

## **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 <sup>a</sup>	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><sup>a</sup> Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)</p> <p><sup>b</sup> Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan</p> <p><sup>c</sup> 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 <sup>3</sup> 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><sup>a</sup> Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)</p> <p><sup>b</sup> Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan</p> <p><sup>c</sup> 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 <sup>3</sup> 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 <sup>b</sup> 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 <sup>b</sup> 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 <sup>c</sup>	Identik dengan julat suhu dari IEC 60721-3-4 kelas 4K3
<p><sup>a</sup> Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)</p> <p><sup>b</sup> Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan</p> <p><sup>c</sup> Ini berarti bahwa pengaturan khusus perlu dilakukan, misalnya, antara pendesain instalasi dan pabrikan perlengkapan, yaitu untuk perlengkapan didesain khusus</p>					
<p><b>CATATAN 1</b> Semua nilai yang ditentukan adalah nilai maksimum atau nilai batas yang kecil kemungkinannya akan dilampaui</p> <p><b>CATATAN 2</b> 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 <sup>b</sup>	
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 hujan 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 lumener 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><sup>a</sup> Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)</p> <p><sup>b</sup> Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan</p> <p><sup>c</sup> 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"> <li>• Perlengkapan dengan ketinggian kurang dari 850 mm ditempatkan sedemikian sehingga titik terendahnya tidak lebih dari 1 000 mm di bawah permukaan air</li> <li>• 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.</li> </ul> <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><sup>a</sup> Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)</p> <p><sup>b</sup> Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan</p> <p><sup>c</sup> 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 <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> 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 <sup>b</sup>	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
<sup>a</sup> Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)			
<sup>b</sup> Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan			
<sup>c</sup> 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 Perengkapandi desain khusus menurut sifat zat	IEC 60721-3-3, kelas 3C4 IEC 60721-3-4, kelas 4C4
<p><sup>a</sup> Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)</p> <p><sup>b</sup> Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan</p> <p><sup>c</sup> 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 <sup>a</sup>	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
<sup>a</sup> 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 <sup>a</sup>	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
<sup>a</sup> 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 <sup>b</sup>  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	
AM2-3	Tingkat tinggi	Tindakan sesuai	IEC 61000-2-2
<sup>a</sup> Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)			
<sup>b</sup> Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan			
<sup>c</sup> 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		$\pm 1$ 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 Medan listrik	Normal <sup>b</sup> 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	Tingkat diabaikan	Normal <sup>b</sup>	IEC 61000-2-5
	Tingkat menengah Tingkat tinggi Tingkat sangat tinggi	Mengacu ke IEC 61000-2-5 Mengacu ke IEC 61000-2-5 Mengacu ke IEC 61000-2-5	
Fenomena elektromagnetik frekuensi tinggi dikonduksikan, dialirkan atau teradiasi (secara kontinu atau transien)			
AM-21	Voltase atau arus beresilasi dialirkan		IEC 61000-4-6
	Tidak ada klasifikasi	Normal <sup>b</sup>	
<sup>a</sup> Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)			
<sup>b</sup> Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan			
<sup>c</sup> 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 <sup>b</sup> 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 <sup>b</sup>	Tingkat 1
AK-31-2	Tingkat menengah	Normal <sup>b</sup>	Tingkat 2
AM-31-3	Tingkat tinggi	Normal <sup>b</sup>	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	
<sup>a</sup> Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus) <sup>b</sup> Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan <sup>c</sup> 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 <sup>b</sup>	IEC 60721-3-3
AN3	Menengah	$500 \text{ W/m}^2 < \text{intensitas} \leq 700 \text{ W/m}^2$ Harus dibuat susunan yang sesuai <sup>c</sup>	IEC 60721-3-3
	Tinggi	$700 \text{ W/m}^2 < \text{intensitas} \leq 1200 \text{ W/m}^2$ Harus dibuat susunan yang sesuai <sup>c</sup> 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 <sup>2</sup> )	
	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 seismik beresonansi dengan bangunan, efek seismik harus khusus dipertimbangkan. Pada umumnya, frekuensi akselerasi seismik berada antara 0 Hz dan 10 Hz	
AQ	<i>Petir</i>		
AQ1	Diabaikan	$\leq 25$ 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	
<sup>a</sup> Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)			
<sup>b</sup> Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan			
<sup>c</sup> 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 $\leq 1$ m/s Normal <sup>b</sup>	
AR2	Menengah	1 m/s < laju $\leq 5$ m/s Harus dibuat pengaturan yang sesuai <sup>c</sup>	
AR3	Tinggi	5 m/s < laju $\leq 10$ m/s Harus dibuat pengaturan yang sesuai <sup>c</sup>	
AS	<i>Angin</i>		
AS1	Rendah	Laju $\leq 20$ m/s Normal <sup>b</sup>	
AS2	Menengah	20 m/s < laju $\leq 30$ m/s Harus dibuat pengaturan yang sesuai <sup>c</sup>	
AS3	Tinggi	30 m/s < laju $\leq 50$ m/s Harus dibuat pengaturan yang sesuai <sup>c</sup>	
B	<i>Utilisasi</i>		
BA	<i>Kemampuan seseorang</i>		
BA1	Biasa	Orang awam Normal <sup>b</sup>	
BA2	Anak-anak	Lokasi dimaksudkan adanya kelompok anak-anak <sup>d</sup> Perawatan anak-anak Perlengkapan dengan tingkat proteksi lebih tinggi dari IP2XHarus 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><sup>a</sup> Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus)</p> <p><sup>b</sup> Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan</p> <p><sup>c</sup> 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>	
<sup>a</sup> Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus) <sup>b</sup> Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan <sup>c</sup> 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 <sup>b</sup>	
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
<sup>a</sup> Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus) <sup>b</sup> Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan <sup>c</sup> Ini berarti bahwa pengaturan khusus perlu dilakukan, misalnya, antara pendesain instalasi dan pabrikan perlengkapan, yaitu untuk perlengkapan didesain khusus <sup>d</sup> 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 <sup>b</sup>	
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 <sup>b</sup>	
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 <sup>d</sup> 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
<sup>a</sup> Mungkin memerlukan tindakan pencegahan suplemen tertentu (misalnya pelumasan khusus) <sup>b</sup> Ini berarti bahwa perlengkapan biasa akan beroperasi dengan aman pada pengaruh eksternal yang diuraikan <sup>c</sup> Ini berarti bahwa pengaturan khusus perlu dilakukan, misalnya, antara pendesain instalasi dan pabrikan perlengkapan, yaitu untuk perlengkapan didesain khusus <sup>d</sup> 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 tercegah 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:

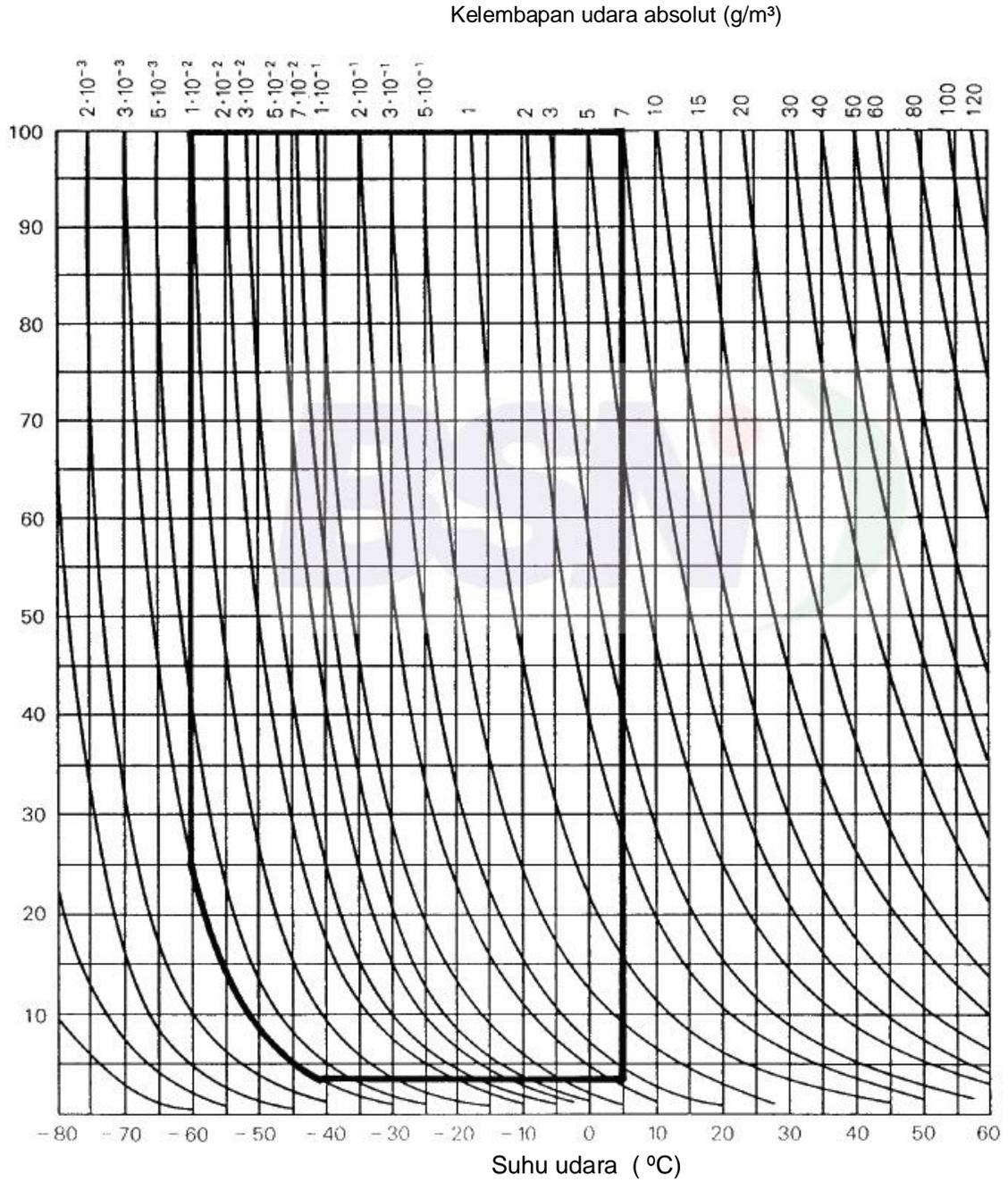
Suatu produk dapat dipilih untuk kondisi instalasi yang tercakup pada kelas AB6. Untuk mendapatkan kelembapan udara relatif mana yang akan ditahan oleh produk pada yang paling parah pada, misalnya 40 °C dalam klimatogram untuk kelas AB6 hingga titik dimana memotong kurva pada 35 g/m<sup>3</sup> kelembapan 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.

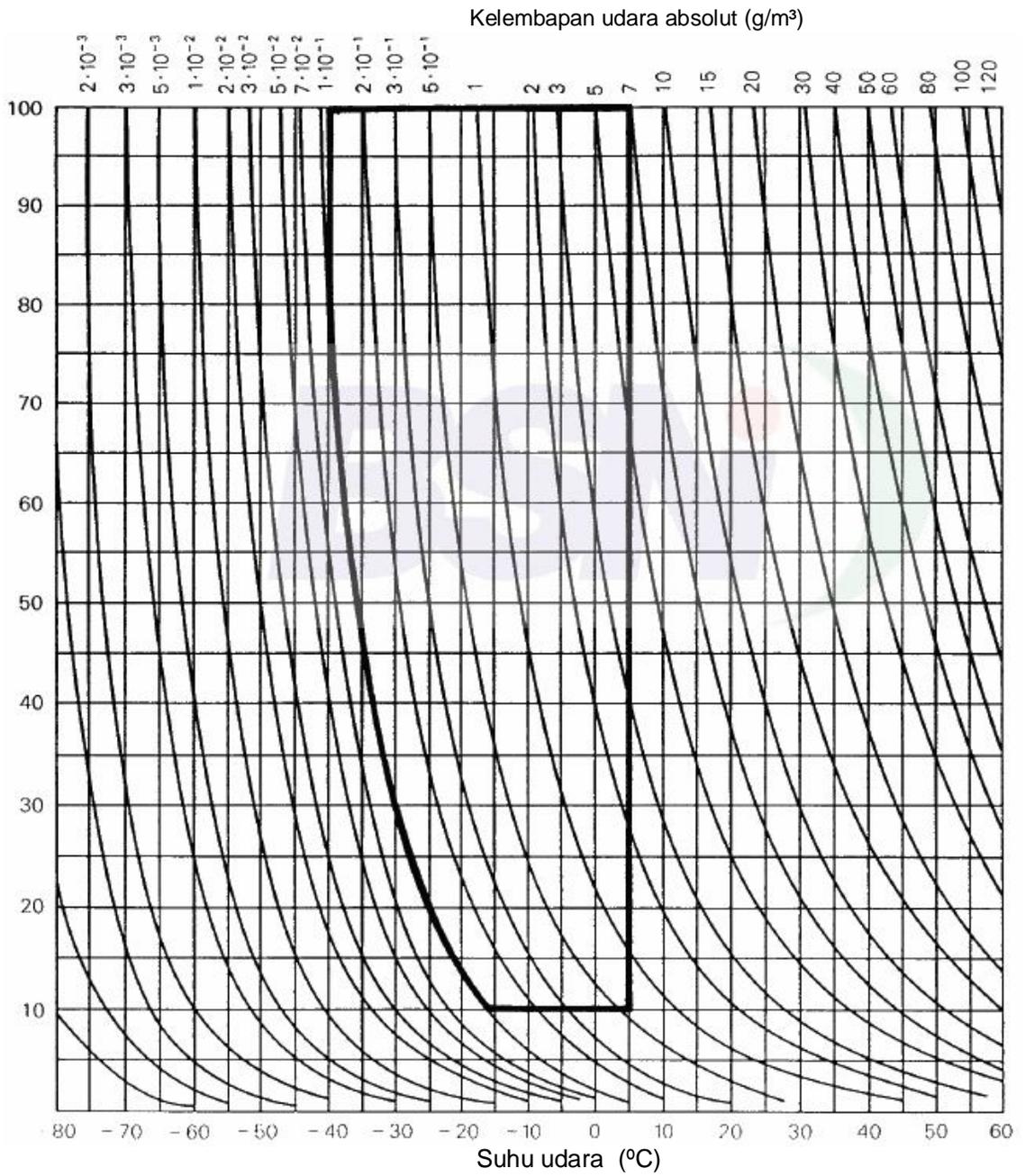
*Kelas AB 1*



*Klimatogram*

Interdependensi dari suhu udara, kelembapan udara relatif dan kelembapan udara absolut.

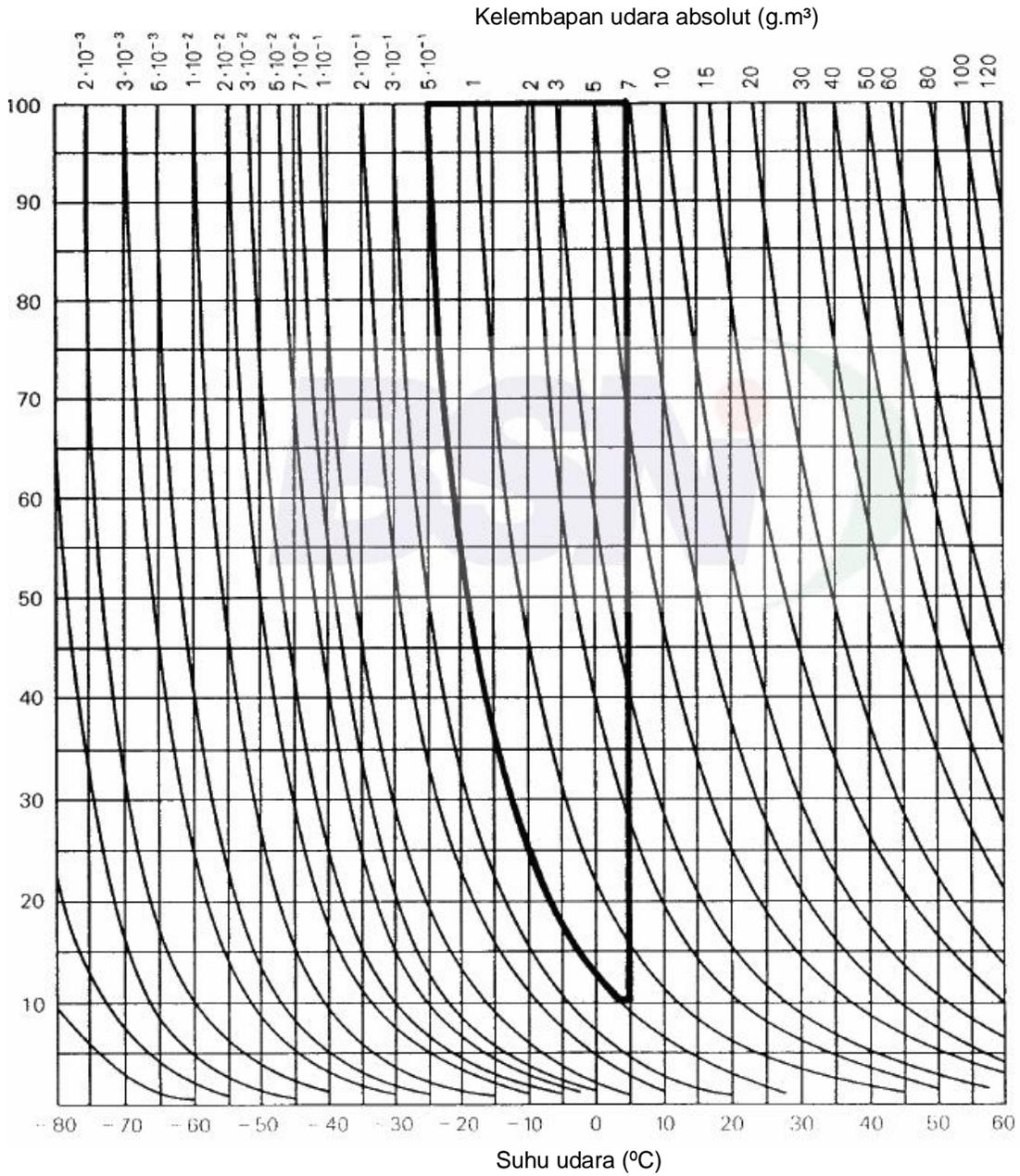
*Kelas AB 2*



Klimatogram

Interdependensi dari suhu udara, kelembapan udara relatif dan kelembapan udara absolut.

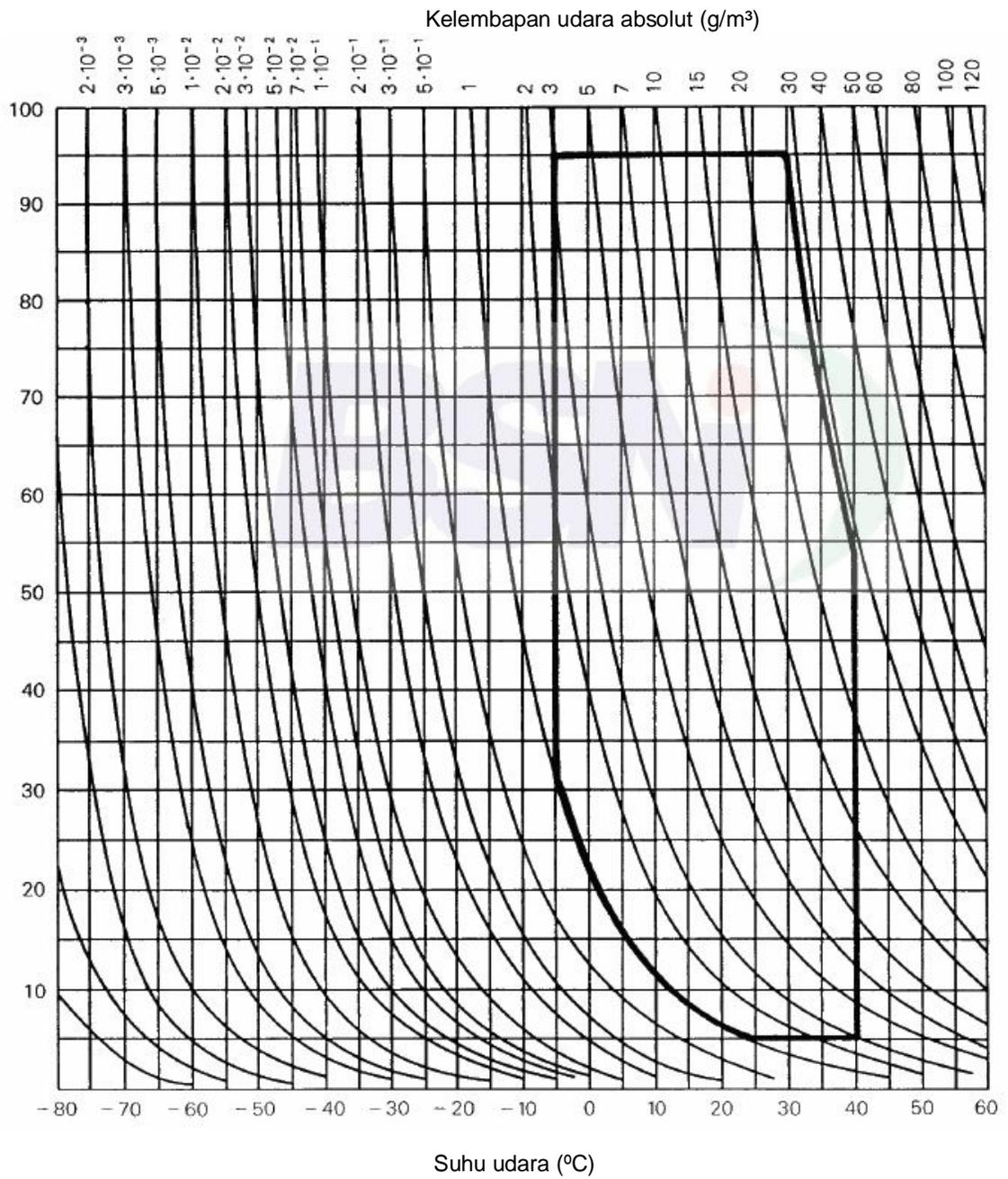
Kelas AB 3



*Klimatogram*

Interdependensi dari suhu udara, kelembapan udara relatif dan kelembapan udara absolut.

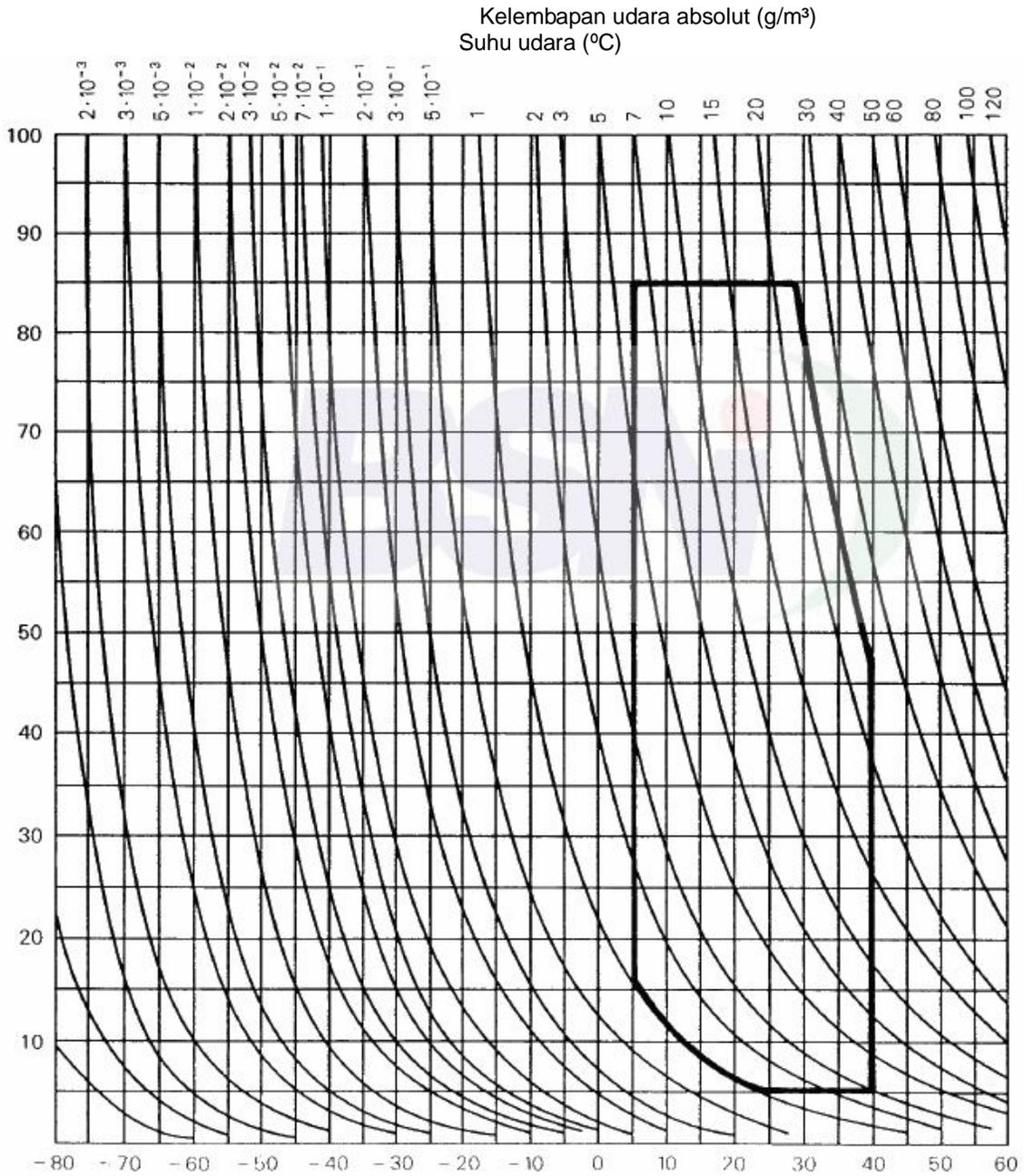
*Kelas AB 4*



*Klimatogram*

Interdependensi dari suhu udara, kelembapan udara relatif dan kelembapan udara absolut.

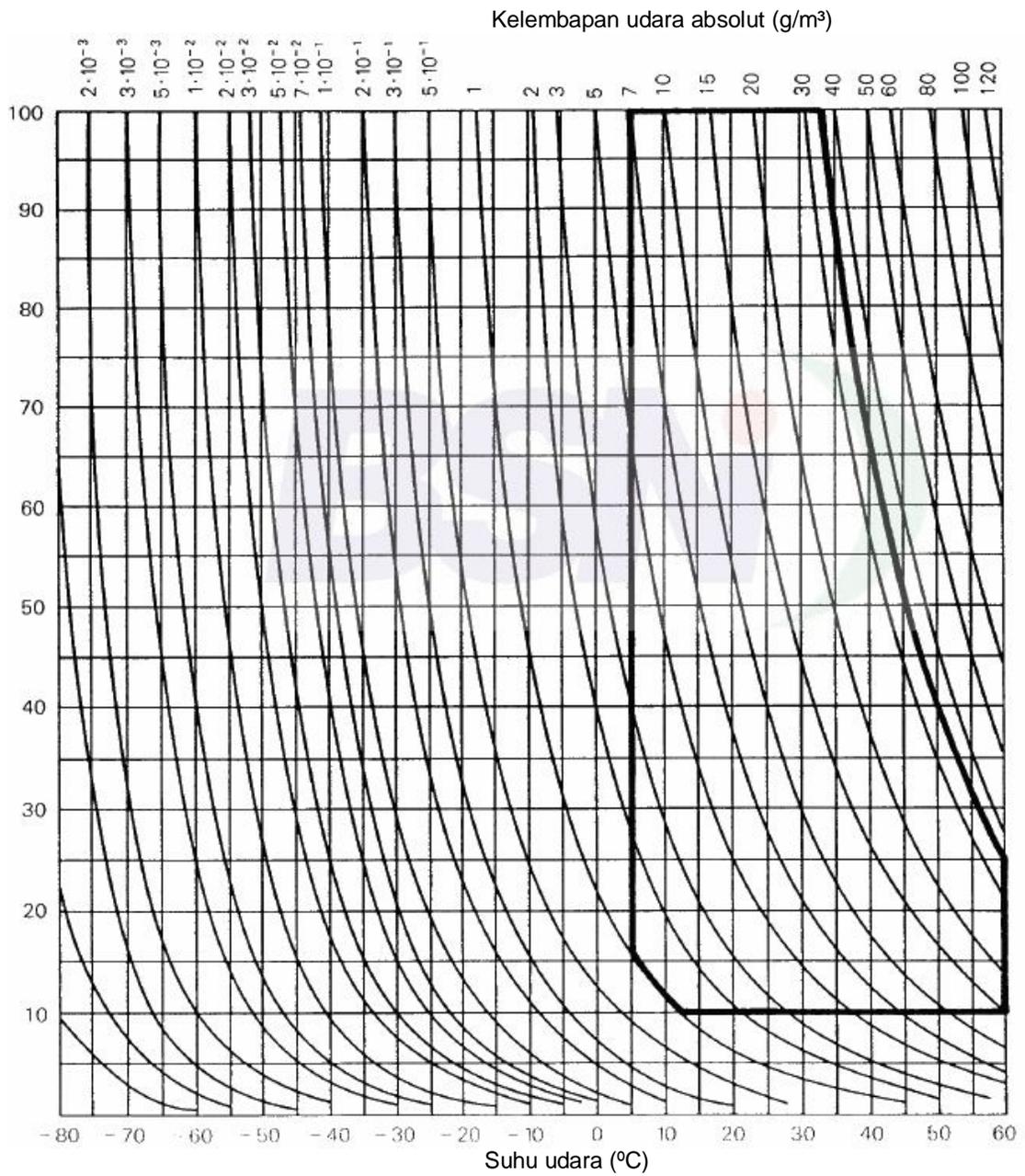
*Kelas AB 5*



*Klimatogram*

Interdependensi dari suhu udara, kelembapan udara relatif dan kelembapan udara absolut.

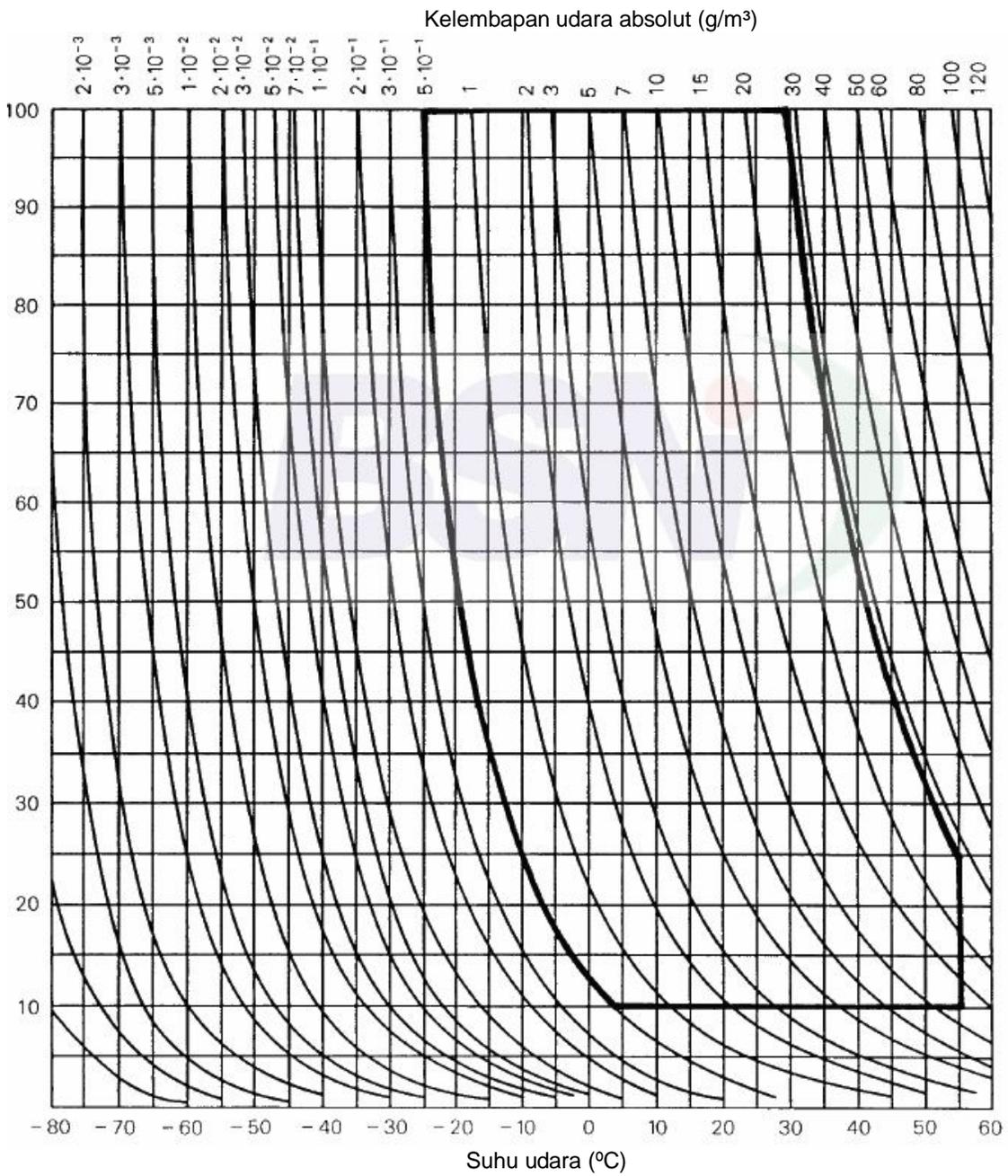
*Kelas AB 6*



*Klimatogram*

Interdependensi dari suhu udara, kelembapan udara relatif dan kelembapan udara absolut.

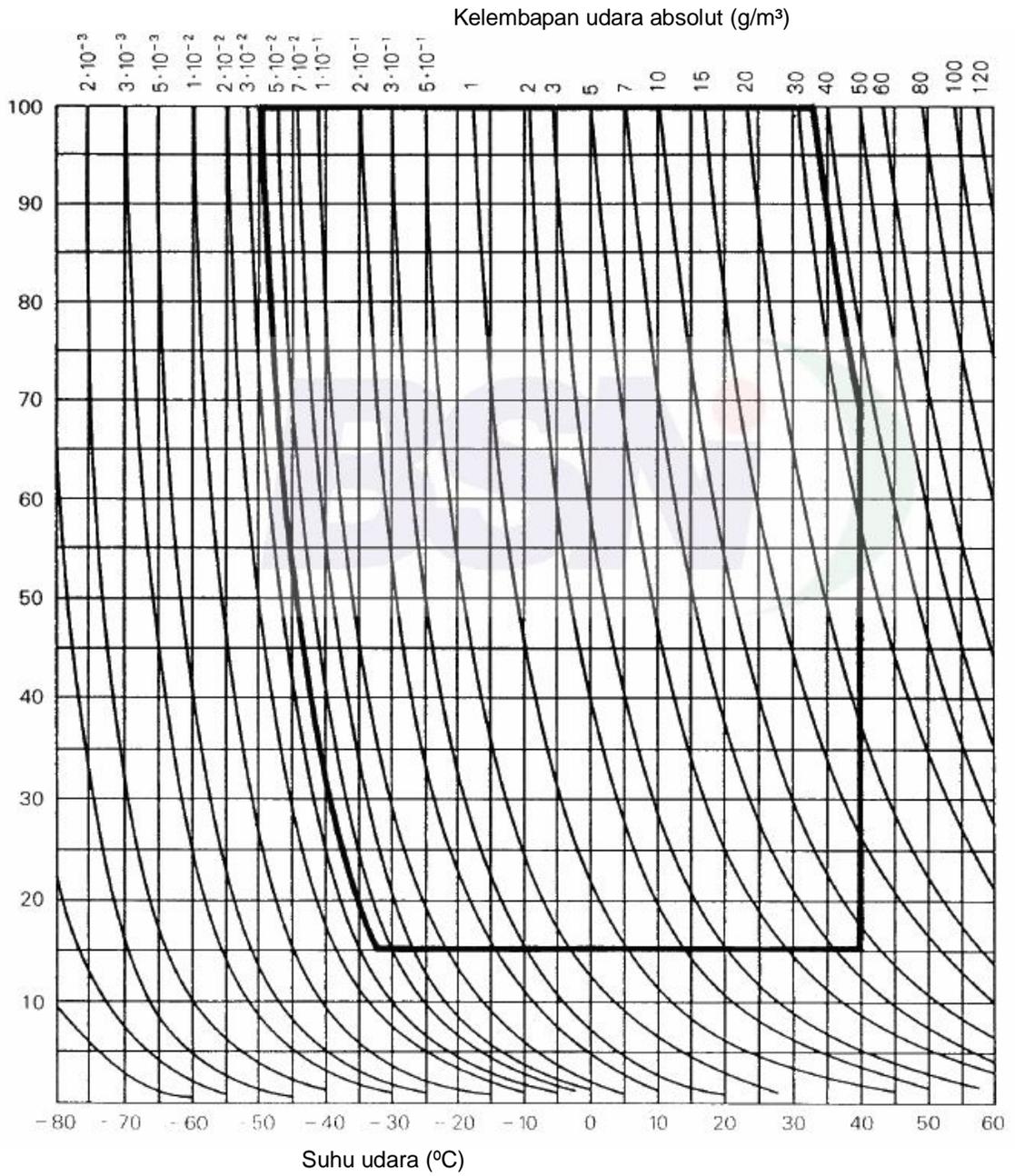
*Kelas AB 7*



*Klimatogram*

Interdependensi dari suhu udara, kelembapan udara relatif dan kelembapan udara absolut.

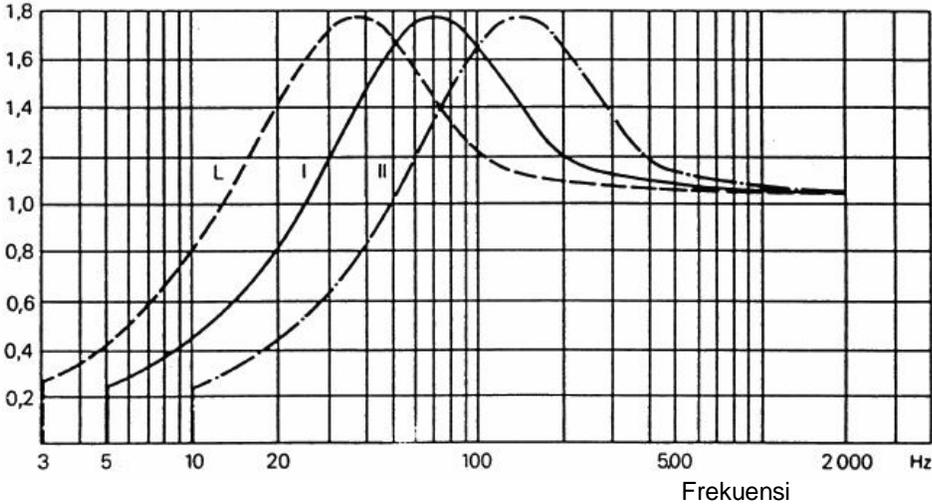
*Kelas AB 8*



**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 <sup>2</sup>		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 <sup>2</sup>	40		40		70		-		-		-		-		-	
Spektrum respons kejut tipe I (â)	m/s <sup>2</sup>	-		--		-		100		-		-		-		-	
Spektrum respons kejut tipe II (â)	m/s <sup>2</sup>	-		-		-		-		250		250		250		250	
<b>CATATAN</b>	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
<sup>a</sup> Baris pertama dalam setiap kotak memperlihatkan penentuan kelas menurut Tabel 51A. Baris kedua memperlihatkan penentuan kelas menurut IEC 60721-3-0.		
<b>CATATAN</b> 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 mm<sup>2</sup> Cu atau 16 mm<sup>2</sup> 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
$\leq 4$ A	2 mA
$> 4$ A tetapi $\leq 10$ 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
$\leq 7$ A	3,5 mA
$> 7$ A tetapi $\leq 20$ 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)*  
*Amandmend 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

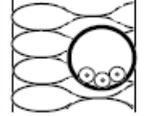
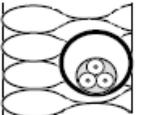
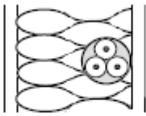
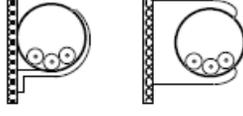
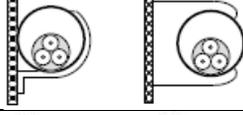
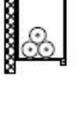
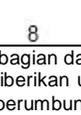
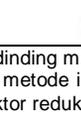
Konduktor dan kabel	Metode pemasangan							
	Tanpa pemagun	Diklip langsung	Konduit	Berumbung kabel (termasuk berumbung pinggiran ( <i>skirt</i> ), berumbung benam di lantai)	Talang kabel	Tangga kabel Rak kabel Braket kabel	Di atas insulator	Kawat penyangga
Konduktor polos	–	–	–	–	–	–	+	–
Konduktor berinsulasi	–	–	+	+	+	–	+	–
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.								

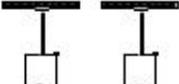
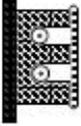
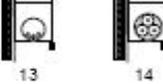
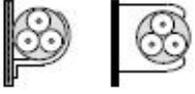
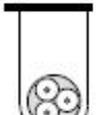
**Tabel 52-3 Contoh metode instalasi yang memberikan pedoman untuk memperoleh KHA**

**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 <sup>a</sup>	A1
2	 <p>Kamar</p>	Kabel multiinti dalam conduit dalam dinding berinsulasi secara termal <sup>a</sup>	A2
3	 <p>Kamar</p>	Kabel multiinti langsung dalam dinding berinsulasi secara termal <sup>a</sup>	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 <sup>b</sup> - arah vertikal <sup>b,c</sup>	B1
7	 <p>7</p>		
8	 <p>8</p>	Kabel multiinti dalam berumbung kabel pada dinding kayu - arah horizontal <sup>b</sup> - arah vertikal <sup>b,c</sup>	Dalam pertimbangan
9	 <p>9</p>		

<sup>a</sup> Permukaan bagian dalam dinding mempunyai konduktans termal tidak kurang dari 10 W/m<sup>2</sup>·K.  
<sup>b</sup> 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.  
<sup>c</sup> Harus diperhatikan jika kabel mengarah vertikal dan ventilasi terbatas. Suhu ambien pada puncak seksi vertikal dapat sangat meningkat.  
<sup>d</sup> Nilai untuk metode acuan B2 dapat digunakan.

Tabel 52-3 (lanjutan)

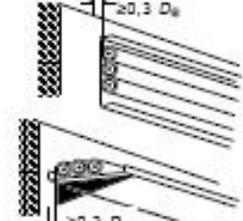
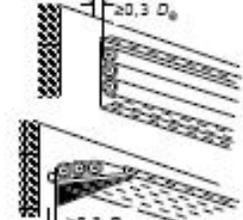
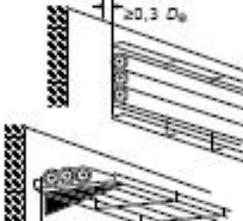
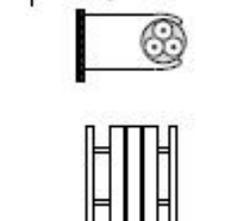
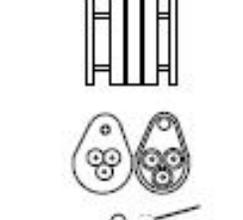
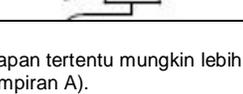
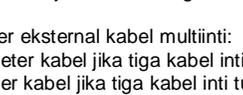
No urut	Metode instalasi	Uraian	Metode acuan instalasi yang digunakan untuk memperoleh KHA (lihat Lampiran A)
10		Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam berumbung kabel gantung <sup>a</sup>	B1
11		Kabel multiinti dalam berumbung kabel gantung <sup>a</sup>	B2
12		Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam cetakan <sup>b</sup>	A1
13		Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal di dalam	B1
14		Kabel multiinti dalam berumbung pinggiran	B2
15		Kabel berinsulasi dalam konduit atau kabel inti tunggal atau multiinti dalam <i>architrave</i> <sup>c</sup>	A1
16		Kabel berinsulasi dalam konduit atau kabel inti tunggal atau multiinti pada rangka jendela <sup>c</sup>	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

<sup>a</sup> 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.

<sup>b</sup> 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.

<sup>c</sup> 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)

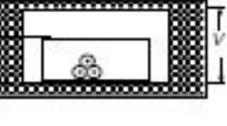
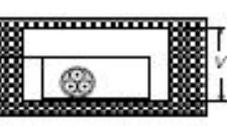
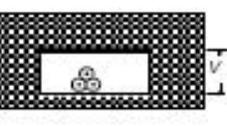
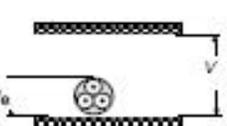
No urut	Metode instalasi	Uraian	Metode acuan instalasi yang digunakan untuk memperoleh KHA (lihat Lampiran A)
30		Pada rak tak berlubang <sup>c</sup>	C dengan nomor urut 2 Tabel A.52-17 <sup>a</sup>
31		Pada rak berlubang <sup>c</sup>	E atau F dengan nomor urut 4 Tabel A.52-17 <sup>a, b</sup>
32		Pada 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

<sup>a</sup> 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).

<sup>b</sup> Harus diperhatikan jika kabel mengarah vertikal dan ventilasi dibatasi. Suhu ambien pada puncak seksi vertikal dapat sangat meningkat.

<sup>c</sup>  $D_e$  = 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

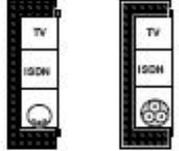
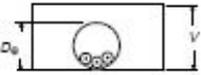
<sup>a</sup> V = dimensi terkecil atau diameter talang atau void tembok, atau kedalaman vertikal talang persegi, void lantai atau plafon.

<sup>b</sup>  $D_e$  = 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.

<sup>c</sup>  $D_e$  = diameter eksternal konduit atau kedalaman vertikal talang kabel.

<sup>d</sup> 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 <sup>a, b</sup>	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
55		Konduktor berinsulasi dalam konduit dalam kanal kabel terbuka atau berventilasi dalam lantai <sup>c, d</sup>	B1
56		Kabel inti tunggal atau multiinti berselubung dalam kanal kabel terbuka atau berventilasi horizontal atau vertikal <sup>d</sup>	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 <sup>e, f</sup>	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 <sup>e, f</sup>	C

<sup>a</sup>  $D_e$  = diameter eksternal konduit  
 $V$  = kedalaman internal kanal.

<sup>b</sup> Harus diperhatikan jika kabel mengarah vertikal dan ventilasi dibatasi. Suhu ambien pada puncak seksi vertikal dapat sangat meningkat.

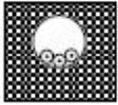
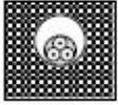
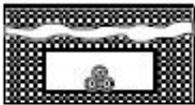
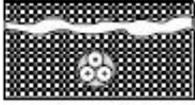
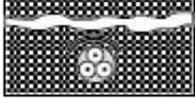
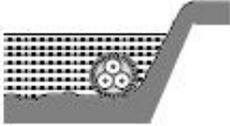
<sup>c</sup> Untuk kabel multiinti yang dipasang dengan metode 55, gunakan peringkat untuk metode acuan B2.

<sup>d</sup> 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.

<sup>e</sup> Untuk kabel yang mempunyai konduktor tidak lebih besar dari 16 mm<sup>2</sup>, KHA dapat lebih tinggi.

<sup>f</sup> 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 <sup>a</sup>	B1
60		Kabel multiinti dalam conduit dalam tembok <sup>a</sup>	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.

<sup>a</sup> 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 <sup>a</sup> °C
Polivinil klorida (PVC)	70 pada konduktor
Polietilen ikat silang (XLPE) dan karet propilen etilen (EPR)	90 pada konduktor <sup>b</sup>
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 <sup>b, c</sup>
<p><sup>a</sup> 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><sup>b</sup> 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><sup>c</sup> 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 mm<sup>2</sup> tembaga atau 70 mm<sup>2</sup> 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 mm<sup>2</sup> tembaga atau 70 mm<sup>2</sup> 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 mm<sup>2</sup> tembaga atau 25 mm<sup>2</sup> aluminium.

**524.3** Untuk sirkit polifase jika setiap konduktor fase mempunyai luas penampang lebih besar dari 16 mm<sup>2</sup> tembaga atau 25 mm<sup>2</sup> 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 mm<sup>2</sup> tembaga atau 25 mm<sup>2</sup> aluminium.

**Tabel 52-5 Luas penampang minimum konduktor**

Jenis sistem perkawatan		Penggunaan sirkit	Konduktor	
			Bahan	Luas penampang mm <sup>2</sup>
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 <sup>a</sup>
		Sirkit voltase ekstra rendah untuk penerapan khusus		0,75
<p><b>CATATAN 1</b> Konektor yang digunakan untuk terminasi konduktor aluminium harus diuji dan disahkan untuk penggunaan spesifik ini.</p> <p><b>CATATAN 2</b> Pada sirkit sinyal dan kendali yang dimaksudkan untuk perlengkapan elektronik, diizinkan menggunakan luas penampang minimum 0,1 mm<sup>2</sup>.</p> <p><sup>a</sup> 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  $710 \text{ mm}^2$  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 mm<sup>2</sup> 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.

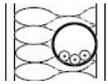
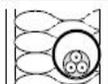
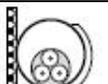
Catatan umum untuk Tabel A.52-1 hingga A.52-21

**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.

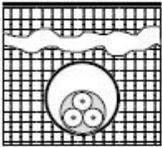
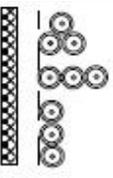
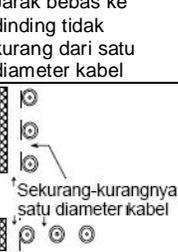
**CATATAN 2** Tabel A.52-1 menampilkan jenis metode instalasi acuan yang diacu tabel KHA. Hal ini tidak berarti bahwa semua jenis ini perlu dicantumkan dalam persyaratan nasional semua negara.

**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 <sup>2</sup>	Metode instalasi Tabel 7.A-1					
	A1	A2	B1	B2	C	D
						
1	2	3	4	5	6	7
<b>Tembaga</b>						
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
<b>Aluminium</b>						
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

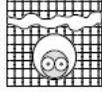
CATATAN Pada kolom 3, 5, 6 dan 7, konduktor bulat dianggap berukuran sampai dengan 16 mm<sup>2</sup>. Nilai untuk ukuran yang lebih besar berkaitan dengan bentuk kompak dan secara aman dapat diterapkan untuk konduktor bulat.

**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 <sup>2</sup>	Metode instalasi Tabel 7.A-1					
	A1	A2	B1	B2	C	D
						
1	2	3	4	5	6	7
<b>Tembaga</b>						
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
<b>Aluminium</b>						
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 mm<sup>2</sup>. 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 <sup>2</sup>	Metode instalasi Tabel 7.A-1					
	A1	A2	B1	B2	C	D
						
1	2	3	4	5	6	7
<b>Tembaga</b>						
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
<b>Aluminium</b>						
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 mm<sup>2</sup>. 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 <sup>2</sup>	Metode instalasi Tabel 7.A-1					
	A1	A2	B1	B2	C	D
						
1	2	3	4	5	6	7
<b>Tembaga</b>						
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
<b>Aluminium</b>						
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 mm<sup>2</sup>. 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**

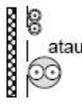
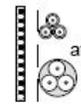
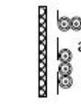
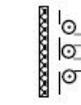
Luas penampang nominal konduktor mm <sup>2</sup>	Jumlah dan susunan konduktor untuk metode C Tabel 7.A-1		
	Dua konduktor berbeban kembar atau inti tunggal	Tiga konduktor berbeban	
		Multiinti atau inti tunggal dalam formasi trefoil	Inti tunggal dalam formasi rata
			
1	2	3	4
<b>500 V</b>			
1,5	23	19	21
2,5	31	26	29
4	40	35	38
<b>750 V</b>			
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**

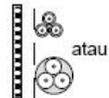
Luas penampang nominal konduktor mm <sup>2</sup>	Jumlah dan susunan konduktor untuk metode C tabel 7.A-1		
	Dua konduktor berbeban kembar atau inti tunggal	Tiga konduktor berbeban	
		Multiinti atau inti tunggal dalam formasi trefoil	Inti tunggal dalam formasi rata
			
1	2	3	4
<b>500 V</b>			
1,5	28	24	27
2,5	38	33	36
4	51	44	47
<b>750 V</b>			
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 <sup>2</sup>	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
<b>500 V</b>					
1,5	25	21	23	26	29
2,5	33	28	31	34	39
4	44	37	41	45	51
<b>750 V</b>					
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 <sup>2</sup>	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
	 atau	 atau	 atau	 $D_e$	 $D_e$
	2	3	4	5	6
<b>500 V</b>					
1,5	31	26	29	33	37
2,5	41	35	39	43	49
4	54	46	51	56	64
<b>750 V</b>					
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 <sup>2</sup>	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 mm<sup>2</sup>. 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 <sup>2</sup>	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 mm<sup>2</sup>. 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 <sup>2</sup>	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 mm<sup>2</sup>. 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 <sup>2</sup>	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 mm<sup>2</sup>. 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 <sup>a</sup>	Insulasi			
	PVC	XLPE dan EPR	Mineral <sup>a</sup>	
			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

<sup>a</sup> 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><b>CATATAN 1</b> 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 <math>\pm 5\%</math>.</p> <p><b>CATATAN 2</b> 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><b>CATATAN 3</b> 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		A.52-8 – A.52-13 Metode E dan F		
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><b>CATATAN 1</b> Faktor ini dapat diterapkan untuk kelompok kabel seragam, berbeban sama.</p> <p><b>CATATAN 2</b> Jika jarak bebas horizontal antara kabel yang berdekatan melebihi dua kali diameter totalnya, tidak ada faktor reduksi yang perlu diterapkan.</p> <p><b>CATATAN 3</b> Faktor yang sama diterapkan untuk: - kelompok dua atau tiga kabel inti tunggal; - kabel multiinti.</p> <p><b>CATATAN 4</b> 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><b>CATATAN 5</b> Jika kelompok terdiri atas <math>n</math> kabel inti tunggal, maka dapat dianggap sebagai <math>n/2</math> sirkit dari dua konduktor berbeban atau <math>n/3</math> sirkit dari tiga konduktor berbeban.</p> <p><b>CATATAN 6</b> 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 <math>\pm 5\%</math>.</p> <p><b>CATATAN 7</b> 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) <sup>a</sup>				
	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

<sup>a</sup> Kabel multiinti



<sup>a</sup> Kabel inti tunggal



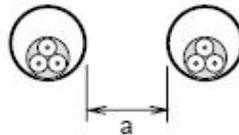
**CATATAN** Nilai yang diberikan berlaku untuk kedalaman instalasi 0,7 m dan resistivitas termal tanah 2,5 K· m/W. Nilai adalah nilai rerata untuk julat ukuran dan jenis kabel yang diberikan untuk Tabel A.52-2 hingga A.52-5. Proses rerata, bersama-sama dengan pembulatan, dalam beberapa hal dapat menyebabkan 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) <sup>a</sup>			
	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

<sup>a</sup> 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) <sup>a</sup>			
	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

<sup>a</sup> 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	<p>Bersentuhan</p> <p>&gt; 20 mm</p>	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	<p>Bersentuhan</p> <p>225 mm</p>	1	0,96	0,86	-	Tiga kabel dalam formasi vertikal
			2	0,95	0,84	-	
Penopang tangga, paku, dsb. (Catatan 3)	32 33 34	<p>Bersentuhan</p> <p>&gt; 20 mm</p>	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	<p>Bersentuhan</p> <p><math>\geq 2D_e</math></p> <p><math>D_e</math></p> <p>&gt; 20 mm</p>	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	<p>Berjarak</p> <p>225 mm</p> <p><math>\geq 2D_e</math></p> <p><math>D_e</math></p>	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	<p>Bersentuhan</p> <p><math>\geq 2D_e</math></p> <p><math>D_e</math></p> <p>&gt; 20 mm</p>	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 <sup>2</sup> ) 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 <sup>2</sup>	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 ( $\text{mm}^2$ ); dalam hal ukuran nominal 50  $\text{mm}^2$ , 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 <sup>2</sup>	10,8	0,6015	8,361	0,6025
	3 > 120 mm <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	15,0	0,625	11,6	0,625
	6 > 16 mm <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	14,46	0,598	11,26	0,602
	3 > 120 mm <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	18,77	0,628	14,8	0,625
6 > 16 mm <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	10,1	0,592	7,712	0,5984
	3 > 120 mm <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	13,5	0,625	10,5	0,625
6 > 16 mm <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	12,95	0,598	10,58	0,592
	3 > 120 mm <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	17,0	0,623	13,5	0,625
6 > 16 mm <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	22,0	0,58	—	—	
	5 > 120 mm <sup>2</sup>	22,0	0,58	1 x 10 <sup>-11</sup>	5,25	
	6 ≤ 120 mm <sup>2</sup>	25,17	0,5785	—	—	
	6 > 120 mm <sup>2</sup>	25,17	0,5785	1,9 x 10 <sup>-11</sup>	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 <sup>2</sup>	27,55	0,5792	—	—	
	5 > 120 mm <sup>2</sup>	27,55	0,5792	1,3 x 10 <sup>-10</sup>	4,8	
	6 ≤ 120 mm <sup>2</sup>	31,58	0,5791	—	—	
	6 > 120 mm <sup>2</sup>	31,58	0,5791	1,8 x 10 <sup>-7</sup>	3,55	
	A.52-10	2 ≤ 16 mm <sup>2</sup>	16,8	0,62	—	—
		2 > 16 mm <sup>2</sup>	14,9	0,646	—	—
3 ≤ 16 mm <sup>2</sup>		14,30	0,62	—	—	
3 > 16 mm <sup>2</sup>		12,9	0,64	—	—	
4		17,1	0,632	—	—	
5 ≤ 300 mm <sup>2</sup>		13,28	0,6564	—	—	
5 > 300 mm <sup>2</sup>		13,28	0,6564	6 x 10 <sup>-5</sup>	2,14	
6 ≤ 300 mm <sup>2</sup>		13,75	0,6581	—	—	
6 > 300 mm <sup>2</sup>		13,75	0,6581	1,2 x 10 <sup>-4</sup>	2,01	
7		18,75	0,637	—	—	
8		15,8	0,654	—	—	
A.52-11	2 ≤ 16 mm <sup>2</sup>	12,8	0,627	—	—	
	2 > 16 mm <sup>2</sup>	11,4	0,64	—	—	
	3 ≤ 16 mm <sup>2</sup>	11,0	0,62	—	—	
	3 > 16 mm <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	20,5	0,623	—	—	
	2 > 16 mm <sup>2</sup>	18,6	0,646	—	—	
	3 ≤ 16 mm <sup>2</sup>	17,8	0,623	—	—	
	3 > 16 mm <sup>2</sup>	16,4	0,637	—	—	
	4	20,8	0,636	—	—	
	5 ≤ 300 mm <sup>2</sup>	16,0	0,6633	—	—	
	5 > 300 mm <sup>2</sup>	16,0	0,6633	6 x 10 <sup>-4</sup>	1,793	
	6 ≤ 300 mm <sup>2</sup>	16,57	0,665	—	—	
	6 > 300 mm <sup>2</sup>	16,57	0,665	3 x 10 <sup>-4</sup>	1,876	
	7	22,9	0,644	—	—	
8	19,1	0,662	—	—		
A.52-13	2 ≤ 16 mm <sup>2</sup>	16,0	0,625	—	—	
	2 > 16 mm <sup>2</sup>	13,4	0,649	—	—	
	3 ≤ 16 mm <sup>2</sup>	13,7	0,623	—	—	
	3 > 16 mm <sup>2</sup>	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 mm<sup>2</sup> 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 mm<sup>2</sup>.

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 mm<sup>2</sup>.

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 mm<sup>2</sup>.

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 <sup>a</sup>  mm	Jarak maksimum klip <sup>b</sup> 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
$20 < D \leq 40$ <sup>c</sup>	400	550	–	–

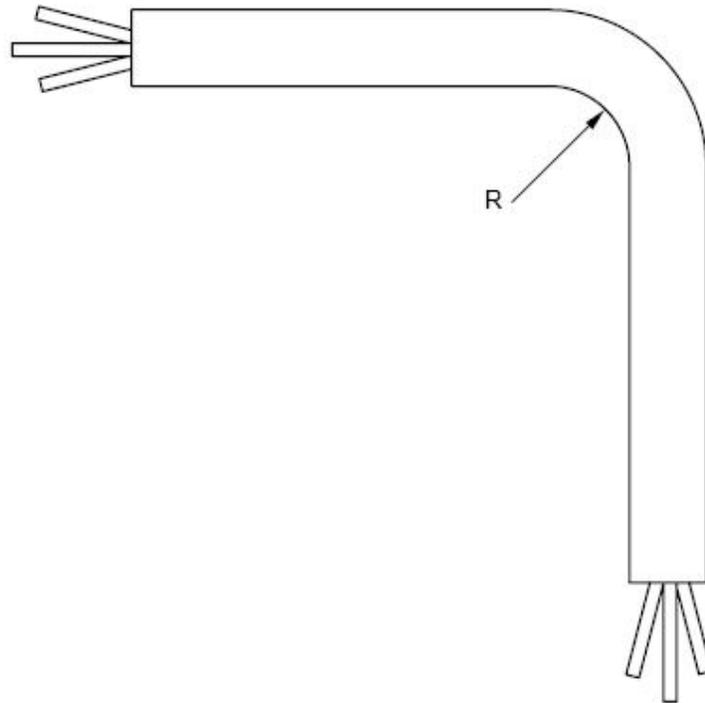
<sup>a</sup> Untuk kabel pipih, hal ini diambil sebagai pengukuran sumbu utama.  
<sup>b</sup> Jarak yang dinyatakan untuk arah horizontal juga dapat diterapkan untuk arah pada sudut lebih dari 30° terhadap vertikal. Untuk arah pada sudut 30° atau kurang terhadap vertikal, dapat diterapkan jarak vertikal.  
<sup>c</sup> Untuk jarak penyangga kabel berdiameter total melebihi 40 mm, dan untuk kabel inti tunggal yang mempunyai konduktor berluas penampang 300 mm<sup>2</sup> 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  $(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$**

Jenis kabel	Radius belokan minimum			
	Diameter kabel mm $\leq 8$	Diameter kabel mm $> 8 \leq 12$	Diameter kabel mm $> 12 \leq 20$	Diameter kabel mm $> 20$
Kabel untuk instalasi magun:				
Penggunaan normal	$4 D$	$5 D$	$6 D$	$6 D$
Belokan hati-hati pada terminasi	$2 D$	$3 D$	$4 D$	$4 D$

**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 <sup>2</sup>	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 <sup>a</sup>	5,7	6,6	7,8
35 <sup>a</sup>	6,7	7,9	9,2
50 <sup>a</sup>	7,8	9,1	11,0
70 <sup>a</sup>	9,4	11,0	13,1
95 <sup>a</sup>	11,0	12,9	15,1
120 <sup>a</sup>	12,4	14,5	17,0
150 <sup>a</sup>	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.

<sup>a</sup> 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 <sup>2</sup>	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 mm<sup>2</sup> tidak diberikan karena teknologi pengompakan umumnya belum mantap.

**CATATAN 2** Tidak ada nilai yang diberikan untuk konduktor tembaga kompak pada julat ukuran 1,5 mm<sup>2</sup> hingga 6 mm<sup>2</sup>.

Tabel F.52.3 Diameter maksimum dan minimum konduktor aluminium bulat padat

1	2	3
Luas penampang mm <sup>2</sup>	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 <sup>a</sup>
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 <b>CATATAN 1</b> $U_o$ adalah voltase lin ke netral sistem voltase rendah, <b>CATATAN 2</b> Tabel ini didasarkan pada IEC 61643-1 amandemen 1.					
<sup>a</sup> 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.

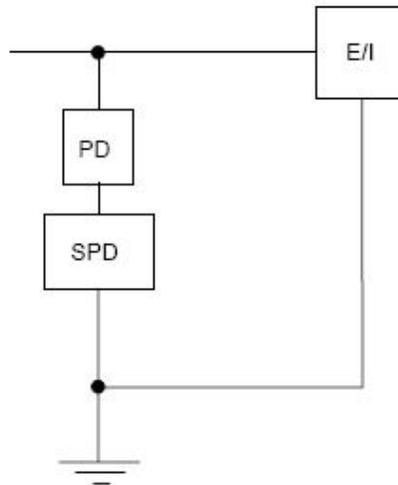
Jika GPAL F1 (yang merupakan bagian instalasi, lihat gambar dalam Lampiran A hingga D) mempunyai peringkat lebih kecil dari atau sama dengan peringkat maksimum yang direkomendasikan untuk GPAL F2, maka F2 dapat dihilangkan.

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).

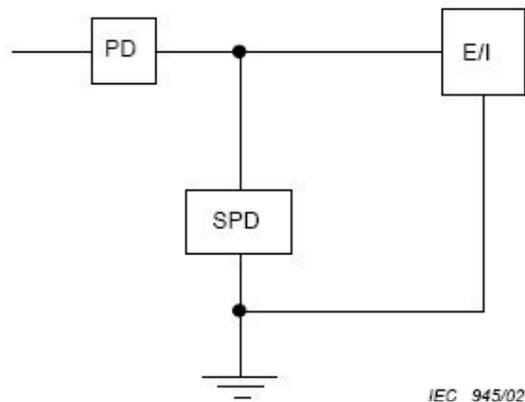


PD : gawai proteksi dari GPS

SPD ; gawai proteksi surja

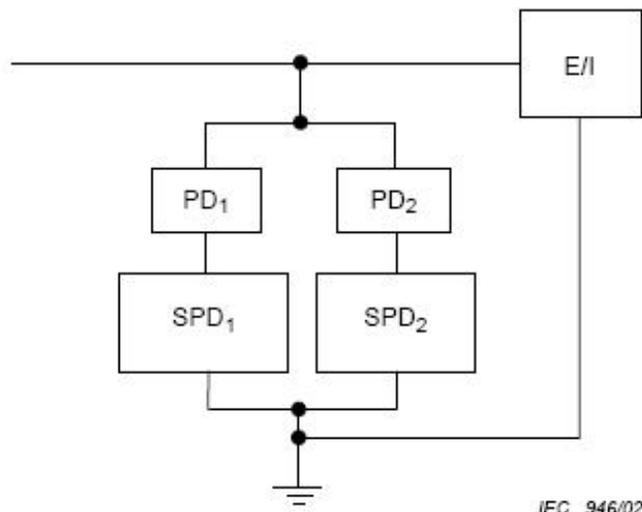
E/I : perlengkapan atau instalasi yang harus diproteksi terhadap voltase lebih

**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**

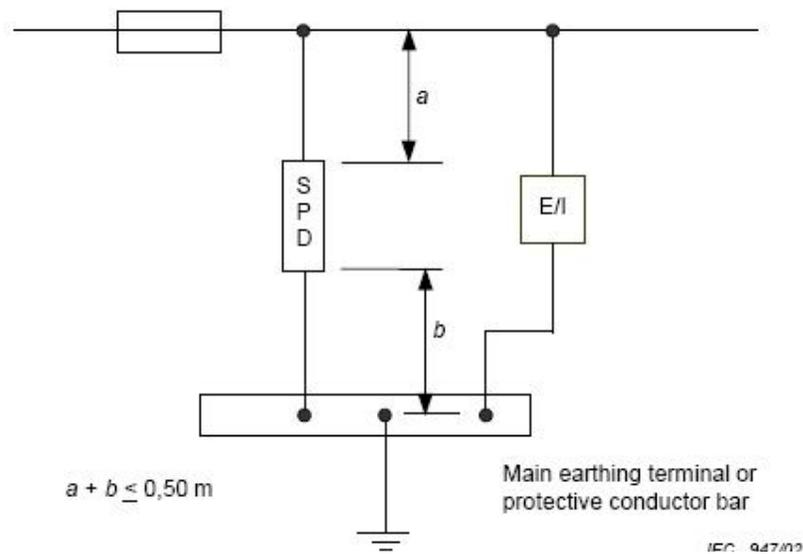
Indikasi bahwa GPS tidak lagi memberikan proteksi voltase lebih harus disediakan:

- dengan indikator status GPS, atau
- dengan GPS terpisah seperti ditunjukkan dalam 534.2.4.

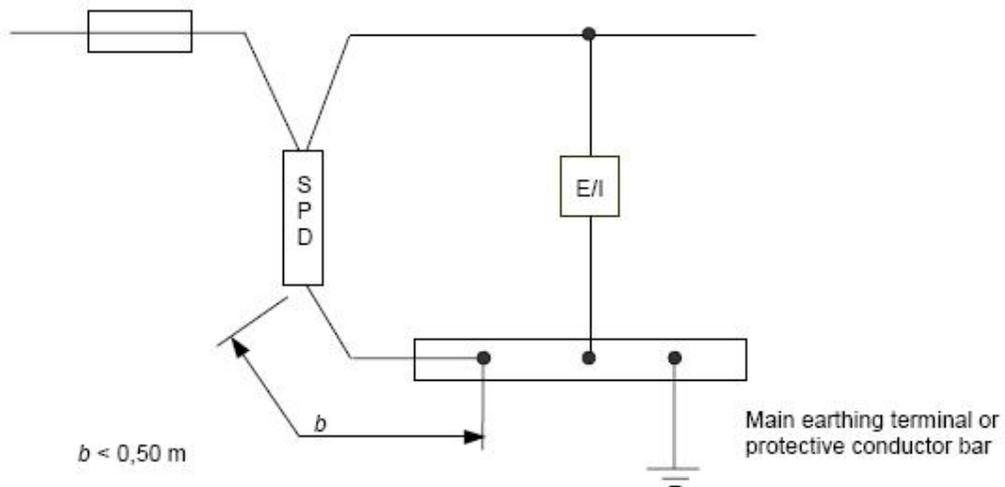
#### **534.2.9 Konduktor hubung**

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<sup>2</sup> tembaga atau setara.

Jika terdapat sistem proteksi petir, luas penampang minimum 16 mm<sup>2</sup> 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 mengenyainya 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 <sup>a</sup>	Voltase ketahanan impuls untuk gawai isolasi kV	
	Voltase lebih kategori III	Voltase lebih kategori IV
Sistem fase tiga V		
230/400	5	8

<sup>a</sup> 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**

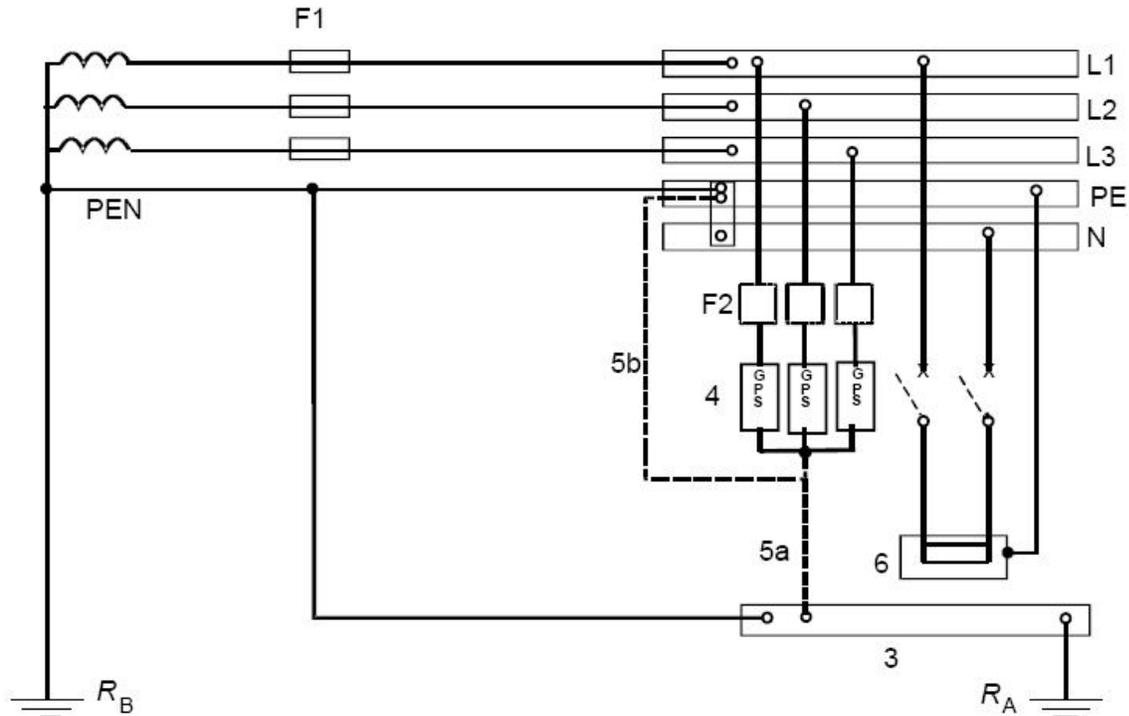
**536.5.4.1** Sirkuit kendali motor harus didesain sedemikian untuk mencegah setiap motor dari pengasutan ulang secara otomatis setelah kemacetan karena jatuh atau hilang voltase, jika pengasutan tersebut dapat menyebabkan bahaya.

**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

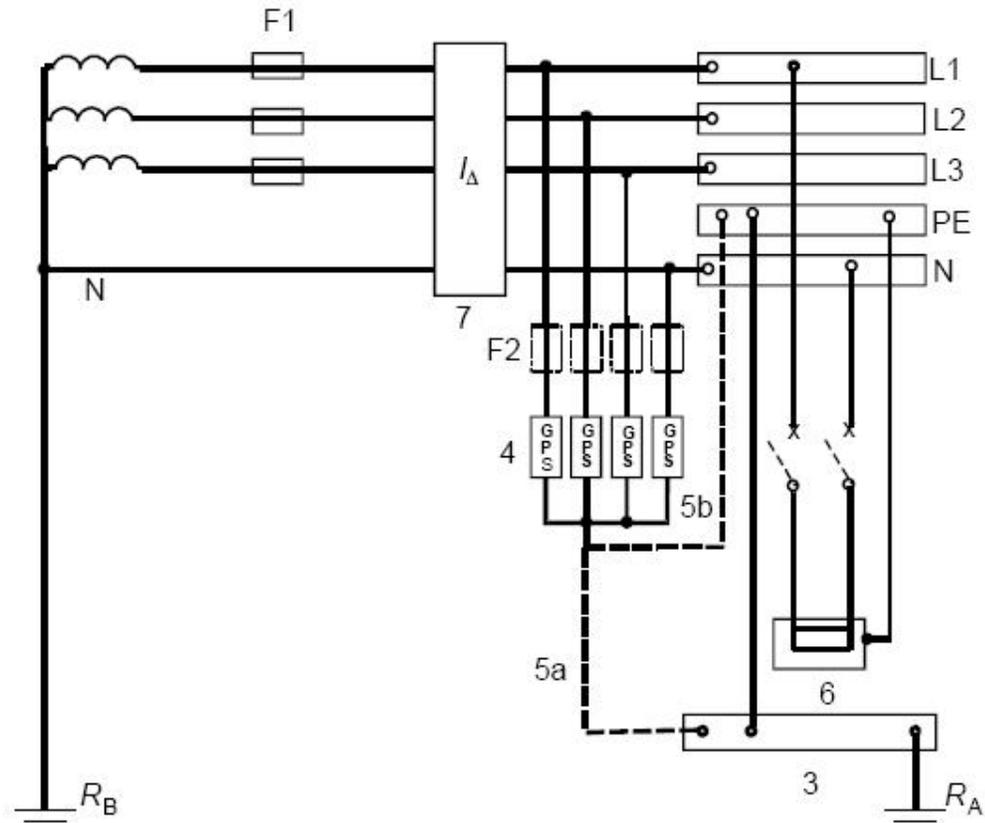


- 3 Terminal atau rel pembumian utama
- 4 GPS yang memberikan proteksi terhadap voltase lebih kategori II
- 5 Hubungan pembumian GPS, 5a atau 5b
- 6 Perlengkapan yang diproteksi
- F1 Gawai proteksi di awal instalasi
- F2 Gawai proteksi yang disyaratkan oleh pabrikan GPS
- $R_A$  Elektode pembumian (resistans pembumian) GPS
- $R_B$  Elektode pembumian (resistans pembumian) sistem suplai

Gambar A.1 – GPS pada sistem TN

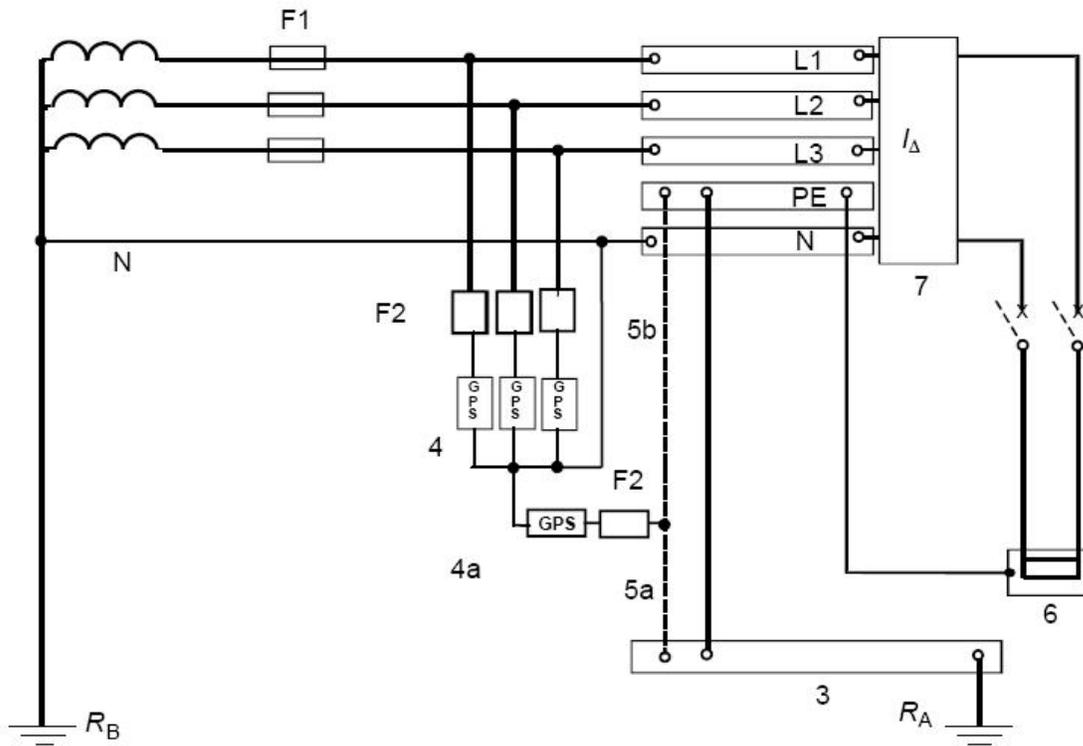
**Lampiran B**  
(informatif)

**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)]**

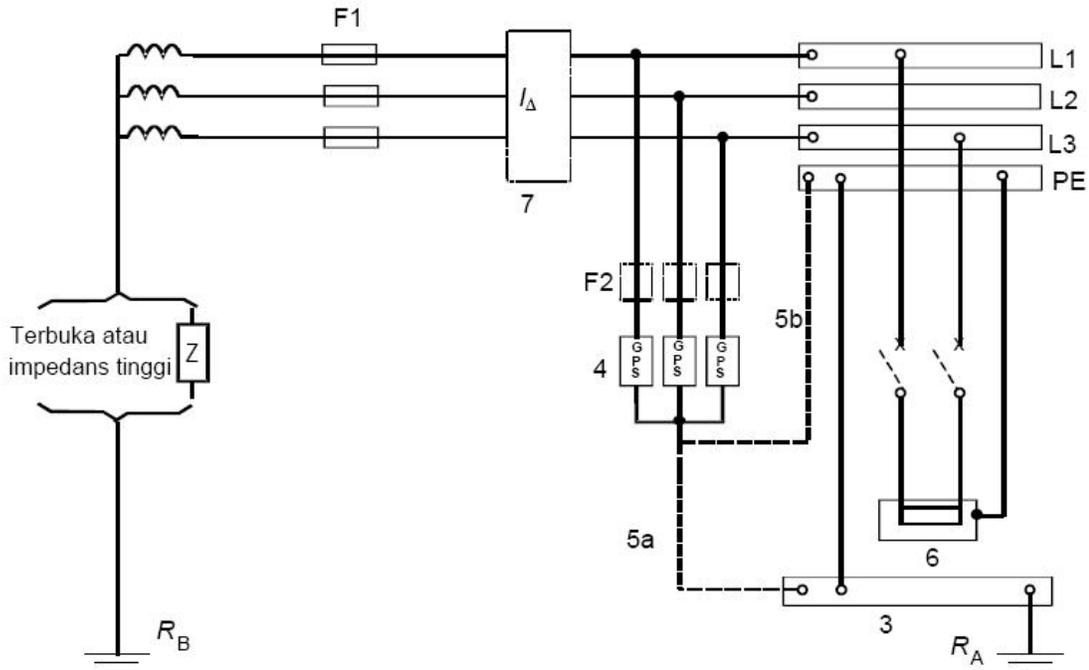


- 3 Terminal atau rel pembumian utama
- 4 GPS  
4a GPS  
(kombinasi 4-4a, yang memberikan proteksi terhadap voltase lebih kategori II)
- 5 Hubungan pembumian GPS, 5a dan/atau 5b
- 6 Perlengkapan yang diproteksi
- 7 GPAS, ditempatkan di hulu atau hilir rel
- F1 Gawai proteksi di awal instalasi
- F2 Gawai 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

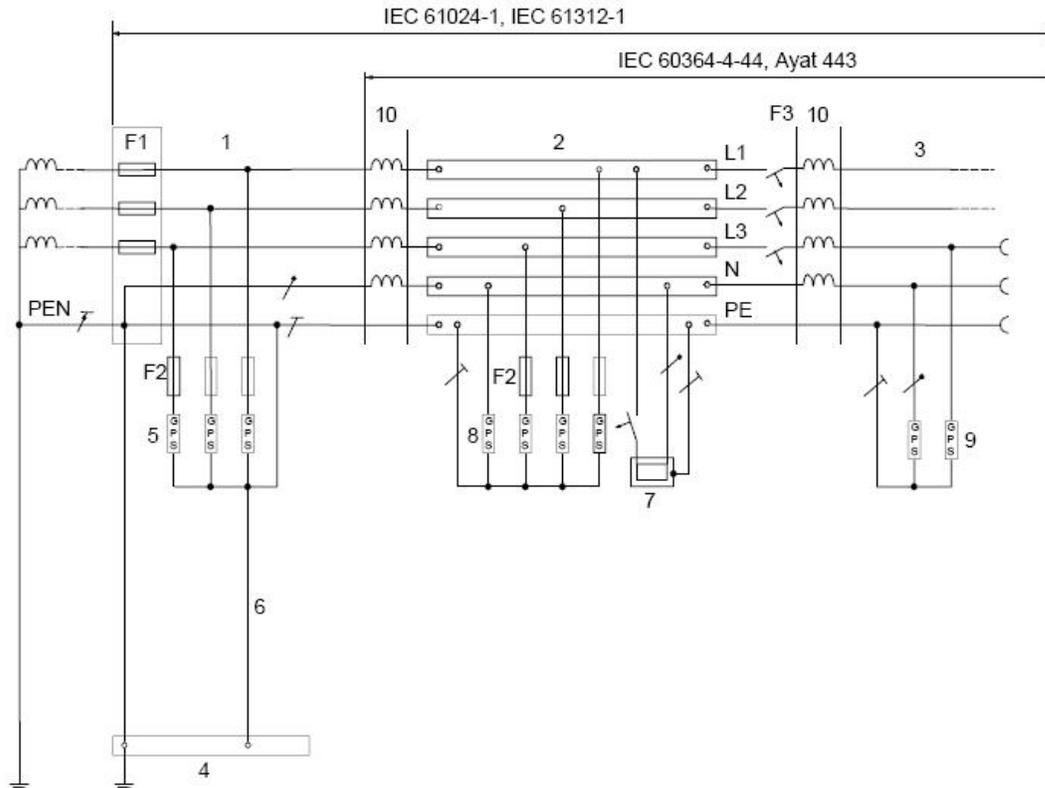


- 3 Terminal atau rel pembumian utama
- 4 GPS yang memberikan proteksi terhadap voltase lebih kategori II
- 5 Hubungan pembumian GPS, 5a dan/atau 5b
- 6 Perlengkapan yang diproteksi
- 7 GPAS
- F1 Gawai proteksi di awal instalasi
- F2 Gawai proteksi yang disyaratkan oleh pabrikan GPS
- $R_A$  Elektode 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 pembumian utama
- 5 GPS, kelas uji I
- 6 Hubungan pembumian (konduktor pembumian) 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 <sup>2</sup>	Tebal mm	Tebal lapisan/ selubung		
						Nilai individu µm	Nilai rerata µm	
Baja	Galvanis celup panas <sup>a</sup> atau Tahan karat <sup>a, b</sup>	Pita <sup>c</sup>		90	3	63	70	
		Profil		90	3	63	70	
		Batang bulat untuk elektrode bumi	16			63	70	
		Kawat bulat untuk elektrode permukaan	10				50 <sup>e</sup>	
		Pipa	25		2	47	55	
		Pelat		0,5 m <sup>2</sup> hingga 1 m <sup>2</sup>	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 <sup>a</sup>	Strip		50	2		
			Kawat bulat untuk elektrode permukaan <sup>g</sup>		25 <sup>f</sup>			
Konduktor pilin			1,8 untuk serat kawat individual	25				
Pipa			20		2			
Pelat				0,5 m <sup>2</sup> hingga 1 m <sup>2</sup>	1,5			
Berlapis timah putih		Konduktor pilin	1,8 untuk pilanan kawat individu	25		1	5	
Berlapis seng		Pita <sup>d</sup>		50	2	20	40	

<sup>a</sup> Dapat juga digunakan untuk elektrode yang tertanam dalam beton.

<sup>b</sup> Tanpa pelapisan.

<sup>c</sup> Sebagai strip gulungan atau strip tipis dengan sudut dibulatkan.

<sup>d</sup> Strip dengan sisi dibulatkan.

<sup>e</sup> Dalam hal pelapisan celup kontinu, saat ini hanya setebal 50 µm yang secara teknis dapat dilakukan.

<sup>f</sup> Jika pengalaman menunjukkan bahwa risiko korosi dan kerusakan mekanis sangat rendah, dapat digunakan 16 mm<sup>2</sup>

<sup>g</sup> 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  $16 \text{ mm}^2$  dan pada tembaga  $10 \text{ mm}^2$ .

**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.

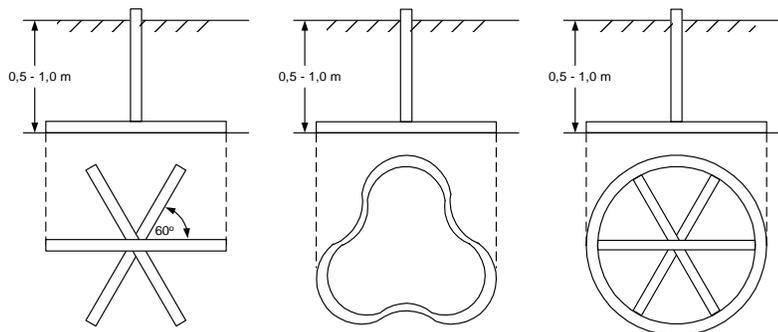
**542.2.6** Pipa logam untuk cairan atau gas yang mudah terbakar tidak boleh digunakan sebagai elektrode bumi.

**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 ( $\Omega$ -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 pbumian 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 $\pm 1$ m di bawah permukaan tanah	
	Panjang (m)				Panjang (m)				Ukuran (m <sup>2</sup> )	
	10	25	50	100	1	2	3	5	0,5x1	1x1
Resistans pbumian ( $\Omega$ )	20	10	5	3	70	40	30	20	35	25

**Keterangan :**

Untuk resistans jenis yang lain ( $\rho$ ), maka besar resistans pbumian 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 pbumian 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 pbumian.

**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 pbumian agar diperhatikan. Panjang elektrode bumi agar disesuaikan dengan resistans pbumian yang dibutuhkan. Resistans pbumian 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 pbumian terkecil. Cara lain misalnya terpasang zig-zag atau menggelombang, menghasilkan resistans pbumian 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 pbumian 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 pbumian yang diperlukan (lihat Tabel 54.3).

Resistans pbumian sebagian besar tergantung pada panjangnya dan sedikit bergantung pada ukuran penampangnya. Jika beberapa elektrode diperlukan untuk memperoleh resistans pbumian 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**

	<b>Diproteksi secara mekanis</b>	<b>Tidak diproteksi secara mekanis</b>
Diproteksi terhadap korosi	2,5 mm <sup>2</sup> Cu 10 mm <sup>2</sup> Fe	16 mm <sup>2</sup> Cu 16 mm <sup>2</sup> Fe
Tidak diproteksi terhadap korosi	25 mm <sup>2</sup> Cu 50 mm <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	Luas penampang minimum konduktor proteksi terkait mm <sup>2</sup>
	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 mm<sup>2</sup>.

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 mm<sup>2</sup> Cu/16 mm<sup>2</sup> Al jika disediakan proteksi terhadap kerusakan mekanis,
- 4 mm<sup>2</sup> Cu/16 mm<sup>2</sup> 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 apparatus 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 mm<sup>2</sup> Cu atau 16 mm<sup>2</sup> 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 mm<sup>2</sup> Cu atau 16 mm<sup>2</sup> 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 mm<sup>2</sup> tembaga; atau
- 16 mm<sup>2</sup> aluminium; atau
- 50 mm<sup>2</sup> 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  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- $\beta$  adalah kebalikan koefisien suhu dari resistivitas pada  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  untuk konduktor ( $^\circ\text{C}$ );
- $\rho_{20}$  adalah resistivitas listrik bahan konduktor pada  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $\Omega \cdot \text{mm}$ );
- $\theta_i$  adalah suhu awal konduktor ( $^\circ\text{C}$ ),
- $\theta_f$  adalah suhu akhir konduktor ( $^\circ\text{C}$ ).

**Tabel A.54.1 – Nilai parameter untuk berbagai bahan yang berbeda**

Bahan	$\beta^a$ $^\circ\text{C}$	$Q_c^b$ $\text{J}/^\circ\text{C} \cdot \text{mm}^3$	$\rho_{20}$ $\Omega \cdot \text{mm}$	$\sqrt{\frac{Q_c (\beta + 20)}{\rho_{20}}}$ $A\sqrt{\text{s}/\text{mm}^2}$
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	$1,45 \times 10^{-3}$	$214 \times 10^{-6}$	41
Baja	202	$3,8 \times 10^{-3}$	$138 \times 10^{-6}$	78

<sup>a</sup> Nilai diambil dari Tabel 1 dari IEC 60287-1-1.  
<sup>b</sup> 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 <sup>b</sup>		Bahan konduktor <sup>c</sup>		
	Awal	Akhir	Tembaga	Aluminium	Baja
			Nilai untuk $k^c$		
PVC 70 °C	30	160/140 <sup>a</sup>	143/133 <sup>a</sup>	95/98 <sup>a</sup>	52/49 <sup>a</sup>
PVC 90 °C	30	160/140 <sup>a</sup>	143/133 <sup>a</sup>	95/98 <sup>a</sup>	52/49 <sup>a</sup>
Thermosetting 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

<sup>a</sup> Nilai lebih rendah berlaku untuk konduktor berinsulasi PVC dengan luas penampang lebih besar dari 300 mm<sup>2</sup>.  
<sup>b</sup> Batas suhu untuk berbagai tipe insulasi diberikan dalam IEC 60724.  
<sup>c</sup> 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 <sup>a</sup>		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

<sup>a</sup> Batas suhu untuk berbagai tipe insulasi diberikan dalam IEC 60724.  
<sup>b</sup> 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 <sup>b</sup>		Bahan konduktor		
	Awal	Akhir	Tembaga	Aluminium	Baja
			Nilai untuk $k^c$		
PVC 70 °C	70	160/140 <sup>a</sup>	115/103 <sup>a</sup>	76/68 <sup>a</sup>	42/37 <sup>a</sup>
PVC 90 °C	90	160/140 <sup>a</sup>	100/86 <sup>a</sup>	66/57 <sup>a</sup>	36/31 <sup>a</sup>
Thermosetting 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

<sup>a</sup> Nilai lebih rendah berlaku untuk konduktor berinsulasi PVC dengan luas penampang lebih besar dari 300 mm<sup>2</sup>.  
<sup>b</sup> Batas suhu untuk berbagai tipe insulasi diberikan dalam IEC 60724.  
<sup>c</sup> 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 <sup>a</sup>		Bahan konduktor			
			Tembaga	Aluminium	Timbel	Baja
	Awal	Akhir	Nilai untuk $k$ <sup>c</sup>			
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 <sup>b</sup>	70	200	135	-	-	-
Mineral selubung polos	105	250	135	-	-	-

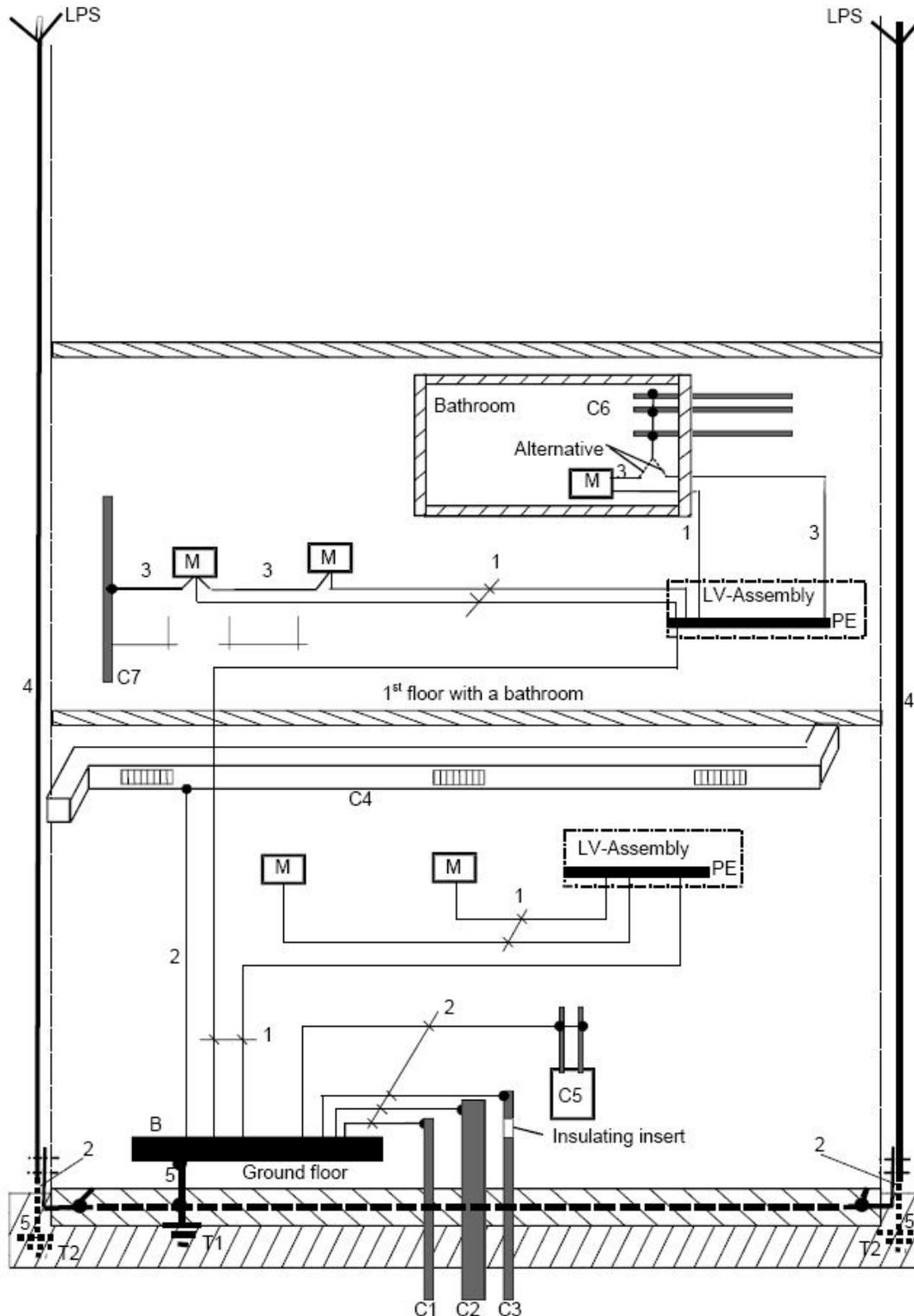
<sup>a</sup> Batas suhu untuk berbagai tipe insulasi diberikan dalam IEC 60724.  
<sup>b</sup> Nilai ini harus juga digunakan untuk konduktor polos yang terkena sentuhan atau dalam kontak dengan bahan yang mudah terbakar.  
<sup>c</sup> Untuk metode penghitungan  $k$ , lihat rumus di awal Lampiran ini.

**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, *Fundamenterder ("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., ketakseimbangan, 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 sedemikian 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  $\mu\text{F}$  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 mm<sup>2</sup>, 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 Pembumihan**

**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 selengkap 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 mm<sup>2</sup> 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 pengenalan 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 sentuhan 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 pengenalan tertentu tidak boleh dapat dimasuki tusuk kontak dengan voltase pengenalan yang lebih rendah (lihat 414.4.3).

**510.4.1.4.2** Lubang kotak kontak dengan arus pengenalan tertentu tidak boleh dapat dimasuki tusuk kontak dengan arus pengenalan yang lebih besar, kecuali bagi kotak kontak atau tusuk kontak dengan arus pengenalan 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.

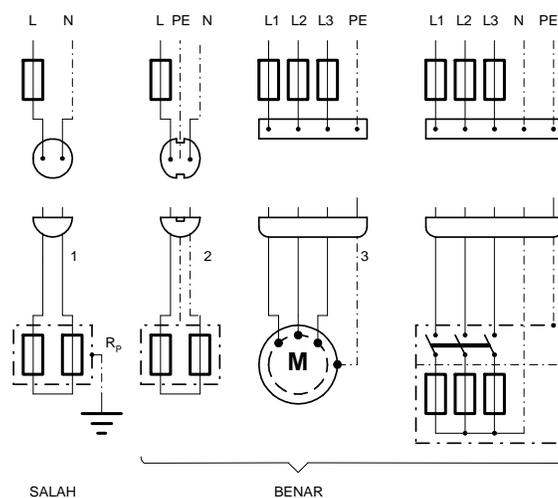
**510.4.2.2.5** Kotak kontak pemasangan luar harus ditempatkan sedemikian sehingga tidak mungkin penutup kotak kontak terkena getangan air.

**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**

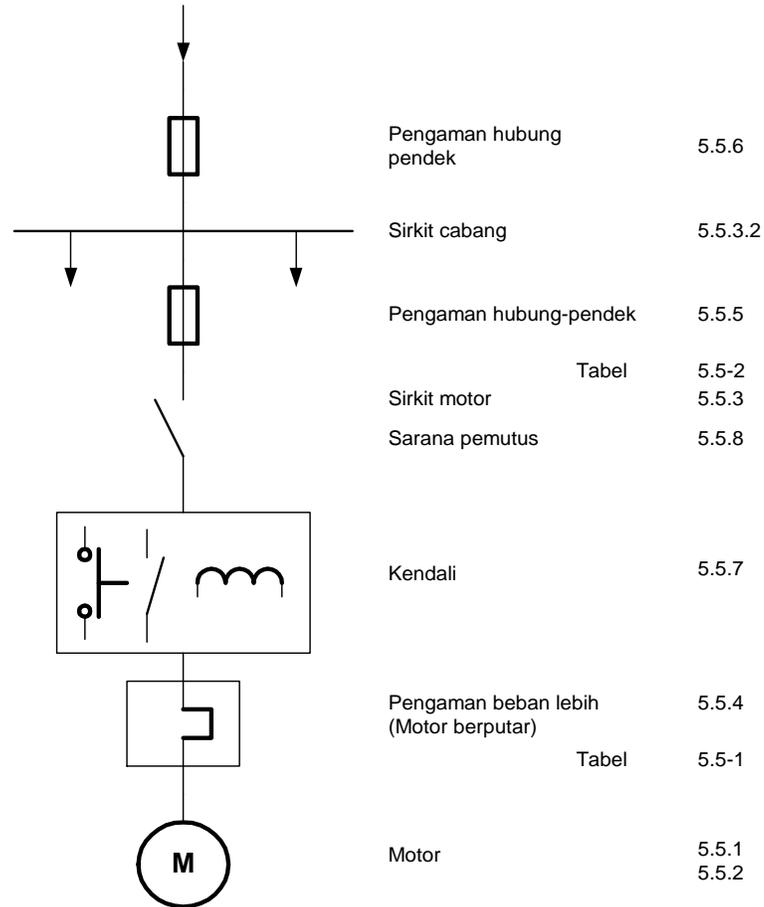
**510.5.1.1** Pada pelat nama setiap motor harus terdapat keterangan atau tanda mengenai hal berikut:

- 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 kumpulan 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 dipasangi 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 mm<sup>2</sup>);

2) motor serempak:  $125\% \times 54 \text{ A} = 67,5 \text{ A}$ , diambil 80 A (NYY 16 mm<sup>2</sup>);

3) motor rotor lilit:  $125\% \times 68 \text{ A} = 85 \text{ A}$ , diambil 106 A (NYY 25 mm<sup>2</sup>).

## 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 mm<sup>2</sup>).

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 mm<sup>2</sup>).

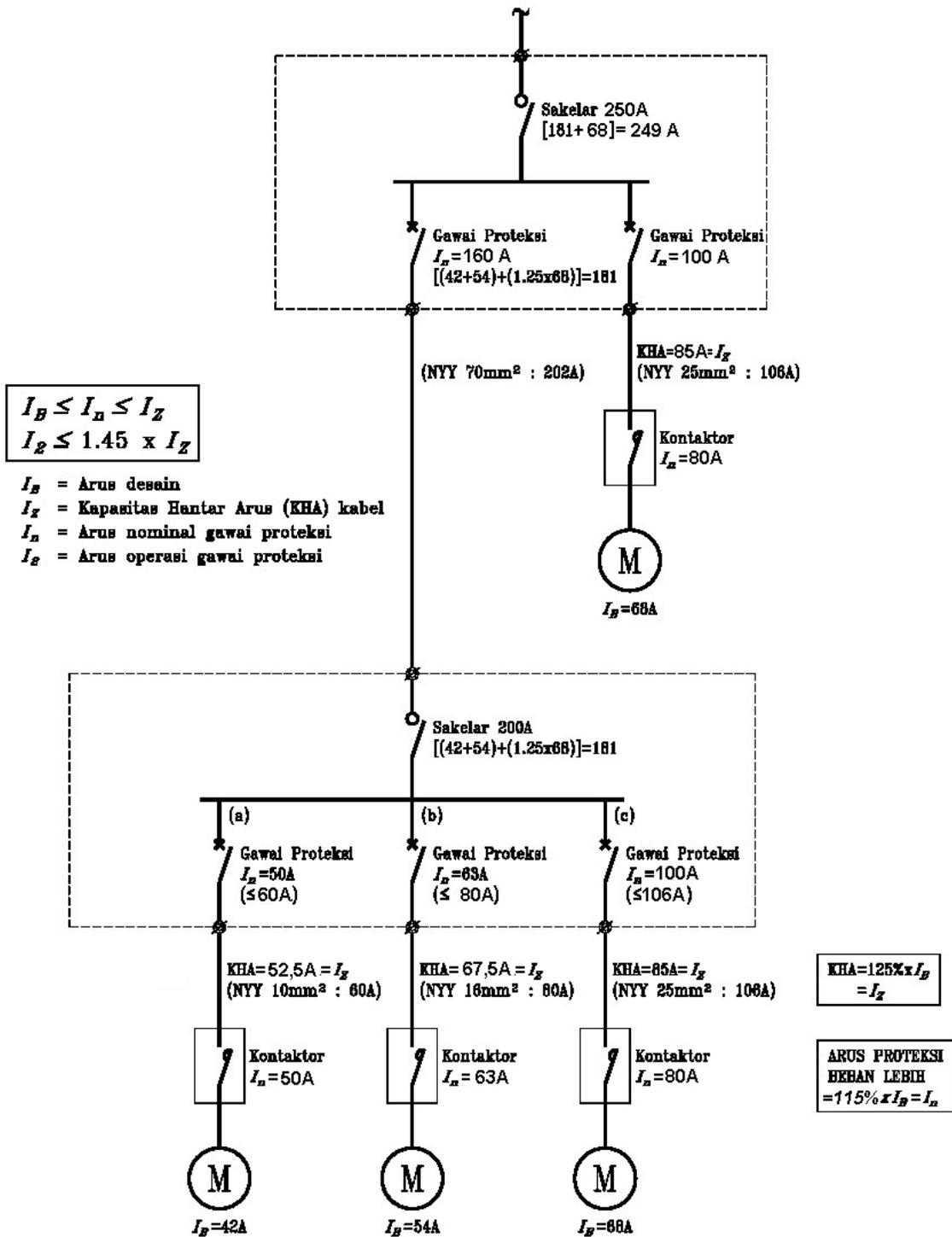
$I_n$  gawai proteksi diambil 100 A.

g) Sirkit utama:

KHA kabel =  $181 \text{ A} + 68 \text{ A} = 249 \text{ A}$ , diambil 244 A (NYY 95 mm<sup>2</sup>).

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, lemak, 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 cm<sup>2</sup> 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 peluahan 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 peluahan muatan yang dijalankan dengan tangan.

**CATATAN** Kumputan pada motor, transformator atau gawai lain yang langsung dihubungkan dengan kapasitor tanpa sakelar atau proteksi arus lebih yang ditempatkan di antaranya, merupakan gawai peluahan 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 mm<sup>2</sup> 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 mm<sup>2</sup>.

**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 mikrofarad, 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  $400 \times 15$ , 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 kerja 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 pengenalan 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 atau bahan termoplastik, dan kabel fleksibel berukuran penampang 1 mm<sup>2</sup> atau 1,5 mm<sup>2</sup> dapat digunakan dalam sirkit kendali dan sirkit kerja perlengkapan sinar X atau perlengkapan bantuannya apabila diproteksi oleh proteksi arus lebih yang bernilai pengenalan 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 manual 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.

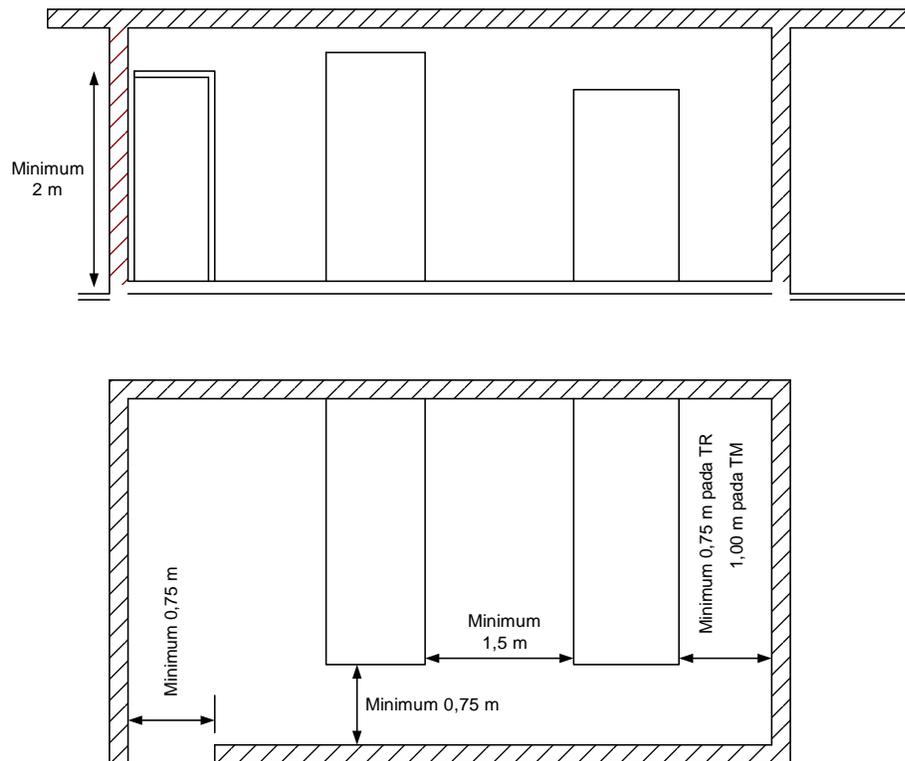
**511.2.2.8** Untuk PHBK terbuka voltase rendah dengan rel telanjang melintang dalam ruang bebas, tinggi rel tersebut di atas lantai lorong harus sekurang-kurangnya 2,3 m.

**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.

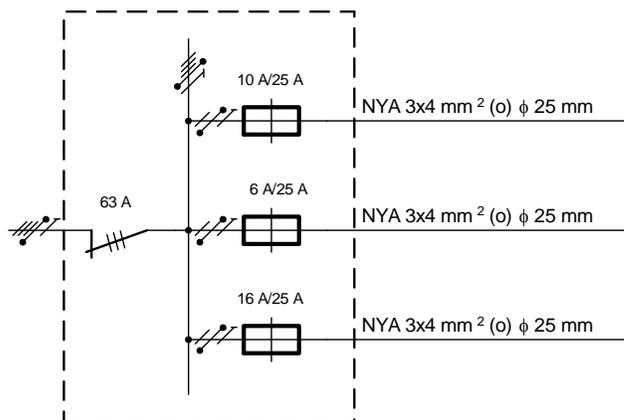
**511.2.3.7** Pada PHBK harus dipasang tanda-tanda yang jelas dan tidak mudah terhapus sehingga terlihat pada kelompok mana perlengkapan disambungkan dan pada terminal mana setiap fase dan netral dihubungkan.

**511.2.4 Pemasangan sakelar masuk dan proteksi sirkit keluar**

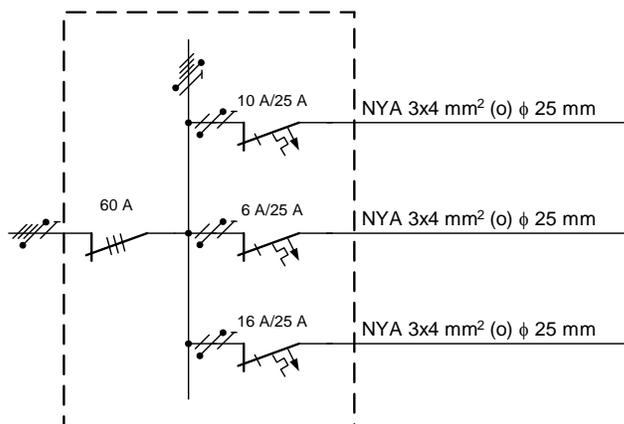
**511.2.4.1** Pada sisi konduktor masuk PHBK utama (sirkuit utama) harus dipasang sakelar masuk utama, sedangkan pada setiap sirkit keluar setidaknya-tidaknya dipasang satu proteksi arus lebih. Gawai proteksi arus lebih dapat berupa sekering (Gambar 511.2-2a) atau pemutus sirkit (Gambar 511.2-2b) yang 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

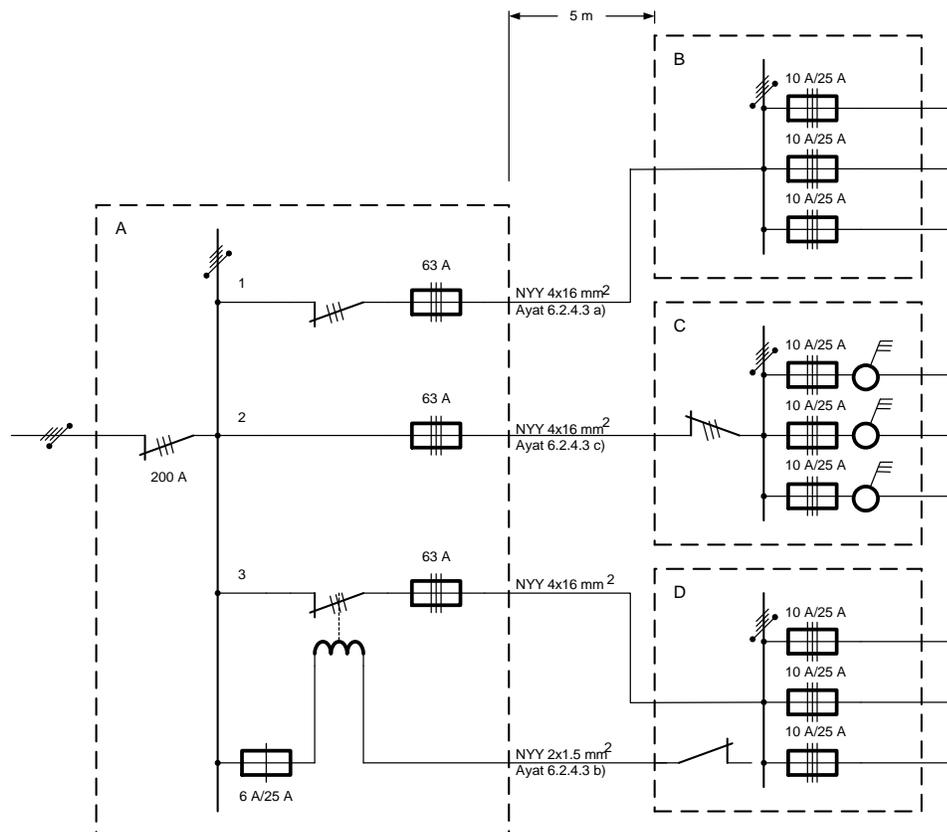
ruang yang sama serta jarak antara keduanya tidak lebih dari 5 m (lihat Gambar 511.2-3a atau Gambar 511.2-3b).

- 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).

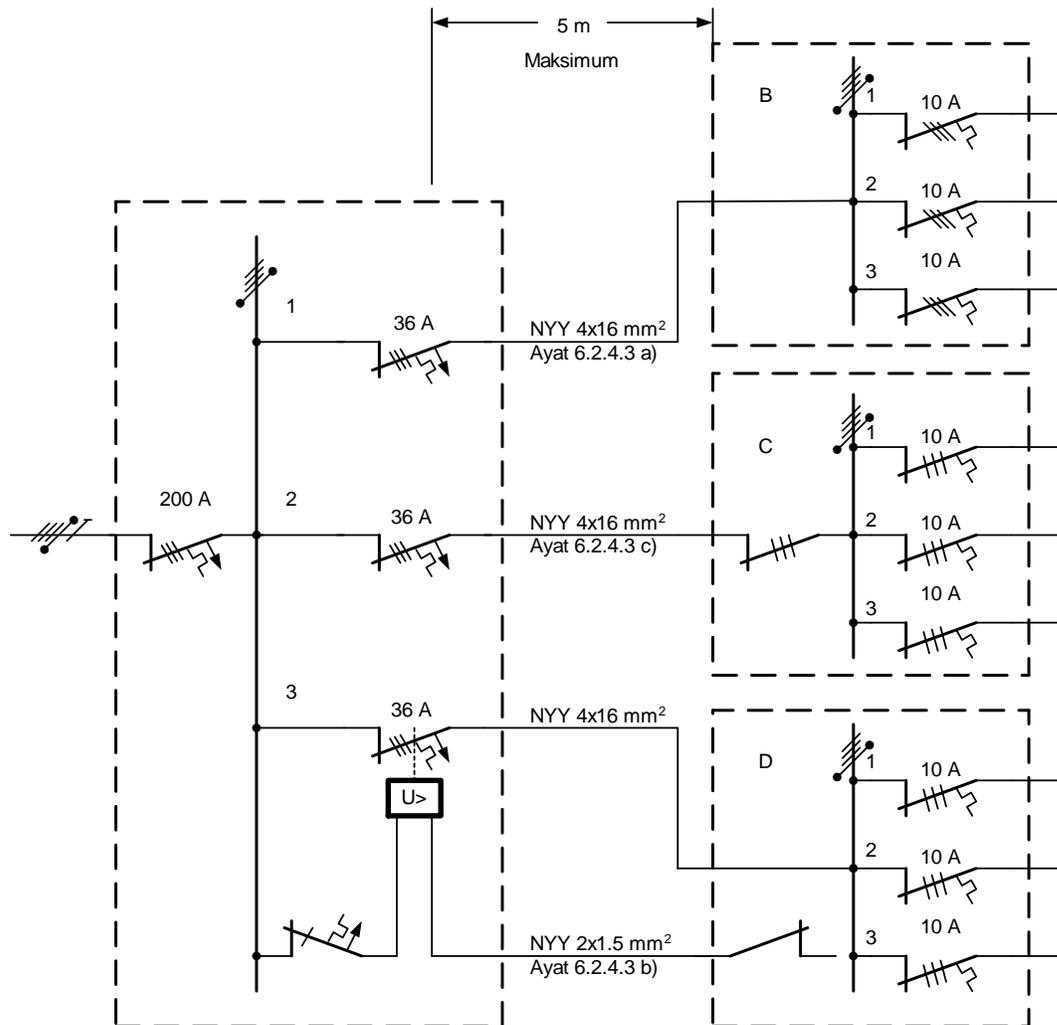
**511.2.4.4** Sakelar masuk harus dipasang sedemikian sehingga tidak ada sekering dan gawai lainnya yang menjadi bervoltase, kecuali voltmeter, lampu indikator, dan sekering utama yang dipasang sebelum sakelar masuk, jika sakelar masuk tersebut dalam keadaan terbuka.

**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

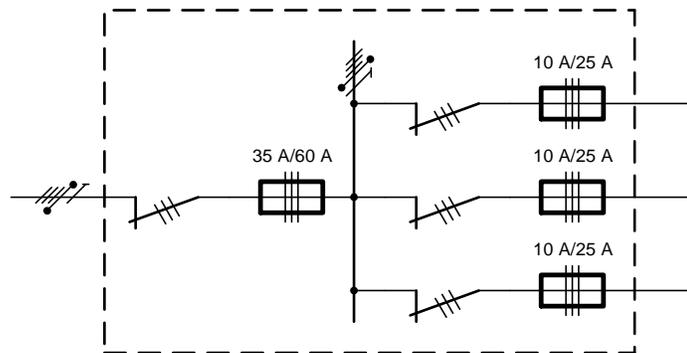
Pada PHBK yang mempunyai banyak sirkit keluar fase tunggal, dan fase tiga, baik untuk instalasi daya maupun instalasi pencahayaan, gawai proteksi, sakelar, dan terminal yang serupa harus dikelompokkan sehingga:

- 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.

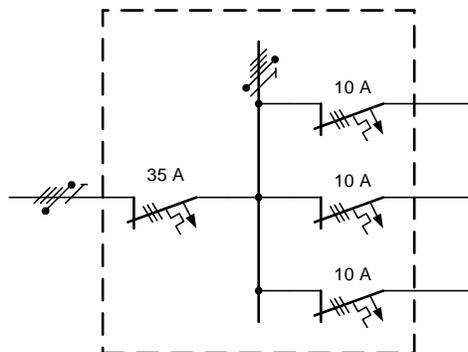
### 511.2.6 Penempatan sekering, sakelar, dan rel

**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 mm<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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.