik tanpa sambungan atau dengan sambungan memanjang dengan kekuatan yang sesuai untuk menahan tekanan ledakan. Conduit harus dilengkapi dengan fitting penedap sebagai berikut:

- a) pada tempat masuk atau keluar dari ruang bahaya;
- b) penedap terdapat paling jauh 450 mm dari semua selungkup dimana terdapat penyalaan selama operasi normal;
- c) pada setiap selungkup dimana terdapat pencabangan, sambungan atau terminasi pada conduit yang berdiameter 50 mm atau lebih;
- d) untuk mengurangi dampak penumpukan tekanan oleh beberapa gas.

8.5.11.2 Pada conduit harus terdapat minimum lima ulir, agar antara selungkup dan conduit tersambung dengan lima ulir. Conduit harus dikencangkan agar semua ulir masuk.

8.5.11.3 Jika conduit digunakan sebagai konduktor proteksi, maka sambungan yang berulir harus mampu mengalirkan arus gangguan yang akan mengalir jika sirkuit diamankan dengan sekering atau pemutus sirkit.

8.5.11.4 Jika conduit terpasang dalam ruang yang korosif, maka harus dilakukan perlindungan yang sesuai.

8.5.11.5 Setelah semua kabel terpasang di dalam conduit, fitting penedap harus diisi dengan kompon yang tidak dapat mengerut pada saat mengering dan kedap air serta tidak dapat rusak disebabkan oleh bahan kimia yang terdapat dalam ruang bahaya. Fiting penedap dan kompon digunakan untuk membatasi tekanan yang menumpuk, untuk mencegah gas panas masuk melalui sistem conduit dari selungkup yang berisi sumber penyalaan, dan mencegah masuknya gas yang berbahaya ke dalam ruang yang tidak berbahaya.

Tebalnya kompon di dalam fitting penedap harus sama dengan ukuran dalam conduit, tetapi tidak boleh kurang dari 16 mm.

8.5.11.6 Kabel yang tidak berselubung berinti tunggal dan banyak boleh dipasang di dalam conduit. Akan tetapi, jika di dalam conduit terpasang lebih dari dua kabel, maka jumlah dari luas penampang kabel, termasuk insulasinya, tidak boleh lebih dari 40% dari luas penampang conduit.

8.5.12 Tanda

Perlengkapan listrik yang dipasang dalam ruang berbahaya harus mempunyai tanda pengenal sebagai berikut:

- a) Nama pabrikan dan atau merek;
- b) Identifikasi pabrikan;
- c) Simbol Ex, yang menandakan bahwa perlengkapan listrik tersebut dibuat dan diuji untuk kondisi atmosfer gas ledak atau tergabung pada aparat dimaksud,
- d) Tanda untuk setiap jenis proteksi:
 - o untuk aparat dalam minyak;
 - p untuk selungkup bertekanan;
 - q untuk aparat berisi pasir;
 - d aparat untuk selungkup tahan api;
 - e untuk keamanan ditingkatkan;
 - ia untuk keamanan intrinsik katagori a;
 - ib untuk keamanan intrinsik katagori b;
- e) Simbol untuk kelompok perlengkapan listrik:

- 1) I untuk perlengkapan listrik dalam tambang dimana terdapat gas tambang
- 2) II atau IIA atau IIB atau IIC untuk perlengkapan listrik dalam atmosfer gas ledak, Huruf A, B atau C digunakan sesuai dengan kondisi gas.

Jika perlengkapan listrik hanya boleh digunakan untuk suatu gas tertentu saja, maka simbol II diikuti dengan rumus kimia atau nama gas. Untuk kelompok II, simbol menandakan kelas suhu atau suhu maksimum permukaan dalam °C atau kedua-duanya. Jika ditandai untuk kedua-duanya, maka kelas suhu harus dituliskan dalam kurung, misalnya sebagai berikut :

T_1 atau 450 °C atau 450 °C (T_1)

- f) Perlengkapan untuk Kelompok II yang suhu permukaannya melebihi 450 °C mempunyai tanda suhu saja.
- g) Jika perlu, nomor seri, tetapi tidak untuk:
 - 1) lengkapan sambungan,
 - 2) perlengkapan yang kecil.
- h) Jika telah mendapatkan sertifikat pengujian, maka dicantumkan tanda sertifikasi, sebaiknya dengan urutan berikut: tahun sertifikasi, kemudian diikuti dengan nomor seri sertifikasi tahun tersebut.

8.6 Ruang lembab termasuk ruang pendingin

8.6.1 Ruang lembab

8.6.1.1 Bagian instalasi yang dipasang dalam ruang lembab harus dapat diputuskan dari bagian instalasi lainnya dengan suatu sakelar yang dipasang setempat.

8.6.1.2 Di samping ketentuan tindakan proteksi dalam Bagian 4-41, maka khusus untuk sistem dengan pembumian pengaman bagian instalasi yang juga meliputi cabang konduktor netral, konduktor netral itu harus dapat diputuskan bersamaan dengan konduktor fasenya.

8.6.1.3 Benda bantu yang terbuat dari besi harus dilapisi seng atau dicat dengan cat yang bebas asam dan tahan lembab.

8.6.1.4 Mesin dan pesawat harus disusun dan dipasang sedemikian rupa sehingga air tidak dapat terkumpul di dalamnya.

8.6.1.5 PHBK harus berbentuk lemari atau kotak yang tertutup, dan terbuat dari bahan yang mutunya memadai.

8.6.1.6 Penginsulasian bagian bervoltase dari mesin dan pesawat harus mendapat perhatian khusus; selain itu harus dijaga pula agar insulasi tidak rusak oleh pengaruh lembab.

8.6.1.7 Bila konduktor harus dipasang dalam pelindung berdasarkan ketentuan Bagian 7, maka untuk ini hanya boleh digunakan pipa logam yang tertutup dan berulir, kecuali bila digunakan pipa PVC atau sejenis.

8.6.1.8 Konduktor untuk perlengkapan pasangan berpindah harus menggunakan kabel fleksibel.

8.6.1.9 Fiting lampu yang digunakan harus memenuhi syarat yang tercantum dalam 5.3.3.2.

8.6.1.10 Tidak boleh digunakan fitting lampu yang di dalamnya dilengkapi dengan sakelar.

8.6.2 Ruang pendingin

8.6.2.1 Tiap ruang yang didinginkan, termasuk ruang pembekuan, pendinginan atau ruang lain yang didinginkan secara buatan khusus untuk menyimpan barang, harus dianggap sebagai ruang lembab.

8.6.2.2 Instalasi listrik di dalam ruang tersebut dalam 8.6.2.1 harus memenuhi syarat ruang lembab, kecuali instalasi listrik dalam ruang yang didinginkan dengan alat pendingin randah (portabel), dan yang sejenis (seperti *room air conditioner*, dsb).

8.6.2.3 Sistem instalasi listrik dalam ruang yang didinginkan sesuai ketentuan di atas harus sedemikian rupa sehingga tidak terdapat daerah kantong ataupun saluran yang memungkinkan terkumpulnya embun/uap air, dan tidak terdapat bagian yang memungkinkan masuknya uap air ke dalam instalasi listrik tersebut.

8.6.2.4 Jika digunakan pipa instalasi logam maka harus digunakan pipa dari jenis yang berulir, dan jika digunakan pipa termoplastik maka harus dipakai lem dan harus dilengkapi dengan fasilitas pengeluaran air yang sempurna. Pada setiap batas antara ruang yang didinginkan dan yang tidak, pipa instalasi tersebut harus diberi pendedap dengan kompon sehingga tidak bocor.

8.6.2.5 Konduktor yang digunakan dalam pipa harus konduktor yang berinsulasi karet yang liat ataupun berinsulasi termoplastik. Konduktor dengan insulasi PVC yang kaku pada umumnya tidak cocok untuk ruang yang suhunya lebih rendah dari $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

8.6.2.6 Tempat masuk konduktor baik ke fitting lampu, ke sakelar, atau ke alat listrik lainnya harus ditutup rapat dengan kompon.

8.6.2.7 Konduktor suplai yang dipasang ke dalam ataupun di dalam ruang pendingin, hanyalah konduktor yang diperlukan untuk menyalurkan aliran listrik untuk ruang tersebut.

8.6.2.8 Sakelar, PHBK, alat pengatur dan kotak kontak hanya boleh dipasang di dalam ruang pendingin, bila tidak ada jalan lain, perlengkapan tersebut harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak menjadi rusak sebagai akibat terkumpulnya uap air ataupun karena pembekuan.

8.6.2.9 Bentuk fitting lampu harus sedemikian rupa sehingga uap air tidak dapat masuk dari atas dan terdapat saluran ke luar bagi uap air itu. Fiting lampu TL harus merupakan suatu kotak, yang di dalamnya terdapat semua komponennya. Kotak tersebut harus mempunyai fasilitas yang memungkinkan uap air tersalur ke luar, sehingga tertahannya uap air di dalam kotak ataupun pada fitting itu sendiri dapat dicegah.

8.6.2.10 Motor yang digunakan harus cocok untuk kondisi ruang jika di dalam ruang motor mungkin langsung kena air, motor itu harus tertutup seluruhnya. Boleh juga dipakai motor dengan pelindung kedap percikan, asalkan semua tindakan proteksi sudah dilakukan, sehingga kemungkinan terkumpulnya air/uap-air di sekitar kumparan ataupun bagian bervoltase lainnya sudah dihindarkan. Tempat masuk dan keluarnya kawat konduktor ke kotak terminal harus diberi pengedap.

8.7 Ruang sangat panas

8.7.1.1 Untuk instalasi listrik dalam ruang sangat panas berlaku ketentuan 8.6.1 (Ruang lembab), kecuali jika ditetapkan lain dalam 8.7.1.2.

8.7.1.2 Pada tempat yang bersuhu demikian tingginya sehingga ada kemungkinan bahan insulasi dan pelindung konduktor pasangan normal akan terbakar, meleleh, atau lumer, harus diperhatikan ketentuan berikut:

- a) Hanya armatur pencahayaan, pesawat pemanas, dan alat perlengkapan lainnya beserta konduktor yang bersangkutan itu saja yang boleh dipasang di tempat itu.
- b) Sebagai konduktor dapat dipakai konduktor regang pada isolator dengan jarak titik tumpu maksimum 1 meter, atau kabel jenis tahan panas yang sesuai untuk suhu ruang itu.
- c) Pada tempat dengan bahaya kerusakan mekanis, konduktor telanjang harus seluruhnya dilindungi dengan selungkup logam yang kuat, atau dengan alat yang sama mutunya, untuk mencegah bahaya sentuhan.

8.8 Ruang berdebu

CATATAN Untuk lengkapnya lihat seri IEC 61241. Bila ada ketidaksesuaian atau perbedaan, yang berlaku adalah persyaratan IEC 61241.

8.8.1 Definisi

- a) debu adalah partikel kecil dalam atmosfer yang bertumpuk disebabkan oleh berat sendiri, tetapi juga dapat mengambang di udara untuk sementara waktu.
- b) debu mudah terbakar adalah debu yang mudah menyala jika bercampur dengan udara.

SNI 0225:2011

- c) debu konduktif adalah debu yang mempunyai resistivitas sama atau kurang dari $10^3 \Omega \text{ m}$.
- d) atmosfer debu ledak adalah debu yang bercampur dengan udara pada tekanan atmosfer merupakan campuran yang berbentuk debu atau serat yang mudah terbakar yang, setelah menyala, pembakarannya menyebar keseluruh campuran lainnya.
- e) selungkup kedap debu adalah selungkup yang dapat mencegah masuknya partikel debu yang dapat terlihat.
- f) selungkup pelindung debu adalah selungkup yang tidak seluruhnya mencegah masuknya debu, tetapi tidak dapat masuk dalam jumlah yang cukup sehingga mengganggu beroperasinya perlengkapan. Debu tidak boleh terkumpul di dalam selungkup sehingga dapat menyebabkan bahaya penyalaan.
- g) suhu maksimum permukaan adalah suhu tertinggi dari bagian permukaan perlengkapan listrik jika diuji pada kondisi bebas debu.
- h) suhu maksimum permukaan yang diizinkan adalah suhu tertinggi pada permukaan perlengkapan listrik yang boleh dicapai dalam penggunaan untuk menghindari penyalaan.
- i) Zone 21 adalah suatu ruang dimana terdapat atau mungkin terdapat debu yang mudah terbakar berupa kabut, selama proses normal, pengerjaan, atau operasi pembersihan, dalam jumlah yang cukup untuk dapat menyebabkan terjadinya konsentrasi yang dapat meledak dari debu yang mudah terbakar atau menyala jika bercampur dengan udara.
- j) Zone 22 adalah suatu ruang yang tidak diklasifikasikan sebagai Zone 21, dimana kabut debu mungkin terjadi tidak terus menerus, dan muncul hanya dalam waktu singkat, atau dimana terdapat pengumpulan atau penumpukan debu yang mudah terbakar dalam kondisi abnormal, dan menimbulkan peningkatan campuran debu yang dapat menyala di udara.

Jika setelah terjadi kondisi abnormal, tidak menjamin pembuangan tumpukan atau lapisan debu, maka ruang tersebut harus diklasifikasikan sebagai Zone 21.

- k) Perlengkapan kedap debu Kelas A
Selungkup harus memenuhi persyaratan IP 6X (lihat 3.4.6)
- l) Perlengkapan yang dilindungi terhadap debu Kelas A
Selungkup harus memenuhi persyaratan untuk IP 5X (lihat 3.4.6)
- m) Perlengkapan kedap debu Kelas B
Perlengkapan harus sesuai dengan persyaratan IEC 61241-1-1, 4.2.3
- n) Perlengkapan yang dilindungi terhadap debu Kelas B
Perlengkapan harus sesuai dengan persyaratan IEC 61241-1-1, 4.2.4
- o) Perlengkapan yang akan digunakan dalam ruang yang berdebu ditandai dengan penandaan untuk Kelas A sebagai berikut:

DIP (*Dust Ignition Protection*), diikuti dengan A untuk Kelas A, kemudian diikuti dengan 21 atau 22 untuk menyatakan Zone dimana perlengkapan boleh ditempatkan.

Untuk perlengkapan Kelas B digunakan penandaan yang sama, hanya dengan menggantikan tanda A dengan B.

Untuk semua perlengkapan, maka suhu maksimum yang diizinkan dicantumkan pada selengkap.

- p) Semua perlengkapan yang ditempatkan dalam Zone 21 dan 22 harus memenuhi ketentuan dalam IEC 61241-1-1, 3.1, 3.2 dan 3.3.

8.8.2 Ruang berdebu merujuk ke IEC 61241-1-2, 61241-2-1 dan 61241-2-2

8.8.2.1 Dalam ruang berdebu, mesin dan pesawat harus dipasang, diatur, dan dilindungi sedemikian rupa sehingga perlengkapan tersebut tidak akan mengalami kerusakan akibat debu yang ada di sekitarnya.

8.8.2.2 PHBK harus dari jenis tertutup dan kedap debu.

8.8.2.3 Dalam ruang berdebu, kabel yang tidak berselubung (misalnya NYA) hanya boleh dipasang di dalam pipa instalasi dari logam yang berulir, atau harus ditempuh cara lain yang setara untuk mencegah masuknya debu.

8.8.2.4 Konduktor untuk perlengkapan randah (portabel) harus digunakan kabel berselubung yang fleksibel.

8.8.2.5 Penggunaan fitting lampu pijar dalam ruang berdebu, harus memenuhi 510.3.3.2.1.

8.9 Ruang dengan gas, bahan atau debu yang korosif

8.9.1 Untuk ruang dengan gas atau debu yang korosif mengacu ke IEC 61241-1-1, IEC 61241-1-2, IEC 61241-2-1 dan IEC 61241-2-2.

8.9.2 Mesin, pesawat, dan konduktor listrik, serta pelindung yang bersangkutan harus didesain, dilindungi, dipasang dan dihubungkan sedemikian rupa sehingga tahan terhadap pengaruh yang merusak dari bahan, debu, atau gas yang korosif itu.

8.10 Ruang radiasi

8.10.1 Ruang sinar X

8.10.1.1 Seluruh permukaan lantai tempat perlengkapan sinar X berdiri harus dilapisi bahan insulasi (sesuai dengan IEC 60601-1)

8.10.1.2 Pada seluruh bagian logam yang tidak bervoltase dari perlengkapan sinar X harus dipasang konduktor proteksi yang baik

8.10.1.3 Sakelar harus mudah dicapai dan dikenal dengan jelas.

8.10.1.4 Kabel fleksibel yang digunakan harus dari jenis pemakaian kasar dan berat atau dari jenis berselubung logam yang fleksibel.

CATATAN Khusus untuk penggunaan pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan agar merujuk ke IEC 60336, 60407, 60522, 60526, 60601-2-8, 60601-2-15, 60601-2-32, 60627 dan 60806.

8.10.2 Ruang radiasi tinggi

8.10.2.1 Semua instalasi perlengkapan panel pengatur harus dipasang di luar ruang beradiasi.

8.10.2.2 Untuk instalasi berlaku persyaratan dalam 8.10.1.

CATATAN Khusus untuk penggunaan pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan agar merujuk ke IEC 60336, 60407, 60522, 60526, 60601-2-8, 60601-2-15, 60601-2-32, 60627 dan 60806.

8.10.3 Ruang mikroskop elektron

8.10.3.1 Peraturan mengenai instalasi dalam ruang mikroskop elektron akan ditetapkan oleh instansi yang berwenang.

8.10.4 Sel radioaktif

Sel radioaktif ialah suatu ruang untuk menyimpan, mengolah, membentuk, atau memproses bahan radioaktif.

8.10.4.1 Semua lampu dalam sel radioaktif harus dipasang dalam jarak jangkauan dari manipulator.

8.10.4.2 Semua lampu sedapat mungkin harus tertanam di dinding dan ditutup dengan tutup yang tembus cahaya, sedemikian rupa sehingga mudah dilepas hanya dengan menggunakan manipulator yang ada.

8.10.4.3 Semua lampu harus diletakkan sedemikian rupa sehingga dapat dilihat dari jendela pelindung.

8.10.4.4 Semua kabel harus dipasang dalam pipa dan ditanam dalam tembok (dinding sel) minimum sedalam 1 cm dari permukaan dinding.

8.10.4.5 Semua lampu harus dapat dilayani dari luar sel.

8.10.4.6 Semua kotak kontak yang ada di dalamnya harus dapat dilihat dari jendela pelindung.

8.10.4.7 Dalam ruang di daerah panas sekitar sel radioaktif yang mengandung udara radioaktif, semua pipa instalasi listrik sedapat mungkin harus ditanam dalam tembok. Kabel yang ada di plafon supaya ditunjang dengan baik dengan ketinggian minimum 3 meter.

8.10.4.8 Semua permukaan sakelar, tusuk kontak, dan kotak kontak harus terdiri dari bahan yang tidak mudah terbakar, harus licin, kuat dan tanpa lekukan yang tajam. Pemasangan dalam dinding harus rata dalam satu bidang

8.10.5 Ruang gamma

Ruang gamma ialah suatu daerah radiasi untuk penelitian dan proses dengan menggunakan sinar gamma.

8.10.5.1 Semua alat pelayanan instalasi listrik dan operatornya harus berada dalam ruang tersendiri, di luar daerah ruang gamma.

8.10.5.2 Konduktor yang digunakan harus tahan terhadap radiasi (proses radiasi X-link).

8.10.5.3 Pemasangan dalam dinding harus berbelok-belok sehingga sinar gamma tidak mudah tembus.

8.10.5.4 Lampu pencahayaan harus tahan terhadap sinar gamma, misalnya lampu halogen.

CATATAN Khusus untuk penggunaan pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan agar merujuk ke IEC 60601-2-11 part 2, 60601-2-17 part 2 dan 60798.

8.10.6 Ruang linac (*linear accelerator*)

Linac ialah alat guna mempercepat partikel secara linier.

8.10.6.1 Semua instalasi listrik yang dipasang dalam ruang linac harus memenuhi persyaratan untuk ruang lembab.

CATATAN :

- a) Hal yang belum diatur di sini akan diatur kemudian.
- b) Khusus untuk penggunaan pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan agar merujuk ke IEC 60601-2-11 part 2, 60601-2-17 part 2 dan 60798.

8.10.7 Ruang neutron

8.10.7.1 Semua perlengkapan listrik yang dipasang dalam ruang neutron harus memenuhi syarat untuk ruang ini.

8.10.7.2 Kabel yang digunakan harus dari jenis yang tahan terhadap pengaruh sinar neutron.

8.11 Perusahaan kasar

8.11.1 Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK)

8.11.1.1 PHBK dalam perusahaan kasar harus berupa lemari hubung bagi yang memenuhi syarat sebagai berikut:

- a) harus tertutup;
- b) harus tahan terhadap kerusakan mekanis.

8.11.2 Konduktor

8.11.2.1 Semua jenis konduktor yang dipasang, harus dipasang dalam pipa instalasi atau sekurang-kurangnya dengan jalur konduktor tertutup yang cukup kuat.

8.11.2.2 Untuk konduktor randah hanya boleh digunakan konduktor, yang berselubung karet atau bahan yang sama mutunya, fleksibel dan berkonstruksi kuat, atau juga konduktor jenis lain dengan pelindung logam yang fleksibel.

8.11.3 Peranti lain

8.11.3.1 Kotak kontak, tusuk kontak, atau sakelar harus dilengkapi dengan selungkup dari logam, atau dari bahan lain yang cukup kuat dan tahan terhadap kerusakan mekanis.

8.11.3.2 Lampu pencahayaan harus dipasang atau dilindungi sedemikian rupa sehingga cukup terhindar dari kerusakan mekanis.

8.12 Pekerjaan dalam ketel uap, tangki dan bejana logam lainnya

8.12.1 Batas voltase dan pembumian

8.12.1.1 Untuk keperluan alat pencahayaan dan alat listrik lainnya pada pekerjaan dalam ketel uap, tangki, dan bejana logam lainnya tidak boleh menggunakan voltase lebih dari 50 V.

8.12.1.2 Jika tenaga yang dibutuhkan untuk keperluan yang disebut dalam 8.12.1.1 diambil dari suatu instalasi dengan voltase lebih dari 50 V maka bagian logam dari ketel uap atau bejana logam lainnya harus dibumikan dengan baik pada suatu titik.

8.12.2 Konduktor

8.12.2.1 Untuk konduktor fleksibel hanya boleh digunakan konduktor fleksibel berselubung karet dengan konstruksi kuat atau berselubung bahan lain yang sama mutunya, atau konduktor yang berperisai logam fleksibel.

8.12.2.2 Pada voltase lebih dari 50 V, jika digunakan konduktor dengan perisai logam fleksibel, dibagian dalam perisai logam itu harus berselubung karet atau selubung yang sama mutunya.

8.13 Peluncur, dok, galangan kapal dan sebagainya

8.13.1 Jika pada peluncur, dok, galangan kapal dan sebagainya, digunakan tenaga listrik, badan kapal dari logam harus dibumikan dengan baik.

8.13.2 Untuk pemasangan instalasi listrik pada peluncur, dok, galangan kapal dan sebagainya, berlaku ketentuan dalam 8.6 dan 8.11.

8.13.3 Untuk konduktor mesin dan pesawat randah berlaku juga ketentuan dalam 8.12.

8.13.4 Ketentuan dalam 8.13.3.1 tidak berlaku untuk konduktor mesin dan pesawat randah, yang dipasang untuk waktu lama pada suatu tempat dan di luar jangkauan tangan.

8.14 Derek dan lift listrik

8.14.1 Pencegahan bahaya voltase sentuh

8.14.1.1 Bagian derek dan lift yang dapat dimasuki orang, harus dirancang sedemikian rupa sehingga sentuhan terhadap kolektor atau saluran kontak tidak mungkin terjadi.

8.14.1.2 BKT dari derek dan lift harus dilengkapi dengan konduktor proteksi yang baik atau ditempuh cara proteksi lain yang setaraf, untuk mencegah terjadinya voltase sentuh yang berbahaya.

8.14.2 Instalasi

8.14.2.1 PHBK pada instalasi derek dan lift harus berbentuk lemari tertutup atau berbentuk lain yang setaraf.

8.14.2.2 PHBK dengan relai otomatis, baik sebagai pengendali jauh maupun sebagai pengendali lain yang sejenis, boleh dipasang menyimpang dari ketentuan 8.14.2.1 di atas, asalkan PHBK itu dipasang dalam ruang lain yang terpisah. Selain itu ia harus diamankan pula terhadap sentuh tak langsung, misalnya dengan insulasi proteksi sebagaimana ditentukan dalam 3.5.

8.14.2.3 Derek harus dapat langsung dimatikan dari tempat operator, selain itu suplai tenaga harus dapat dimatikan pula dengan pemutus sirkit yang letaknya di lantai ruang kerja tidak jauh dari tempat operator bekerja.

8.14.2.4 Konduktor berinsulasi karet atau bahan yang setaraf harus dipasang dalam pipa instalasi atau jalur konduktor tertutup dan tahan kerusakan mekanis. Konduktor jenis lain harus diberi perlindungan yang setaraf.

8.14.2.5 Konduktor fleksibel yang sering dipindah-pindahkan, hanya boleh digunakan jika berinsulasi karet dengan konstruksi kuat, konduktor berinsulasi lain yang setaraf dengan perisai logam yang fleksibel.

8.14.2.6 Perlengkapan rem yang dilayani dengan listrik, harus dibuat sedemikian rupa sehingga rem itu bekerja dengan sendirinya, jika voltasenya hilang.

8.14.2.7 Tinggi angkat beban harus dibatasi dengan sakelar pembatas.

8.14.2.8 Sakelar pembatas harus dipasang pada ujung dari tiap arah gerak alat.

8.14.2.9 Instalasi lift dengan penggerak tromol harus dilengkapi dengan otomatis yang dapat menghentikan tromol apabila voltase tarik pada kabel gantung menjadi lebih kecil dari voltase tarik dalam keadaan kerja normal dan lift kosong atau bila beban melebihi kapasitas maksimum.

8.14.2.10 Pintu masuk lift harus diatur sedemikian rupa sehingga lift tidak dapat bekerja bila pintu belum tertutup sempurna.

8.14.2.11 Lift pengangkut orang harus dilengkapi dengan perlengkapan, yang memungkinkan untuk membunyikan alarm dari dalam.

8.14.3 Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK)

8.14.3.1 Konduktor dari PHBK pembagi ke PHBK lift tidak boleh dicabang untuk pemakaian lain.

8.14.3.2 PHBK lift hanya boleh digunakan untuk keperluan lift termasuk pencahayaan di dalamnya.

8.15 Instalasi rumah dan gedung khusus

8.15.1 Umum

Yang dimaksud dengan instalasi rumah dan gedung khusus dalam pasal ini adalah:

- a) Gedung pertunjukan dsb; (8.16)
- b) instalasi listrik desa dan rumah sederhana di desa; (8.17)
- c) instalasi sementara; (8.18)
- d) instalasi semi permanen; (8.19)
- e) Instalasi pembangunan; (8.20)
- f) instalasi genset darurat; (8.21)
- g) instalasi pencahayaan darurat; (8.22)
- h) instalasi listrik di dalam kamar mandi.

8.16 Gedung pertunjukan, gedung pertemuan, musium, pasar, toko dan gedung umum lainnya

8.16.1 Umum

8.16.1.1 Penggunaan voltase ke bumi lebih dari 300 V dalam ruang yang dimaksudkan untuk masyarakat umum harus dihindarkan.

8.16.1.2 Instalasi pencahayaan harus dipisahkan dari instalasi tenaga mulai dari PHBK.

8.16.1.3 Sakelar untuk pencahayaan, sekering dan pemutus sirkit sedapat mungkin dikelompokkan terpusat dan ditempatkan sedemikian rupa sehingga tidak dapat dihampiri maupun dimanfaatkan oleh umum.

8.16.1.4 Perlengkapan listrik untuk panggung dan ruang yang ada hubungannya dengan panggung tersebut harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan bahaya jika tersentuh.

8.16.1.5 Resistans pengendali dari perlengkapan listrik untuk panggung tidak boleh dipasang pada konduktor netral atau konduktor nol.

8.16.1.6 Resistans pengendali yang tidak terlindung boleh digunakan dengan syarat harus dipasang pada tempat yang bebas kebakaran dan hanya dimasuki oleh pengawas ahli.

8.16.2 Konduktor

8.16.2.1 Sebagai konduktor randah (portabel) untuk alat listrik di panggung harus digunakan konduktor fleksibel yang baik.

8.16.2.2 Instalasi yang digunakan sementara selama pertunjukan boleh menyimpang dari ketentuan umum pemasangan konduktor, asalkan kerusakan insulasinya dihindarkan dengan cara pemasangan yang tepat, dan instalasi itu selama penggunaannya harus selalu dalam pengawasan.

8.16.2.3 Instalasi dengan konduktor tanpa insulasi tidak diperkenankan. Kawat yang digunakan untuk pengatur layar dan perlengkapan panggung lainnya, tidak boleh digunakan sebagai konduktor arus atau konduktor pembumian.

8.16.2.4 Hanya kabel yang diperlukan agar panggung dapat bekerja secara baik yang boleh dipasang di bagian ini.

8.16.2.5 Kabel fleksibel untuk perlengkapan panggung harus dari jenis berselubung karet pemakaian biasa, berat atau ekstra berat atau yang setaraf. Hal ini tidak berlaku untuk sambungan kabel fleksibel kecil, seperti untuk lampu berdiri yang digunakan sementara pada waktu mempersiapkan panggung.

8.16.2.6 Kabel yang dimaksud dalam ayat ini, jika perlu harus dilindungi terhadap kerusakan mekanis.

8.16.2.7 Untuk ruang pemain musik (*pit*) selain kabel yang tersebut di atas dapat pula digunakan kabel termoplastik ringan (kabel senur).

8.16.3 Pencahayaan ruang

8.16.3.1 Penyambungan titik pencahayaan di tempat umum harus diambil sekurang-kurangnya dari dua sirkit akhir, dan bila mungkin dari sekurang-kurangnya dua fase. Hal tersebut tidak berlaku untuk ruang kecil, seperti toilet dan lain-lain,

8.16.3.2 Penyambungan titik pencahayaan untuk koridor (selasar), tangga dan ruang lain yang biasa digunakan oleh pemeran dan petugas, bila mungkin diambil dari sekurang-kurangnya dua sirkit akhir. Hal-hal yang dimaksud pada ayat ini berlaku pula untuk pencahayaan darurat pada 8.16.4.1 di bawah ini.

8.16.3.3 Bagian auditorium (tempat penonton) suatu ruang pertunjukan atau pertemuan harus dilengkapi dengan lampu pencahayaan yang memberikan pencahayaan minimum, yang tak dapat dapat diredupkan lagi, dan yang memungkinkan penonton melihat jalan dengan jelas.

8.16.3.4 Titik-titik lampu untuk menghasilkan pencahayaan minimum yang dimaksudkan pada 8.16.3.3 harus merupakan salah satu sirkit akhir yang diperuntukan khusus untuk maksud tersebut, dengan sekering atau pemutus sirkit yang dipasang pada PHBK disambung ke sumber utama dan sumber darurat melalui sakelar tukar.

8.16.3.5 Tanda petunjuk

8.16.3.5.1 Di sebelah atas pintu darurat, harus dipasang tanda petunjuk "KELUAR" "EXIT" atau "PINTU DARURAT" yang diberi pencahayaan; tanda-tanda tersebut harus dapat jelas terlihat walaupun pencahayaan ruang tersebut padam.

8.16.3.5.2 Di tempat umum bila tanda yang dimaksud pada 8.16.3.5.1, tidak dapat terlihat secara langsung, pencahayaan harus diatur sedemikian rupa sehingga tanda anak panah yang menunjuk arah yang harus diikuti dapat terlihat jelas walaupun pencahayaan ruang tersebut padam.

8.16.3.5.3 Hal yang disyaratkan pada 8.16.3.5.1 dan 8.16.3.2 berlaku pula pada pintu-pintu dimana berada para pemain dan para petugas bagian panggung, atau di koridor dan tangga yang menuju ke bagian tersebut, yang akan dilalui jika harus ke luar. Hal tersebut tidak berlaku untuk ruang-ruang kecil seperti toilet.

CATATAN Bagian panggung yang dimaksud di atas, adalah panggung dan ruangan diantara keduanya, bagian belakang, dan ruangan lainnya yang bersangkutan.

8.16.3.5.4 Tangga yang terdapat di koridor auditorium harus dilengkapi dengan pencahayaan khusus agar dapat terlihat dengan jelas.

CATATAN Hal yang disyaratkan dalam 8.16.3.5.1 dan 8.16.3.5.2 dapat dipenuhi dengan kotak armatur lampu berventilasi cukup, ditutup dengan kaca atau plastik, ditulisi kata-kata yang diperlukan sebesar kira-kira 8 cm dengan tulisan cetak, atau gambar anak panah berwarna putih pada warna dasar hijau.

Kotak fitting lampu tersebut harus didesain sedemikian rupa sehingga memberi pencahayaan yang rata dan cukup pada tulisan atau tanda panah tersebut. Tulisan dan tanda panah harus dapat dengan mudah dikenal dan terlihat dari setiap arah walaupun pencahayaan ruang yang normal (umum) dinyalakan.

8.16.3.6 Ruang di panggung yang biasa digunakan ketika auditorium digunakan, atau pada waktu itu kemungkinan digunakan termasuk lorong, tangga, gedung tempat menyimpan hiasan panggung, bangku dan barang lainnya yang digunakan pada saat ada acara, harus diterangi secukupnya.

8.16.3.7 Alat pencahayaan perlengkapan panggung dan konduktornya harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) Instalasi tidak boleh bervoltase ke bumi di atas 300 V.
- b) Perlengkapan yang dapat menimbulkan bahaya kebakaran harus berpelindung.
- c) Gawai proteksi harus dipasang pada bagian konduktor yang dipasang tetap.
- d) Bagian bervoltase dan tak berinsulasi hanya diperkenankan jika bagian tersebut dilindungi terhadap terhadap sentuhan.
- e) Penampang konduktor pasangan berpindah harus sekurang-kurang 2,5 mm².
- f) Perlengkapan yang menggunakan lampu busur harus dilengkapi dengan suatu alat yang dapat mencegah jatuhnya bagian yang dapat menyebabkan kebakaran, seperti arang berpijar dsb.
- g) Ukuran konduktor dari semua alat pencahayaan, harus diperhitungkan untuk pembebanan serentak dari semua lampu.

8.16.3.7.1 Ruang proyektor harus diterangi secukupnya dengan pencahayaan utama.

8.16.3.7.2 Setiap ruang proyektor harus dilengkapi dengan sekurang-kurangnya sebuah lampu yang dihubungkan ke sirkit pencahayaan sesuai 8.16.4.

8.16.3.7.3 Ruang proyektor hanya boleh berisi perlengkapan dan sirkit yang diperlukan ruang proyektor ini, termasuk sakelar dan kendali untuk lampu auditorium.

8.16.3.8 Bagian luar atau bagian sejenis dari lampu panggung yang terbuat dari logam yang menggantung, yang dimungkinkan menjadi bervoltase jika terjadi kegagalan dan yang tidak diinsulasi dengan baik terhadap gantungan kawat yang terbuat dari logam harus dilengkapi dengan pengaman pembumian yang baik, atau ditempuh cara proteksi lain yang serupa.

8.16.3.9 Jika pencahayaan utama diruang umum dapat diredupkan, harus dimungkinkan dinyalakan kembali dari suatu tempat yang tidak bergantung dari perlengkapan peredup tersebut. Jika ada ruang proyektor, penyalaan kembali harus dapat dilakukan dari luar ruang proyektor, dan dari dekat setiap gerbang masuk ruang tersebut.

8.16.4 Pencahayaan darurat

8.16.4.2 Kuat pencahayaan darurat di koridor auditorium dan di ruang publik harus sekurang-kurangnya 1,3 lux (lihat 8.22.3.2) Hal ini tidak berlaku untuk ruang kecil seperti toilet (kamar kecil) dan lain-lain.

8.16.4.3 Pencahayaan darurat di bagian panggung, koridor, tangga panggung, dan tempat pengaturan lampu sorot, dan ruang proyektor harus memungkinkan orang melihat jalannya dengan mudah.

8.16.4.4 Lampu darurat harus dapat mempertahankan tingkat pencahayaannya seperti yang disyaratkan pada 8.16.3.5.

8.16.4.5 Tingkat pencahayaan ruang yang dipasang pencahayaan darurat harus sekurang-kurangnya 5 lux (lihat 8.22.3.3).

CATATAN Ruang panggung yang dimaksud dalam 8.16.4.3 terdiri atas bagian panggung, dan ruang pelengkapannya, yang terdiri atas ruang hias, ruang salon rambut, ruang setrika, bengkel, lorong tangga dan lain-lain. Ketentuan ayat ini dapat dipenuhi bila tingkat pencahayaan cukup sehingga orang-orang dapat melihat jalan yang menuju ke luar.

8.16.4.6 Instalasi pencahayaan darurat harus mendapat suplai dari sebuah atau beberapa baterai yang digunakan khusus untuk maksud ini, dengan kapasitas sekurang-kurangnya dapat menyalakan lampu darurat seluruhnya pada tingkat pencahayaan yang memenuhi syarat, terus menerus selama sekurang-kurangnya $\frac{1}{2}$ jam tanpa pengisian (lihat 8.22.6.1.2).

8.16.4.7 Jika luas lantai auditorium dan balkon melebihi 600 m² pencahayaan darurat harus dibagi sekurang-kurangnya dalam dua bagian yang kira-kira sama, yang setiap bagiannya disuplai dari baterai yang berbeda.

8.16.4.8 Baterai harus ditempatkan pada ruang tahan kebakaran terpisah dari ruang lain yang dihubungkan dengan ruang ini hanya melalui pintu yang tahan kebakaran, dan dilengkapi perlengkapan yang dapat menutup sendiri. Hal tersebut tidak berlaku untuk baterai kecil yang digunakan untuk beberapa lampu yang dipasang berdekatan.

8.16.4.9 Pada bagian luar pintu masuk ke ruang baterai harus dipasang tanda peringatan yang jelas bahwa dilarang merokok dan tidak boleh menyalakan api dalam ruang tersebut.

8.16.4.10 Instalasi pengisi baterai harus dapat mengisi kembali baterai yang telah kosong sampai penuh selama 10 jam, dan harus dilengkapi dengan pemutus otomatis yang dapat mencegah mengalirnya kembali arus dari baterai ke instalasi pengisi baterai.

8.16.4.11 Kelompok lampu darurat di ruang panggung, tidak boleh disatukan dengan kelompok lampu darurat untuk ruang umum lainnya.

8.16.4.12 Pencahayaan darurat harus menyala atau dihubungkan ke baterai secara otomatis, segera setelah voltase utama jatuh di bawah 80% dari voltase kerjanya.

8.16.4.13 Selain harus memenuhi 8.16.4.12, pencahayaan darurat di bioskop harus dapat pula dinyalakan atau dihubungkan ke baterai dengan menekan tombol yang ditempatkan di tempat-tempat yang cocok dan terutama di dekat gerbang masuk utama auditorium. Di dekat tombol tekan tersebut harus dipasang tanda pemberitahuan yang jelas dengan kata-kata "PENCAHAYAAN DARURAT" dan petunjuk cara menyalakan.

8.16.4.14 Pencahayaan darurat di tempat umum harus hanya dapat dipadamkan melalui tombol tekan yang ditempatkan di ruang tersebut sesuai dengan 8.16.5.7.

8.16.4.15 Penyalaan atau pemadaman pencahayaan di tempat publik, seperti yang diterangkan terdahulu, harus dapat dilakukan dalam keadaan apapun jika pencahayaan darurat disambung sesuai dengan 8.16.4.1 Hal yang disyaratkan dalam ayat ini berarti bahwa suatu sakelar yang menyalakan pencahayaan darurat secara manual harus dikombinasikan dengan sakelar untuk melayani pencahayaan sesuai dengan 8.16.3.5

8.16.5 Perlengkapan listrik

8.16.5.1 PHBK yang ditempatkan antara instalasi dan jaringan listrik umum dan PHBK untuk pencahayaan darurat sesuai 8.16.4.1 tidak boleh dipasang dalam ruang yang dekat dengan umum atau di dekat jalan masuk bangunan; ruang ini dipisah dari ruang lainnya dengan dinding yang tahan api dan jarak antara ruang ini dan tempat di mana sambungan kabel masuk harus sekecil mungkin.

8.16.5.2 PHBK yang dimaksud dalam 8.16.5.1 ini di bagian luarnya harus diberi petunjuk yang jelas mengenai cara penggunaan PHBK ini.

8.16.5.3 PHBK untuk sirkit akhir pencahayaan harus disambungkan tersendiri dan langsung ke PHBK utama jaringan listrik umum.

8.16.5.4 Sekering atau pemutus sirkit yang mengamankan sirkit akhir pencahayaan darurat sesuai 8.16.5.1 harus ditempatkan dalam PHBK yang mendapat suplai langsung dari baterai.

8.16.5.5 PHBK yang berisi sirkit akhir untuk pencahayaan harus dirancang atau dipasang sedemikian rupa sehingga tidak mudah dibuka oleh umum.

8.16.5.6 Sekering dan pemutus sirkit yang mengamankan perlengkapan panggung yang bergerak harus ditempatkan di bagian yang tetap (tidak bergerak).

8.16.5.7 Sakelar yang digunakan untuk pelayanan lampu pencahayaan harus ditempatkan dalam ruang yang tidak berdekatan dengan umum dekat gerbang masuk dan harus terpisah dari tempat sekelilingnya oleh dinding yang tahan api, dengan syarat bahwa sakelar untuk pencahayaan minimum memenuhi ketentuan 8.16.3.3 harus dipasang dalam ruang yang disyaratkan pada 8.16.5.1. Hal ini tidak berlaku untuk sakelar yang disyaratkan pada 8.16.3.9 dan 8.16.4.13, asalkan sakelar-sakelar ini tidak dapat dilayani oleh umum.

8.16.5.8 Fiting harus terbuat dari bahan yang tidak mudah-terbakar.

8.16.5.9 Fiting lampu (*lampholder*) untuk pencahayaan darurat harus dari jenis B22 (bayonet).

8.16.5.10 Lampu pijar dan perlengkapan listrik lainnya di bagian panggung harus ditempatkan atau dilindungi sedemikian rupa sehingga tidak terkena bahan yang mudah terbakar.

8.16.5.11 Lampu sorot harus ditempatkan sedemikian agar tidak dapat menyentuh layar walaupun tutup lampu dibuka.

8.16.5.12 Lampu di bagian panggung harus dilindungi terhadap kerusakan mekanis dengan cara memasang pelindung atau perlengkapan serupa. Hal ini tidak berlaku pada lampu yang dipasang sementara ketika mempersiapkan panggung.

8.17 Instalasi listrik desa

8.17.1 Umum

8.17.1.1 Yang dimaksud dengan instalasi listrik desa adalah instalasi listrik untuk pembangkitan, distribusi, pelayanan, dan pemakaian tenaga listrik di desa dengan konstruksi yang disederhanakan.

8.17.1.2 Instalasi listrik desa hanya berlaku bagi daerah perdesaan (di desa), dan diterapkan pada satu lokasi atau kasus berdasarkan kondisi yang masih memerlukannya dengan memperhatikan persyaratan-persyaratannya.

8.17.2 Instalasi-rumah sederhana di desa

8.17.2.1 Ketentuan dalam pasal ini diperuntukan bagi instalasi rumah sederhana di desa dengan batas alat pembatas arus maksimum 10 A dan voltase nominal maksimum 230 volt fase tunggal

8.17.2.2 Ketentuan khusus

8.17.2.2.1 Instalasi-rumah sederhana tidak memerlukan gambar instalasi.

8.17.2.2.2 Instalasi-rumah sederhana boleh dipasang oleh pelaksana instalasi listrik desa yang telah disahkan oleh instansi yang berwenang.

8.17.2.2.3 Instalasi dipasang terbuka, kabelnya dipasang pada permukaan dinding, tiang rumah dan bagian dari bangunan lainnya yang terbuat dari atau dilasi dengan kayu/papan dan bahan lainnya yang tidak mudah tersulut api.

8.17.2.2.4 Instalasi hanya terdiri atas satu sirkit yang dilengkapi dengan gawai proteksi arus lebih maksimum 10 A.

8.17.2.2.5 PHBK yang digunakan harus dari jenis tertutup dengan kotak dari bahan yang tidak mudah terbakar. PHBK dipasang pada dinding tembok atau papan

8.17.2.3 Konduktor

8.17.2.3.1 Sebagai konduktor digunakan kabel berinsulasi ganda (misalnya NYM) yang terdiri atas dua atau tiga inti tembaga pejal dengan penampang tiap intinya minimum 1,5 mm²

8.17.2.3.2 Kabel dicabangkan dalam kotak pencabangan dengan penyambungan yang baik.

8.17.2.4 Titik beban

8.17.2.4.1 Jumlah titik beban maksimum sembilan buah, termasuk kotak kontak sejumlah maksimum tiga buah.

8.17.2.4.2 Kotak kontak yang digunakan harus dari jenis yang dilengkapi kontak proteksi, dan dipasang setinggi minimum 1,25 m dari lantai.

8.17.2.5 Penumbumian untuk instalasi rumah sederhana dilaksanakan dengan memasang elektrode bumi yang dihubungkan dengan terminal pennumbumian pengaman pada PHBK secara langsung atau melalui meter kWh (lihat 3.13.1.3)

8.17.3 Sambungan Rumah Desa (SRD)

8.17.3.1 Ketentuan ini berlaku bagi sambungan rumah untuk instalasi sebagaimana dimaksud dalam 8.17.2.

8.17.3.2 SRD terdiri dari kabel instalasi berinti dua dengan penampang setiap intinya minimum 4 mm² Cu atau yang setaraf.

8.17.3.3 Selain yang tersebut dalam 8.17.3.2, SRD boleh menggunakan dua konduktor yang terdiri atas satu konduktor fase berinsulasi dengan penampang minimum 4 mm² Cu atau yang setaraf, dan satu konduktor netral atau konduktor proteksi yang mempunyai KHA sekurang-kurangnya sama dengan dengan konduktor fasenya.

8.17.3.4 Bahan insulasi untuk SRD harus tahan cuaca dan sinar matahari daerah tropis.

8.17.3.4.1 Panjang rentang SRD maksimum 45 meter dengan memperhitungkan kekuatan tarik SRD-nya.

8.17.3.4.2 Jumlah rumah/sambungan per SRD maksimum tujuh buah, atau panjang SRD maksimum (seri) 200 meter.

8.17.3.4.3 SRD harus dilengkapi dengan sekering atau pemutus sirkit dengan nilai nominal maksimum 10 A dan bila diperlukan sebuah meter kWh yang dipasang di bagian luar rumah.

8.18 Instalasi sementara

8.18.1 Umum

8.18.1.1 Instalasi sementara ialah instalasi, yang sebelum dipasang dan digunakan dengan pasti dapat ditetapkan bahwa penggunaan hanya untuk waktu paling lama 3 bulan, dan hanya di tempat itu saja. (lihat 9.7.4.1).

8.18.1.2 Di tempat masuk ke ruang mesin dan ke ruang PHBK harus terdapat penghalang dan tanda peringatan yang jelas yang melarang masuknya orang yang tidak berwenang.

8.18.1.3 Pada instalasi voltase menengah harus dibuat pagar dan pintu yang dapat dikunci untuk mencegah orang yang tidak berwenang masuk ke tempat yang dimaksud dalam 8.18.1.2

8.18.1.4 Dalam ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan, instalasi sementara harus memenuhi 8.5.

8.18.1.5 Mesin, instrumen, konduktor dan semua perlengkapan pasangan berpindah, semuanya harus memenuhi ketentuan yang berlaku untuk masing-masing.

8.18.1.6 Proteksi dari sentuhan pada bagian bervoltase, proteksi terhadap kebakaran, dan begitu pula pembumian, harus dibuat secara mekanis kuat dan memenuhi semua ketentuan yang berlaku.

8.18.1.7 Untuk ruang lembab dan ruang sangat panas, bagian luar dari fitting lampu hanya boleh terbuat dari porselen atau bahan insulasi yang sama mutunya, sepanjang lampu tersebut dipasang dalam jarak capai tangan.

8.18.1.8 Untuk lemari hubung bagi voltase rendah tidak boleh digunakan kayu sebagai bahan konstruksi, akan tetapi boleh sebagai bahan insulasi.

8.18.1.9 Untuk pencahayaan berlaku ketentuan 4.4.1.2.

8.18.2 Konduktor

8.18.2.1 Konduktor yang dipasang tetap, tidak perlu memenuhi sepenuhnya persyaratan umum yang berlaku, misalnya mengenai bahan konduktor, jarak antara titik lampu, jarak antara konduktor berinsulasi, jarak sampai bagian konstruksi, begitu pula mengenai bahan pengikatnya, asalkan memenuhi syarat keamanan instalasi dan keselamatan manusia.

8.18.2.2 Konduktor berinsulasi voltase rendah yang menembus dinding, plafon dan sebagainya, yang terdiri atas bahan yang tidak menghantar tidak perlu menggunakan pipa penembus.

8.18.2.3 Untuk melindungi kabel rumah (NGA dan NYA) terhadap kerusakan mekanis, boleh digunakan kayu atau bahan lain yang sejenis. Dalam ruang biasa dengan sedikit bahaya kerusakan mekanis, perlindungan semacam itu tidak diperlukan.

8.18.2.4 Kabel rumah yang dipakai sebagai konduktor luar voltase rendah dapat dipasang serendah-rendahnya tiga meter dari permukaan tanah. Sebagai penyangga dapat dipakai

bambu. Konduktor tersebut yang dipasang di atas atap, emper dan sebagainya boleh tercapai tangan. Tidak perlu dipakai isolator tarik, isolator lonceng dan sebagainya.

8.18.2.5 Pemasangan konduktor udara tanpa insulasi harus memenuhi 7.14.

8.18.3 Pencahayaan pesta

8.18.3.1 Untuk instalasi sementara pada pencahayaan pesta di luar, penyimpangan dari yang diuraikan dalam 8.18.1.1 dan 8.18.1.2 dibolehkan asalkan diatur sedemikian rupa sehingga seluruhnya memenuhi syarat umum dalam buku ini, yang berhubungan dengan perlindungan bagian bervoltase terhadap sentuhan, dan perlindungan terhadap bahaya kebakaran dan hubungan bumi.

8.19 Instalasi semi permanen

8.19.1.1 Instalasi semi permanen untuk voltase menengah seluruhnya harus memenuhi ketentuan umum yang berlaku untuk voltase itu.

8.19.1.2 Instalasi semi permanen untuk voltase rendah harus memenuhi ketentuan yang berlaku untuk instalasi permanen.

Konduktor yang digunakan sekurang-kurangnya harus dari jenis konduktor berinsulasi karet atau PVC.

8.20 Instalasi dalam masa pekerjaan pembangunan

8.20.1.1 Sepanjang dalam pasal ini tidak ditetapkan lain, berlaku 8.18 dengan memperhatikan 9.13.4.1.

8.20.1.2 Instalasi listrik di tempat yang lembab, seperti dalam galian, dalam ruang bawah tanah dan sebagainya harus dipasang sedemikian rupa sehingga instalasi tidak kena air, dan sedapat mungkin di luar jangkauan tangan.

8.20.1.3 Konduktor suplai yang tidak untuk dipindah-pindahkan sedapat mungkin harus memenuhi ketentuan umum yang berlaku.

8.20.1.4 Bagian luar dari fitting lampu harus dibuat dari bahan porselin, atau bahan insulasi lain yang setara.

8.20.1.5 Untuk melindungi perlengkapan harus dipasang sekering atau gawai proteksi lain pada sirkit yang bersangkutan.

8.20.1.6 Lemari hubung bagi harus diberi perlindungan terhadap percikan air.

8.20.1.7 Konduktor berinsulasi harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas orang.

8.20.1.8 Sambungan pada konduktor berinsulasi harus diberi insulasi yang cukup.

8.21 Instalasi generator (genset) darurat

8.21.1 Umum

8.21.1.1 Definisi

Keadaan darurat adalah keadaan yang tidak biasa atau tidak dikehendaki yang membahayakan keselamatan manusia, bahaya kebakaran dan keamanan bangunan serta isinya, yang ditimbulkan karena penyediaan listrik utama terganggu.

Pencahayaan darurat pada umumnya dipasang di gedung-gedung umum yang banyak dikunjungi orang seperti hotel, pasar, toserba, gedung pertunjukan, tempat ibadah, gelanggang olah raga, rumah sakit dan gedung lainnya yang sejenis.

Genset darurat dapat menyediakan daya untuk beberapa keperluan seperti pendinginan, pelayanan alat bantu pernapasan mekanis, ventilasi jika penting untuk keselamatan jiwa, pencahayaan dan tenaga untuk kamar operasi di rumah sakit, sistem alarm kebakaran, proses industri yang bila aliran listrik terputus dapat menyebabkan bahaya yang serius, komunikasi dan hal lain yang sejenis.

Pasal ini berlaku untuk instalasi genset darurat. Untuk pencahayaan darurat lihat 8.22.

8.21.1.2 Ruang lingkup

Pasal ini mengatur sistem penyediaan tenaga listrik dan instalasi untuk keadaan darurat suatu bangunan yang klasifikasi voltasenya termasuk voltase rendah a.b. Ketentuan ini tidak berlaku untuk pelayanan dengan keandalan amat tinggi atau suplai tanpa putus (misalnya rumah sakit).

Sumber tenaga listrik yang ditetapkan adalah generator dengan penggerak mula mesin diesel atau turbin gas. Ketentuan ini mengatur kebutuhan pada pusat pembangkitan dan perlengkapan penunjang, menetapkan besarnya pembebanan untuk keadaan darurat, sistem proteksi di dalam gedung dan tindakan yang harus diambil dalam rangka uji fungsi dan perawatan instalasi.

CATATAN :

- a) Untuk bangunan yang menggunakan jaringan voltase menengah yang mensuplai transformator di beberapa bagian gedung, ketentuan ini dapat disesuaikan, asalkan tetap memperhatikan tingkat keandalan.
- b) Daya untuk pencahayaan darurat dapat diambil dari suplai terpisah (baterai atau generator) atau genset seperti ditentukan dalam pasal ini. Jika digunakan genset seperti tersebut dalam pasal ini harus diperhatikan persyaratan 8.22 yang lebih ketat.

8.21.2 Syarat bangunan/ruang

8.21.2.1 Lokasi

Perlengkapan tidak boleh diletakkan pada daerah yang memungkinkan terendam air. Ruang penempatan generator dan PHBK-nya sebaiknya terpisah dari ruang PHBK utama atau dipisahkan dengan dinding tahan api, dengan masing-masing pintu masuk. PHBK keadaan darurat utama membutuhkan juga tempat/ruang yang terpisah. Untuk menghadapi kebocoran yang berbahaya dari bahan bakar atau air, sebaiknya disediakan sistem penampungan dan saluran pembuangnya.

Jalan ke luar masuk diatur sedemikian rupa sehingga tidak akan tertutup oleh bangunan baru di kawasan tersebut. Harus dilakukan tindakan dan penyediaan sarana untuk memperkecil akibat buruk dari suara dan asap ketika pusat pembangkitan darurat digunakan.

8.21.2.2 Konstruksi bangunan

Ruang harus tahan kerusakan dan terpisah dari bagian gedung lainnya dengan konstruksi tahan api yang memenuhi syarat.

Tidak boleh ada pipa pelayanan lain yang masuk ke ruang ini selain pipa untuk sistem darurat ini dan pipa proteksi terhadap api. Jika perlu untuk menembus atau memecah tembok maka ketentuan tahan api dan tingkat kebisingan arus tetap terpenuhi.

8.21.2.3 Kebutuhan ruang

Pintu ke luar masuk bangunan instalasi harus disesuaikan untuk keperluan pemasangan perlengkapan, pemeliharaan dan penggantian bagian perlengkapan jika diperlukan. Semua pintu harus membuka ke luar dan sebaiknya dilengkapi dengan alat yang bisa menutup sendiri.

Luas bangunan bergantung pada susunan dan ukuran perlengkapan yang bergantung pada kapasitas sistem. Harus tersedia jarak sekurang-kurangnya $\frac{3}{4}$ m sekitar perlengkapan guna perawatan perlengkapan.

8.21.2.4 Ventilasi udara harus diatur sedemikian rupa sehingga udara dapat mengalir sehingga suhu mesin tidak naik melampaui batas suhu kerja bila mesin beroperasi terus menerus. Ujung saluran di tembok sebelah luar tidak boleh berjarak kurang dari 3 m dari lubang-lubang terbuka atau gedung di sebelahnya.

8.21.2.5 Perlengkapan pemadam api

Harus disediakan perlengkapan pemadam api manual yang dapat mencakup ruang tersebut.

8.21.2.6 Lampu untuk pelayanan darurat

Harus ada lampu yang dinyalakan oleh baterai yang terpisah dari baterai untuk keperluan asut maupun keperluan kendali. Kapasitas baterai harus sekurang-kurangnya dapat menyalakan lampu yang bersangkutan selama 30 menit.

8.21.3 Generator darurat

8.21.3.1 Kapasitas beban

8.21.3.1.1 Generator darurat harus dapat memenuhi beban sebagai berikut:

- a) Kelengkapan penggerak utama yang menggunakan tenaga listrik dan perlengkapan pengasut yang memerlukan pengisian.
- b) Lift keadaan darurat dengan anggapan pada suatu kumpulan lift hanya satu lift yang bekerja.
- c) Daya yang digunakan untuk menurunkan lift.
- d) Kipas untuk mengisap asap.
- e) Pompa air untuk sistem pemadam kebakaran saat terjadinya kebakaran.
- f) Pemanfaat listrik yang digunakan pada saat terjadinya kebakaran.
- g) Pencahayaan darurat yang dihubungkan ke generator tersebut.
- h) Jumlah beban lainnya yang dapat disuplai dari sistem pembangkit tersebut kecuali yang tersebut dalam 8.21.3.1.2.

8.21.3.1.2 Beban tambahan

Beban yang tidak tercakup di atas dapat disambungkan tanpa perlu menambahkan kapasitas pembangkit, kalau tersedia fasilitas untuk memutus beban-beban ini pada saat pembangkit mencapai beban penuh. Pengendalian ini harus otomatis kecuali kalau pusat pembangkit berada di bawah pengawasan terus-menerus.

8.21.3.1.3 Urutan asut

Untuk pemasangan yang ekonomis penyambungan perlengkapan listrik sebaiknya berurutan sebagai berikut:

- a) Lampu darurat (menyala dalam waktu tertentu sesuai peraturan yang berlaku);
- b) Pompa air *sprinkler*;
- c) Sistem ventilasi (jika diperlukan) yang direncanakan untuk mengisap asap;
- d) Lift (jika ada);
- e) Daya untuk pompa *booster* air; dan
- f) Beban lain.

8.21.3.1.4 Kapasitas generator dan penggerak utama

Keluaran generator (kW, kVA) harus cukup mampu untuk memikul beban dasar dan beban asut dari motor lain tanpa menimbulkan fluktuasi yang berlebihan pada voltase suplainya.

8.21.3.1.5 Unit mesin generator harus mempunyai kemampuan sedemikian rupa sehingga seluruh beban lampu yang tersambung dapat disuplai olehnya segera setelah kecepatan penuh tercapai.

8.21.3.2 Desain dan konstruksi

8.21.3.2.1 Syarat kecepatan tanggap

Pusat pembangkit untuk pelayanan darurat harus dapat mencapai kecepatan penuh dan siap memikul beban dalam waktu 15 detik sejak diterimanya sinyal asut. Beban penuh harus siap dipikul dalam waktu 30 detik berikutnya (jumlah 45 detik).

8.21.3.2.2 Penggerak utama

Penggerak utama harus memenuhi ketentuan yang berlaku.

8.21.3.2.3 Generator harus memenuhi ketentuan yang berlaku. Pada waktu dimasukkan beban penuh turun voltase sebaiknya tidak melebihi 25% dan dalam waktu 0,5 detik voltase sudah pulih kembali dalam batas 5% dari voltase normal.

8.21.3.2.4 Rakitan

Penggerak utama, generator, kopling dan dudukan mesin harus dipilih yang sesuai satu sama lain.

CATATAN Sebaiknya diperhatikan ketersediaan suku cadang di pasaran.

8.21.3.2.5 Uji coba pekerjaan

Harus dilaksanakan uji coba berfungsinya penggerak utama dan generator dengan beban yang dapat diatur dan harus memenuhi persyaratan bekerja dan kemampuan daya nominal.

8.21.3.3 Instalasi pusat pembangkit

8.21.3.3.1 Suplai bahan bakar

Tangki bahan bakar harus disediakan dalam ruang pembangkit masing-masing untuk setiap unit penggerak utama, dengan kapasitas beban penuh selama 8 jam. Tempat pengisian bahan bakar harus ditempatkan cukup jauh dari baterai dan perlengkapan lainnya. Untuk setiap tangki bahan bakar harus tersedia alat duga bahan bakar yang mudah terlihat. Untuk isi 2/3 bagian harus diberi tanda yang mengingatkan perlunya pengisian kembali. Alat duga dibuat sedemikian rupa sehingga kalau rusak, minyak tidak akan bocor. Pemipaan bahan bakar harus disusun sedemikian rupa sehingga tercegah masuknya lumpur dan endapan kotoran minyak dan udara yang dapat mengakibatkan tersumbatnya pipa. Semua keran harus diberi tanda keadaan tertutup atau terbuka. Pipa bahan bakar harus dilindungi terhadap panas yang berlebihan dan terhadap kerusakan mekanik.

8.21.3.3.2 Sistem pembuangan gas

Setiap sistem pembuangan gas harus dilengkapi dengan peredam dan sistem pipa atau cerobong untuk membuang semua gas ke luar bangunan, cukup jauh dari jendela atau cerobong pemasukan udara ke bangunan itu sendiri atau ke bangunan di sebelahnya. Semua pipa dan alat sambung pipa, jika perlu harus dilindungi secukupnya agar terlindung dari bahaya kebakaran, dan agar tidak ada bagian yang menonjol bersuhu lebih dari 70 °C.

8.21.3.3.3 Pendingin

Setiap penggerak utama jika mungkin harus mempunyai sistem pendingin tersendiri, baik pendingin air maupun pendingin udara. Sistem pendingin tersebut tidak boleh bergantung pada sumber dari luar, termasuk sumber airnya. Jika air didinginkan di luar bangunan dengan menggunakan menara pendingin atau bak pendingin atau sistem apapun, harus diperhatikan agar kemungkinan kebakaran tidak akan mempengaruhi sistem pendinginan tersebut.

8.21.3.3.4 Pemasangan

Untuk memperkecil pengaruh getaran mesin, setiap mesin dapat dilengkapi peredam yang dipasang pada pondasi yang dirancang khusus untuk keperluan tersebut.

8.21.3.3.5 Peringatan bahaya

Harus dipasang tanda peringatan pada tempat yang menyolok di atas atau di dekat mesin, untuk mengingatkan kemungkinan asutan yang tiba-tiba dapat membahayakan orang yang berada di sekitarnya.

Contoh kata peringatan adalah :

**Awas Bahaya
Mesin Dapat Hidup Sendiri
Jangan Dekat-dekat**

8.21.3.4 Pengasutan penggerak utama

8.21.3.4.1 Setiap penggerak utama harus dilengkapi dengan sistem pengasut, yang terdiri atas penyimpanan energi dengan perlengkapan pengisinya yang otomatis. Perlengkapan ini harus berkapasitas cukup untuk 2 x operasi yang berurutan seperti berikut : operasi utama dimulai pada persediaan daya penuh, dan operasi kedua berlangsung setelah pengisian selama 4 jam. Selama pengisian ini perlengkapan pengisi harus secara otomatis mengisi penyimpanan energi secukupnya untuk menjalankan daur kedua. Setelah itu untuk periode 20 jam berikutnya perlengkapan pengisi harus mencapai pengisian penuh, kemudian siap

melakukan daur asut berikutnya dan besarnya pengisian harus sebanding sehingga kalau tidak diasut, pengisian tetap berjalan untuk mengganti kebocoran normal sehingga tidak merusak.

8.21.3.4.2 Sistem asut harus dapat bekerja tanpa pemanasan awal. Sistem asut ulang harus sebagai berikut:

a) Untuk mesin diesel yang menggunakan pengasut listrik :

Tiga pengasutan otomatis yang terpisah, masing-masing tidak kurang dari 5 detik dengan selang waktu tidak lebih dari 5 detik, disusul dengan beberapa pengasutan manual selama 15 detik berikutnya.

b) Untuk diesel yang diasut langsung dengan angin:

Tiga kali pengasutan berturut-turut dalam waktu yang normal disusul dengan tiga pengasutan manual.

c) Untuk turbin gas :

Seperti a) dan b) untuk memperoleh keandalan yang setara.

8.21.3.4.3 Harus disediakan perlengkapan hidrometer, manometer dan semacamnya dalam ruang mesin untuk memudahkan pemeriksaan tingkat isi sumber energi. Setiap perlengkapan randah (portabel) harus dipasang tetap atau ditaruh dalam kotak-kotak yang baik.

8.21.3.4.4 Untuk diesel yang dipasang dalam ruang yang suhu kelilingnya dapat turun di bawah 10 °C, harus disediakan perlengkapan yang memudahkan pengasutan, misalnya dengan gawai pemanas atau gawai yang mengatur bahan bakar berlebihan yang dikendalikan secara otomatis.

8.21.3.4.5 Baterai untuk pengasutan harus ditempatkan dekat dengan motor pengasut dengan tata letak yang akan menghindarkan percikan asam pada perlengkapan yang vital. Baterai harus ditutup dengan bahan insulasi.

8.21.3.5 Kendali

8.21.3.5.1 Fungsi otomatis

Sistem kendali harus menjalankan suplai listrik darurat secara otomatis termasuk memantau bekerjanya sistem pengasutan, menerima isyarat voltase suplai, mengasut sistem pembangkitan, memantau voltase generator, mengalihkan beban, memantau proteksi, memutuskan beban dan mematikan sistem pembangkitan. Bekerjanya perlengkapan pengisi energi, pengasut, dan semua fasilitas pemanas mesin, harus senantiasa diawasi agar dapat diketahui bahwa sirkuitnya berfungsi dengan baik.

Terjadinya suatu kesalahan harus menyebabkan bekerjanya alarm kesalahan.

Voltase suplai utama harus selalu dipantau. Dalam hal voltase turun sampai atau di bawah 80% dari voltase nominal selama lebih dari 3 detik pada satu atau lebih dari fase manapun, beban darurat harus terputus dari sumber utama dan mulai mengasut mesin secara otomatis sesuai 8.21.3.4.2

Jika pengasutan otomatis tidak menghidupkan mesin, maka alarm harus berbunyi yang disertai indikator "Gagal". Keluaran generator harus dipantau, dan jika mesin telah stabil pengasutan motor mesin harus berjalan berurutan. Tanda "**Generator Sedang Beroperasi**" harus timbul. Selama generator bekerja, perlengkapan pengukur generator harus terus

dipantau. Jika salah satu besaran menyimpang dari batas yang ditetapkan oleh pihak pemasuplai, beban harus dilepaskan dan mesin dimatikan, dan alarm kesalahan dinyalakan.

Jika voltase sumber utama pada semua fase kembali di atas 80% dari nilai nominal dan tetap demikian selama 5 menit, beban darurat harus diputuskan dari generator dan sumber utama tersambung kembali. Motor besar mungkin memerlukan perlambatan waktu beberapa detik untuk menghindarkan ketidakserempakan penyambungan motor dengan generator.

Jika pembuat mesin mengharuskan adanya periode beban ringan sebelum berhenti (misalnya untuk mencegah kerusakan yang disebabkan oleh perubahan suhu yang mendadak) ketentuan tersebut harus dipenuhi dengan sistem kendali.

8.21.3.5.2 Alarm

Semua alarm dan sinyal harus terlihat pada panel generator dan diperluas ke tempat pusat pengawasan, jika ada.

8.21.3.5.3 Pelayanan manual

Harus ada pengasut manual yang dipasang di penggerak utama dan dapat membuka solenoid bahan bakar dan menjalankan mesin, terpisah dari sirkit kendali otomatis. Harus dipasang peringatan yang jelas, yang menyatakan bahwa bila dijalankan secara manual, mesin terlepas dari pemantauan proteksi otomatis, jadi harus tetap diawasi.

8.21.3.5.4 Konstruksi

Semua relai, dan gawai kendali harus dipasang dalam kotak tidak mudah terbakar dan dilindungi terhadap debu dan gas. Relai yang dapat dicabut harus mempunyai pegangan yang kokoh, kalau tidak maka relai itu harus dipasang tegak untuk mencegah terlepas karena getaran.

8.21.3.5.5 Catu daya

Kendali, alarm dan sinyal dapat menggunakan baterai tersendiri dan catu daya atau disuplai dari sistem baterai pengasut jika dirancang khusus dan diuji untuk dapat bekerja pada keadaan voltase terminal yang rendah pada pengasutan dingin. Semua baterai harus ditempatkan menjadi satu.

8.21.3.5.6 Pencegahan

Harus diusahakan agar sakelar kendali tidak mudah dicapai, dengan cara mengunci ruang, dan kuncinya disimpan dalam kotak di dekat pintunya, yang kacanya mudah dipecahkan.

8.21.3.5.7 Hubungan paralel beberapa generator

Jika diperlukan lebih dari satu generator, dianjurkan agar beban darurat dibagi dalam bagian-bagian yang terpisah sehingga generator tidak dipasang paralel. Tetapi untuk operasi yang ekonomis, dibolehkan pengaturan sakelar untuk menyatukan beban dan menghubungkan paralel beberapa generator.

8.21.3.6 Instrumen

Harus ada beberapa instrumen untuk memperlihatkan keadaan kerja penggerak utama (seperti tekanan minyak pelumas, suhu air dan atau udara pendingin), ukuran persediaan bahan bakar, jumlah jam kerja, besaran generator (termasuk frekuensi, voltase, arus sesaat dan beban maksimum yang diperkenankan untuk operasi dalam jangka waktu 15 menit), arus pengisian dan pemakaian baterai.

8.21.3.7 Penyambungan ke luar

Jika mesin dipasang dengan menggunakan dudukan fleksibel, maka seluruh penyambung ke mesin harus menggunakan perlengkapan yang fleksibel pula (termasuk sambungan pipa bahan bakar, kabel, udara buang, dan lain-lain).

8.21.3.8 Petunjuk operasi

Petunjuk operasi dengan rincian cara pemeliharaan harus dipasang dalam ruang generator dengan bingkai yang berkaca. Buku harian harus pula ada dalam ruang tersebut atau dijelaskan di dalam petunjuk pemeliharaan dan tempat penyimpanannya.

8.22 Instalasi pencahayaan darurat

8.22.1 Ruang lingkup

8.22.1.1 Ketentuan ini mengatur keperluan minimum instalasi pencahayaan darurat yang harus dipasang dalam suatu bangunan.

8.22.1.2 Maksud dari pencahayaan darurat adalah menyediakan pencahayaan yang secukupnya bila terjadi kegagalan dalam suplai listrik normal agar dalam keadaan darurat:

- a) Orang yang berada di dalam bangunan tersebut dapat dengan mudah mencari jalan keluar dalam keadaan darurat.
- b) Mencegah kepanikan.

8.22.2 Persyaratan pokok

8.22.2.1 Sumber listrik yang digunakan untuk pencahayaan darurat tidak boleh bergantung kepada suplai normal dan harus ditempatkan dalam bangunan, bersebelahan dengan bangunan, atau di dalam kompleks bangunan tersebut.

8.22.2.2 Pencahayaan yang diperlukan yang tersebut dalam 8.22.3 di bawah ini harus dapat tersedia dalam waktu 15 detik sejak matinya sumber utama dan harus bekerja secara otomatis.

CATATAN Dalam suatu bangunan, bila tenaga darurat tersedia melalui suatu generator yang dapat berjalan dan mengambil alih beban dalam waktu lebih dari 15 detik, maka diperlukan baterai atau perlengkapan lain yang dapat menyediakan pencahayaan minimum yang ditetapkan ketentuan ini.

8.22.2.3 Sepanjang tidak ditentukan lain dalam pasal ini, instalasi pencahayaan darurat harus memenuhi pula persyaratan lain yang berlaku.

8.22.3 Jenis pencahayaan

8.22.3.1 Gerbang ke luar

Pencahayaan ini terdiri atas sebuah lampu atau luminair, selain lampu tanda keluar yang disyaratkan dalam ketentuan yang berlaku, yang ditempatkan di dekat lampu tanda keluar dan dapat terlihat secara langsung atau tidak langsung dari segala tempat yang membutuhkan. Yang dimaksudkan terlihat secara tidak langsung disini adalah suatu permukaan yang faktor pemantulannya tidak kurang dari 30% yang bila diterangi oleh lampu atau luminair tersebut pencahayaannya mencapai sekurang-kurangnya satu lux.

8.22.3.2 Pencahayaan lorong ke luar

Terdiri dari pencahayaan yang menerangi lorong keluar yang berbahaya, seperti tangga dan lain-lain. Pencahayaannya harus sekurang-kurangnya 5 lux. Pada lantai di bawah lampu atau sekurang-kurangnya 1,3 lux pada tangga, bordes dan bagian-bagian lainnya.

8.22.3.3 Pencahayaan anti panik

- a) Pencahayaan pada suatu auditorium, ruang rapat dan ruang-ruang tempat pertemuan lainnya harus sekurang-kurangnya 5 lux;
- b) Letak sumber pencahayaan harus sedemikian rupa sehingga pada seluruh lantai kuat pencahayaannya tidak ada yang lebih kecil dari 1,4 lux;
- c) Pada setiap sangkar lift harus tersedia pencahayaan darurat.

CATATAN Pada setiap sangkar lift harus pula tersedia sebuah alat telepon (interkom).

8.22.4 Jenis sistem

Sistem instalasi listrik yang digunakan harus sebagai berikut :

8.22.4.1 Jenis A

Menggunakan sirkit yang terpisah; fitting lampu darurat dapat terpisah atau disatukan dengan armatur dari lampu utama.

8.22.4.2 Jenis B

Dengan sirkit biasa yang disuplai dari sumber utama dan dari sumber yang terpisah dengan peraturan pengalihan secara otomatis.

Sumber utama dapat mensuplai daya secara langsung atau melalui transformator, dan suplai darurat dapat berupa generator, baterai atau baterai dengan inverter.

8.22.4.3 Jenis C

Dengan lampu atau baterai otomatis yang masing-masing tersambung dan mendapat pengisian dari sumber utama.

8.22.5 Sistem instalasi listrik

8.22.5.1 Penampang kabel harus sedemikian rupa sehingga drop voltase antara sumber tenaga dan setiap fitting lampu sesuai dengan 2.2.3.1.

CATATAN Jika digunakan voltase ekstra rendah, diperbolehkan drop voltase 10 %.

8.22.5.2 Fiting lampu untuk lampu darurat harus berwarna merah atau diberi tanda yang jelas.

8.22.5.3 Pada gedung bertingkat, setiap lantai harus dilayani oleh satu sirkit akhir saja.

8.22.5.4 Setiap sirkit akhir harus mempunyai gawai proteksi tersendiri berupa sekering atau pemutus sirkit.

8.22.5.5 Kabel yang digunakan pada instalasi darurat mutunya harus sekurang-kurangnya sama dengan kabel instalasi yang ditentukan untuk instalasi biasa.

8.22.5.6 Perlengkapan yang menggunakan tenaga listrik kecil seperti bel, lampu sinyal, tanda KELUAR dan lain-lain, yang biasanya diperlukan bila gedung sedang digunakan,

dapat di sambungkan pada baterai darurat asalkan memenuhi syarat yang ditentukan pada 8.22.6.1.3 di bawah ini.

8.22.6 Sumber daya darurat

8.22.6.1 Baterai (dengan atau tanpa inverter)

8.22.6.1.1 Baterai dari jenis timbal harus mempunyai karakteristik kerugian yang rendah, dan dinyatakan demikian oleh pembuatnya (pabriknya)

CATATAN Baterai untuk menjalankan kendaraan tidak memenuhi ketentuan ini.

8.22.6.1.2 Baterai harus mempunyai kapasitas untuk dapat mempertahankan tingkat pencahayaan ketika pencahayaan utama padam untuk waktu sekurang-kurangnya satu jam dalam rumah sakit dan untuk waktu sekurang-kurangnya setengah jam untuk tempat lainnya.

8.22.6.1.3 Baterai harus dilengkapi dengan pengisi baterai (*battery charger*) yang mengatur muatan baterai sehingga dapat mencapai ketentuan di atas. Pengisi baterai harus dapat mengisi baterai sampai muatan 80 % dari kapasitas penuh dalam waktu 14 jam, kecuali untuk jenis C yang berupa baterai berpedagang waktu pengisian tidak boleh lebih dari 24 jam sampai muatan 80 %. Jika beban tambahan dengan arus kecil disambung ke baterai maka kekuatan arus pengisian harus disesuaikan. Harus dipasang amper-meter atau lampu indikator untuk mengetahui besarnya arus pengisian, kecuali untuk jenis C.

8.22.6.1.4 Untuk sambungan dari terminal baterai ke alat pengatur harus digunakan kabel jenis khusus. Seluruh sambungan harus disolder atau menggunakan sepatu kabel.

8.22.6.1.5 KHA kabel harus sesuai dengan ketentuan dalam Bagian 5-52 dan 7.

8.22.6.1.6 Semua lubang yang dilalui kabel harus dilengkapi dengan selongsong insulasi dan bila menerobos bangunan, kabel harus dilindungi dengan pipa bukan logam.

8.22.6.1.7 Untuk baterai yang tidak dimasukkan ke dalam kotak atau yang tidak ditempatkan dalam ruang khusus, terminal baterai harus ditutup dengan penutup dari bahan insulasi dan tahan karat.

8.22.6.1.8 Baterai dari jenis A dan B harus ditempatkan dalam kotak atau pada suatu dudukan yang tahan karat, Kotak atau dudukan dipasang di lantai atau di dinding dan harus tahan terhadap kemungkinan terjadinya gempa seperti juga dipersyaratkan bagi bangunannya.

8.22.6.1.9 Ruang sekitar baterai harus cukup sehingga seluruh keperluan pemeliharaan seperti penambahan air baterai, pemeriksaan berat jenis elektrolit dapat dilakukan dengan sebaik-baiknya.

8.22.6.1.10 Baterai harus ditaruh di tempat yang sejuk, kering dan mempunyai ventilasi cukup.

8.22.6.1.11 Harus tersedia sebuah hidrometer yang ditaruh pada suatu wadah yang tahan karat.

8.22.6.2 Persyaratan tambahan untuk inverter baterai

8.22.6.2.1 Perlengkapannya dapat terdiri pengisi baterai, baterai dan inverter. Pada waktu sumber suplai normal hilang, inverter baterai harus dapat mengatur, meneruskan pemberian suplai kepada beban dalam jangka waktu yang tersebut dalam 8.22.6.1.2

8.22.6.2.2 Variasi persentase voltase keluaran inverter tak boleh melebihi persentase variasi voltase masukan baterai.

8.22.6.2.3 Tingkat interferensi radio inverter tidak boleh lebih besar dari ketentuan yang berlaku.

8.22.6.2.4 Perlengkapan inverter harus mendapat ventilasi secukupnya.

8.22.6.2.5 Pada inverter harus mempunyai kendali, sebagai berikut ini, kecuali untuk jenis C:

- a) Sakelar yang memisahkan sistem dari baterai, dan
- b) Lampu indikator untuk memantau kerja inverter dan kerja pengisian.

8.22.6.2.6 Pada inverter harus terdapat instrumen ukur berikut ini, kecuali untuk jenis C:

- a) Voltase keluaran a.b.;
- b) Voltase baterai a.s.;
- c) Arus keluaran a.b.

8.22.6.2.7 Semua komponen harus mempunyai kemampuan yang lebih dari cukup pada kerja normal.

8.22.6.2.8 Untuk proteksi perlengkapan secara menyeluruh harus dipasang sekering yang karakteristik dan kemampuannya memadai untuk proteksi perlengkapan semikonduktor.

8.22.6.2.9 Sistem ini harus dirancang dan dibuat sedemikian rupa sehingga komponennya mudah dipelihara dan diperbaiki.

8.22.6.3 Pengasutan mesin generator secara otomatis

8.22.6.3.1 Untuk kemampuan sampai 3,5 kW atau 4 kVA, mesin penggerak utama menggunakan BB bensin atau berupa mesin diesel yang dijalankan dengan sistem pendingin. Untuk mesin yang besarnya lebih dari kemampuan tersebut mesin penggerak utamanya berupa mesin diesel. Mesin diesel yang digunakan harus memenuhi persyaratan yang berlaku.

8.22.6.3.2 Mesin harus mempunyai tangki bahan bakar yang cukup besar yang dapat beroperasi dengan beban penuh selama 4 jam. Tangki bahan bakar harus dilengkapi dengan alat duga bahan bakar. Setiap katup, selain katup untuk kebakaran, dalam perpipaan suplai bahan bakar harus terlihat jelas mulai dari titik masuk sampai ke kamar mesin dan harus jelas terlihat apakah tertutup atau terbuka. Pipa minyak harus dicegah terhadap kemungkinan masuknya lumpur dan endapan dan kemungkinan tersumbat karena kemasukan udara.

8.22.6.3.3 Harus ada sumber energi tersimpan dalam bentuk baterai, udara tekan, dan yang sejenis agar mesin dapat berputar. Energi tersimpan tersebut harus dilengkapi dengan pengukur agar memungkinkan pengecekan tingkatan muatan energinya setiap waktu. Harus ada suatu cara untuk mengembalikan muatan energinya setiap waktu 4 jam. Perlengkapan tersebut harus disambung ke suplai utama dan ke suplai generator dan harus secara otomatis berubah dari pengisian tinggi

8.22.6.3.4 Mesin harus dilengkapi dengan perlengkapan yang disyaratkan dalam 8.22.7. Perlengkapan kendali ini dapat berfungsi untuk menghentikan mesin secara otomatis secepat-cepatnya 5 menit setelah menerima sinyal bahwa sumber utama telah pulih kembali.

Mesin harus dilengkapi dengan suatu sakelar pencoba agar dimungkinkan uji menjalankan mesin. Harus pula dilengkapi dengan indikator yang berbunyi (alarm) dan tampak (lampu) bila mesin gagal diasut atau berhenti. Jika sinyal bunyi terdengar.

8.22.6.3.5 Mesin harus dilengkapi dengan perlengkapan petunjuk tekanan minyak pelumas, suhu air pendingin, pencatat jam operasi, voltmeter dan amperemeter. Jika mesin melayani juga beban tambahan yang telah disetujui selain beban pencahayaan darurat dan beban kecil lainnya yang telah disetujui, amperemeter harus dilengkapi petunjuk besarnya beban maksimum.

8.22.6.3.6 Mesin harus dibuat kokoh. Semua perlengkapan transmisi daya mekanik harus dibuat dengan kekuatan yang cukup sesuai dengan persyaratan yang berlaku. Harus ada media pendingin khusus, seperti air dan/atau udara yang menggunakan radiator, udara pendingin atau bak air untuk mendinginkan mesin. Seluruh relai listrik dan perlengkapannya kendali harus dipasang dalam kotak logam dan dilindungi terhadap debu dan uap. Harus ada pencegahan penyentuhan sakelar oleh orang yang tidak berkepentingan.

8.22.6.3.7 Mesin harus dipasang sedemikian rupa sehingga selalu terhindar dari pengaruh cuaca dan memudahkan pemeliharaan. Harus ada jarak sekurang-kurangnya 0,75 m di sekeliling mesin tersebut. PHBK tidak boleh menghalangi jalan masuk.

8.22.6.3.8 Suara bising dari pembuangan gas hasil pembakaran mesin, dan pengaruh getaran mesin, harus memenuhi persyaratan amdal yang berlaku.

8.22.6.4 Perlengkapan kendali

Seluruh gawai kendali harus dipasang dalam lemari yang kokoh.

8.22.7 Sistem kendali

8.22.7.1 Dalam hal sistem PHBK ganda dalam gedung bertingkat banyak, pencahayaan darurat harus dapat dinyalakan dengan gawai pengindra yang dipasang pada setiap sirkit cabang, dan kegagalan pada suatu sirkit cabang tidak boleh menyebabkan dalam seketika tanpa pencahayaan darurat.

CATATAN:

- a) Dalam hal sirkit radial yang sederhana dimana sirkit cabang berpangkal pada PHBK cabang yang mensuplai gedung tidak lebih dari dua lantai, sirkit cabang dapat dipantau dari ujung PHBK utama.
- b) Dalam hal gedung bertingkat lebih dari dua, yang disuplai dari saluran tegak utama, syarat pada 8.22.7.1 dapat dipenuhi dengan cara memantau saluran tegaknya sendiri
- c) Jika saluran khusus digunakan untuk lantai-lantai dari bangunan berlantai lebih dari dua, cukup memantau sirkit pada PHBK utama kemana saluran tersebut tersambung.
- d) Jika bangunan atau bagian dari bangunan bertingkat lebih dari dua disuplai oleh sirkit cabang, gawai pengindra perlu dipasang pada masing-masing PHBK utama.

8.22.7.2 Jika pencahayaan tangga disuplai dari satu sirkit, maka sirkitnya harus dikendalikan tersendiri.

CATATAN Walaupun menurut 8.22.7.1 dan 8.22.7.2 tersebut di atas, bertingkat lebih dari dua dimana tidak lebih dari dua lantai disuplai dari sirkit, tidak diperlukan pemantau tersendiri untuk pencahayaan tangga.

8.22.7.3 Ketentuan 8.22.7.1 dan 8.22.7.2 dapat dipenuhi dengan cara memasang gawai pengindra pada setiap tempat yang memerlukan untuk memantau sebagian atau seluruh sistem, atau dengan menyediakan pencahayaan darurat tersendiri pada tempat-tempat yang membutuhkan. Jika pengindra majemuk menggerakkan genset, adalah cukup untuk menghubungkan gawai pengindra tersebut pada sirkit lingkaran.

8.22.7.4 Jika daya utama untuk pencahayaan darurat berfase banyak, pencahayaan darurat itu harus dapat bekerja jika terjadi kegagalan pada fase yang manapun.

CATATAN:

- a) Perlu diketahui bahwa peringatan yang sempurna dari operasi pencahayaan darurat akan tidak berarti bila sumber daya pencahayaan darurat dalam daerah yang bersangkutan tidak berfungsi.
- b) Subayat 8.22.7.1 dan 8.22.7.2 tersebut di atas tidak mencegah perlunya pengaturan secara manual.

8.22.7.5 Jika dikehendaki, pencahayaan darurat atau bagian-bagiannya, dapat dinyalakan dari sumber utama untuk suatu bagian, asalkan pada segala kemungkinan kedudukan sakelar, ketika sedang digunakan pencahayaan normal, pencahayaan darurat akan menyala ketika terjadi kegagalan pada sumber utama. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan sakelar majemuk atau beberapa sakelar tunggal yang menjalankan beberapa kontaktor khususnya pada sistem instalasi jenis A, jenis B atau dengan menyalakan lampu pada jenis C.

8.22.7.6 Pembatasan lamanya menggunakan suplai darurat dapat dilakukan untuk suatu gangguan sumber utama selama tidak kurang dari 1 atau ½ jam sesuai dengan ketentuan 8.22.6.1.2

8.22.7.7 Papan peringatan yang menyolok harus dipasang pada atau di dekat semua sakelar suatu instalasi listrik yang menyalakan pencahayaan darurat jika sakelar tersebut dimatikan.

8.23 Instalasi listrik di dalam kamar mandi

8.23.1 Umum

Persyaratan dalam pasal ini meliputi persyaratan untuk instalasi listrik yang dipasang di dalam kamar mandi, dimana dimungkinkan terdapat bak rendam (*bath tub*), pancuran air untuk mandi dan daerah di sekelilingnya, dimana terdapat bahaya terkena kejutan listrik yang lebih tinggi disebabkan oleh turunnya resistansi tubuh manusia dan kontak tubuh dengan potensial bumi.

CATATAN Khusus untuk lokasi kamar mandi untuk pelayanan kesehatan, mungkin perlu persyaratan khusus.

8.23.2 Klasifikasi zone

Persyaratan ini didasarkan pada dimensi untuk empat zone (lihat contoh penentuan zone pada Gambar 8.23-1 dan 8.23-2).

Zone 0 merupakan bagian dalam dari bak rendam, bak mandi atau bak pancuran mandi.

Zone 1 dibatasi oleh bidang vertikal mengelilingi bak rendam dan bak pancuran air, dan untuk pancuran air tanpa bak, dan bak mandi, masing-masing merupakan bidang vertikal 0,60 m dari kepala pancuran dan dari pinggir bak mandi, dan oleh lantai serta bidang horisontal 2,25 m di atas lantai.

Zone 2 dibatasi oleh bidang vertikal di luar zone 1 dan suatu bidang vertikal yang paralel dan berjarak 0,60 m di luar Zone 2,

Zone 3 dibatasi oleh bidang vertikal di luar Zone 2 dan sebuah bidang vertikal yang paralel dan berjarak 2,40 m di luar Zone 2, dan oleh lantai serta bidang paralel 2,25 m di atas lantai.

8.23.3 Proteksi dari kejut listrik

Jika menggunakan voltase ekstra rendah (lihat 3.3.1), maka proteksi dari sentuh langsung harus dilengkapi dengan:

- a) penghalang atau selungkup dengan tingkat proteksi paling sedikit IP2X (lihat 3.4.2), atau
- b) insulasi yang mampu menahan voltase uji 500 V selama 1 menit.

8.23.4 Ikatan ekuipotensial suplemen

Ikatan ekuipotensial suplemen lokal harus menghubungkan semua bagian konduktif terbuka dalam Zone 1, 2 dan 3 dengan konduktor proteksi pada BKT yang terdapat dalam semua zone.

8.23.5 Penerapan tindakan proteksi dari kejut listrik

Dalam Zone 0, dan juga dalam kamar mandi dengan bak mandi dalam Zone 1 dan Zone 2, hanya diizinkan menerapkan proteksi dengan voltase ekstra rendah dengan voltase nominal tidak melebihi 12 V, dan sumber proteksi terpasang di luar zone tersebut.

Tindakan proteksi dengan memasang rintangan (lihat 3.4.3) dan menempatkan perlengkapan di luar jangkauan (lihat 3.4.4) tidak diizinkan.

Tindakan proteksi dengan menempatkan perlengkapan pada lokasi nonkonduktif (lihat 3.9) dan ikatan ekuipotensial bebas bumi (lihat 3.10) tidak diizinkan.

8.23.6 Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik

Perlengkapan listrik paling sedikit harus mempunyai tingkat proteksi sebagai berikut :

- Zone 0 : IPX7
- Zone 1 : IPX5
- Zone 2 : IPX4
- Zone 3 : IPX1

Khusus Zone 2 dan Zone 3 untuk kamar mandi dengan bak mandi dan yang digunakan untuk pemandian umum harus menggunakan IPX5.

8.23.7 Perkawatan

Perkawatan yang dipasang di luar atau tertanam dalam dinding kurang dari 5 cm, harus dipasang perkawatan yang sesuai tanpa menggunakan selubung logam (misalnya, dengan menggunakan pipa dari bahan insulasi).

Untuk Zone 0, 1 dan 2, perkawatan diperbolehkan hanya untuk keperluan suplai perlengkapan yang terdapat dalam zone tersebut.

Kotak sambung tidak boleh dipasang dalam Zone 0, 1 dan 2.

8.23.8 Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK)

- a) Dalam Zone 0, 1 dan 2, dan juga dalam Zone 3 kamar mandi dengan bak mandi dan pancuran, PHBK serta lengkapannya tidak boleh dipasang;
- b) Dalam Zone 3, pemasangan kotak kontak hanya diizinkan jika:
 - 1) setiap kotak kontak dilengkapi dengan transformator pemisah (lihat 3.11.2.1), atau
 - 2) disuplai dengan voltase ekstra rendah (lihat 3.3.1), atau
 - 3) diproteksi dengan GPAS dengan arus operasi sisa tidak melebihi 30 mA
- c) Setiap sakelar dan kotak kontak harus berjarak minimum 0,60 m dari lubang pintu untuk kotak pancuran air yang dirakit terlebih dahulu.

8.23.9 Perlengkapan lain yang dipasang

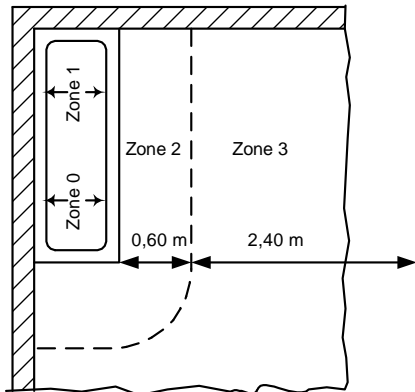
Persyaratan berikut tidak berlaku untuk alat yang disuplai dengan voltase ekstra rendah.

Dalam Zone 0, hanya diizinkan untuk menggunakan perlengkapan listrik yang khusus diperuntukkan untuk digunakan dalam bakendam.

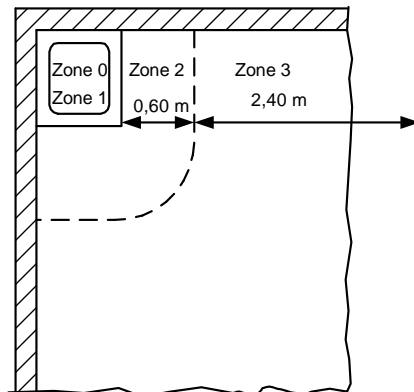
Dalam Zone 1, hanya diizinkan memasang pemanas air, kecuali dalam kamar mandi dengan bak mandi.

Dalam Zone 2, hanya diizinkan memasang pemanas air dan lampu dengan Kelas II, kecuali dalam kamar mandi dengan bak mandi.

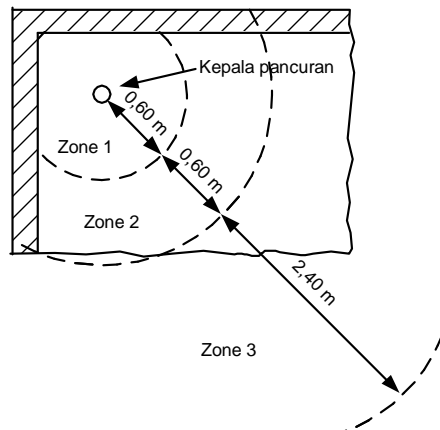
a) Bak rendam



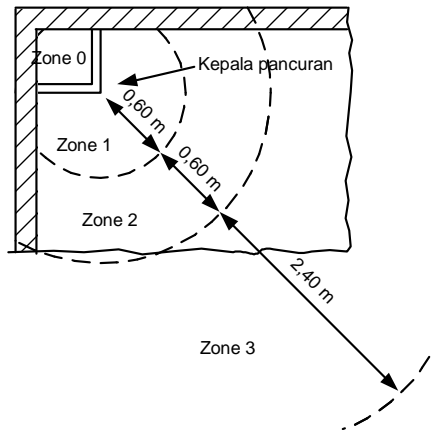
b) Bak pancuran air atau bak mandi



c) Pancuran air tanpa bak



d) Kamar mandi



Gambar 8.23-1 Klasifikasi zone dalam kamar mandi (tampak atas)

8.24 Instalasi ruang terbuka

8.24.1 Umum

8.24.1.1 Pasal ini berlaku untuk perlengkapan dan instalasi listrik yang dipasang di luar bangunan.

8.24.1.2 Perlengkapan dan instalasi listrik harus dibuat sedemikian rupa sehingga tahan terhadap pengaruh cuaca.

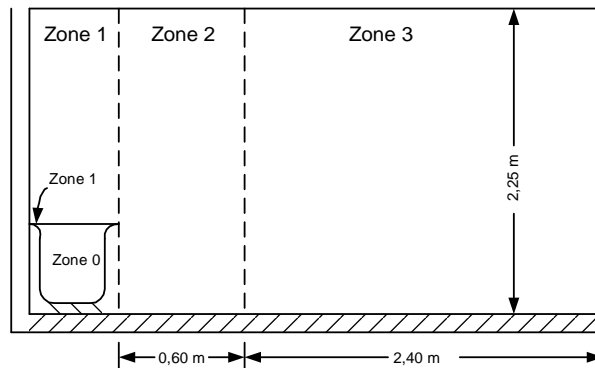
8.24.2 Konduktor

8.24.2.1 Untuk konduktor yang berbeda di udara luar berlaku 7.14, dan 9.8.

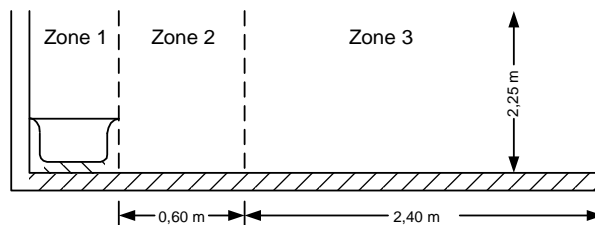
8.24.2.2 Untuk konduktor dalam tanah berlaku 7.13 dan 9.7.

8.24.2.3 Kabel yang dipasang di udara, harus digantung pada kawat penggantung atau disangga cukup kuat.

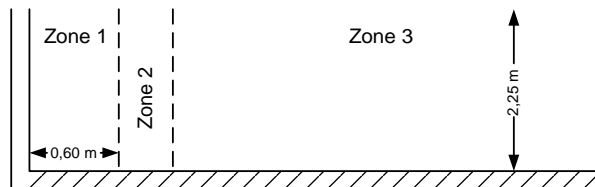
d) Bak rendam



e) Bak pancuran air atau bak mandi



f) Pancuran air tanpa bak, dengan dinding pemisah

**Gambar 8.23-2 Klasifikasi zone dalam kamar mandi (tampak samping)**

8.24.2.4 Untuk pembebanan dan proteksi konduktor berlaku 7.3 dan 7.5.

8.24.2.5 Hubungan konduktor dengan alat listrik harus dibuat sedemikian rupa sehingga masuknya air, serangga, dan debu dapat dihindarkan.

8.25 Kolam renang dan kolam lainnya

8.25.1 Umum

8.25.1.1 Ruang Lingkup

Ketentuan dalam pasal ini berlaku bagi konstruksi dan instalasi perkawatan listrik untuk perkawatan listrik perlengkapan di dalam atau di dekat kolam renang, kolam hias, kolam terapi dan sebagainya yang dipasang tetap.

8.25.1.2 Perlengkapan

Semua perlengkapan listrik, yang dipasang dalam air atau pada dinding harus dari jenis yang telah disahkan untuk tujuan penggunaannya.

8.25.1.3 Penggunaan ketentuan lain

Selain harus memenuhi ketentuan dalam pasal ini, perkawatan dan perlengkapan yang berada di dalam atau di dekat kolam renang harus pula memenuhi persyaratan lain yang tersebut dalam PUIL 2000.

8.25.2 Klasifikasi

Persyaratan instalasi listrik di dalam dan sekitar kolam renang diklasifikasikan sebagai berikut: (contoh klasifikasi : lihat Gambar 8.25-1 dan 8.25-2, 8.25-3,8.25-4)

a) Zone 0

Zone ini adalah bagian dalam dari kolam termasuk semua lekukan pada dinding dan lantai kolam dan kolam pembersih kaki dan bagian dalam dari air mancur.

b) Zone 1

Zone ini dibatasi oleh :

- 1) Zone 0;
- 2) bidang vertikal 2 m dari pinggir kolam;
- 3) lantai atau permukaan dimana manusia mungkin berada;
- 4) bidang mendatar 2,5 m di atas lantai atau permukaan.

Jika terdapat papan loncat, *block start*, dan lain sebagainya di kolam renang, maka Zone 1 dibatasi oleh:

- 1) bidang vertikal yang terletak 1,5 m disekeliling papan loncat, *block start* dan lain sebagainya;
- 2) bidang horisontal 2,5 m di atas permukaan tertinggi yang dapat ditempati oleh manusia.

c) Zone 2

Zone ini dibatasi oleh :

- 1) bidang vertikal di luar Zone 1 dan bidang paralel 1,5 m dari bidang pertama;
- 2) lantai atau permukaan dimana mungkin berada manusia dan suatu bidang rata 2,5 m di atas lantai atau permukaan.

Untuk daerah air mancur tidak terdapat Zone 2.

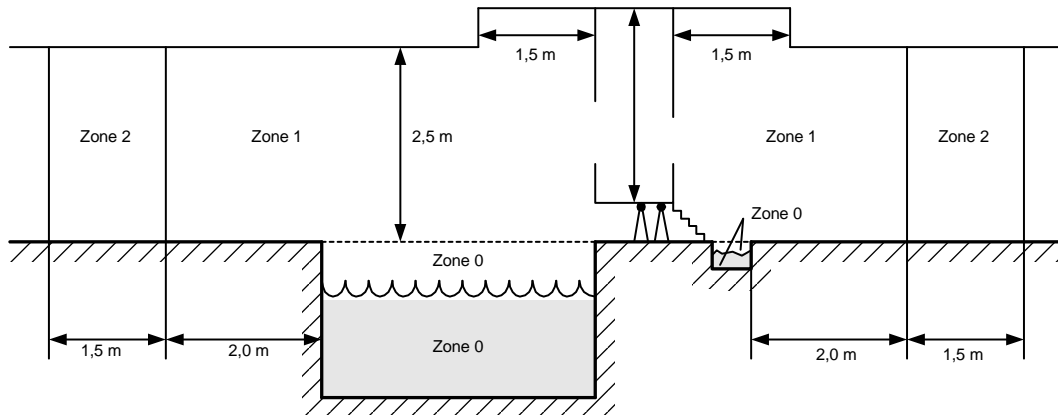
8.25.3 Proteksi untuk keselamatan

8.25.3.1 Penerapan proteksi dengan voltase ekstra rendah: SELV dan PELV (lihat 3.3.1).

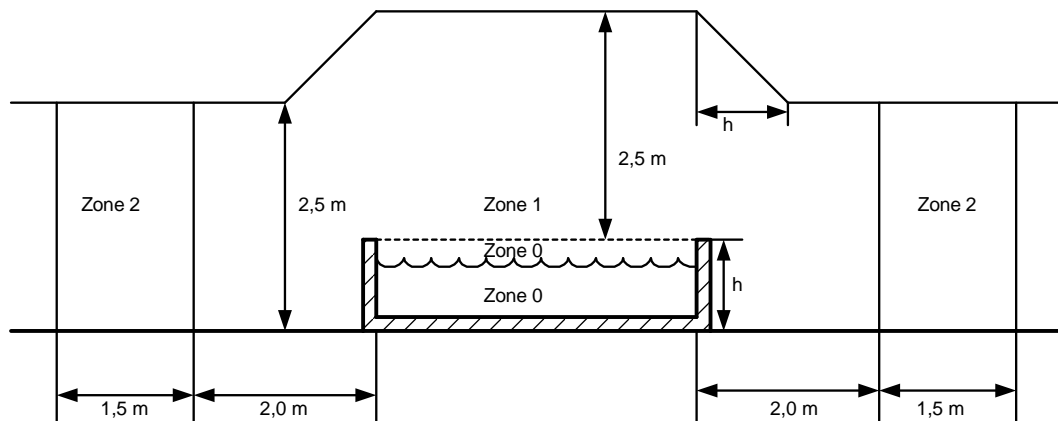
8.25.3.1.1 Persyaratan untuk sirkit tidak dibumikan (SELV)

Untuk semua voltase yang digunakan, maka proteksi dari sentuh langsung harus dilengkapi:

- a) penghalang atau selungkup yang mempunyai tingkat proteksi paling sedikit IP2X atau IPXXB, atau
- b) insulasi yang mampu menahan voltase uji 500 V a.b. selama 1 menit.



Gambar 8.25-1 Klasifikasi zone kolam renang di bawah muka tanah



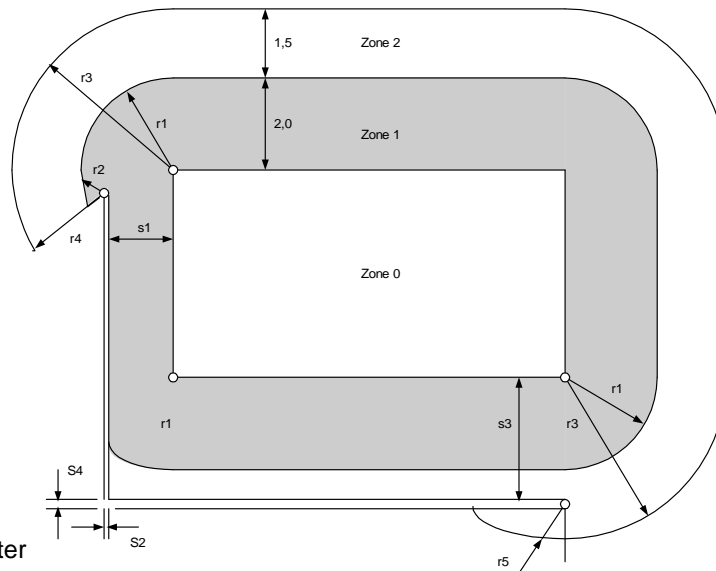
Gambar 8.25-2 Klasifikasi zone kolam renang di atas muka tanah

8.25.3.2 Proteksi dengan rintangan dan dengan penempatan di luar jangkauan tidak dapat diterapkan.

8.25.3.3 Ikatan ekuipotensial suplemen

Semua BKT dalam Zone 0,1 dan 2 harus dihubungkan dengan konduktor ikatan ekuipotensial dan dihubungkan pada konduktor proteksi dari BKT dari perlengkapan yang berada dalam zone tersebut.

8.25.3.4 Proteksi dengan lokasi nonkonduktif dan dengan ikatan ekuipotensial lokal bebas bumi tidak dapat diterapkan.



Ukuran dalam meter

$$r_1 = 2$$

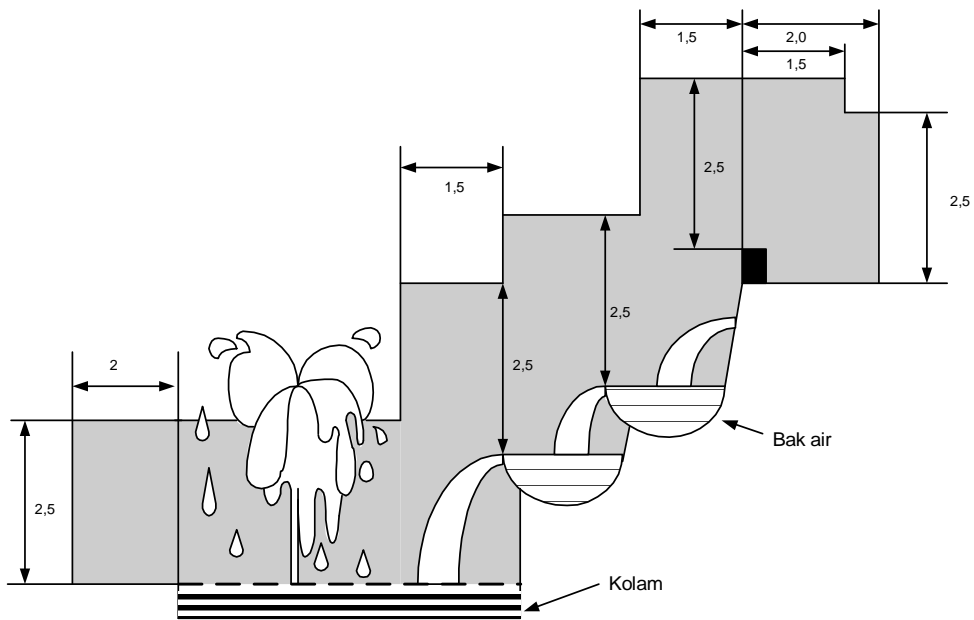
$$r_2 = r_1 - s_1 - s_2$$

$$r_3 = 3,5$$

$$r_4 = r_3 - s_1 - s_2$$

$$r_5 = r_3 - s_3 - s_4$$

Gambar 8.25-3 Contoh untuk dimensi zone dengan partisi setinggi minimum 2,5 m



Keterangan :

Ukuran dalam meter

Air dalam Zone 0

Batas Zone 0

Zone 1

Gambar 8.25-4 Contoh untuk penentuan zone pada air mancur

8.25.4 Persyaratan khusus untuk setiap zone

8.25.4.1 Umum

Selain untuk air mancur, dalam Zone 0 dan 1, hanya diizinkan menggunakan SELV yang mempunyai voltase nominal yang tidak melebihi 12 V a.b. atau 30 V a.s., dengan sumber proteksi dipasang di luar zone 0, 1 dan 2.

Perlengkapan yang hanya digunakan untuk dalam kolam bila manusia berada di luar zone 0, harus disuplai oleh sirkit yang diproteksi dengan:

- a) SELV (lihat 3.3.1), dengan sumber proteksi dipasang di luar Zone 0, 1 dan 2; atau
- b) pemutusan suplai secara otomatis (lihat 3.7), dengan menggunakan gawai proteksi arus sisa dengan arus operasi sisa pengenalan tidak lebih dari 30 mA; atau
- c) separasi listrik (lihat 3.11), sumber pemisah hanya menyuplai satu bagian atau perlengkapan yang dipasang di luar Zone 0, 1 dan 2.

Kotak kontak untuk sirkit yang menyuplai perlengkapan demikian dan gawai kendali untuk perlengkapan tersebut harus diberi tanda peringatan, agar diperingatkan, bahwa perlengkapan tersebut hanya boleh digunakan dalam keadaan kolam renang tidak terdapat manusia.

8.25.4.2 Zone 0 dan 1 untuk air mancur

Dalam Zone 0 dan 1 hanya diterapkan proteksi sebagai berikut:

- a) SELV, dengan sumber proteksi dipasang di luar Zone 0 dan 1; atau
- b) pemutusan suplai secara otomatis dengan menggunakan gawai proteksi arus operasi sisa pengenalan tidak melebihi 30 mA; atau
- c) separasi listrik, dengan sumber pemisah yang menyuplai satu bagian perlengkapan dipasang di luar Zone 0.

CATATAN Pada air mancur tidak terdapat Zone 2.

8.25.4.3 Zone 2

Harus menerapkan satu atau lebih tindakan proteksi sebagai berikut:

- a) SELV dengan sumber proteksi dipasang di luar zone 0, 1 dan 2;
- b) pemutusan suplai secara otomatis dengan menggunakan gawai proteksi arus operasi sisa pengenalan tidak melebihi 30 mA;
- c) separasi listrik, dengan sumber pemisah yang memasok setiap perlengkapan dipasang di luar zone 0,1 dan 2.

8.25.5 Pengaruh luar

Perlengkapan listrik paling sedikit harus mempunyai tingkat proteksi sebagai berikut:

- a) zone 0: IPX8
- b) zone 1: IPX5

Tetapi untuk kolam renang di dalam bangunan yang biasanya tidak dicuci dengan semburan air harus IPX4 :

SNI 0225:2011

- a) zone 2: IPX2 untuk lokasi di dalam
IPX4 untuk lokasi di luar
IPX5 untuk lokasi yang mungkin menggunakan semburan air untuk pembersihan.

CATATAN Untuk penjelasan kode IP lihat Bagian 4-41.

8.25.6 Perkawatan

8.25.6.1 Umum

Ketentuan berikut berlaku untuk sistem perkawatan di luar dan perkawatan di dalam dinding atau dalam lantai dengan kedalaman yang tidak melebihi 5 cm

Dalam Zone 0, 1 dan 2, sistem perkawatan tidak boleh menggunakan selubung logam yang dapat disentuh. Selubung logam yang di luar jangkauan harus dihubungkan pada ikatan ekuipotensial.

CATATAN Kabel sebaiknya dipasang di dalam konduit yang terbuat dari bahan insulasi.

Dalam Zone 0 dan 1, sistem perkawatan harus dibatasi hanya untuk suplai pada perlengkapan yang berada dalam zone tersebut.

Untuk air mancur, persyaratan tambahan berikut harus dipenuhi:

- a) Kabel untuk perlengkapan listrik dalam Zone 0 harus dipasang sejauh mungkin dari pinggir kolam, dan kabel yang berada di dalam kolam harus sependek mungkin. Kabel harus dipasang di dalam pipa agar mudah memasang dan/atau mengganti kabel.
- b) Dalam Zone 1 kabel harus dipasang dengan perlindungan mekanis yang memadai.

Kabel yang digunakan harus dari jenis khusus untuk keperluan tersebut.

8.25.6.2 Kotak sambung

Kotak sambung tidak boleh dipasang zone 0 dan 1, kecuali dalam zone 1, jika diizinkan untuk penggunaan sirkit SELV.

8.25.6.3 Panel hubung bagi dan panel kendali

Dalam Zone 0 dan 1 tidak boleh dipasang panel hubung bagi dan panel kendali, termasuk kotak kontak.

Untuk kolam renang kecil, dimana tidak mungkin memasang kotak kontak dan sakelar di luar Zone 1, maka kotak kontak dan sakelar sebaiknya dilengkapi dengan tutup yang bukan logam, jika dipasang di luar jangkauan tangan (1,25 m) dari batas Zone 0, dan dipasang paling 0,3 m di atas lantai, dan harus diproteksi dengan:

- a) SELV dengan voltase nominal tidak melebihi 25 V a.b atau 60 V a.s, dan sumber proteksi dipasang di luar Zone 0 dan 1; atau
- b) pemutusan suplai secara otomatis dengan menggunakan gawai proteksi arus sisa dengan arus operasi sisa pengenal tidak melebihi 30 mA; atau
- c) separasi listrik tersendiri, sumber pemisah berada di luar Zone 0 dan 1.

Dalam Zone 2, kotak kontak dan sakelar hanya diizinkan jika sirkit suplainya diproteksi dengan salah satu dari tindakan proteksi berikut:

- a) dengan SELV, dan sumber proteksi dipasang di luar Zone 0,1 dan 2;

- b) dengan pemutusan suplai secara otomatis dengan menggunakan gawai proteksi arus sisa yang arus operasi sisa pengenalnya tidak melebihi 30 mA;
- c) separasi listrik, sumber pemisah berada di luar Zone 0, 1 dan 2.

8.25.6.4 Perlengkapan lainnya

Dalam Zone 0 dan 1, hanya boleh dipasang perlengkapan yang menggunakan listrik yang dipasang permanen, yang dimaksudkan untuk digunakan di kolam renang dengan mengindahkan 8.25.6.5 dan 8.25.8.

Perlengkapan yang diperuntukkan dioperasikan hanya jika manusia berada di luar zone 0 boleh digunakan di semua zone dengan syarat sirkuitnya diamankan sesuai 8.25.1.7.

Instalasi pemanas yang ditanam dalam lantai boleh dipasang, dengan syarat:

- a) diproteksi dengan SELV, dan sumber proteksi dipasang di luar Zone 0, 1 dan 2; atau
- b) ditutup oleh grid logam tertanam yang dibumikan atau selubung logam tertanam yang dibumikan dihubungkan ke ikatan ekuipotensial suplemen dengan syarat sirkuit suplainya diberi proteksi tambahan dengan gawai proteksi arus sisa dengan arus operasi sisa pengenal tidak melebihi 30 mA

8.25.6.5 Lampu kolam renang di bawah air

Armatur lampu untuk digunakan di dalam air atau terkena air harus sesuai dengan persyaratan yang tercantum dalam IEC 60598-2-18

Lampu di bawah air yang ditempatkan di belakang lubang pada dinding kolam, dan dilayani dari sebelah belakang harus sesuai dengan persyaratan dari IEC 60598 dan harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak terjadi hubungan konduktif yang disengaja maupun tidak disengaja antara setiap BKT dari fitting lampu di dalam air dan bagian konduktif lain dari lubang lampu di dinding kolam.

8.25.7 Perlengkapan listrik untuk air mancur

Perlengkapan listrik dalam Zone 0 dan 1 harus tidak dapat dicapai, umumnya dengan penggunaan kaca bervariasi atau dengan anyaman kawat yang hanya dapat dibuka dengan menggunakan perkakas.

Armatur lampu dalam Zone 0 dan 1 harus terpasang tetap dan harus sesuai dengan IEC 60598-2-18.

Pompa listrik harus sesuai dengan persyaratan dalam IEC 60335-2-41.

8.25.8 Persyaratan khusus untuk instalasi perlengkapan listrik voltase rendah dalam Zone 1 pada kolam renang dan juga kolam lainnya.

Perlengkapan magun (pasangan tetap) yang khusus diperuntukkan untuk digunakan di kolam renang dan kolam lainnya (umpamanya kelompok penyaringan, semburan air) yang disuplai dengan voltase rendah yang bukan SELV pada voltase nominal yang tidak melebihi 12 V a.b. atau 30 V a.s. diperbolehkan dalam zone 1 dengan semua persyaratan berikut:

- a) Harus ditempatkan dalam selungkup yang ekuivalen dengan insulasi suplemen yang memberikan perlindungan terhadap benturan mekanis AG2;

- b) Perlengkapan tersebut hanya dapat dicapai melalui jendela (atau pintu) dengan sarana kunci atau perkakas. Pembukaan jendela (atau pintu) harus memutus semua konduktor yang bervoltase. Kabel suplai dan sarana pemutus utama harus dari konstruksi kelas II atau dipasang sedemikian rupa yang memberi proteksi yang ekuivalen;
- c) Bila jendela (atau pintu) dapat dibuka, maka tingkat proteksi perlengkapan harus paling sedikit IPXXB;
- d) Sirkuit suplai perlengkapan tersebut harus diproteksi dengan:
 - 1) SELV pada voltase nominal yang tidak melebihi 25 V a.b. atau 60 V a.s., dan sumber pengaman dipasang di luar Zone 0, 1 dan 2; atau
 - 2) gawai proteksi arus sisa dengan arus operasi sisa nominal tidak melebihi 30 mA; atau
 - 3) separasi listrik, dengan sumber pemisah dipasang di luar Zone 0, 1 dan 2.

Untuk kolam renang kecil dimana tidak mungkin menempatkan armatur di luar Zone 1, maka armatur dalam zone 1 diizinkan, jika dipasang di luar jangkauan tangan dari batas Zone 0 (1,25m) dan

- a) diproteksi dengan SELV, atau
- b) diproteksi dengan gawai proteksi arus sisa dengan arus operasi sisa nominal tidak melebihi 30 mA, atau
- c) diproteksi dengan separasi listrik, dan sumber pemisah dipasang di luar zone 0 dan 1.

Sebagai tambahan, armatur harus mempunyai selungkup yang memberikan insulasi kelas II atau ekuivalen dan dengan proteksi mekanis AG2.

Tabel 8.25-1 Persyaratan proteksi utama penerapan tindakan proteksi sesuai Zone

Zone ¹⁾	Tindakan proteksi			
	SELV dengan voltase maksimal ²⁾	Separasi listrik jlh bgn perlengkapan	Pemutusan suplai secara otomatis	Tingkat proteksi
Zone 0 A ²⁾	12 V a.b. atau 30 V a.s.	Tidak berlaku	Tidak berlaku	IPX8
B	50 V a.b. atau 120V a.s.	1	GPAS ≤ 30 mA	
C ²⁾	50 V a.b. atau 120 V a.s.	1	GPAS ≤ 30 mA	
Zone 1 A ²⁾	12 V a.b. atau 30 V a.s.	Tidak berlaku		IPX5/4
B	50 V a.b. atau 120 V a.s.	1	GPAS ≤ 30 mA	
E	25 V a.b. atau 60 V a.s.	1	GPAS ≤ 30 mA	
Zone 2 A	50 V a.b. atau 120 V a.s.	1	GPAS ≤ 30 mA	IPX2/4/5
B ⁴⁾	Tidak relevan	Tidak relevan	Tidak relevan	
D	50 V a.b. atau 120 V a.s.	1	GPAS ≤ 30 mA	

CATATAN :

- ¹⁾ A Umum
 - B Untuk air mancur saja
 - C Sirkuit mensuplai perlengkapan yang digunakan di dalam kolam jika manusia berada di luar zone 0
 - D Kotak kontak dan sakelar
 - E Kotak kontak dan sakelar di kolam renang kecil
 - ²⁾ Lihat juga 8.25.1.5 dan, untuk penempatan sumber proteksi : 8.25.1.7
 - ³⁾ Lihat 8.26.1.10
 - ⁴⁾ Tidak ditentukan untuk air mancur
 - ⁵⁾ Untuk armatur, dibatasi hingga 12 V a.b. dan 30 V a.s.
- GPAS = Gawai Proteksi Arus Sisa.

Tabel 8.25-2 Pemilihan dan pemasangan perlengkapan sesuai zone

	Perlengkapan Untuk Zone 0	Perlengkapan Untuk Zone 1	Perlengkapan Untuk Zone 2	Catatan
Perkawatan	Lihat 8.25.6			
Kotak sambung	Dilarang	Dilarang (lihat catatan)	Boleh	Diizinkan dalam zone 1 untuk sirkit SELV jika mungkin
Panel hubung bagi dan panel kendali (kecuali kotak kontak dan sakelar)	Dilarang	Dilarang	Boleh	
Kotak kontak dan sakelar	Dilarang	Boleh Lihat catatan	Boleh Lihat catatan	Tindakan proteksi khusus dalam Zone 2 Untuk kolam renang. Kecil dalam Zone 1: minimum 1,25 m jangkauan tangan dari Zone 0, dan minimum 0,3 m di atas lantai
Perlengkapan lain:				
a) untuk digunakan dalam kolam renang,	Boleh	Boleh	Boleh	Desain khusus
b) unit pemanas ditanam dalam lantai	Tidak relevan	Boleh	Boleh	SELV atau grid logam tertanam dibumikan
c) lampu dalam air	Boleh	Tidak berlaku	Tidak berlaku	Persyaratan khusus
d) untuk air mancur	Boleh	Boleh	Tidak ditentukan	Persyaratan khusus dalam Zone 0 dan 1
e) perlengkapan permanen dalam zone 1	Tidak berlaku	Boleh	Tidak berlaku	Persyaratan khusus. Untuk armatur lihat di bawah
f) armatur dipasang dalam zone 1	Tidak berlaku	Boleh Lihat catatan	Tidak berlaku	Persyaratan khusus
1) lihat juga Tabel 8.25.1				

8.26 Pencahayaan tanda dan pencahayaan bentuk

8.26.1 Umum

8.26.1.1 Ruang lingkup pasal ini meliputi pemasangan konduktor dan perlengkapan keperluan pencahayaan tanda dan pencahayaan bentuk.

8.26.1.2 Definisi

- a) Pencahayaan tanda ialah pencahayaan listrik yang terpasang tetap atau pasangan berpindah, yang dimaksudkan untuk memberikan keterangan atau menarik perhatian dengan menggunakan perkataan, gambar, atau tanda, seperti lampu reklame, lampu tanda nama, dan sejenisnya.
- b) Pencahayaan bentuk ialah susunan lampu pijar atau lampu tabung gas untuk menyatakan bentuk dan menarik perhatian halayak terhadap hal khusus seperti bentuk sebuah bangunan, jendela pameran dan sebagainya.

8.26.1.3 Setiap instalasi pencahayaan bentuk dan pencahayaan tanda kecuali yang dapat dipindah-pindahkan, harus dikendali dengan menggunakan sakelar atau pemutus, yang harus dapat dilayani dari luar, harus membuka semua konduktor yang tidak dibumikan, dan harus sesuai keperluan instalasi tersebut seperti tahan terhadap pengaruh cuaca dan lain-lain.

- a) Sakelar atau alat pemutus arus sebagaimana ditentukan dalam ayat ini harus tampak dari pencahayaan tanda atau pencahayaan bentuk yang dikendalikannya, atau dapat pula dipasang ditempat lain asalkan alat tersebut dapat dikunci.
- b) Sakelar alat kedip dan alat lain sejenisnya yang mengendalikan transformator harus dari jenis yang disahkan atau harus mempunyai arus nominal yang besarnya tidak boleh kurang dari dua kali arus nominal transformator. Pada instalasi arus bolak balik untuk keperluan beban induktif kecuali motor, dapat juga digunakan sakelar momen yang umum dipakai untuk itu, asalkan bebannya tidak melebihi arus nominal sakelar.

8.26.1.4 Pembumian

- a) Lampu, jalur konduktor, kotak penyambung pipa instalasi, dan rangka logam lainnya harus dibumikan sesuai ketentuan dalam Bagian 4-41, kecuali jika berinsulasi dari bumi dan dari permukaan yang dapat menghantarkan, dan tidak dapat dicapai oleh orang yang tidak berkepentingan.
- b) Bagian logam pencahayaan bentuk yang tidak bervoltase harus dihubungkan satu dengan yang lain dengan kawat konduktor dan dibumikan.
- c) Pencahayaan tanda yang dapat dipindah-pindahkan terdiri dari lampu pijar atau lampu fluoresen dengan voltase terbuka tidak boleh melebihi 50 V ke bumi, tidak perlu dibumikan.

8.26.1.5 Jumlah beban kotak kontak, lampu dan transformator yang dihubungkan pada sirkit akhir tidak boleh membebani sirkit akhir itu lebih dari 20 A.

8.26.1.6 Pemberian tanda

- a) Pencahayaan tanda harus diberi pelat nama yang mencantumkan nama pembuat, jumlah fitting lampu untuk yang menggunakan lampu pijar, serta arus beban penuh dan voltase suplai untuk lampu tabung gas. Pelat nama harus dapat terlihat dengan jelas sesudah dipasang.
- b) Transformator harus diberi pelat nama yang mencantumkan nama pembuat, dan untuk transformator lampu tabung gas harus dicantumkan pula arus nominal, voltase suplai, dan voltase menengah atau voltase tinggi pada sirkit.

8.26.1.7 Selungkup untuk pencahayaan tanda dan pencahayaan bentuk harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) Konduktor dan terminal dalam lemari atau kontak pencahayaan tanda, dan jalur konduktor pencahayaan bentuk harus tertutup kecuali konduktor suplainya.
- b) *Cut-out*, alat kedip dan alat lain sejenis harus tertutup dalam kotak logam dengan pintu yang dapat dibuka dengan mudah.
- c) Kotak atau selungkup harus cukup kuat dan kokoh.
- d) Kecuali pencahayaan tanda pasangan dalam yang dapat dipindah-pindahkan, pencahayaan tanda dan tanda pencahayaan bentuk harus dibuat dari logam atau bahan lain yang tidak mudah terbakar.

Kayu dapat digunakan untuk dekorasi luar asalkan ditempatkan pada jarak tidak kurang dari 5 cm dari fitting lampu atau bagian konduktor arus yang terdekat.

- e) Semua bagian besi dari selungkup harus digalvanisasi atau dilindungi dengan cara lain terhadap korosi.
- f) Selungkup pasangan luar harus tahan cuaca dan harus mempunyai sejumlah lubang pembuangan air yang cukup.

8.26.2 Pencahayaan tanda dan pencahayaan bentuk voltase rendah

8.26.2.1 Pemasangan konduktor

- a) Konduktor dapat dipasang sebagai instalasi terbuka pada isolator, dalam pipa logam, atau dalam jalur kabel yang terbuat dari logam.
- b) Konduktor yang digunakan harus dari jenis yang disahkan untuk pemakaian umum, dan harus dari ukuran yang cukup sesuai keperluannya.
- c) Konduktor yang dipasang dalam jalur kabel berperisai logam, atau selungkup, yang terkena pengaruh cuaca, harus dari jenis yang diperbolehkan untuk kondisi tersebut, kecuali apabila pipa konduktor atau selungkup dibuat kedap hujan dan dilengkapi dengan pembuangan air.
- d) Konduktor pada instalasi terbuka yang dipasang pada isolator harus memenuhi persyaratan untuk instalasi terbuka.

Konduktor dapat disangga langsung oleh fitting lampu apabila jarak yang satu terhadap yang lain tidak lebih dari 30 cm.

8.26.2.2 Fiting lampu harus dari jenis tanpa sakelar dan dibuat dari bahan yang sesuai dengan keperluannya. Fiting lampu ini tidak boleh digunakan untuk pencahayaan tanda pasangan luar dan pencahayaan bentuk.

8.26.3 Pencahayaan tanda dan pencahayaan bentuk voltase menengah

8.26.3.1 Pemasangan konduktor

- a) Konduktor dapat dipasang sebagai instalasi tersembunyi pada isolator, dalam pipa kaku, dalam pipa fleksibel, atau dalam pipa kedap air.
- b) Konduktor harus dari jenis yang disahkan dan harus sesuai dengan voltase instalasi.
- c) Belokan tajam pada konduktor harus dicegah.
- d) Konduktor instalasi tersembunyi pasangan dalam, yang dipasang pada isolator harus terpisah yang satu terhadap yang lain dan terhadap benda lain kecuali terhadap isolatornya. Dengan jarak tidak kurang dari 3 cm untuk voltase di atas 10.000 V, dan tidak kurang dari 2 cm untuk voltase di bawah 10.000 V.

Konduktor ini harus dipasang dalam jalur yang dilapisi dengan bahan yang tidak mudah terbakar dan digunakan khusus untuk keperluan tersebut, dengan pengecualian bahwa konduktor sirkit primer juga dapat diletakkan di dalamnya.

Isolator yang digunakan harus dari bahan yang tidak mudah terbakar dan tidak menyerap air.

- e) Apabila konduktor diselubungi dengan timbal atau selubung logam lainnya, dan permukaannya tidak boleh rusak di tempat selubung itu berakhir.
- f) Dalam jendela pameran dan tempat sejenis, konduktor yang tergantung di udara dengan bebas, dan jauh dari bahan mudah terbakar, dan tidak ada kemungkinan terkena kerusakan mekanik, tidak perlu diberi pelindung.

8.26.3.2 Transformator

- a) Voltase terbuka sirkit sekunder transformator tidak boleh melebihi 15.000 V dengan toleransi sebesar 1000 V tambahan pada pengujian.
Pada transformator yang ujungnya dibumikan, voltase terbuka sirkit sekunder tidak boleh melebihi 7.500 V dengan toleransi 500 V tambahan pada pengujian.
- b) Transformator harus dari jenis yang disahkan untuk keperluannya dan harus dibatasi daya nominalnya sebesar maksimum 4.500 VA. Transformator jenis lilitan dan inti terbuka harus dibatasi sampai 5.000 V dengan toleransi 500 V tambahan pada pengujian dan pada penggunaan dalam ruang untuk keperluan pencahayaan tanda kecil yang portabel. Transformator untuk keperluan pencahayaan bentuk tidak boleh mempunyai arus sekunder nominal yang melebihi 30 mA.
- c) Transformator yang digunakan untuk pasangan luar harus dari jenis yang tahan cuaca atau dilindungi terhadap pengaruh cuaca dengan menempatkannya tertutup dalam kotak logam pelindung tersendiri.
- d) Lilitan voltase tinggi dari transformator tidak boleh dihubungkan paralel maupun seri kecuali pada dua buah transformator yang masing-masing mempunyai satu ujung dari lilitan voltase tingginya dihubungkan dengan selungkup logamnya; dalam hal ini kedua transformator itu dapat dihubungkan seri untuk bersama-sama membentuk sebuah transformator dengan titik tengah yang dibumikan.

Hubungan pembumian tersebut harus menggunakan kawat berinsulasi dengan ukuran tidak kurang dari 2,5 mm².

Pengecualian :

Transformator untuk pencahayaan tanda kecil yang portabel pada jendela pameran dan tempat sejenis, yang dilengkapi dengan konduktor penghubung yang terpasang secara permanen pada lilitan sekunder dalam kotak transformator dan mempunyai konduktor penghubung berukuran lebih kecil dari 2,5 mm² akan tetapi tidak lebih kecil 1,5 mm² dan harus dari jenis yang disahkan untuk keperluan tersebut.

- e) Transformator harus dapat dicapai dengan mudah dan dipasang kokoh pada tempatnya.

8.26.3.3 Lampu tabung gas listrik harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) Lampu tabung gas harus dirancang sedemikian rupa sehingga tidak menyebabkan suatu voltase lebih yang kontinu pada transformator;
- b) Lampu tabung gas harus dipasang secukupnya dengan penyangga dari bahan yang tidak mudah terbakar dan tidak menyerap air;
- c) Lampu tabung gas tidak boleh menyentuh bahan yang mudah menyala dan ditempatkan sedemikian rupa sehingga tidak mungkin terkena gangguan mekanik.

Jika bekerja dengan sistem voltase yang melebihi 7.500 V tabung harus disangga oleh penyangga dari bahan yang tidak mudah terbakar, tidak menyerap dan nonkonduktif, dan harus dipertahankan hingga jarak antara tabung dan permukaan terdekat tidak kurang dari 6 mm.

8.26.3.4 Terminal dan pemegang elektrode lampu tabung gas harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) Terminal tabung harus tidak dapat dicapai oleh orang yang tidak berwenang dan harus dijauhkan dari bahan yang mudah terbakar dan logam yang dibumikan, atau harus dipasang dalam keadaan tertutup. Jika tertutup, terminal harus dipisahkan dari bagian logam yang dibumikan dan bahan yang mudah terbakar dengan pemisah dari bahan yang tidak mudah terbakar, tidak menyerap, dan nonkonduktif, yang disahkan keperluan tersebut, atau dipisahkan sejauh 4 cm dengan pemisah udara. Terminal harus bebas dari tarikan mekanik.
- b) Apabila tabung tidak berujung pada pemegang elektrode yang khusus dirancang untuk keperluan itu, maka semua bagian bervoltase dari terminal tabung dan konduktor harus disangga sedemikian rupa sehingga berjarak tidak kurang dari 4 cm antara konduktor yang satu dengan yang lainnya atau antara konduktor dan bagian logam yang dibumikan.
- c) Di tempat elektrode menembus dinding selungkup pencahayaan tanda untuk pasangan luar, atau untuk pasangan dalam yang bekerja dengan sistem voltase melebihi 7.500 V, harus digunakan pipa bushing kecuali jika disediakan pemegang elektrode. Rakitan terminal elektrode harus disangga tidak lebih dari 15 cm dari terminal elektrode.
- d) Selungkup dari bahan logam untuk elektrode harus mempunyai kekuatan yang cukup.
- e) Selungkup yang terbuat dari bahan insulasi harus tidak mudah terbakar, tidak menyerap air, dan sesuai untuk voltase sirkit.

8.26.3.5 Pintu atau tutup yang dapat terbuka, membuka atau dapat memberi kesempatan untuk mencapai bagian dalam yang tidak terinsulasi dari suatu pencahayaan tanda untuk pasangan dalam, atau dari suatu pencahayaan untuk yang sistem voltasenya melebihi 1000 V dan dipasang di tempat yang dapat dicapai oleh umum, harus dilengkapi dengan sakelar yang pada waktu pintu atau penutup dibukakan, membuka aliran primer; atau harus dilengkapi dengan sakelar yang dapat dikunci sehingga diperlukan alat khusus untuk dapat membukanya.

8.27 Fasilitas Pelayanan Kesehatan

CATATAN Untuk lengkapnya lihat IEC 60364-7-710. Bila ada ketidaksesuaian atau perbedaan, yang berlaku adalah persyaratan IEC 60364-7-710..

8.27.1 Ruang lingkup dan klasifikasi ruang

8.27.1.1 Pasal ini mengatur:

- a) Yang disebut ruang dalam pasal ini dapat terdiri atas lebih dari satu kamar, tetapi bertalian dari segi fungsinya.
- b) Ruang fasilitas pelayanan kesehatan antara lain berfungsi sebagai tempat pemeriksaan, pengamatan, pengobatan, pemulihan, perawatan, dan rehabilitasi medik, dan sebagai ruang penunjang untuk manusia dan hewan (lihat Tabel 8.27-2).

- c) Perlengkapan elektromedik ialah perlengkapan listrik beserta lengkapan dan kabel penghubungnya, yang secara langsung atau tidak langsung, digunakan untuk melayani perawatan kesehatan manusia dan hewan.

8.27.1.2 Klasifikasi ruang

Menurut jenis tindakan proteksi terhadap bahaya karena gangguan listrik, ruang fasilitas pelayanan kesehatan dibagi dalam ruang kelompok 1, kelompok 1E, dan kelompok 2E.

8.27.1.2.1 Ruang Kelompok 1

Dalam ruang ini terputusnya aliran listrik karena gangguan, tidak berbahaya, baik bagi penderita maupun bagi tenaga kerja; pemeriksaan dan pengobatan pada umumnya dapat dihentikan atau diulangi.

8.27.1.2.2 Ruang Kelompok 1E

Ruang ini menggunakan perlengkapan elektromedik yang dayanya diperoleh dari jaringan listrik umum. Jika listrik ini terputus karena gangguan, perlengkapan harus berjalan terus dengan bantuan catu daya pengganti khusus (CDPK) yang dalam tempo beberapa detik telah mengambil alih tugas jaringan listrik umum. Pemeriksaan dan pengobatan dapat terhenti beberapa detik tanpa membahayakan penderita.

8.27.1.2.3 Ruang kelompok 2E

Ruang ini juga menggunakan perlengkapan elektromedik yang dayanya diperoleh dari jaringan listrik umum. Aliran listrik dalam ruang ini tidak boleh terputus karena pemeriksaan dan pengobatan penderita harus tetap berlangsung. Jika terjadi gangguan pada jaringan listrik umum, CDPK mengambil alih tugas jaringan listrik umum tanpa aliran terputus.

Mengenai klasifikasi ruang ini lihat Tabel 8.27-1.

Tabel 8.27-1 Klasifikasi ruang medis
penggolongan jenis ruangan (kolom 2) ke kelompok (kolom 1) ditentukan oleh
jenis penggunaan secara kedokteran (kolom 3 dan 4) serta perlengkapan kedokteran.
Alat dasar itu suatu jenis ruang tertentu dapat digolongkan ke dalam lebih dari
satu kelompok.

(1)	(2)	(3)	(4)
Kelompok	Jenis ruangan sesuai Penggunaan	Jenis penggunaan secara kedokteran	Contoh
1	Ruang perawatan Ruang fisioterapi Ruang hidrotrapi Ruang pijit Ruang praktek dokter umum, hewan dan gigi Ruang radio-diagnostik dan terapi Ruang pemeriksaan endoskopi Ruang angiografi Ruang dialisa Ruang pemeriksaan intensif	Tanpa memasukkan bagian dari pesawat secara pembedahan (implantasi), bedah kecil namun tanpa tindakan terhadap organ dalam tubuh	Penggunaan pesawat listrik Kedokteran pada atau di dalam tubuh melalui lobang alamiah
	Ruang cuci bedah Ruang sterilisasi	Ruang penunjang untuk ruang bedah didalam kelompok 2E	Substerilisasi Desinfeksi
IE	Ruang praktek kedokteran umum Ruang bersalin Ruang endoskopi Ruang bedah rawat jalan Ruang pemeriksaan intensif	Dengan memasukkan bagian dari pesawat secara pembedahan, bedah kecil, juga dengan tindakan terhadap organ tubuh	Kateter dalam pembuluh darah besar, namun tidak kateter jantung
2E	Ruang persiapan bedah Ruang bedah Ruang pemulihan Ruang bedah gips Ruang bedah rawat jalan Ruang pemeriksaan intensif Ruang pengamatan intensif Ruang pengobatan intensif Ruang Kateterisasi jantung Ruang radio-diagnostik dan terapi Ruang angiografi Ruang endoskopi Ruang bersalin klinis	Dengan memasukkan bagian dari pesawat secara pembedahan, bedah besar, tindakan ke dalam jantung atau terhadap jantung yang dibebaskan, atau memperoleh fungsi vital dari pesawat listrik kedokteran	Bedah organ segala jenis, kateter dalam pembuluh darah besar, termasuk kateter

Tabel 8.27-2 Ruang Fasilitas Pelayanan Kesehatan

<p>1 Ruang periksa</p> <p>1.1 Ruang periksa biasa, adalah ruang untuk memeriksa penderita tanpa menggunakan perlengkapan elektromedik.</p> <p>1.2 Ruang periksa khusus</p> <p>a) Ruang periksa endoskopi adalah ruang tempat alat endoskopi digunakan untuk memeriksa di dalam tubuh, baik melalui lubang alaminya maupun buatan pada tubuh termasuk didalamnya antara lain:laryngoskopi, bronkhoskopi, esofagoskopi, gastroskopi, sistoskopi, kalposkopi, funduskopi (mata) dan laparoskopi.</p> <p>b) Ruang radiologi diagnostik adalah ruang tempat digunakannya sinar pengion (baik yang dibangkitkan oleh generator atau sinar dari radio-isotop) untuk menggambarkan bagian-bagian dalam dari tubuh, baik secara anatomis maupun fungsional.</p> <p>CATATAN Termasuk di dalam jenis ini semua pemeriksaan dengan foto rontgen polos (tanpa kontras) dan pemeriksaan radiologis dengan kontras seperti urografi, pemeriksaan organ pencernaan, bronkografi, scientigrifi organ-organ tubuh.</p> <p>c) Ruang periksa <i>electroencephalography</i> (EEG).</p> <p>d) Ruang periksa <i>electrocardiography</i> (ECG).</p> <p>e) Ruang kateterisasi jantung, adalah ruang tempat pemeriksaan dilakukan dengan memasukkan kateter besaran vital.</p> <p>Termasuk juga pengambilan contoh darah, langsung dari jantung serta pemasukan bahan kontras ke dalam jantung.</p> <p>2 Ruang pengamatan</p> <p>2.1 Ruang pengamatan biasa, adalah ruang untuk pengamatan sebelum tindakan operasi atau tindakan yang menggunakan anestesia.</p> <p>2.2 Ruang pengamatan khusus, adalah ruang pengamatan intensif tempat beberapa pesawat pengukuran elektromedik seperti EEG, ECG, secara serentak dihubungkan pada penderita atau dimana sebuah kateter atau transduser pengukur pesawat dimasukkan ke dalam tubuh.</p> <p>3 Ruang pengobatan</p> <p>3.1 Ruang pengobatan biasa, adalah ruang tempat dilakukannya medika mentosa.</p> <p>3.2 Ruang pengobatan khusus/tindakan :</p> <p>1) Ruang bedah adalah ruang tempat tindak pembedahan dilakukan sesuai dengan jenis serta tingkat tindakan pembedahan, dilakukan analgesia atau anestesia, tersedia pula pesawat untuk pengamatan dan resusitasi, pesawat rontgen dan gawai kedokteran lainnya antara lain: <i>cauter</i>, laser;</p> <p>2) Ruang bedah gips adalah ruang tempat pembalutan gips dilakukan dengan anestesi;</p> <p>3) Ruang bedah rawat jalan adalah ruang tempat tindak pembedahan kecil dilakukan, bila perlu dengan pemakaian perlengkapan elektromedik;</p> <p>4) Ruang bersalin, adalah ruang yang menurut ketentuan digunakan untuk persalinan;</p> <p>5) Ruang dialisa, adalah ruang tempat penderita mengalami pencucian darah;</p>
--

Tabel 8.27-2 (lanjutan)

<p>6) Ruang radiasi internal, adalah ruang tempat penderita mendapat radiasi berada di dalam tubuh penderita. Termasuk dalam pengertian ruang aplikasi manual dan <i>remote after loading</i>;</p> <p>7) Ruang radiasi eksterna, adalah ruang tempat penderita mendapat radiasi yang dibangkitkan generator maupun berasal dari radioisotop, seperti : <i>telecobalt</i>.</p> <p>4 Ruang pemulihan</p> <p>Adalah ruang untuk pemulihan penderita setelah tindakan anestesia umum digunakan dan efek anestesia menurun di bawah pengawasan.</p> <p>5 Ruang rawat</p> <p>5.1 Ruang rawat biasa adalah ruang tempat penderita dirawat secara biasa.</p> <p>5.2 Ruang rawat khusus, adalah ruang tempat penderita dirawat secara khusus.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ruang rawat pasien bedah; 2) ruang rawat intensif (ICU), adalah ruang tempat pengamatan dan pengobatan intensif dilakukan dan penderita dengan waktu yang panjang dihubungkan dengan pesawat elektromedik untuk pengamatan dan bila perlu juga perangsang kegiatan tubuh; 3) ruang rawat intensif koroner (ICCU) pada dasarnya sama dengan butir 2), tetapi khusus untuk penderita jantung; 4) ruang rawat pengobatan radiasi interna, adalah ruang tempat penderita dengan pengobatan bahan radioisotop di dalam badannya; 5) ruang rawat khusus bayi. <p>6 Ruang rehabilitasi medik</p> <p>Adalah ruang tempat dilakukan usaha rehabilitasi medik.</p> <p>6.1 Ruang hidroterapi, adalah ruang tempat penderita mendapat secara hidrotrapi</p> <p>6.2 Ruang fisioterapi, adalah ruang tempat penderita mengalami pengobatan secara fisioterapi termasuk pijat.</p> <p>7 Ruang penunjang</p> <p>Ruang penunjang, adalah ruang yang tidak termasuk dalam ruang yang tersebut pada butir 1 sampai dengan 6, seperti : laboratorium, farmasi, cuci, dapur, sterilisasi, dan sebagainya.</p>
--

8.27.2 Cara perkawatan dan perlengkapan

8.27.2.1 Perlengkapan listrik, termasuk perlengkapan elektromedik atau yang digunakan dalam ruang fasilitas pelayanan kesehatan, harus memenuhi syarat dalam beberapa subayat di bawah ini.

8.27.2.2 Perlengkapan yang harus dihubungkan secara khusus hanya boleh dipasang jika semua prasarannya telah disiapkan. Syarat khusus untuk itu tercantum dalam rincian teknis dan gambar instalasi yang disediakan oleh pabrik.

8.27.2.3 Perlengkapan dalam ruang fasilitas pelayanan kesehatan harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak dipengaruhi oleh perlengkapan non medik (misalnya komputer, pemancar, dan pesawat panggil) yang secara fungsi berhubungan, atau memperoleh listrik dari konduktor yang sama tetapi terdapat di luar ruang tersebut.

8.27.2.4 Bila voltase, arus, atau frekuensi yang digunakan berbeda-beda, kontak tusuk yang digunakan harus tidak dapat dipertukarkan.

8.27.2.5 Dalam ruang kelompok 2E dan di atas plafonnya hanya boleh dipasang konduktor untuk perlengkapan dalam ruang itu saja.

8.27.2.6 Hanya inti dari sirkit utama yang boleh dipasangkan pada kabel berinti banyak, atau dalam satu pipa untuk kabel berinti tunggal. Berbagai sirkit bantu hanya boleh dipasangkan pada sirkit utamanya dalam satu jalur konduktor (misalnya pipa), jika semuanya terhubung pada satu perlengkapan dan disuplai dari sumber yang sama.

8.27.2.7 Pada setiap sirkit dalam ruang pelayanan kesehatan, yang menggunakan gawai proteksi arus sisa yang memenuhi 8.27.3.6, harus dipasang satu konduktor proteksi. Hal yang sama bagi sirkit arus fase tiga yang betul-betul simetris.

CATATAN Pencegah gangguan frekuensi sering kali dipasang antara konduktor netral dan konduktor fase, supaya arus sisa yang melalui konduktor proteksi tidak menjadi lebih tinggi dari yang dibolehkan.

8.27.2.8 Kabel yang dicabangkan tidak boleh dipasang dalam ruang Kelompok 2E

a) PHBK harus dipasang di luar ruang pelayanan kesehatan dan harus mudah dicapai.

CATATAN Kotak hubung dan terminal yang menjadi satu dengan perlengkapan (misalnya pipa pesawat sinar X), tidak termasuk PHBK seperti yang dimaksud di sini.

b) Tiap ruang pelayanan kesehatan dan ruang bukan pelayanan kesehatan harus mempunyai PHBK tersendiri (lihat butir 3)).

1) PHBK untuk ruang kelompok 2E harus langsung dihubungkan ke PHBK utama bangunan. Bila instalasi diperluas, PHBK tersebut boleh dihubungkan ke PHBK cabang yang digunakan untuk ruang kelompok ini.

2) Daya untuk PHBK ruang Kelompok 1 dan 1E boleh disalurkan ke PHBK cabang yang digunakan untuk ruang bukan pelayanan kesehatan.

Dalam hal ini harus dipasang konduktor proteksi tersendiri pada konduktor yang menyalurkan daya pada PHBK cabang.

c) PHBK untuk ruang pelayanan kesehatan dan ruang bukan pelayanan kesehatan boleh berada dalam satu lemari, jika ketentuan tersebut di bawah ini dipenuhi :

1) PHBK untuk kedua ruang itu dipisahkan oleh dinding dan mempunyai tutup masing-masing;

- 2) PHBK berinsulasi pengaman. Lemari terbuat dari bahan konduktor, hanya diizinkan jika konduktor proteksi dipasang juga pada konduktor yang menyalurkan daya ke PHBK ruang bukan pelayanan kesehatan.
- d) Bagian PHBK yang terhubung pada aparat catu daya pengganti dan segala konduktornya dipisahkan oleh dinding dengan tutup tersendiri.
- e) Pengujian insulasi untuk tiap sirkit harus dapat dilaksanakan tanpa membuka terminal konduktor netral, misalnya dengan memasang terminal pemisah pada PHBK tersebut.
- f) Penampang rel konduktor proteksi harus sama dengan penampang rel konduktor fase, tetapi sekurang-kurangnya $16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$.

8.27.3 Tindakan proteksi

Untuk menghindari bahaya sentuh tak langsung harus dilakukan dengan cara yang cocok tiap kelompok ruang pelayanan kesehatan. Ruang yang pada saat yang sama, atau untuk sementara, dapat digolongkan dalam berbagai kelompok, izin proteksinya hanya diberikan untuk satu kelompok saja.

8.27.3.1 Tindakan proteksi berlaku bagi semua perlengkapan yang bervoltase di atas 25 V antar fase atau antara fase dan bumi.

8.27.3.2 Cara proteksi tersebut dalam Bagian 4-41 harus dipilih yang cocok dengan ruang, ditambah syarat untuk tiap kelompok sebagai berikut :

- a) Jenis proteksi yang diizinkan untuk ruang Kelompok 1 dan 1E ialah :
 - 1) insulasi proteksi (lihat 3.8 dan 3.9) dengan memperhatikan 8.27.3.3;
 - 2) voltase ekstra rendah (lihat 3.3.1) dengan memperhatikan 8.27.3.4;
 - 3) sistem IT dengan memperhatikan 8.27.3.5;
 - 4) gawai proteksi arus sisa dengan memperhatikan 8.27.3.6.
- b) Macam proteksi yang diperkenankan untuk ruang Kelompok 2E ialah :
 - 1) insulasi proteksi (lihat 3.8 dan 3.9) dengan memperhatikan 8.27.3.3;
 - 2) voltase ekstra rendah proteksi (lihat 3.3.1) dengan memperhatikan 8.27.3.4;
 - 3) sistem IT dengan memperhatikan 8.27.3.5, untuk aparat penyambung dan kontak tusuk melebihi 25 V;
 - 4) gawai proteksi arus sisa dengan memperhatikan 8.27.3.6 untuk :
 - (a) peranti dengan daya sambung lebih dari 5 kVA, jika terputusnya aliran listrik karena hubungan bumi pertama tidak menimbulkan bahaya, baik bagi penderita maupun bagi operator;
 - (b) pesawat rontgen, walaupun dengan daya lebih kecil dari 5 kVA;
 - (c) perlengkapan listrik lain dengan sambungan magun dan tidak digunakan untuk pelayanan medik;
 - (d) pencahayaan umum ruang.

8.27.3.3 Insulasi di tempat kaki berpijak saja tidak diizinkan sebagai insulasi proteksi (lokasi nonkonduktif).

8.27.3.4 Voltase nominal dari voltase rendah proteksi tidak boleh melebihi 25 V.

8.27.3.5 Sistem IT (lihat 3.14)

Untuk sistem IT harus diperhatikan hal-hal berikut :

- a) Harus menggunakan transformator pasangan tetap yang dipasang di luar ruang fasilitas pelayanan kesehatan.
- b) Setiap ruang atau setiap kumpulan ruang Kelompok 2E beserta semua ruang yang bersebelahan tetapi berfungsi sebagai bagian dari ruang Kelompok 2E harus tersedia paling sedikit satu transformator. Lebih dari satu transformator dapat dihubungkan paralel jika semuanya melayani satu ruang atau kumpulan ruang.
- c)
 - 1) Mengingat syarat yang ketat bagi keandalan catu daya listrik, maka gawai proteksi transformator tersebut pada butir b) harus sedemikian rupa sehingga pada hubung bumi pertama aliran listrik tidak terputus (misalnya transformator ditempatkan di atas insulasi)
 - 2) Setiap ruang yang termasuk Kelompok 2E harus disediakan paling sedikit 2 (dua) buah kotak kontak. Khusus dalam ruang operasi harus disediakan paling sedikit 5 buah kotak kontak yang tersambung pada sekurang-kurangnya tiga sirkit akhir (jika mungkin tiga fase yang berlainan) dan dipasang paling sedikit 1,25 m dari lantai.
- d) Sebagai proteksi hubung pendek dan beban lebih dari sirkit beban hanya boleh digunakan pemutus sirkit arus lebih. Pemutus sirkit ini harus bekerja secara selektif dengan gawai proteksi yang dipasang di depannya.
- e) Transformator tersebut di atas harus mempunyai kumparan yang terpisah, dan berinsulasi ganda yang diperkuat. Beberapa syarat tambahan :
 - 1) Voltase nominal pada sisi sekunder tidak boleh lebih dari 230 V; hal itu berlaku juga untuk voltase antara fase pada voltase fase tiga.
 - 2) Transformator harus dilengkapi dengan pelindung statis antara lilitan primer dan lilitan sekunder. Pelindung ini harus dapat disambungkan pada ekuipotensial khusus atau konduktor proteksi dengan konduktor berinsulasi.

CATATAN Mengingat pemakaian, pengaruh kegagalan listrik, dan arus bocor maka

- a) daya pengenal transformator harus antara 3,15 kVA, dan 8 kVA;
 - b) gawai proteksi insulasi harus dipasang secara sistematis.
- f) Setiap sistem IT harus dilengkapi dengan gawai monitor insulasi yang memenuhi syarat berikut:
- 1) Impedans arus bolak-balik (Z_i) dari monitor tersebut paling sedikit 100 k Ω . Voltase ukurnya harus 24 V a.s.; arus ukur tidak boleh melebihi 1 mA, juga pada keadaan hubung pendek ke bumi yang sempurna dari salah satu fase.
 - 2) Harus ada isyarat bila resistans insulasi turun sampai 50 k Ω .
 - 3) Setiap ruang atau kumpulan ruang, di tempat yang mudah terlihat atau terdengar, harus dipasang aparat pemberi isyarat dan dalam ruang itu harus selalu ada petugas.
- Aparat pemberi isyarat tersebut berupa:
- (a) lampu berwarna hijau yang menyala sebagai isyarat bahwa aparat pemberi isyarat sedang digunakan;

- (b) lampu berwarna kuning yang menyala jika nilai insulasi berada di bawah nilai yang sudah ditentukan. Lampu ini tidak dapat dipadamkan atau dinyalakan lewat sakelar.
 - (c) isyarat bunyi dipasang paralel dengan lampu berwarna kuning yang dapat dihentikan, tetapi tidak dapat diputuskan.
 - (d) tombol tekan untuk uji coba.
- 4) Untuk setiap konduktor proteksi harus dipasang sebuah resistans coba 42 kΩ melalui tombol tekan untuk uji coba sesuai dengan butir 3) antara konduktor fase dan konduktor proteksi.

8.27.3.6 Gawai Proteksi Arus Sisa (GPAS)

- a) Resistans pembumian R_E haruslah :

$$R_E \leq \frac{25}{I_{\Delta N}}$$

dengan :

$I_{\Delta N}$ = arus operasi sisa pengenal yang mentriapkan (membangunkan) GPAS.

- b) GPAS harus mempunyai proteksi arus operasi sisa pengenal tidak lebih dari 30 mA.

8.27.3.7 Konduktor proteksi

8.27.3.7.1 Konduktor proteksi di PHBK

8.27.3.7.1.1 Untuk setiap sirkit beban harus dipasang satu konduktor proteksi tersendiri, mulai dari PHBK utama bangunan atau sambungan rumah. Untuk ruang praktek dokter dari ruang Kelompok 1, konduktor proteksi ini dipasang mulai dari PHBK cabang untuk ruang praktek dokter tersebut.

Bila menggunakan sistem TN, konduktor proteksi dan konduktor fase harus berada dalam satu pipa atau merupakan salah satu konduktor dari kabel berinti banyak.

8.27.3.7.1.2 Penampang konduktor proteksi harus sekurang-kurangnya sesuai dengan Tabel 3.16-1.

8.27.3.7.2 Konduktor proteksi pada sirkit beban

8.27.3.7.2.1 Tidak diizinkan menggunakan sebuah konduktor bersama untuk lebih dari satu sirkit beban, kecuali bila digunakan konduktor bersama menurut catatan 8.27.3.7.2.2 butir b) di bawah ini. Kontak proteksi dari kotak kontak yang berdekatan dari berbagai sirkit beban boleh dihubungkan yang satu dengan yang lain. Pada unit instalasi yang sudah berupa barang jadi dari pabrik (seperti rel untuk pencahayaan), konduktor proteksi, dan ekuipotensial yang sudah terpasang pada perlengkapan pakai dapat dihubungkan melalui rel yang disambungkan dengan konduktor berpenampang paling sedikit 16 mm² Cu, kepada rel konduktor proteksi dari PHBK yang bersangkutan atau rel ekuipotensial sesuai 8.27.3.8.2.1.

8.27.3.7.2.2 Resistans antara rel konduktor proteksi yang terakhir dengan kontak proteksi dari kotak kontak atau dengan kontak konduktor proteksi pada perlengkapan pakai, tidak boleh lebih dari 0,2 Ω untuk ruang Kelompok 2E.

CATATAN Dengan memperhitungkan resistans kontak, syarat ini berarti, bahwa untuk penampang minimum $2,5 \text{ mm}^2$ Cu, panjangnya hanya maksimum 20 m; keterbatasan itu dapat di atasi, dengan cara:

- 1) memperbanyak PHBK cabang; atau
- 2) memasang sejumlah rel konduktor proteksi yang saling dihubungkan dengan penampang minimum 16 mm^2 Cu dan tersambung terus sampai dengan PHBK.

8.27.3.7.3 Dalam PHBK dan pada rel konduktor proteksi, setiap konduktor proteksi harus diberi tanda yang jelas sesuai dengan gambar instalasi.

8.27.3.7.4 Konduktor proteksi harus ditandai sesuai dengan 3.6.2.2 dan berinsulasi untuk voltase nominal 500 V.

8.27.3.8 Ekuipotensial khusus

Dalam ruang fasilitas pelayanan kesehatan harus terpasang ekuipotensial. Semua bagian yang bersifat konduktor harus dihubungkan ke ekuipotensial itu jika resistansnya terhadap konduktor proteksi lebih kecil dari $7 \text{ k}\Omega$. Selain itu dalam ruang Kelompok 2E, semua bagian yang bersifat konduktor di dalam daerah 2,5 m dari tempat penderita harus dihubungkan ke ekuipotensial jika resistansnya terhadap konduktor proteksi lebih kecil dari $2,4 \text{ k}\Omega$. Pengujian dilakukan dengan voltase searah paling sedikit 100 V. Syarat ini tidak berlaku untuk bagian konduktif yang diinsulasi sehingga sentuhan tidak langsung dapat dihindarkan.

8.27.3.8.1 Barang berikut harus selalu dihubungkan dengan konduktor ekuipotensial khusus:

- a) semua pipa logam;
- b) pelindung terhadap medan listrik yang mengganggu dan lantai yang bersifat konduktor;
- c) rel penahan perlengkapan dan sistem kanal;
- d) BKT perlengkapan magun berinsulasi proteksi yang mungkin tersentuh, dan BKT perlengkapan dengan voltase ekstra rendah;
- e) perlengkapan yang bersifat konduktor yang mungkin tersentuh atau biasa disentuh (misalnya meja operasi, pipa gas, bak mandi kecuali bak untuk elektrolisis).

8.27.3.8.2 Konduktor ekuipotensial dan rel ekuipotensial

8.27.3.8.2.1 Konduktor ekuipotensial yang disebut dalam 8.27.3.8.1 harus dihubungkan pada rel ekuipotensial.

Rel konduktor proteksi tersebut dalam 8.27.3.7 dan rel ekuipotensial harus berada dalam satu kotak.

8.27.3.8.2.2 Kedua rel di atas harus dihubungkan ke konduktor yang berpenampang minimum 16 mm^2 Cu, dan harus dapat dilepas.

8.27.3.8.2.3 Konduktor ekuipotensial dengan penampang minimum 4 mm^2 Cu harus berinsulasi untuk voltase nominal minimum 500 V dan diberi warna loreng hijau-kuning (lihat 3.3.2.2).

8.27.3.8.2.4 Antar rel ekuipotensial dari ruang atau kelompok ruang yang dilengkapi aparat ukur atau aparat pengamat yang sama fungsinya (misalnya perlengkapan untuk fungsi voltase aksi organ tubuh), harus dipasang konduktor ekuipotensial khusus dengan penampang minimum 16 mm^2 Cu.

8.27.3.8.2.5 Pada rel ekuipotensial harus tersambung konduktor ekuipotensial secara teratur dan jelas, mudah dilepas dan disambungkan, ditandai dengan jelas dan permanen menurut fungsinya.

8.27.3.8.2.6 Bagian konduktif yang termasuk dalam ekuipotensial yang sama, semuanya harus secara langsung tersambung ke rel ekuipotensial.
Bagian konduktif, seperti pipa gas dalam satu ruang boleh disambungkan ke rel ekuipotensial.

8.27.3.8.2.7 Dalam ruang Kelompok 2E harus disediakan alat penghubung satu kutub yang sudah diamankan terhadap kemungkinan terlepas tanpa sengaja, untuk memungkinkan penyambungan konduktor ekuipotensial bagi perlengkapan pemasangan tidak tetap yang digunakan dalam ruang itu.

CATATAN Dianjurkan agar alat penghubung ini disediakan juga dalam ruang pelayanan kesehatan lainnya.

8.27.3.8.2.8 Untuk ruang Kelompok 2E berlaku juga hal berikut :

Resistans antara rel ekuipotensial di satu pihak, dan semua bagian yang terhubung pada ekuipotensial itu termasuk juga alat penghubungnya dipihak lain, tidak boleh lebih dari $0,2 \Omega$. Antara rel ekuipotensial disatu pihak dan perlengkapan atau bagiannya yang terpasang magun dan terhubung pada konduktor proteksi atau konduktor ekuipotensial dipihak lain, dalam jarak 2,5 m dari tempat penderita, tidak boleh ada voltase lebih besar dari 10 mV dalam keadaan gangguan.

CATATAN Bila setelah dilakukan tindakan penyamaan voltase dan dalam keadaan tanpa gangguan, pada BKT yang menuju ke daerah aman yang masih terdapat voltase 10 mV, maka harus:

- a) dipasang sekat insulasi;
- b) dilapisi atau diselubungi dengan insulasi.

CONTOH :

Sebagai contoh pelaksanaan ekuipotensial dengan rel penyama voltase lihat Gambar 8.27-1 dan 8.27-2.

8.27.4 Tindakan proteksi terhadap bahaya ledakan dan kebakaran

8.27.4.1 Proteksi terhadap ledakan

8.27.4.1.1 Di dalam daerah bahaya ledakan, ruang fasilitas pelayanan kesehatan, hanya boleh dipasang perlengkapan berikut :

- a) Perlengkapan elektromedik jenis pelaksanaan 'AP-G' dan 'AP-M' (perlengkapan dengan uji anastesi);
- b) (dalam Zone M) juga perlengkapan listrik lainnya yang pelaksanaannya sesuai dengan 8.5

CATATAN Yang dimaksud dengan daerah bahaya ledakan ialah:

Zone G, juga disebut sistem gas medis tertutup, mencakup seluruh rongga (tidak selalu harus tertutup) yang secara terus menerus ataupun tidak, membuat, menggunakan, dan dialiri campuran gas yang mudah meledak dalam jumlah sedikit (tidak termasuk udara yang mudah meledak).

Zone M, juga disebut daerah sekitar kegiatan medis, mencakup bagian dari ruang tempat udara yang mudah meledak dapat terbentuk sebagai akibat penggunaan bahan analgetik pembersih kulit, atau disinfektan dalam jumlah sedikit dan dalam waktu yang singkat.

8.27.4.1.2 Bila dalam hal luar biasa di ruang fasilitas pelayanan kesehatan sesuai dengan fungsinya dapat timbul zone bahaya ledakan yang lain dari zone G dan M, di zone tersebut berlaku ketentuan dalam 8.5.

8.27.4.1.3 Perlengkapan listrik yang dapat menimbulkan percikan api, baik dalam keadaan biasa maupun saat ada gangguan, harus sekurang-kurangnya berada 20 cm dari tempat gas keluar (misal, gas anastesi) dan tidak boleh berada pada arah arus gas.

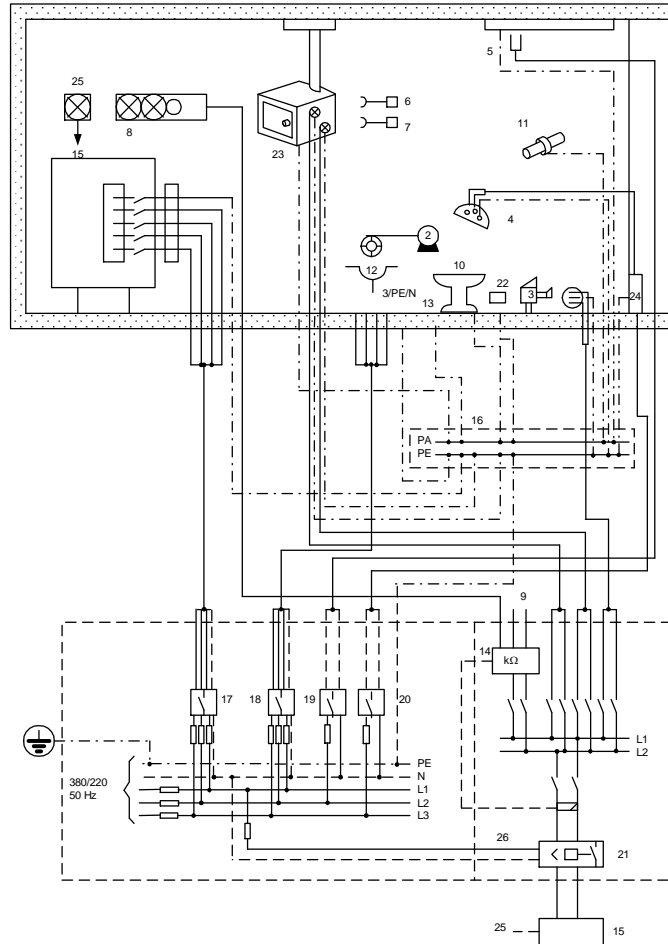
8.27.4.2 Proteksi dari kebakaran

Bila bagian perlengkapan mencakup pipa yang berisi gas yang memudahkan terjadinya kebakaran, misalnya zat asam atau gas gelak (N_2O), untuk bagian ini berlaku hal berikut :

- a) Tempat ke luar gas harus berjarak minimum 20 cm dari bagian perlengkapan listrik yang dapat menimbulkan percikan api yang dapat menyulut gas, baik dalam keadaan biasa maupun bila ada gangguan.

Perlengkapan listrik tadi tidak boleh ditempatkan pada arah gas mengalir.

- b) Bila konduktor listrik dan pipa untuk gas yang memudahkan terjadinya kebakaran dipasang bersama-sama dalam satu jalur, pipa, atau kotak, maka konduktor listrik harus minimum memenuhi syarat untuk jenis NYM.
Untuk kabel telepon hanya diperlukan tindakan pencegahan, bila hasil perkalian dari voltase tanpa beban dan arus hubung pendek melebihi 10 VA.



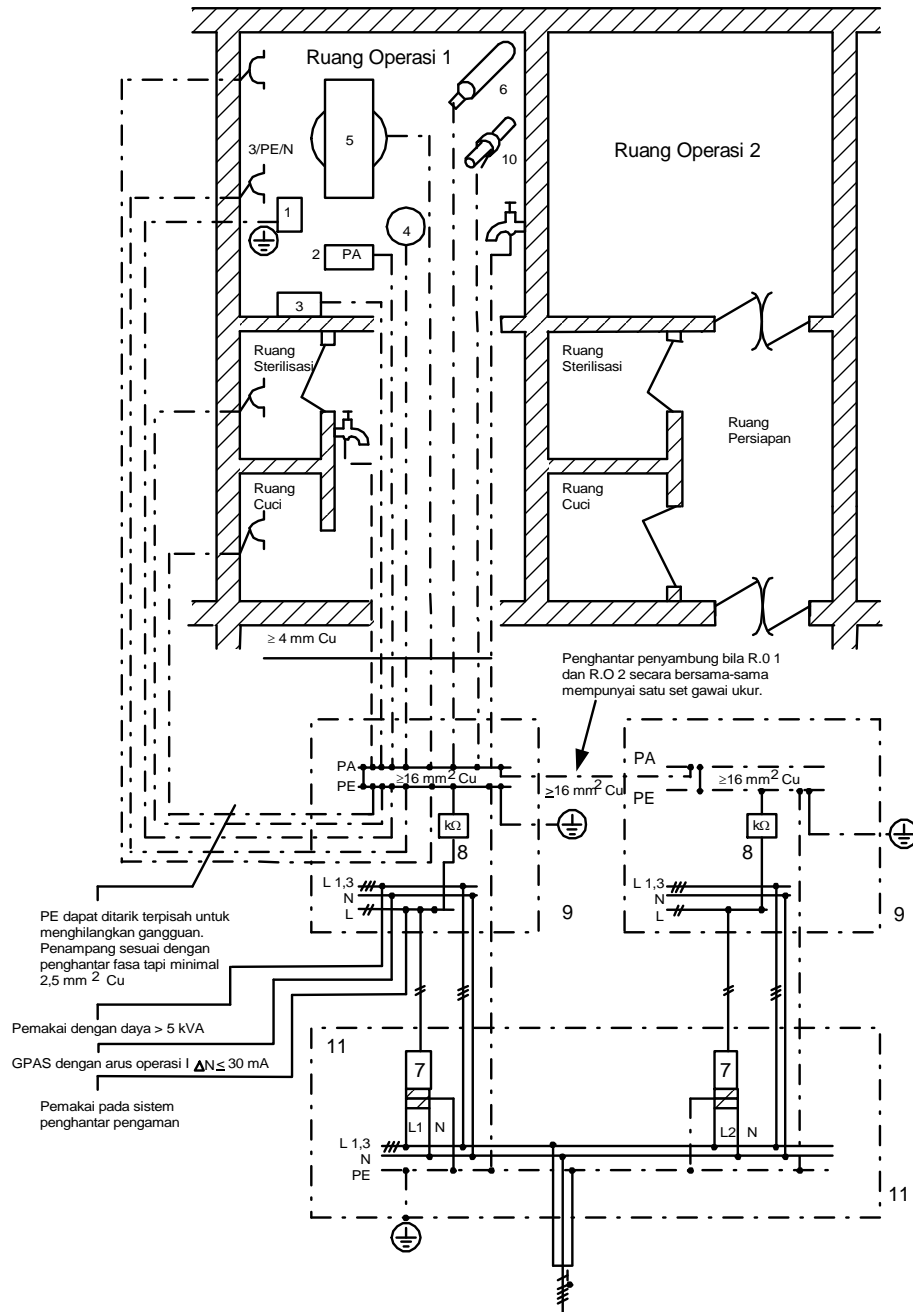
Keterangan

- Perengkapan yang terpasang permanen dengan voltase > 5 kV
- Aparat rontgen
- Aparat elektromedik
- Lampu operasi
- Pencahayaan ruang
- Perengkapan dengan insulasi pelindung
- Perengkapan untuk tindakan proteksi, dengan konduktor proteksi
- Panel dengan tanda-tanda akustis dan optis, tombol uji coba, dan tombol PE
- Kemungkinan penyambungan untuk pemberitahuan keadaan insulasi jarak jauh
- Meja operasi
- Instalasi gas, air dan pemanas ruang
- Tusuk kontak 5 kutub
- Jaring pembuang dari lantai yang bersifat konduktor
- Aparat penjaga nilai insulasi
- Catu daya pengganti khusus (CDPK)
- Ekuipotensial dan rel konduktor proteksi

- 18. } Gawai proteksi arus bocor dengan $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$.
- 19. }
- 20. }

- 21. Penjaga nilai voltase dan perengkapan pindah sambung
- 22. Perengkapan penyambung untuk ekuipotensial
- 23. Monitor Gantung
- 24. Unit 220 V dan 240 V untuk lampu operasi
- 25. Lampu pemberitahuan bagi CDPK
- 26. Dinding penyekat

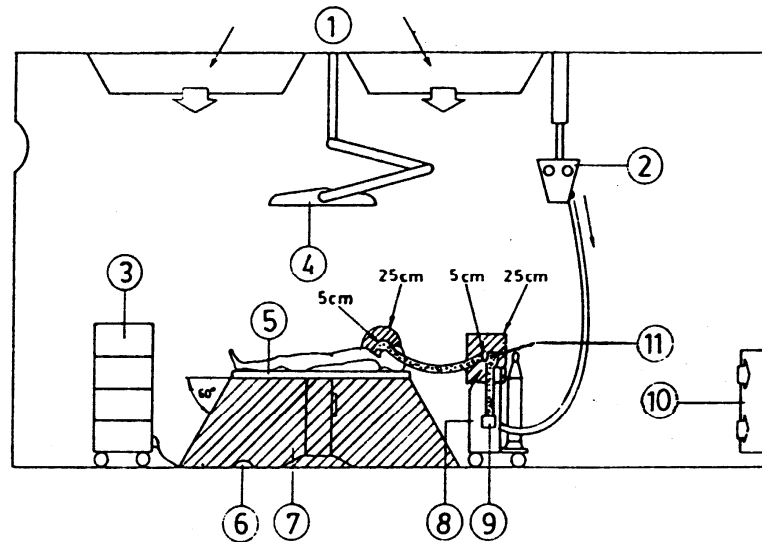
Gambar 8.27-1 Contoh instalasi ruang operasi dengan ekuipotensial



Keterangan

- Gawai rontgen atau alat lain dengan daya $\geq 5 \text{ kVA}$
- Perlengkapan penyambungan untuk ekuipotensial
- Lemari instrumen pada resisten $24 \text{ m}\Omega$ terhadap rel konduktor proteksi PE
- Lampu operasi
- Meja operasi
- Pelindung konduktor
- Transformator untuk sistem konduktor pelindung dengan pelindung statis
- Perlengkapan pengukur insulasi
- PHBK untuk ruang operasi
- Instalasi gas, air dan pemanas ruang
- 11. Dinding penyekat

Gambar 8.27-2 Contoh ekuipotensial di ruang operasi

**Keterangan**

Masukan sistem tata udara

Kolom gas anestetik

Perlengkapan medik

Lampu operasi

Penderita

Sakelar injak

Zone M

8+9Perlengkapan gas anestetik

10. Keluaran sistem tata udara

11. Zone G.



ZONE G



ZONE M

Gambar 8.27-3 Daerah (zone) rawan di ruang operasi yang menggunakan anestetik mampu bakar berupa campuran gas anestetik dan bahan pembersih

8.27.5 Catu Daya Pengganti Khusus (CDPK)

8.27.5.1 Bila aliran listrik terputus dalam ruang pelayanan kesehatan Kelompok 1E dan 2E, perlengkapan seperti yang disebutkan dalam 8.27.5.2 harus dapat bekerja terus dengan daya dari suatu CDPK, dengan mengindahkan ketentuan di bawah ini. CDPK tidak dapat mengganti CDP seperti yang disyaratkan dalam 8.21 sebaliknya CDP yang sesuai dengan 8.21 tidak dapat menggantikan CDPK.

CONTOH :

CDPK dalam sistem distribusi instalasi listrik pada fasilitas pelayanan kesehatan diberikan dalam Gambar 8.27-4.

CATATAN Dalam hal ini masing-masing ketentuan yang berlaku dalam persyaratan pembangunan rumah sakit harus dipenuhi.

8.27.5.2 Menghubungkan perlengkapan

8.27.5.2.1 Dalam setiap ruang bedah atau ruang kegiatan medis lain yang dapat digolongkan pada Kelompok 1E dan 2E, sekurang-kurangnya harus ada seperangkat lampu bedah yang dapat dinyalakan dengan tenaga dari CDPK, misalnya dari baterai.

Waktu pindah beban paling lambat 0,5 detik.

Padamnya satu lampu dari seperangkat lampu tidak boleh menghentikan kegiatan pembedahan.

8.27.5.2.2 Pada CDPK harus juga terhubung lampu pencahayaan khusus bila padamnya pencahayaan umum akan membahayakan penderita.

8.27.5.2.3 Perlengkapan medis yang digunakan untuk menjamin kesinambungan fungsi bagian badan manusia yang penting, harus dapat berjalan normal kembali selambat-lambatnya dalam waktu 10 detik.

8.27.5.2.4 CDPK dapat juga dihubungkan dengan sirkit lain dari sistem konduktor proteksi dari ruang Kelompok 2E sesuai dengan 8.27.3.5, bila CDPK tersebut memang sudah direncanakan untuk itu. Jika tidak semua kotak kontak tersambung pada CDPK, kotak kontak yang tersambung padanya harus diberi tanda yang jelas dan permanen.

8.27.5.3 Persyaratan umum

8.27.5.3.1 CDPK harus terjamin kerjanya sekurang-kurangnya selama 3 jam.

8.27.5.3.2 CDPK harus secara otomatis mengambil alih beban bila:

- a) voltase jaringan umum turun lebih dari 10 %
- b) voltase pada PHBK hilang, paling sedikit pada satu konduktor fase.

Penghubungan kembali pemanfaatan listrik pada jaringan umum atau CDP harus dilaksanakan dengan penangguhan waktu secukupnya.

8.27.5.3.3 Tindakan proteksi terhadap sentuh tak langsung harus tetap dilaksanakan, bila menggunakan CDPK. Syarat menurut 8.27.3.5 tidak perlu dipenuhi bila tindakan proteksi dengan konduktor proteksi menurut 8.27.3 tetap dipertahankan.

CATATAN Dengan pengecualian ini maka pada beban yang kecil sumber daya bekerja lebih ringan karena arus mula dari transformator untuk sistem konduktor proteksi tidak ada.

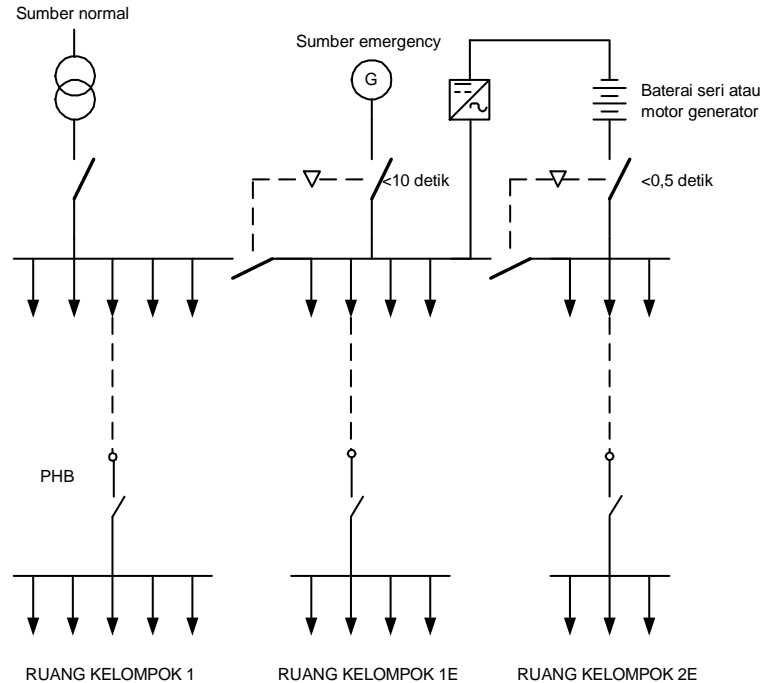
8.27.5.3.4 Bekerjanya CDPK dalam setiap ruang atau kelompok ruang harus disertai isyarat yang mudah terlibat.

CATATAN Untuk mengamankan pemberian daya, sebaiknya ditambah juga alat ukur beban dengan penunjukan beban tertinggi yang dapat diberikannya.

8.27.5.3.5 Pembangkit tenaga listrik harus dipasang di luar ruang pelayanan kesehatan, kecuali pembangkit tenaga listrik pengganti rendah.

Semua kabel dan konduktornya harus terpisah dan berjarak minimum 5 cm dari kabel konduktor listrik lainnya atau dipisahkan dengan sekat yang tidak mudah terbakar. Kabel dan konduktor ini tidak boleh ditarik melintasi ruang dengan bahaya kebakaran, dan harus dilindungi dari kemungkinan kerusakan mekanik.

8.27.5.3.6 Untuk gambar instalasi listrik, PHBK, dan konduktor berlaku ketentuan dalam Bagian 2, 5-511 dan 7.



Gambar 8.27-4 Contoh sistem distribusi instalasi listrik pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan

8.27.5.3.7 Bila CDPK harus melayani lebih dari satu sirkit, selektivitas proteksi arus lebih harus terjamin bila terjadi hubung pendek.

8.27.5.3.8 Bila menggunakan CDPK, perubahan voltase yang lebih besar dari $\pm 10\%$ voltase nominal pada titik sambung dengan perlengkapan pakai, hanya diizinkan bila berlangsung tidak lebih dari waktu alih beban seperti dimaksud pada 8.27.5.2.1.

8.27.5.4 Pembangkit Tenaga Listrik (PTL)

8.27.5.4.1 PTL dengan mesin penggerak harus memenuhi syarat dalam Bagian 5-510 dan 8.21, sejauh tidak ditentukan lain dalam 8.27 ini.

8.27.5.4.2 Baterai yang diperkenankan untuk digunakan sebagai CDPK hanya jenis Ni-Cd atau baterai Pb dengan permukaan kutub positif yang luas. Baterai kendaraan bermotor tidak boleh digunakan.

8.27.5.4.3 Memelihara muatan baterai

- Keadaan muatan baterai harus terjamin dengan sistem otomatis pengisian muatan.
- Perlengkapan pengisian harus dibuat sedemikian rupa sehingga baterai yang telah bekerja selama 3 jam terus menerus dengan beban nominal pada $\cos \varphi = 0,8$, dapat diisi penuh kembali dalam waktu 6 jam.
- Bila suatu CDP yang sesuai dengan 8.21 tersedia, baterai dari CDPK harus juga terhubung pada CDP ini agar muatannya terjamin bila jaringannya terganggu.

8.27.6 Menguji instalasi

8.27.6.1 Agar instalasi listrik dapat digunakan dengan baik, instalasi itu perlu diulang uji secara berkala dan pengguna instalasi harus mempunyai dokumen berikut:

- a) diagram umum (diagram listrik dalam bentuk sederhana) PHBK, termasuk catu daya pengganti umum dan catu daya pengganti khusus;
- b) gambar instalasi listrik sesuai dengan 2.1.2.3;
- c) petunjuk penggunaan dan pemeliharaan;
- d) buku uji atau berita acara pengujian mengenai hasil semua pengujian sesuai dengan peraturan yang berlaku.

8.27.6.2 Pengujian sebelum penggunaan yang pertama dilakukan sesuai dengan 9.5.6.

8.27.6.3 Pengujian tambahan pada penggunaan pertama

8.27.6.3.1 Resistans konduktor proteksi dan konduktor ekuipotensial harus diuji.

8.27.6.3.2 Pengujian menurut 8.27.3.8.2.8 harus dilakukan sedapat mungkin pada saat instalasi seluruh bangunan mengalami pembebanan penuh; semua perlengkapan elektromedik baik yang tetap maupun yang randah, dihidupkan atau dinyalakan.

Pengukuran harus dilakukan dengan voltmeter voltase efektif dengan resistan dalam sekitar 1 k Ω .

Daerah frekuensi voltmeter tersebut hendaknya tidak melampaui terlalu jauh dari 1 kHz.

8.27.6.3.3 CDPK harus diuji menurut 8.27.5.

8.27.6.4 Pengujian setelah instalasi diubah dan atau ditambah

8.27.6.4.1 Instalasi listrik dalam ruang fasilitas pelayanan kesehatan yang dipasang sesuai dengan ketentuan ini, setelah mengalami perubahan atau penambahan harus tetap memenuhi syarat dalam ketentuan ini.

Untuk itu, instalasi harus diuji sesuai dengan 8.27.6.2 dan 8.27.6.4.2. Gambar instalasi listrik dan diagram PHBK harus diperbaiki jika terjadi perubahan atau penambahan pada instalasi.

8.27.6.5 Pengujian berkala

8.27.6.5.1 Untuk mempertahankan tingkat keamanan yang tinggi dari seluruh instalasi haruslah dilakukan pengujian berkala terhadap instalasi yang digunakan.

8.27.6.5.2 Hasil pengujian harus dicatat dalam buku uji sesuai dengan 8.27.6.1.

8.27.6.5.3 Pengujian berkala dilaksanakan sebagai berikut:

- a) Pengujian sesuai dengan 8.27.6 harus dilakukan oleh orang juru sekurang-kurangnya setahun sekali.
- b) Pengujian monitor insulasi dan sakelar proteksi arus sisa harus dilakukan oleh petugas yang ditunjuk dengan menekan tombol uji sekurang-kurangnya setengah tahun sekali.
- c) Uji coba CDPK harus dilakukan dengan pembebanan sekurang-kurangnya 50 % daya nominal : selama 15 menit untuk catu daya statis dan konverter berputar dan 60 menit

untuk catu daya dinamis, dilaksanakan oleh petugas sekurang-kurangnya sebulan sekali sesuai dengan petunjuk pembuat perlengkapan catu daya.

8.28 Jenis ruang khusus

Dalam tabel ini “ruang khusus” yang terdapat paling banyak dalam perumahan, bangunan, pabrik, bengkel, perkebunan, dan perusahaan, dibagi dalam golongan sesuai dengan sifat masing-masing ruang.

Huruf dalam tanda kurung, petunjuk kategori dari ruang yang dimaksud, adalah seperti berikut:

- (n) ruang kering
- (l) ruang kerja listrik
- (lk) ruang kerja listrik terkunci
- (d) ruang berdebu
- (blg) ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan gas
- (bld) ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan debu
- (bks) ruang dengan bahaya kebakaran serat
- (ko) ruang dengan gas, uap atau debu yang korosif
- (lb) ruang lembab dan basah
- (p) ruang sangat panas
- (k) ruang kerja kasar
- (r) ruang radiasi

Jika suatu jenis ruang kerja tertentu, tergantung pada keadaan, dapat dimasukkan dalam berbagai kategori “ruang khusus” (misalnya sering kali bersifat ruang kasar dan kadang-kadang bersifat ruang normal), maka tanda petunjuk yang bersangkutan ditempatkan berturut-turut, dengan pengertian, bahwa petunjuk dari kategori jenis ruang yang paling banyak terjadi, ditempatkan terdepan : (k), (n).

Jika suatu ruang termasuk serentak dalam beberapa kategori (jadi misalnya, berdebu bersamaan panas), maka petunjuk dari kedua kategori itu dihubungkan satu sama lain dengan tanda tambah, yang bersam-sama ditempatkan dalam satu kurung (d+p). Penggolongan (d+lb), (d), berarti bahwa jenis ruang yang bersangkutan biasanya berdebu dan lembab, dan kadang-kadang hanya berdebu, tergantung pada penggunaan ruang tersebut.

Tabel ini dimaksudkan hanya untuk digunakan sebagai pedoman dalam penerapan ketentuan yang bersangkutan dan untuk memberi keterangan pendahuluan kepada yang berkepentingan tentang keadaan yang harus diperhitungkan dalam berbagai ruang kerja untuk menentukan pilihan mengenai bahan listrik yang akan digunakan dalam ruang itu dan cara pelaksanaan instalasinya.

Di samping itu selalu ada kemungkinan untuk meninjau keadaan ruang secara tersendiri tanpa memperhatikan masuk tidaknya dalam tabel ini, untuk kemudian dimasukkan dalam suatu kategori tertentu. Pertimbangan yang menghasilkan penggolongan di bawah ini, didasarkan atas keadaan ruang yang bersangkutan, jika berada dalam bangunan.

Pada akhirnya harap diperhatikan, bahwa dalam perusahaan besar akan terdapat bagian pabrik, yang tidak berhubungan langsung dengan proses produksi pabrik sebenarnya, misalnya penggergajian kayu pada pabrik teh, bagian las gardu induk listrik yang besar, ruang generator dalam pabrik karet dan sebagainya.

Di bawah judul perusahaan dalam tabel di bawah ini, rincian ruang tidak semuanya diperlukan, oleh karena ruang itu tidak selalu ada dan bila ada, dapat digunakan petunjuk dalam judul perusahaan yang sejenis, yang termuat dalam tabel ini.

Tabel 8.28 Jenis perusahaan, jenis ruang dan kategori

No.	Jenis perusahaan/Pabrik	Jenis Ruang	Kategori
(1)	(2)	(3)	(4)
A 1	Air mineral	1.1 Pengisi dan pembilas	(1b)
2	Aki (pengisian)	1.2 Gudang	(n)
3	Alat besar (bengkel)	2.1 Lemari asam	(blg)
4	Asam arang	2.2 Ruang lainnya	(n), (blg)
5	Aspal (instalasi pengaduk)	3 Bengkel	(k)
6	Asam belerang	4 Semua ruang	(n)
7	Agar-agar	5 Semua ruang	(n)
		6 Semua ruang	(n)
		7.1 Pencucian bahan baku	(lb)
		7.2 Pemasakan	(p)
		7.3 Penyaringan	(lb), (n)
		7.4 Pencetakan	(lb), (n)
B 1	Bata dan genting	1.1 Ruang pembakaran	(p)
2	Batik	1.2 Ruang pencetakan	(lb)
3	Batu (pemecahan)	1.3 Ruang lainnya	(n)
4	Briket batu bara	2.1 Pematikan	(n), (lb)
		2.2 Pengecatan	(lb)
		2.3 Pengeringan	(lb)
		3.1 Penimbunan batu	(n)
		3.2 Ruang lainnya	(d)
		4.1 Penimbunan batu bara	(d), (bld)
		4.2 Ruang pemikinan	(d), (bld)
		4.3 Instalasi pencampur	(d), (bld)
		4.4 Pencucian	(lb)
		4.5 Mesin Pres	(p)
5	Belerang (tambang)	5 Semua ruang	(lb + ko)
6	Bir	6.1 Pendingin	(lb)
		6.2 Pencucian	(lb)
		6.3 Pengisian botol	(lb)
		6.4 Ruang lainnya	(n)
7	Bioskop	7.1 Proyeksi	(bks), (n)
		7.2 Ruang lainnya	(n)
8	Beras, penyosohan dan penggilingan	8.1 Gudang	(n)
9	Binatu	8.2 Ruang lainnya	(bld)
		9.1 Teromol pencuci dan centrifugal	(lb)
		9.2 Pengeringan	(lb)
		9.3 Penyimpanan barang cucian	(n)
1	Bihun	10.1 Pencucian	(lb), (n)
0		10.2 Penggilingan	(n)
		10.3 Pemisahan	(p), (n)
		10.4 Pembukusan	(lb)
1	Ban sepeda	11.1 Penggilingan karet	(d), (n)
1		11.2 Cetak ban	(p), (n)
		11.3 Penyelesaian	(n)
C 1	Cat	1.1 Penggilingan serbuk	(n), (d)
		1.2 Bahan pelarut	(blg)
		1.3 Ruang lainnya	(n)

Tabel 8.28 (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
D 1	Damar	1.1 Gudang 1.2 Desintegrator 1.3 Ruang lainnya	(n) (bfg) (d)
E 1	Es	1.1 Bak Es 1.2 Kompresor 1.3 Ruang lainnya	(lb) (lb), (n), (ko) (lb), (n)
G 1	Galvanisir	1.1 Ruang pengilapan dengan keping bulu kempa 1.2 Ruang pengilapan lainnya 1.3 Ruang bak Galvani	(d) (n) (lb), (ko)
2	Gambir	2.1 Instalasi penyaringan 2.2 Gudang	(lb) (n)
3	Gas	3.1 Gudang batu bara 3.2 Pemecah batu bara 3.3 Ban pengangkutan dan tabung penumpahan bara 3.4 Generator gas air 3.5 Tungku dapur pembakaran (retort) 3.6 Pemurnian cara basah 3.7 Bangsal pemurnian	(d), (bld) (d), (bld) (d), (bld) (p+d) (p+d) (bld) (lb)
4	Gaplek	4.1 Gudang gaplek 4.2 Ruang lainnya	(n) (lb)
5	Gula	5.1 Tempat pemadam kapur 5.2 Penggilingan 5.3 Belerang 5.4 Di bawah bolders 5.5 Centrifugal 5.6 Gudang 5.7 Pengeringan 5.8 Penyediaan	(d) (lb) (ko) (lb), (k+lb) (lb) (n) (d), (n) (d), (n)
I 1	Intan	1 Semua ruang	(n)
K 1	Kaleng	1 Semua ruang	(n)
2	Kapuk	2 Semua ruang	(bks), (bld)
3	Kapur (pembakaran)	3.1 Dapur 3.2 Penggajian kapur mati 3.3 Ruang lainnya	(p+ko) (d) (ko)
4	Kayu	4.1 Penggajian 4.2 Penggosokan kayu 4.3 Ruang lainnya	(d), (bks) (bld) (k)
5	Karet (barang-barang karet)	5.1 Penggilingan karet/pres karet 5.2 Ruang lainnya	(d), (lb) (n)
6	Karet dan getah perca	6.1 Mesin pengolahan permulaan 6.2 Penggilingan karet dan bak pengumpul 6.2 Pengasapan 6.4 Penyaringan 6.5 Ketel 6.6 Bangsal penyediaan barang yang selesai	(lb) (lb) (lb) (lb) (p), (n) (n)
7	Kapas (pemurnian)	7 Semua ruang	(d), (bks), (bld)

Tabel 8.28 (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
8	Ketel uap (rumah)	8.1 Ketel Uap 8.2 Abu dan lorong abu 8.3 Pengapian 8.4 Penimbunan dan penggilingan batu bara	(p), (n) (d), (p), (k) (p), (d), (n) (n), (d), (b) (bld)
K 9	Kina (penggilingan)	8.5 Penyimpanan minyak 9 Semua ruang	(blg), (n) (d)
10	Kinine	10.1 Penggilingan contoh mesin stempel, campur tepung, gudang kulit kine 10.2 Centrifugal, bahan kasar putih, ketel kocok, instalasi penyaringan air dan ekstrasi, instalasi pemurni, tempat ampas	(d) (lb)
11	Klise	11.1 Bak cuci 11.2 Bak pembilas 11.3 Ruang lainnya	(lb) (lb) (n)
12	Koka	12.1 Penggilingan 12.2 Ruang lainnya	(d) (n)
13	Kompresor udara (instalasi)	13.1 Ruang di bawah tanah 13.2 Ruang lainnya	(n), (lb) (n)
14	Kopi	14.1 Mesin ampas 14.2 Bak fermentasi dan bak cuci 14.3 Pengereng 14.4 Pengupasan biji kopi 14.5 Gudang kopi	(lb) (lb) (p) (n) (n)
15	Kopi (penggorengan)	15.1 Tromol kisi	(p)
16	Kulit (penyamakan)	16.1 Instalasi pencucian 16.2 Pembersihan 16.3 Penyamakan kulit 16.4 Ruang lainnya	(lb) (lb) (lb) (n)
17	Kimia (laboratorium)	17.1 Bak cuci dan pembilas 17.2 Pembakaran 17.3 Lemari asam 17.4 Ruang lainnya	(lb) (p), (n) (ko) (n)
18	Kembang gula	18.1 Pemasakan gula 18.2 Pencetakan 18.3 Pembungkusan	(p) (n) (n)
19	Karton	19.1 Pemasakan 19.2 Penggilingan 19.3 Pencetakan/lembar 19.4 Pematangan	(p), (lb) (lb) (lb) (n)
20	Kecap	20.1 Pemasakan 20.2 Peragian 20.3 Pengendapan 20.4 Pencucian botol 20.5 Pengepresan/pengisian	(n) (n) (lb) (lb) (lb+n)
21	Konpeksi	21.1 Pematangan 21.2 Penjahitan 21.3 Pembungkusan	(n) (n) (n)
22	Korek api	22.1 Pembuatan batang dan kotak 22.2 Pencampuran bahan kimia 22.3 Pengisian/pembungkus	(n) (db) (n)
23	Kertas	23.1 Mesin pemotong jerami 23.2 Mesin kertas kasar, bak pengendap, ketel pemasak, dapur perekat 23.3 Lainnya	(d) (lb) (n)

Tabel 8.28 (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)	
L	1	Limun	1.1 Pengisian dan pembilasan 1.2 Gudang	(lb) (n)
	2	Leburan timah	2.1 Dapur peleburan pengecoran 2.2 Ruang lainnya	(p) (n)
	3	Listrik rumah (instalasi)	3.1 Serambi, lorong, pendopo dapur, dan kamar kecil 3.2 Kamar mandi, tempat pencucian dan pembilasan 3.3 Ruang lainnya	(n), (lb) (lb) (n)
M	1	Minyak kelapa	1.1 Instalasi pengolahan minyak 1.2 Gudang kopra dan tangki minyak	(n), (lb) (n)
	2	Minyak kelapa sawit	2.1 Instalasi penjaringan 2.2 Tempat jambangan 2.3 Pengisian dan gudang 2.4 Pengolahan 2.5 Ruang lainnya	(n) (n) (n) (n), (lb) (lb)
	3	Minyak sereh dan minyak eteris lainnya	3.1 Penyulingan 3.2 Penyadapan 3.3 Pemotongan, ruang ketel masal dan ketel penyulingan 3.4 Ruang lainnya	(lb) (lb) (lb) (n)
	4	Minyak bumi (instalasi pemurnian)	4.1 Pompa minyak dan pengisian 4.2 Pengangkutan dan pengumpulan minyak 4.3 Pendinginan 4.4 Parafin 4.5 Instalasi kondensor 4.6 Pengolahan asam sulfat dan dioksid 4.7 Ruang lainnya	(blg) (blg) (lb) (lb) (lb) (ko) (n)
	5	Margarine	5.1 Pembekuan minyak 5.2 Pembuatan gas hidrogen 5.3 Pembungkusan	(blg) (blg) (n)
	6	Mekanik halus (bengkel)	6.1 Bengkel	(k)
	7	Minyak goreng	7.1 Penampungan minyak mentah 7.2 Pemasakan 7.3 Pengalengan	(n) (p), (lb) (n)
	8	Mobil (bengkel)	8.1 Instalasi diko 8.2 Pengisian aki 8.3 Lemari asam 8.4 Pengerjaan logam	(bld) (n), (blg) (blg) (k)
	9	Mebel	9.1 Pengerjaan kayu 9.2 Ruang lainnya	(d), (n) (n), (k)
	P	1	Padi (penggilingan)	1.1 Gudang padi dan beras 1.2 Ruang lainnya
2		Pendingin (instalasi)	2.1 Pendingin 2.2 Kompresor	(lb), (n) (lb), (n), (ko)
3		Penjagalan	3 Semua ruang	(lb)
4		Playwood	4.1 Penggergajian 4.2 Mesin penyayat 4.3 Dapur perekat 4.4 Penguapan kayu	(bld) (lb), (p) (lb) (p)

Tabel 8.28 (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
P 5	Pompa minyak bumi (stasiun)	5.1 Pompa	(blg)
6	Pompa lateks, air, dsb	5.2 Ruang lainnya	(n)
7	Pompa minyak kelapa, minyak kepala sawit dsb	6.1 Pompa	(lb)
8	Pompa minyak tanah	7 Semua ruang	(n)
9	Pupuk bukan petrokimia (tulang, kompas, dll)	8.1 Pompa minyak tanah	(blg)
10	Peternakan	8.2 Tangki minyak tanah	(blg)
		9.1 Penggilingan	(d)
		9.2 Gudang	(n)
		10.1 Kandang	(lb), (ko)
		10.2 Pemerahan susu	(lb)
		10.3 Botol	(lb)
		10.4 Pembagian	(lb), (n)
		10.5 Ruang lainnya	(n)
11	Pengolahan biji timah (instalasi)	11.1 Dapur pemanggang	(p)
		11.2 Instalasi pengering	(p)
		11.3 Ruang lainnya	(lb)
12	Percetakan	12 Semua ruang	(n)
13	Pengawetan makanan	13.1 Gudang kaleng, dll	(n)
		13.2 Ruang lainnya	(lb)
14	Pusat tenaga listrik	14.1 Generator	(l)
		14.2 Instalasi hubung dan bagi	(lk), (l)
15	Plastik sistem kalender	14.3 Di bawah tanah	(lb), (n)
		15.1 Penggilingan	(d)
		15.2 Kalender	(p)
		15.3 Cetak kembang	(n), (p)
R 1	Romanit/alat peledak	1.1 Pencampuran	(bld)
		1.2 Gudang bahan peledak	(bld)
		1.3 Gudang bahan penyala mesiu	(bld)
		1.4 Parafine dan pengisian bangsal, penyediaan barang yang selesai	(bld)
		1.5 Pengeringan	(lb)
2	Roti	1.6 Ruang lainnya	(n)
		2.1 Adonan	(n), (lb)
		2.2 Pembakaran	(p), (n)
		2.3 Gudang tepung	(n)
S 1	Sabun	1.1 Instalasi pemanasan sabun	(lb)
		1.2 Ruang lainnya	(n)
2	Semen	2.1 Silo batu, silo semen, silo batu bara, gudangsemen	(d)
		2.2 Pembungkusan semen	(d)
		2.3 Penggilingan serbuk batu bara	(d)
		2.4 Penggilingan cat	(d)
		2.5 Gudang batu kapur dan tanah liat	(lb)
		2.6 Penggilingan basah	(lb)
		2.7 Tangki endapan	(lb)
		2.8 Dapur	(p)
3	Serat	3.1 Penyisiran serat	(n)
		3.2 Pemilihan	(bks)
		3.3 Pencucian	(lb)
		3.4 Dapur pengering	(p), (n)

Tabel 8.28 (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)	
S	4 Serutu dan sigaret	3.5 Gudang	(n)	
		3.6 Pengepresan bal serat	(n), (d)	
		3.7 Perlengkapan hackling	(bks)	
		4.1 Pencampuran dan pengeringan	(d), (bks)	
		4.2 Ruang lainnya	(n)	
		5 Spiritus	5.1 Alat pengisi	(big)
			5.2 Peragian	(lb)
			5.3 Instalasi	(lb)
		6 Susu	5.4 Ruang lainnya	(n)
			6.1 Distribusi/pengisian	(lb)
			6.2 Pendingin	(lb)
			6.3 Pengolahan	(lb)
			6.4 Tabung susu	(lb)
6.5 Ruang lainnya	(n), (lb)			
7 Sirup	6.6 Tempat botol	(lb)		
	7.1 Pemasakan	(p)		
	7.2 Pencucian botol	(lb)		
T	1 Tegel semen	7.3 Pengisian	(n)	
		1.1 Gudang semen	(d)	
		1.2 Penggilingan semen	(d)	
		1.3 Alat pemecah batu	(d)	
		1.4 Mesin aduk	(lb)	
		1.5 Pres tegel	(lb)	
	2 Teh	1.6 Pengilapan	(lb)	
		1.7 Gudang tegel	(n)	
		2.1 Pelayuan	(n)	
		2.2 Giling	(n)	
		2.3 Gudang	(n)	
	3 Tekstil	2.4 Fermentasi	(lb)	
		2.5 Pengeringan	(d), (p), (n)	
2.6 Pemilahan		(d)		
2.7 Pembungkusan		(n), (d)		
3.1 Pemintalan		(d), (bks)		
3.2 Kelos		(d), (bks)		
3.3 Pertununan		(d), (bks)		
4 Tepung beras, tapioka, dsb	3.4 Pemasakan	(lb)		
	3.5 Pencelupan	(lb)		
	3.6 Ruang lainnya	(n)		
	4.1 Gudang bahan baku	(n)		
	4.2 Pengolahan basah	(lb)		
	4.3 Pengolahan kering	(bid)		
5 Tepung tulang	4.4 Desintegrator	(bid)		
	4.5 Pengeringan	(bid)		
	4.6 Ruang lainnya	(n)		
6 Tahu	5.1 Penggilingan	(d)		
	5.2 Gudang tulang	(n)		
	5.3 Gudang tepung	(d)		
7 Transformator dan gardu induk (stasiun)	6.1 Pencucian	(lb)		
	6.2 Penggilingan	(lb)		
	6.3 Pemasakan	(p), (lb)		
	6.3 Penyaringan	(lb)		
		7.1 Ruang PHBK	(lk), (l)	

Tabel 8.28 *(lanjutan)*

(1)	(2)	(3)	(4)
V 1	Vulkanisir ban	1.1 Pengupasan/serut 1.2 Pelapisan karet 1.3 Pemanasan	(d) (n) (p)
Z 1	Zat asam	1 Semua ruang	(n)

Bagian 9 Pengusahaan instalasi listrik

9.1 Ruang lingkup

Bab ini mengatur pengusahaan instalasi listrik yang meliputi desain, pembangunan, pemasangan, pelayanan, pemeliharaan, pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik serta pengamanannya.

Pengusahaan instalasi listrik desa diatur dalam 8.17.

9.2 Izin

9.2.1 Setiap orang atau badan perancang, pemasang dan pemeriksa atau penguji instalasi listrik harus mendapat izin kerja dari instansi yang berwenang.

9.2.2 Setiap instalasi listrik harus dilengkapi dengan desain instalasi yang dibuat oleh perancang yang mendapat izin kerja dari instansi yang berwenang.

CATATAN Desain instalasi termasuk pula gambar yang diperlukan sesuai standar yang berlaku.

9.3 Pelaporan

Para petugas yang ditunjuk untuk melaksanakan pemasangan, pemeliharaan, atau pelayanan instalasi diwajibkan untuk segera melaporkan secara tertulis kepada atasannya yang bertanggung jawab, segala kejadian dan keadaan yang mungkin membahayakan atau kerusakan yang diketahuinya.

9.4 Proteksi pemasangan instalasi listrik

9.4.1 Pencegahan bahaya kebakaran

9.4.1.1 Instalasi listrik harus dirancang, dipasang dan digunakan demikian rupa sehingga tidak menimbulkan bahaya kebakaran. Bila menggunakan GPAS, lihat 422.3.10 Bagian 4-42.

9.4.1.2 Pemasangan instalasi listrik harus dilaksanakan demikian rupa sehingga penjalaran kebakaran melalui penyekat ruang, lantai, ruang kosong atau rongga, lorong tegak, saluran ventilasi dan pengatur udara dapat dicegah dan atau dibatasi sampai sekecil mungkin.

9.4.1.3 Jika penyekat kebakaran tertembus oleh kabel, maka lubang sekitar kabel tersebut harus ditutup dengan bahan yang memenuhi syarat tahan api.

9.4.2 Perlengkapan listrik yang diperbaiki atau diganti

9.4.2.1 Jika nilai nominal atau karakteristik perlengkapan listrik berubah setelah diperbaiki, maka pada perlengkapan tersebut harus diberi pelat tanda pengenal baru, serta nama dari yang memperbaiki.

Jika pelat tanda pengenal asli terlepas, maka harus dipasang pelat tanda pengenal baru yang menyatakan nama pembuat asli, beserta segala keterangan yang tercantum pada pelat tanda pengenal asli.

9.4.2.2 Jika perlengkapan listrik yang mempunyai kemampuan yang tepat tidak dapat diperoleh, maka harus digunakan perlengkapan listrik yang mempunyai kemampuan yang lebih besar.

Ketentuan ini tidak berlaku untuk proteksi, seperti pemutus sirkit dan sekering sebagaimana diatur dalam 2.2.8 dan 2.2.9.

CATATAN Semua perubahan dan penggantian harus dicatat dalam laporan.

9.4.3 Pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik

9.4.3.1 Instalasi listrik yang selesai dipasang, atau yang mengalami perubahan, harus diperiksa dan diuji dahulu sebelum dialiri listrik sesuai dengan ketentuan dalam 9.4.3.2. Penyimpangan dari ketentuan ini dapat dilakukan pada instalasi sementara dan instalasi kedutaan asing, dengan izin khusus dari instansi yang berwenang.

9.4.3.2 Pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik dilakukan antara lain mengenai hal berikut:

- a) Berbagai macam tanda pengenal dan papan peringatan.
- b) Perlengkapan listrik yang dipasang.
- c) Cara memasang perlengkapan listrik.
- d) Polaritas, sesuai dengan 134.1.10 Bagian 1.
- e) Pembumian sesuai dengan 542 Bagian 5-54.
- f) Resistans insulasi, sesuai dengan 61.3.3 Bagian 6.
- g) Kesenambungan sirkit.
- h) Fungsi proteksi sistem instalasi listrik.

Pemeriksaan dan pengujian tersebut diatas kemudian dilanjutkan dengan uji coba.

9.4.3.3 Semua perlengkapan yang dipasang pada instalasi listrik harus memenuhi standar yang berlaku.

9.4.4 Pemasangan gambar instalasi

Untuk memudahkan pelayanannya, instalasi listrik harus disertai dengan gambar instalasi dan bila perlu disertai pula dengan keterangan tentang cara melayani perlengkapan listrik.

9.4.5 Pemasangan papan dan tanda peringatan

9.4.5.1 Dalam ruang di mana sentuhan terhadap konduktor atau perlengkapan listrik dapat mengakibatkan timbulnya bahaya, harus dipasang papan atau tanda peringatan pada tempat yang mudah dapat dilihat.

9.4.5.2 Pada pintu masuk ke ruang kerja listrik dan ruang kerja listrik terkunci, dan juga ke setiap ruang yang didalamnya orang yang tidak berkepentingan tidak diperkenankan masuk, bertalian dengan adanya perlengkapan listrik yang berbahaya, harus dipasang papan atau tanda peringatan untuk melarang masuk mereka yang tidak berwenang.

9.4.5.3 Papan dan tanda peringatan bahaya listrik untuk voltase menengah harus dilengkapi dengan tanda kilat berwarna merah.

9.4.5.4 Ukuran papan dan tanda peringatan sekurang-kurangnya 10 cm x 15 cm.

9.4.5.5 Kalimat peringatan harus ditulis dalam Bahasa Indonesia yang jelas dan atau ditambahkan dengan bahasa daerah yang dikenal masyarakat setempat.

9.4.6 Pemasangan instrumen ukur dan gawai kendali

9.4.6.1 Dalam instalasi listrik untuk pembangkitan atau perubahan daya listrik harus ada instrumen ukur dan gawai kendali yang baik dan tepat.

9.4.6.2 Instrumen ukur dan gawai kendali harus dipasang secara baik dan tepat serta terlihat jelas.

9.4.6.3 Instrumen ukur dan gawai kendali pada PHB, yang selama dalam keadaan bekerja harus secara periodik dibaca atau diperiksa, harus dipasang sedemikian rupa sehingga dapat jelas terlihat dan mudah terbaca serta mudah dicapai.

9.4.6.4 Konduktor masuk untuk kumparan voltase dari instrumen ukur dan gawai kendali harus diberi proteksi.

9.5 Pemasangan instalasi listrik

9.5.1 Persyaratan umum

Pekerjaan pemasangan instalasi listrik di dalam atau di luar bangunan harus memenuhi ketentuan peraturan ini, sehingga instalasi tersebut aman untuk digunakan sesuai dengan maksud dan tujuan penggunaannya, mudah dilayani dan mudah dipelihara.

9.5.2 Perancang, pemasang dan pemeriksa atau penguji instalasi listrik

9.5.2.1 Perancang, pemasang dan pemeriksa atau penguji instalasi listrik harus mentaati ketentuan dalam PUIL dan peraturan lain sebagaimana dimaksud dalam 10.1.

9.5.2.2 Perancang, pemasang dan pemeriksa atau penguji instalasi listrik harus menggunakan tenaga kerja yang terlatih sebagaimana tersebut dalam 9.5.3.

9.5.2.3 Perancang, pemasang dan pemeriksa instalasi listrik wajib memenuhi ketentuan keselamatan dan kesehatan bagi tenaga kerjanya sesuai dengan peraturan perundang-undangan keselamatan dan kesehatan kerja yang berlaku.

9.5.3 Tenaga kerja

9.5.3.1 Orang yang disertai tanggung jawab atas semua pekerjaan, desain, pemasangan, pemeriksaan atau pengujian instalasi listrik harus ahli dibidang kelistrikan sesuai ketentuan yang berlaku, memahami peraturan kelistrikan memahami ketentuan keselamatan dan kesehatan kerja, menguasai pekerjaan memasang instalasi listrik, dan memiliki izin bekerja dari instansi yang berwenang.

9.5.3.2 Orang yang mengawasi pemasangan instalasi listrik harus ahli di bidang kelistrikan, memahami peraturan kelistrikan, memahami peraturan keselamatan dan kesehatan kerja serta menguasai pemasangan instalasi agar jangan terjadi kesalahan yang mengakibatkan kecelakaan atau kebakaran.

9.5.3.3 Orang yang mengerjakan pemasangan instalasi listrik harus sehat jasmani dan rohani serta memiliki pengetahuan dan ketrampilan dalam pekerjaan tersebut.

9.5.4 Tempat kerja pemasangan instalasi listrik

9.5.4.1 Tempat kerja pemasangan instalasi listrik harus memenuhi syarat keselamatan dan kesehatan kerja sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

9.5.4.2 Di tempat kerja pemasangan instalasi listrik harus tersedia perkakas kerja, perlengkapan keselamatan, perlengkapan pemadam api ringan, perlengkapan Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan (PPPK), rambu-rambu kerja dan perlengkapan lain-lain yang diperlukan.

9.5.4.3 Di tempat kerja pemasangan instalasi listrik apabila menggunakan perlengkapan yang dapat menimbulkan kecelakaan atau kebakaran wajib dilakukan pengamanan optimal.

9.5.4.4 Di tempat kerja pemasangan instalasi listrik harus selalu ada pengawas sebagaimana dimaksud dalam 9.5.3.2.

9.5.5 Pemasangan rambu bahaya dan papan pemberitahuan

9.5.5.1 Tempat kerja pemasangan instalasi, yang dapat mengganggu ketertiban umum, harus diberi rambu bahaya dan papan pemberitahuan yang menyebutkan dengan jelas pekerjaan yang sedang berlangsung di situ serta bahaya yang mungkin ditimbulkannya, dan harus dilindungi pagar dan diterangi lampu pada tempat yang pencahayaannya kurang.

9.5.5.2 Dalam berbagai ruang kerja listrik yang berbahaya seperti bengkel, pabrik dan sebagainya harus dipasang gambar instalasi listrik, papan peringatan dan tanda larangan, poster keselamatan kerja, perlengkapan pertolongan pertama pada kecelakaan (PPPK), perlengkapan pemadam kebakaran dan sebagainya.

9.5.6 Pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik

9.5.6.1 Jika pekerjaan pemasangan instalasi listrik telah selesai, pelaksana pekerjaan pemasangan instalasi tersebut harus secara tertulis memberitahukan kepada instansi yang berwenang bahwa pekerjaan telah dilaksanakan dengan baik, memenuhi syarat proteksi sebagaimana diatur dalam PUIL serta siap untuk diperiksa dan diuji.

9.5.6.2 Hasil pemeriksaan dan pengujian instalasi menurut 9.4.3, harus dinyatakan secara tertulis oleh pemeriksa dan penguji yang ditugaskan.

9.5.6.3 Instalasi listrik harus diperiksa dan diuji secara periodik sesuai ketentuan/standar yang berlaku.

9.5.6.4 Meskipun instalasi listrik dinilai baik oleh instansi yang berwenang, pelaksana instalasi listrik tetap terikat oleh ketentuan tersebut dalam 9.5.8 atas instalasi yang dipasangnya.

9.5.7 Uji coba instalasi listrik

9.5.7.1 Instalasi yang telah diperiksa dan diuji dengan hasil baik sesuai 9.4.3.2, jika dipandang perlu harus diuji coba dengan voltase dan arus kerja menurut batas yang ditentukan dan dalam waktu yang disyaratkan.

9.5.7.2 Pada waktu uji coba, semua piranti yang terpasang dan akan digunakan harus dijalankan, baik secara sendiri-sendiri maupun serempak sesuai dengan desain dan tujuan penggunaannya.

9.5.7.3 Hasil pemeriksaan dan pengujian, termasuk hasil uji coba, harus dilaporkan dalam bentuk Berita Acara .

9.5.7.4 Jika uji coba menunjukkan ada kesalahan dalam instalasi, uji coba itu harus dihentikan dan hanya dapat diulang setelah instalasi diperbaiki.

9.5.8 Wewenang dan tanggung jawab

9.5.8.1 Perancang suatu instalasi listrik sebagaimana dimaksud dalam 9.5.2.1, bertanggung jawab atas desain instalasi listrik yang dibuatnya.

9.5.8.2 Pelaksana instalasi listrik sebagaimana dimaksud dalam 9.5.2.1, bertanggung jawab atas pemasangan instalasi listrik sesuai dengan desain instalasi listrik yang telah disetujui oleh instansi yang berwenang.

9.5.8.3 Jika terjadi kecelakaan yang diakibatkan oleh karena instalasi tersebut diubah dan atau ditambah oleh pengguna instalasi atau pemasang instalasi lain, maka pelaksana pemasangan instalasi listrik yang terdahulu dibebaskan dari tanggung jawab.

9.5.8.4 Setiap pengguna instalasi listrik bertanggung jawab atas penggunaan yang aman, sesuai dengan maksud dan tujuan penggunaan instalasi tersebut.

9.5.8.5 Instansi yang berwenang, berhak memerintahkan penghentian seketika penggunaan instalasi listrik yang dapat membahayakan keselamatan umum atau keselamatan kerja. Perintah penghentian tersebut harus diberikan secara tertulis, disertai alasannya.

9.6 Pengaturan instalasi bangunan bertingkat

9.6.1 PHB Utama untuk pengaturan seluruh instalasi gedung bertingkat sebaiknya dipasang pada lantai jalan masuk gedung tersebut.

9.6.2 Pada setiap lantai gedung bertingkat harus dipasang sakelar masuk untuk pengaturan seluruh instalasi pada lantai yang bersangkutan.

9.6.3 Pada setiap unit rumah tinggal dari setiap lantai harus dipasang sakelar masuk untuk pengaturan instalasi unit rumah tinggal tersebut.

9.7 Pemasangan kabel tanah

9.7.1 Sebelum dipasang, kabel tanah harus diperiksa dahulu mengenai hal berikut:

- a) Kesesuaian dengan tujuan penggunaannya (lihat Tabel 7.1-5a dan 7.1-6).
- b) Bukti pengesahan yang harus tertera padanya.
- c) Kerusakannya sejauh yang dapat dilihat.
- d) Resistans insulasinya.

9.7.2 Setelah kabel terpasang dalam parit galian yang dalamnya diatur dalam 7.13, hal-hal berikut harus dilakukan:

- a) Tanah dan pasir bakal penimbun kabel harus dibebaskan dari benda tajam dan benda lain-lain yang dapat merusak insulasi kabel atau konduktor itu sendiri.
- b) Pada jarak tertentu sepanjang kabel harus ditempatkan rambu kabel yang jelas, kokoh dan awet.
- c) Selain ditimbuni tanah, kabel harus dilindungi dengan pelindung kabel seperti batu pelindung, pipa beton dan pipa besi dan tanda kabel.

9.7.3 Untuk keselamatan manusia dan keandalan kabel tanah yang sudah ditanam, sebelum kabel itu diberi voltase kerja, resistans insulasinya harus diukur dan kabelnya diuji pada voltase ujinya.

9.8 Pemasangan konduktor udara voltase rendah (TR) dan voltase menengah (TM)

9.8.1 Pada sambungan listrik berderet untuk beberapa bangunan terpisah dengan sambungan dari suatu tiang jaringan voltase rendah ke tiang atap bangunan pertama, kemudian ke tiang atap bangunan kedua, dan seterusnya harus diperhatikan daya tahan tiang atap bangunan terhadap tarikan kawat dan kemungkinan pembongkaran salah satu bangunan antara.

9.8.2 Untuk menjaga keselamatan umum jika pembongkaran salah satu bangunan antara dibongkar seperti tersebut dalam 9.8.1, jarak dari tiang jaringan voltase rendah ke tiang atap atau dari tiang atap ke tiang atap berikutnya tidak boleh lebih dari 30 m, dengan memperhatikan jarak minimum dalam 7.14.

9.8.3 Bangunan berderet yang rapat, seperti antara lain rumah petak, dikecualikan dari ketentuan dalam 9.8.2 di atas.

9.9 Keselamatan dalam pekerjaan

9.9.1 Memasuki ruang kerja listrik

9.9.1.1 Seseorang yang memasuki ruang kerja listrik harus:

- a) Mendapat izin dari petugas yang berwenang dan jika perlu harus diawasi oleh petugas yang ditunjuk.
- b) Ditemani paling sedikit oleh seorang untuk saling mengingatkan kemungkinan bahaya dan saling membantu menghindarkan tindakan yang keliru yang dapat menimbulkan kecelakaan.
- c) Dalam keadaan jasmani dan rohani sehat, menggunakan pakaian kering, waspada terhadap bahaya yang mungkin timbul, dan mengetahui dengan pasti apa yang akan dilakukannya dalam ruang tersebut.
- d) Membawa atau memakai perlengkapan pengaman yang diperlukan; seperti sepatu pengaman, bangku insulasi, dan tongkat pengaman.
- e) Memperhatikan rambu peringatan dan menjaga agar badan dan anggota badan berada dalam jarak yang aman dari perlengkapan listrik yang bervoltase. Jika tidak sedang melakukan pekerjaan, sedapat mungkin kedua tangan dimasukkan ke dalam saku.

9.9.1.2 Ruang kerja listrik yang dimasuki harus mendapat pencahayaan yang cukup.

9.9.2 Bekerja pada keadaan tidak bervoltase

9.9.2.1 Perlengkapan listrik yang akan dikerjakan pada keadaan tidak bervoltase harus dibebaskan dari voltase dengan cara sebagaimana diatur dalam 9.10.5.1, dan di tempat sarana pemutusan sirkit harus dipasang rambu peringatan yang menyatakan seseorang sedang bekerja pada sirkit yang diputuskan itu.

9.9.2.2 Sebelum mulai dilaksanakan sesuatu pekerjaan, seseorang yang berwenang harus melakukan pemeriksaan voltase dengan teleskop atau lampu uji untuk memastikan bahwa perlengkapan yang akan dikerjakan telah bebas dari voltase.

9.9.2.3 Perlengkapan yang akan dikerjakan harus dibumikan secara baik. Suatu pembumian yang baik diperoleh dengan konduktor pembumi dari tembaga yang mempunyai penampang sekurang-kurangnya 16 mm² atau dengan konduktor pembumian dari bahan lain yang setaraf dengan itu.

Konduktor pembumi terus dibumikan dahulu dan setelah itu baru dihubungkan dengan perlengkapan yang akan dibumikan.

Konduktor pembumi harus dipasang kelihatan dari tempat orang yang sedang bekerja dan jika tidak mungkin, konduktor pembumi itu harus dipasang pada jarak yang dekat, sehingga orang yang bekerja itu dapat dengan mudah memeriksa keadaan konduktor pembumi tersebut.

9.9.2.4 Orang yang ditugasi memimpin pekerjaan pembebasan voltase, harus mempunyai surat penugasan dari atasannya yang berwenang. Ia bertanggung jawab penuh bahwa bagian sirkit yang diputuskan itu benar-benar telah dibebaskan dari voltase sesuai dengan peraturan keselamatan kerja yang berlaku.

9.9.2.5 Pekerjaan baru boleh dilaksanakan jika syarat pada 9.9.2.2, 9.9.2.3, dan 9.9.2.4 telah dipenuhi.

9.9.2.6 Sebelum melaksanakan pekerjaan, setiap sakelar/pemisah sirkit yang memungkinkan penyaluran voltase harus terkunci/digembok dan anak kuncinya harus disimpan oleh petugas yang diberi wewenang untuk memimpin pekerjaan tersebut.

Penguncian semacam itu harus dilaksanakan menurut prosedur tertentu, untuk mencegah kemungkinan orang lain dapat membuka kunci sakelar/pemisah sirkit tersebut.

9.9.2.7 Jika transformator yang dihubungkan paralel hendak dibebaskan dari voltase, sakelar pada kedua sisi voltase harus dibuka. Selain itu, untuk membebaskan voltase dari transformator yang mempunyai transformator voltase, sekering di sisi voltase rendah dari transformator voltase juga harus dilepaskan, untuk menghindarkan kemungkinan transformator menjadi bervoltase kembali melalui tusuk kontak gawai sinkronisasi atau voltmeter. Titik netral transformator juga harus dibuka, kecuali jika ia dihubungkan dengan konduktor pembumi tersendiri dengan baik.

9.9.2.8 Bekerja pada travers jalur udara harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a) Tenaga kerja harus mendapat surat izin terlebih dahulu dari petugas yang berwenang.
- b) Bekerja harus selalu di bawah pengawasan seorang ahli yang berada di tempat pekerjaan.
- c) Sabuk pengaman harus dipakai dengan benar dan pakaian kerja yang memenuhi syarat keselamatan kerja harus selalu dipakai.

9.9.2.9 Pada sirkit ganda, jika pekerjaan dilakukan pada salah satu sirkit sedangkan sirkit yang lain masih bervoltase, masing-masing kawat konduktor pada sirkit yang dilakukan pekerjaan, harus dihubungkan dengan konduktor pembumi pada kedua ujung sirkit dan juga pada suatu tempat yang berdekatan dengan tempat akan dilakukan pekerjaan, dengan maksud untuk menghindarkan terjadinya kejutan karena induksi dari sirkit listrik yang bervoltase.

9.9.2.10 Bagian perlengkapan yang telah dibebaskan dari voltase dan akan dibuang muatan listriknya harus diperiksa secara visual dan dengan menggunakan lampu indikator voltase untuk memastikan bahwa bagian tersebut benar-benar telah terputus dari sumbernya. Membuang muatan listrik dapat dilakukan sebagai berikut:

- a) Jika pada perlengkapan listrik tersebut terpasang gawai pbumian permanen, muatan listrik dapat dibuang menurut prosedur yang telah ditentukan.
- b) Jika pada perlengkapan listrik tersebut tidak terpasang gawai pbumi, muatan listrik dapat dibuang dengan cara sebagai berikut:
 - 1) Sepotong kawat tembaga, sebaiknya fleksibel dan telanjang dengan penampang sekurang-kurangnya 16 mm², terlebih dulu dibumikan dengan baik. Pada ujung lainnya diikatkan tongkat yang berinsulasi sesuai dengan voltase kerja perlengkapan. Petugas ahli yang berwenang harus berdiri cukup jauh dari perlengkapan, lalu menyentuhkan kawat pada ujung tongkat kepada semua konduktor perlengkapan sekaligus atau satu persatu.
 - 2) Jika cara a) tidak praktis untuk dilakukan, setelah kawat tembaga tadi dibumikan dengan baik, ujungnya dilemparkan ke konduktor perlengkapan dengan cermat sehingga jatuh tepat pada sasarannya.

9.9.2.11 Sebelum suatu kabel tanah dipotong, orang yang diperintahkan memotong kabel tanah itu harus sudah yakin bahwa kabel tanah tersebut telah bebas dari voltase dan kedua ujungnya telah dibumikan, dan ia juga harus telah melihat bahwa suatu paku besi yang diikat dengan konduktor pbumi telah dipakukan dalam inti kabel tanah ditempat dimana kabel tanah tersebut harus dipotong.

9.9.2.12 Jika melepas konduktor pbumi yang tidak permanen, maka yang dibuka terlebih dahulu adalah ikatan pada perlengkapan listrik yang biasa bervoltase, dan kemudian baru ikatan pada pbumi.

9.9.3 Bekerja pada keadaan bervoltase

9.9.3.1 Bekerja pada keadaan bervoltase dapat dilakukan jika syarat berikut dipenuhi:

- a) Tenaga kerja harus sedikit-dikitnya dua orang, harus ahli, terampil bekerja pada keadaan bervoltase, dan memiliki surat izin kerja dari petugas yang berwenang. Sekurang-kurangnya seorang diantaranya harus bertindak sebagai pengawas ditempat kerja.
- b) Tenaga kerja harus dalam keadaan sehat rohani dan jasmani serta sadar, tidak mengantuk, dan tidak dalam keadaan mabuk.
- c) Tenaga kerja harus berdiri ditempat yang berinsulasi dan atau menggunakan perkakas yang berinsulasi dan andal, atau perlengkapan lain yang memenuhi syarat, sesuai dengan voltase kerja perlengkapan yang akan dikerjakan.
- d) Tenaga kerja harus menggunakan pengaman badan yang sesuai seperti sarung tangan pengaman, topi pengaman, sepatu pengaman dan sabuk pengaman.
- e) Semua perlengkapan harus diperiksa setiap kali akan dipakai sesuai dengan petunjuk yang berlaku.
- f) Keadaan cuaca harus baik, tidak mendung dan tidak hujan bila bekerja di luar ruangan.

9.9.3.2 Dilarang bekerja dalam keadaan bervoltase di:

- a) Ruang dengan bahaya kebakaran atau bahaya ledakan.
- b) Ruang lembab dan ruang sangat panas.

9.9.3.3 Pekerja dilarang menyentuh perlengkapan listrik yang bervoltase dengan tangan telanjang meskipun ia telah membuat dirinya terinsulasi dari bumi.

9.9.3.4 Untuk pelaksanaan pekerjaan pencabangan kabel tanah dalam keadaan bervoltase harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a) Tenaga kerja wajib memakai alat pengaman berupa kaca mata pengaman, sarung tangan pengaman.
- b) Memotong selubung logam harus dengan perkakas khusus yaitu yang tidak merusak kabel tanah.
- c) Jarak rambat antara ujung selubung logam setelah dipotong dan konduktor yang insulasinya akan dikupas harus cukup sehingga tidak mungkin terjadi loncatan listrik dari konduktor ke selubung logam.
- d) Setiap inti kabel tanah harus dilapisi insulasi tambahan yang cukup dan bila perlu inti yang satu direnggangkan dari inti yang lain dengan gawai tertentu.

9.9.4 Bekerja di dekat instalasi yang bervoltase

9.9.4.1 Jarak aman minimum dari perlengkapan yang bervoltase ialah batas jarak terdekat orang dapat bekerja dengan aman dari bahaya yang dapat ditimbulkan oleh perlengkapan tersebut. Untuk berbagai-bagai voltase jarak minimum aman kerja itu adalah sebagai berikut:

Tabel 9.9-1 Jarak aman minimum

Voltase U (antara fase dan bumi) kV	Jarak aman minimum cm
1	50
12	60
20	75
36	100

9.9.4.2 Tenaga kerja yang bekerja di dekat voltase yang lebih tinggi dari pada voltase perlengkapan yang sedang dikerjakannya harus tahu pasti bahwa perlengkapan tersebut bebas dari kebocoran insulasi atau dari imbas yang membahayakan, dan perlengkapan itu harus dibumikan.

9.9.4.3 Di dekat perlengkapan listrik yang bervoltase dilarang menggunakan pengukur panjang atau tali dari logam, atau tali dengan anyaman benang logam.

9.9.4.4 Di dekat bagian bervoltase yang terbuka, dilarang menggunakan tangga kayu atau tangga bambu yang diperkuat dengan batang logam yang memanjang searah dengan arus listrik.

9.9.4.5 Jika jarak aman kerja yang tersebut dalam 9.9.4.1 tidak dapat dipenuhi, tenaga kerja harus menggunakan pengaman dari bahan insulasi yang secara listrik dapat menyekat bagian yang bervoltase.

9.10 Pelayanan

9.10.1 Pelayanan

9.10.1.1 Yang dimaksud dengan pelayanan instalasi listrik ialah segala kegiatan yang mencakup antara lain menyalurkan, memindahkan, mengatur, membagi dan memutus listrik.

9.10.1.2 Pelayanan harus dilakukan sedemikian rupa sehingga aman bagi yang melayani, aman bagi instalasi, instalasi listrik dapat berfungsi dengan baik dan mutu serta keandalan listrik yang disalurkan terjamin.

9.10.1.3 Pasal ini berlaku bagi pelayanan instalasi listrik arus kuat sebagaimana diatur dalam 1.2.

9.10.2 Petugas pelayanan

9.10.2.1 Pelayanan instalasi listrik harus dilakukan oleh tenaga kerja yang khusus terlatih untuk tugas itu atau, jika hal itu tidak mungkin, oleh seseorang di bawah pengawasan dan petunjuk petugas yang ahli. Ketentuan ini tidak berlaku bagi pelayanan sakelar dan tusuk kontak, dan bagi penggantian lampu atau sekering pada instalasi rumah.

9.10.2.2 Penanggung jawab ahli ialah seorang ahli yang ditunjuk oleh pengurus setempat untuk bertanggung jawab atas tugas melayani dan memelihara instalasi listrik.

9.10.2.3 Perlengkapan listrik yang bervoltase menengah atau tinggi harus dilayani dengan menggunakan perkakas yang baik, kecuali jika perlengkapan listrik itu dirancang atau dilengkapi dengan gawai pelayanan khusus sehingga dapat dilayani dengan aman tanpa perkakas.

9.10.3 Ruang bebas

Setiap bagian dimana harus diadakan pemeriksaan dan pelayanan, harus diatur demikian rupa sehingga orang yang berwenang dapat leluasa menjalankan tugasnya. Setiap gang yang mengelilingi mesin dan perlengkapan, seperti generator, transformator dan papan penghubung harus bebas dari penghalang dan harus diatur demikian rupa sehingga orang yang berwenang dapat dengan mudah mencapai semua bagian yang perlu diperiksa dan diawasi.

9.10.4 Pengusahaan instalasi besar (di atas 200 kVA)

Pengusahaan instalasi listrik yang dibangkitkan sendiri dengan daya di atas 200 kVA, harus diselenggarakan dengan suatu organisasi yang baik dan tepat untuk melayani instalasi tersebut, dan mempunyai seorang ahli yang terlatih sebagai penanggung jawab.

9.10.5 Cara membebaskan voltase

9.10.5.1 Agar dapat bekerja dengan aman dibagian instalasi listrik yang memerlukan kondisi tidak bervoltase, tindakan berikut harus dilakukan secara berturut-turut:

- a) Semua sakelar dan kemudian pemisah yang memungkinkan tenaga listrik mengalir ke bagian yang akan dibuat tidak bervoltase harus dibuka dan dikunci.
- b) Elemen sekering yang bersangkutan yang memungkinkan adanya voltase, harus dikeluarkan.
- c) Semua konduktor yang berhubungan ke meter yang memungkinkan adanya voltase harus diputus dan dipisahkan.
- d) Melakukan pembuangan muatan seperti tersebut dalam 9.9.2.10.

9.10.5.2 Dalam keadaan darurat, untuk menyelamatkan jiwa, harta benda, atau instalasi listrik, seseorang yang mengetahui tentang listrik tanpa memberitahukan kepada petugas, dibenarkan mengambil tindakan cepat untuk menghentikan penyaluran tenaga listrik dengan membuka sakelar atau dengan cara lain yang sama.

9.10.6 Mengamankan keadaan tidak bertegangan

Mengamankan keadaan tidak bertegangan harus dilakukan sebagai berikut:

- a) Diperiksa dan dipastikan menurut ketentuan 9.9.2.2.
- b) Dibumikan menurut ketentuan 9.9.2.3.
- c) Konduktor instalasi yang dibebaskan dari tegangan harus dibumikan secara efektif di tempat pemutusan. Jumlah gawai pembedahan dihitung dan dicatat.
- d) Pada pemutus dan pemisah yang mungkin memberikan tegangan kepada bagian instalasi yang akan dibuat tidak bertegangan harus dipasang rambu peringatan yang jelas dan mudah terlihat.
- e) Jika bagian instalasi yang harus dibuat tidak bertegangan mempunyai kemungkinan mendapatkan aliran listrik dari sumber lain, pemutus dan pemisah dari sumber lain itu harus dibuka juga, dan padanya harus dipasang rambu peringatan yang jelas dan mudah terlihat.

9.10.7 Cara memulihkan tegangan

Sebelum memulihkan tegangan kepada instalasi yang dibebaskan dari tegangan, tindakan berikut harus dilakukan secara berturut-turut:

- a) Semua gawai pembedahan harus ditiadakan dan dihitung jumlahnya sesuai catatan.
- b) Hubungan pembedahan dari bagian yang dalam keadaan kerja bertegangan, harus diputus, mula-mula pada bagian tersebut, baru kemudian pada pembedahan.
- c) Ahli yang bertanggung jawab atas pekerjaan atau pengawas, harus yakin bahwa semua pekerjaan instalasi telah dilaksanakan dengan baik dan aman untuk diberi tegangan listrik kembali.
- d) Penanggung jawab yang ahli harus tahu pasti bahwa semua tenaga kerja yang bersangkutan telah meninggalkan tempat kerja mereka. Pada waktunya ia secara pribadi harus memberi tahu mereka masing-masing bahwa tegangan listrik akan dipulihkan.
- e) Semua elemen sekering yang dikeluarkan harus dipasang kembali, dan pemisah harus dimasukkan.
- f) Sirkuit masuk dihubungkan kembali dan rambu peringatan dicabut.

9.11 Hal yang tidak dibenarkan dalam pelayanan

9.11.1 Orang yang tidak berwenang dilarang melayani atau mendekati bagian instalasi yang dapat menimbulkan bahaya.

Larangan ini harus dinyatakan secara tertulis, jelas dan mudah terlihat.

9.11.2 Dilarang melayani instalasi listrik tanpa perintah dari penanggung jawab, kecuali dalam keadaan darurat sebagaimana tersebut pada 9.10.5.2.

9.11.3 Dilarang melayani instalasi listrik :

- a) Seorang diri.
- b) Dalam keadaan gelap.
- c) Dalam keadaan badan atau pakaian basah, termasuk tutup kepala, topi dan sepatu.
- d) Dalam keadaan jasmani dan rohani tidak sehat.

9.11.4 Pada instalasi rumah, seseorang yang mengerti listrik dapat melayani instalasi listrik seorang diri.

9.12 Pemeliharaan

9.12.1 Ketentuan

9.12.1.1 Ruang lingkup

Pemeliharaan instalasi listrik meliputi program pemeriksaan, perawatan, perbaikan, dan uji ulang berdasarkan petunjuk pemeliharaan yang sudah ditentukan, agar keadaan instalasi selalu baik dan bersih, penggunaannya aman, dan gangguan serta kerusakan mudah diketahui, dicegah, atau diperkecil. Tujuannya agar instalasi listrik berfungsi dengan baik.

9.12.1.2 Ketentuan pemeliharaan

9.12.1.2.1 Seluruh instalasi listrik termasuk proteksi, pelindung, dan lengkapannya seperti papan pengenal dan rambu peringatan, serta bangunan instalasinya, harus terpelihara dengan baik.

9.12.1.2.2 Karena instalasi mengalami keausan, penuaan atau kerusakan yang akan mengganggu instalasi maka secara berkala instalasi harus diperiksa dan diperbaiki, dan bagian yang aus, rusak atau mengalami penuaan diganti.

9.12.1.2.3 Insulasi sakelar minyak, transformator dan sebagainya pada waktunya harus dibebaskan dari air, dibersihkan dari debu dan arang, serta dibebaskan dari zat asam, antara lain dengan cara penyaringan.

9.12.1.2.4 Perlengkapan tertentu seperti relai yang bagiannya lebih cepat terganggu kerjanya karena mengalami keausan, penuaan atau kerusakan, harus secara berkala diperiksa dan diuji baik segi mekanis maupun listriknya.

9.12.1.2.5 Dalam melaksanakan pemeliharaan tidak boleh menggunakan perkakas kerja dari bahan yang magnetik dekat pada medan magnet perlengkapan listrik.

9.12.1.2.6 Pelindung dan proteksi, yang selama melaksanakan pemeliharaan dibuka atau dipindahkan, harus segera dipasang kembali setelah pekerjaan selesai.

9.12.1.3 Pemeriksaan berkala

9.12.1.3.1 Semua bagian instalasi listrik harus diperiksa dan dibersihkan secara berkala dan teratur berdasarkan petunjuk, metode dan program yang telah ditentukan.

9.12.1.3.2 Hasil pemeriksaan berkala suatu instalasi harus dibuat dalam laporan tertulis dan dicatat secara teratur.

9.12.2 Gejala kerusakan

Gejala kerusakan insulasi dan gejala ketidakwajaran, yang dapat mengakibatkan bahaya atau kerusakan, harus segera dicari penyebabnya dan diperbaiki atau diganti.

Penjelasan:

- a) Penurunan nilai resistans insulasi instalasi listrik yang cepat dapat mengakibatkan bahaya kerusakan dikemudian hari meskipun nilai resistans insulasi tersebut pada waktu pengamatan masih memenuhi ketentuan dalam 61.3.3 Bagian 6.

- b) Insulator yang retak, terutama untuk voltase menengah dan atau voltase tinggi, yang dapat mengakibatkan gangguan pada perusahaan atau dapat menimbulkan kecelakaan, harus segera diganti. Biasanya retaknya insulator sukar diketahui, oleh karena itu perlu diadakan pemeriksaan rutin terhadap keadaan tersebut.
- c) Perkakas dan perlengkapan kerja seperti tongkat hubung, sarung tangan pengaman, tester dan lain-lain harus diperiksa secara teratur dan saat akan digunakan harus diperiksa terlebih dahulu apakah masih dapat digunakan sesuai dengan fungsinya. Keamanan dan keselamatan para petugas bergantung pada keandalan perkakas dan perlengkapan kerja tersebut.

9.12.3 Pencahayaan di tempat perlengkapan listrik

Agar dapat melayani dan memelihara perlengkapan listrik dengan baik, di tempat perlengkapan tersebut harus tersedia pencahayaan yang cukup.

9.12.4 Peningat

Untuk memudahkan pemeliharaan selanjutnya, maka setiap instalasi dan perlengkapannya yang telah selesai dipelihara, harus diberi tanda peringatan mengenai tanggal pemeliharaan terakhir.

9.12.5 Rambu peringatan

Pada waktu melaksanakan pemeliharaan, petugas harus memperhatikan rambu peringatan bahaya di tempat ia bekerja, untuk meyakinkan agar jangan terjadi kecelakaan pada dirinya atau orang lain.

9.13 Pemeliharaan ruang dan instalasi khusus

9.13.1 Ruang dengan bahaya ledakan

Dalam ruang dengan bahaya ledakan seperti yang dimaksud dalam 8.5:

- a) Tidak diizinkan mengadakan perbaikan dan perluasan instalasi pada keadaan bertegangan kecuali untuk keadaan tertentu diatur lain.
- b) Keadaan aman dari perlengkapan listrik harus tetap terpelihara dengan baik.

9.13.2 Bahan mudah terbakar

Dilarang menyimpan atau menempatkan bahan yang mudah terbakar di daerah yang dapat membahayakan instalasi listrik.

9.13.3 Instalasi darurat

9.13.3.1 Instalasi listrik yang disiapkan untuk melayani keadaan darurat seperti yang dimaksud dalam 8.21, harus diperiksa dan dicoba secara berkala agar keamanan dan keandalannya terjamin.

9.13.3.2 Jika digunakan genset sebagai sumber tenaga listrik, ketentuan dalam 8.21 harus dipenuhi.

9.13.4 Instalasi sementara

Pemeliharaan semua instalasi listrik sementara di lapangan pembangunan, harus diawasi oleh orang yang berwenang dan bertanggung jawab penuh atas keamanan menggunakan, mengubah dan menambah instalasi. Instalasi sementara tersebut harus diperiksa dan diuji secara berkala sesuai dengan 8.18 paling lama tiga bulan sekali sesuai dengan keadaan dan tempat instalasi.