PT. Mandiri Maha Daya
Health & Safety Environment
Training Provider

MODUL
PELATIHAN K3 LISTRIK
KEBIJAKAN, PEMBINAAN DAN PENGAWASAN K3 LISTRIK

Daftar Isi

Daftar Isi 1

BAB 1 PENDAHULUAN 2

1.1. Latar Belakang 2
1.2. Kebijakan Pembinaan dan pengawasan K3 2
1.2.1. Keselamatan dan Kesehatan Kerja K3 2
1.2.2. Keselamatan dan Kesehatan Kerja Kelistrikan 3
1.3. Sejarah Regulasi K3 di Indonesia 3
1.4. Tujuan keselamatan dan kesehatan Kerja (K3) 6
1.4.1. Tujuan Instruksional Umum 7
1.4.2. Tujuan Instruksional Khusus 7
1.4.3. Tujuan Pembelajaran 7
1.5. Tujuan Pelaksanaan K3 8
1.6. Syarat Keselamatan Kerja 8s

BAB 2 PEMBINAAN DAN PENGAWASAN NORMA K3 LISTRIK 10

2.1. Dasar-Dasar Keselamatan Listrik 10
2.2. Dasar-Dasar Instalasi Listrik 10
2.3. Instalasi Listrik 11
2.3.1. Perencanaan Instalasi Listrik 11
2.3.2. Persyaratan Instalasi Listrik 12
2.3.3. Sistem Pencahayaan 30
2.3.4. Pemasangan dan Penggunaan 38
2.3.5. Pemeriksaan dan Pengujian 40
2.3.6. Pengawasan dan tanggung jawab 55

BAB 3 PENUTUPAN 57

3.1. Kesimpulan 57
3.2. Evaluasi 60

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Listrik merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang utama dan sangat penting karena sebagai sumber daya yang ekonomis sehingga sangat dibutuhkan di setiap kegiatan. Listrik sebagai sumber daya atau energi potensial telah banyak memberikan manfaat di berbagai kehidupan karena dinilai praktis, ideal dan dapat digunakan sebagai tenaga penggerak mekanik, pemanas, pencahayaan, dan lainnya. Dimasa yang akan datang nanti kebutuhan listrik akan meningkat seiring dengan melonjaknya perkembangan dari berbagai aspek kehidupan, mulai dari meningkatnya jumlah penduduk, jumlah investasi yang meningkat sehingga akan muncul berbagai industri-industri baru.

Semakin berkembangnya kemajuan teknologi, maka kebutuhan dengan energi listrik akan semakin meningkat. Pembangunan teknologi industri berkaitan erat dengan tenaga listrik karena merupakan faktor penting untuk mendukung kemajuan dan perkembangan industri tersebut. Kebutuhan energi listrik juga sebagai tolak ukur kemajuan masyarakat karena merupakan unsur mutlak untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Mengapa diperlukan sebuah pedoman untuk kesehatan dan keselamatan kerja dalam sebuah tindakan terutama di bidang kelistrikan ? seberapa perlukah pemahaman tentang kelistrikan tersebut ? mungkin segelintir orang akan berasumsi seperti di atas ketika dipaparkan sebuah pembahasan yang seakan di pentingkan mengenai kesehatan dan keselamatan kerja dibidang kelistrikan. Namun ada juga sebagian lagi dari mereka yang mengatakan bahwa k3 itu sangatlah penting dalam dunia kerja terutama bagi mereka yang tidak ingin terjadi sesuatu yang tidak diinginkan. Sehingga mereka yang beranggapan bahwa k3 di bidang kelistrikan itu sangatlah penting dan dibutuhkan untuk menunjang keselamatan kerja dengan mempertimbangkan berbagai hal yang mungkin terjadi di bidang kelistrikan.

1.2. Kebijakan Pembinaan dan Pengawasan K3

1.2.1. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Keselamatan dan kesehatan kerja difilosofikan sebagai suatu pemikiran dan upaya untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmani maupun rohani tenaga kerja pada khususnya dan manusia pada umumnya, hasil karya dan budayanya menuju masyarakat makmur dan sejahtera.

Sedangkan pengertian secara keilmuan adalah suatu ilmu pengetahuan dan penerapannya dalam usaha mencegah kemungkinan terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat kerja.

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) tidak dapat dipisahkan dengan proses produksi baik jasa maupun industri. Perkembangan pembangunan setelah Indonesia merdeka menimbulkan konsekwensi meningkatkan intensitas kerja yang mengakibatkan pula meningkatnya resiko kecelakaan di lingkungan kerja.

Peraturan tersebut adalah Undang-Undang No.1 tahun 1970 tentang keselamatan kerja yang ruang lingkupnya meliputi segala lingkungan kerja, baik di darat, didalam tanah, permukaan air, di dalam air maupun udara, yang berada di dalam wilayah kekuasaan hukum Republik Indonesia.

1.2.2. Keselamatan dan Kesehatan Kerja Kelistrikan

Keselamatan kerja listrik adalah keselamatan kerja yang berkaitan dengan alat, bahan, proses, tempat (lingkungan) dan cara-cara melakukan pekerjaan. Tujuan dari keselamatan kerja listrik adalah untuk melindungi tenaga kerja atau orang dalam melaksanakan tugas-tugas atau adanya tegangan listrik disekitarnya, baik dalam bentuk instalasi maupun jaringan.

Pada dasarnya keselamatan kerja listrik adalah tugas dan kewajiban dari, oleh dan untuk setiap orang yang menyediakan, melayani dan menggunakan daya listrik.

Undang undang no. 1 tahun 1970 adalah undang undang keselamatan kerja, yang di dalamnya telah diatur pasal-pasal tentang keselamatan kerja untuk pekerja-pekerja listrik.

Latar belakang keselamatan kerja listrik tidak lepas dari tingkat kehidupan masyarakat baik pendidikan, sosial ekonominya dan kebiasaan akan merupakan faktor-faktor yang banyak kaitannya dengan keselamatan kerja. Kecepatan perkembangan perlistrikan dengan luasnya jangkauan dan besarnya daya pembangkit melampaui kesiapan masyarakat yang masih terbatas pengetahuannya tentang seluk beluk perlistrikan. Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) merupakan rambu-rambu utama dalam menanggulangi bahaya listrik yang diakibatkan oleh pelayanan, penyediaan dan penggunaan daya listrik.

1.3. Sejarah Regulasi K3 di Indonesia

Sejarah keselamatan kerja di Negara Indonesia (k3) di mulai setelah Belanda hadir ke Indonesia pada era ke-17. Saat itu, permasalahan keselamatan kerja di lokasi Indonesia mulai terasa untuk melindungi modal yang ditanam untuk industri. Saat jumlah ketel uap yang dipakai industri Indonesia sekitar 120 ketel uap, hingga munculah undang-undang tentang kerja ketel uap di tahun 1853.

Pada tahun 1898, jumlah ketel uap yang dipakai industri kerja makin bertambah jadi 2.277 ketel uap. Tahun 1890 lalu dikeluarkan ketentuan mengenai pemasangan serta penggunaan jaringan listrik di lokasi Indonesia. Menyusul pada tahun 1907, dikeluarkan ketentuan

mengenai pengangkutan obat, senjata, petasan, peluru serta beberapa bahan yang bisa meledak serta berdampak pada keselamatan kerja.

Veiligheids Reglement serta pengaturan khusus menjadi pelengkap ketentuan pengerjaannya dikeluarkan pada tahun 1905. Lalu direvisi pada tahun 1910 di mana pengawasan undang-undang kerja dikerjakan oleh *Veiligheids Toezich.* Sedang pada tahun 1912 muncul pelarang pada pemakaian fosfor putih.

Undang-undang pengawasan kerja yang berisi kesehatan serta keselamatan kerja atau K3 dikeluarkan tahun 1916. Pada tahun 1927 lahir undang-undang masalah serta di tahun 1930 pemerintah Hindia Belanda membuat revisi undang-undang ketel uap.Riwayat keselamatan kerja di Negara Indonesia (k3) di mulai setelah Belanda hadir ke Indonesia pada era ke-17.

Saat terjadi perang dunia ke II, sedikit catatan riwayat tentang keselamatan dan kesehatan industri kerja, karena waktu itu masih dalam situasi perang hingga banyak industri yang berhenti beroprasi. Semenjak zaman kemerdekaan, riwayat keselamatan kerja berkembang sama dengan dinamika bangsa Indonesia. Beberapa waktu setelah Proklamasi, undang-undang kerja serta undang-undang kecelakaan (khususnya tersangkut permasalahan kompensasi) mulai dibuat. Di tahun 1957 didirikanlah Instansi Kesehatan serta Keselamatan Kerja.

Sedang di tahun 1970, undang-undang no I mengenai keselamatan kerja dibuat. Undang-undang ini sendiri dibuat jadi alternatif Veiligheids Reglement tahun 1920. Sejarah selanjutnya pada tahun 1969, berdirilah ikatan Higiene Perusahaan, Kesehatan serta keselamatan kerja, serta di tahun 1969 dibuat laboratorium keselamatan kerja.

Peraturan K3 Periode Tahun 1847 s.d 12 januari 1970

- Tahun 1847 , Hindia Belanda melakukan pengawasan penggunaan mesin uap.
- 28 Pebruari 1852 Pemerintah Hindia Belanda mengeluarkan staatblad no. 20 tentang Keselamatan kerja pemakaian mesin uap.
- Veiligheid Reglement (VR) tahun 1910 Staatblad No 406 tentang keselamatan kerja pemakaian diesel dan listrik di industri pengolahan.
- Stoom Ordonantie dan stoom Verordening Tahun 1930 (Stbl No. 225 dan Stbl N0. 225) tentang keselamatan pemakaian pesawat uap (sampai saat ini diterjemahkan menjadi UndangUndang dan Peraturan
- Undang-Undang Penimbunan dan Penyimpan Minyak tanah dan bahan-bahan cair lainnya yang mudah menyala (stbl 1927 No. 99.
- Ordonantie menyangkut minyak tanah tahun 1927 (Stbl 1927 No. 214)
- Loodwit Ordonnantie, Stbl No. 509 tahun 1931, yang mengatur pengawsan terhadap bahan yang mengandung racun (pabrik cat, accu, percetakan dll)
- Vuurwerk Ordonantie dan Vuurwerk Verordening Stbl. No. 143 dan no. 10 tahun 1932 dan tahun 1933, mengatur pengawasan terhadap pelaksanaan undang-undang dan peraturan petasan.
- Industrienbaan Ordonantie dan Industriebaan Verordening Stbl. No. 595 dan No. 29 Tahun 1938 dan tahun 1939 tentang pengawasan terhadap jalan kereta api, loko dan gerbongnya yang diginakan sebagai alat angkut selain PJKA.

- Retribusi Ordonantie Stbl No. 424 tahun 1940 dan Retributie Vorerdening Stbl No. 425 tahun 1940.
- Undang No. 10 Tahun 1961 tentang Penetapan Peraturan pemerintah pengganti Undang No. 1 Tahun 1962 Tentang barang (Lembaran Negara No. 251 tahun 1961)
- Peraturan Khusus (peraturan pemberlakuan peraturan Belanda di Indonesia)
- Peraturan-Peraturan Khusus :
    - Peraturan khusus Direktur pekerjaan Umum No. 119966/Swt.
    - Peraturan Khusus AA untuk P3K
    - Peraturan Khusus BB tentang Instalasi listrik arus kuat dalam pabrik, bengkel dan bangunan (dicabut)
    - Peraturan khusus CC mengenai pabrik gula
    - peraturan khusus DD untuk Bejana berisi dengan udara yang dikempa dan dipergunakan utnuk menggerakkan motor bakar (dicabut)
    - Peraturan khusus EE mengenai perusahaan, pabrik dan bengkel yang menggunakan bahan mudah terbakar (dicabut)
    - Peraturan Khusus FF mengenai perusahaan, bengkel yang membuat, memakai gas dalam botol baja (dicabut)
    - Peraturan khusus mengenai instalasi untuk memproyektor gambar bayang-bayang dalam gambar.
    - Peraturan khusus HH mengenai perusahaan, pabrik dan tempat kerja yang mengolah timah kering.
    - Peraturan khusus II mengenai instalasi untuk pembuatan as karbit bagi keperluan-keperluan teknik (dicabut)
    - Peraturan khusus KK mengenai pabrik dan tempat kerja yang mengolah bahan yang mudah meledak (dicabut)
    - Peraturan khusus LL mengenai usaha keselamatan kerja untuk pekerjaan dalam tangki apung.
    - Peraturan khusus NN mengenai perusahaan dan pabrik yang membuat gelas atau barang-barang dari gelas.
    - Peraturan terhadap penggunaan phospos putih Stbl. 1912 No. 275.
- Ketentuan tentang pengangkutan obat peledak, dan bahan petasan dengan kereta api (Stbl. No. 501 Tahun 1907)
- Penetapan pelarangan bagi pembuatan import, mempunyai, mengangkut dan menjual kereta api yang mengandung phospor putih.
- Ketetapan tentang pemasangan dan pemakaian jaringan saluran listrik di Indonesia (stbl. 1927-1890 N0. 190)
- Aturan bekenaan dengan mnyimpan, menimbun dan memiliki minyak tanah dan semacam zat-zat cair yang mudah menyala 9stbl. 1927 No. 200 terakhir dirobah stbl 1940 No. 150) (dicabut)
- Ketetapan umum tentang jalanan kereta api dan trem (ABST tahun 1927) Stbl 1927 N0. 25B Jo stbl 1928 No. 415)
- Peraturan jalanan kereta api trem (Stbl 1928 N. 202)
- Peraturan Menteri No. 7/PMP/1964 tentang syarat-syarat kesehatan, kebersihan dan penerangan di tempat kerja.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja R.I No. 65 tahun 1969 tentang penyelenggaraan kursus/latihan kader keselamatan kerja.
- Peraturan K3 periode 12 Januari 1970 s.d. sekarang

- UU no. 1 tahun 1970 menggantikan VR 1910
- Peraturan Pemerintah No. 19 tahun 1973 tentang pengaturan dan pengawasan keselamatan kerja di bidang pertambangan
- PP No. 07 Tahun 1973 tentang pengawasan atas peredaran, penyimpanan dan penggunaan pestisida.
- PP No. 11 tahun 1975 tentang keselamatan dan kesehatan kerja radiasi
- PP No. 11 tahun 1979 tentang keselamatan kerja pada pemurnian dan pengolahan miyak dan gas bumi.
- Peraturan Pelaksana UU No. 1 tahun 1970 berlaku sampai saat ini
- Peraturan-Peraturan dan Keputusan Menteri Tenaga Kerja.
- UU no 13 tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan berlaku sampai saat ini
- Peraturan Pemerintah no 50 Tahun 2012 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja

1.4. Tujuan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Secara Umum, kecelakaan kerja selalu diartikan sebagai kejadian yang tidak dapat terduga. Kecelakaan kerja dapat terjadi karena kondisi yang tidak membawa keselamatan kerja, atau perbuatan yang tidak selamat. Kecelakaan kerja dapat didefinisikan sebagai setiap perbuatan atau kondisi tidak selamat yang dapat mengakibatkan kecelakaan. Berdasarkan definisi kecelakaan kerja maka lahirlah keselamatan dan kesehatan kerja yang mengatakan bahwa cara menanggulangi kecelakaan kerja adalah dengan meniadakan unsur penyebab kecelakaan dan atau mengadakan pengawasan yang ketat.

Keselamatan dan kesehatan kerja pada dasarnya mencari dan mengungkapkan kelemahan yang memungkinkan terjadinya kecelakaan. Fungsi ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu mengungkapkan sebab akibat suatu kecelakaan dan meneliti apakah pengendalian secara cermat dilakukan atau tidak.

Point-point tujuan dari keselamatan dan kesehatan kerja tersusun sebagai berikut :

- Agar setiap pegawai mendapatkan jaminan keselamatan dan kesehatan baik secara fisik, sosial, dan psikologis
- Agar setiap perlengkapan dan peralatan kerja digunakan sebaik-baiknya selektif mungkin
- Agar semua hasil produksi dipelihara keamanannya
- Agar adanya jaminan atas pemeliharaan dan peningkatan kesehatan gizi pegawai
- Agar meningkatkan kegairahan, keserasian kerja, dan partisipasi kerja
- Agar terhindar dari gangguan kesehatan yang disebabkan oleh lingkungan atau kondisi kerja
- Agar setiap pegawai merasa aman dan terlindungi dalam bekerja
- setiap tenaga kerja berhak mendapat perlindungan atas keselamatan dalam melakukan pekerjaan untuk kesejahteraan dan meningkatkan produksi serta produktivitas Nasional;
- setiap orang lainnya yang berada di tempat kerja perlu terjamin pula keselamatannya;

- setiap sumber produksi perlu dipakai dan dipergunakan secara aman dan effisien;
- untuk mewujudkan masyarakat yang sejahtera;
- meningkatkan kualitas tenaga kerja dan peransertanya dalam pembangunan serta peningkatan perlindungan tenaga kerja dan keluarganya sesuai dengan harkat dan martabat kemanusiaan;

mewujudkan kesejahteraan pekerja/buruh dan keluarganya dengan tetap memperhatikan perkembangan kemajuan dunia usaha.

1.4.1. Tujuan Instruksional Umum

Pembinaan calon Ahli K3 bidang Listrik bertujuan memberikan pengetahuan sekurang-kurangnya :

- Memahami Filosofi K3
- Memahami regulasi K3
- Memahami mekanisme Pembinaan dan Pengawasan K3
- Memahami Kelembagaan K3 dan SDM K3 bidang listrik
- Memahami pelaksanaan 5 (lima) prinsip dasar SMK3
- Memahami Mekanisme penilaian penerapan SMK3

1.4.2. Tujuan Instruksional Khusus

Pembinaan calon Ahli K3 bidang Listrik bertujuan sekurang-kurangnya memberikan ketrampilan melakukan:

- Mengidentifikasi persyaratan PJK3 bidang listrik
- Melaksanakan dan mengawasi pelaksanaan pembinaan
- melakukan tugas dan fungsi Ahli K3 bidang Listrik
- mengawasi pelaksanaan tugas teknisi K3 listrik

1.4.3. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul ini diharapkan peserta dapat lebih mahir dalam mengidentifikasikan kelistrikan seperti :

- Dapat mengetahui cara apa saja yang dapat mendeteksi bahaya-bahaya listrik di tempat kerja
- Lebih mengenal peralatan dalam kelistrikan agar dapat menggunakannya dengan lebih aman
- Mengenali apa saja efeknya terhadap tubuh ketika terkena sengatan arus listrik dan bagaimana cara kita bisa secara refleks untuk menanggulanginya secara aman
- Lebih mahir dalam hal penanggulangan setelah terjadi atau timbulnya bahaya pada listrik

Secara garis besar, tujuan dari training K3 listrik ini ialah untuk mendidik sehingga mampu menerangkan teknik apa saja yang harus diambil dalam mencegah dan

menanggulangi bahaya listrik serta dapat melaksanakan dan dapat mengaplikasikan K3 yakni keamanan, kesehatan dan keselamatan kerja di lokasi tempat bekerja.

1.5. Tujuan Pelaksanaan K3 Listrik

Dalam peraturan instalasi listrik dikenal 3 prisip dasar instalasi listrik yaitu handal, aman, dan ekonomis. Handal artinya sistem instalasi dirancang dengan baik, sehingga jarang terdapat gangguan; atau saat ada gangguan dari luar, sistem dapat mengatasinya dengan baik. Aman artinya tidak membahayakan bagi manusia, instalasi itu sendiri, dan lingkungan sekitar. Dengan menerapkan keamanan dan keselamatan kerja tanpa mengabaikan nilai ekonomis suatu instalasi listrik, maka ketiga prinsip tadi akan terpenuhi.

Setelah memahami maksud K3 listrik maka kita dapat lebih mahir dalam mengidentifikasikan kelistrikkan seperti : Pertama yakni dapat mengetahui cara apa saja yang dapat mendeteksi bahaya – bahaya listrik di tempat kerja, Kedua yakni lebih mengenal peralatan dalam kelistrikkan agar dapat menggunakannya dengan lebih aman, Ketiga ialah mengenali apa saja efeknya terhadap tubuh jika terkena sengatan arus listrik dan bagaimana cara kita secara reflek untuk menanggulanginya secara aman, Keempat adalah lebih mahir dalam hal penanggulangan setelah terjadi atau timbulnya bahaya pada listrik.

secara garis besarnya, tujuan K3 listrik ini ialah mendidik untuk mampu menerangkan teknik apa saja yang harus diambil dalam mencegah dan menanggulangi bahaya listrik serta dapat melaksanakan dan dapat mengaplikasikan k3 yakni keamanan,kesehatan, dan Keselamatan kerja di lokasi kerja. Pekerjaan yang beresiko memang memiliki peluang besar dalam menghadapi bahaya, oleh karena itu nyawa yang menjadi taruhannya dalam menghadapi bahaya yang mungkin dapat kita prediksi jika kita mengetahui titik-titik tandanya dengan baik.

1.6. Syarat Keselamatan Kerja

Syarat-syarat Penerapan K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) di tempat kerja tertuang dalam Undang-Undang No 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja pasal 3 (tiga)

Diantaranya sebagai berikut :

1. Mencegah & mengurangi kecelakaan kerja.
2. Mencegah, mengurangi & memadamkan kebakaran.
3. Mencegah & mengurangi bahaya peledakan.
4. Memberi jalur evakuasi keadaan darurat.
5. Memberi P3K Kecelakaan Kerja.
6. Memberi APD (Alat Pelindung Diri) pada tenaga kerja.
7. Mencegah & mengendalikan timbulnya penyebaran suhu, kelembaban, debu, kotoran, asap, uap, gas, radiasi, kebisingan & getaran.
8. Mencegah dan mengendalikan Penyakit Akibat Kerja (PAK) dan keracunan.
9. Penerangan yang cukup dan sesuai.
10. Suhu dan kelembaban udara yang baik.

11. Menyediakan ventilasi yang cukup.
12. Memelihara kebersihan, kesehatan & ketertiban.
13. Keserasian tenaga kerja, peralatan, lingkungan, cara & proses kerja.
14. Mengamankan & memperlancar pengangkutan manusia, binatang, tanaman & barang.
15. Mengamankan & memelihara segala jenis bangunan.
16. Mengamankan & memperlancar bongkar muat, perlakuan & penyimpanan barang
17. Mencegah tekena aliran listrik berbahaya.
18. Menyesuaikan & menyempurnakan keselamatan pekerjaan yang resikonya bertambah tinggi.

Ruang Lingkup

- Pembangkit, jaringan transmisi tegangan ekstra tinggi (TET), Tegangan Tinggi (TT), tegangan Menengah (TM) dan jaringan distribusi tegangan rendah (TR) sampai dengan setiap tempat pemanfaatannya, khususnya tempat kerja
- Memperhatikan pasal 3 ayat (1) huruf q UU 1/70 tertulis : dengan peraturan perundang-undangan ditetapkan syarat-syarat K3 untuk mencegah terkena aliran listrik berbahaya
- Memperhatikan pasal 2 ayat 2 huruf q UU 1 Tahun 1970 tertulis : dibangkitkan, dirubah, dikumpulkan, disimpan, dibagi-bagikan atau disalurkan listrik, gas, minyak atau air. Yang dimaksudkan pada persyaratan K3 pada pembangkit, transmisi, distribusi, pemanfaatan listrik dimana harus sesuai dengan peraturan perundang-undangan dan prosedur yang telah ditetapkan dan juga standar-standar yang berlaku.
- Ruang lingkup obyek pengawasan system proteksi petir sesuai permenaker No.Per.02/Men/1989
- Menurut ketentuan PUIL 2011, listrik yang berbahaya adalah listrik yang memiliki tegangan lebih dari 25 volt di tempat lembab atau 50 volt di tempat yang normal

Referensi

- Undang-undang No 1 tahun 1970
- Undang-undang No 13 Tahun 2003
- Peraturan pemerintah No 50 Tahun 2012
- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No 12 Tahun 2015
- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No 13 Tahun 2015
- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No PER-04/MEN/1995

BAB 2

KEBIJAKAN, PEMBINAAN DAN PENGAWASAN K3 LISTRIK

2.1. Peraturan dan Standar Teknik K3 Listrik

Prinsip-prinsip keselamatan pemasangan listrik antara lain :

a. Harus sesuai dengan gambar rencana yang telah disahkan
b. Mengindahkan syarat-syaratyang telah ditetapkan (PUIL)
c. Sebagaimana disebutkan dalam pasal 3 ayat (1) huruf q UU No 1 Tahun 1970, bahwa: Dengan peraturan perundangan ditetapkan syarat keselamatan kerja untuk mencegah terkena aliran listrik yang berbahaya.
d. Bertanggung jawab dan menjaga keselamatan dan kesehatan tenaga kerjanya sesuai dengan Kepdirjen No.48 Tahun 2015
e. Orang yang diserahi tanggung jawab atas pelaksanaan pekerjaan pemasangan instalasi listrik harus ahli dibidang listrik, memahami peraturan listrik dan memiliki sertifikat dari instansi yang berwenang

Adapun Peraturan dan Standar teknik yang menjadi acuan dalam pelaksanaan K3 listrik adalah :

1. Undang-undang No 1 tahun 1970 Tentang Keselamatan Kerja
2. Peraturan pemerintah No 50 Tahun 2012 Tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja
3. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No 12 Tahun 2015 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Listrik
4. Kepdirjen No.48 Tahun 2015 tentang Pembinaan Calon Ahli K3 Bidang Listrik
5. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No PER-04/MEN/1995 Tentang PJK3
6. SNI 040225-2011 Tentang Persyaratan Umum Instalasi Listrik
7. Standar Internasional (IEC & IEEE)

2.2. Dasar-Dasar Instalasi Listrik

Standarisasi dan persyaratan

Tujuan standarisasi ialah mencapai keseragaman antara lain mengenai

- Ukuran, bentuk dan mutu barang
- Cara menggambar dan cara kerja

Dengan makin rumitnya konstruksi dan makin meningkatnya jumlah dan jenis barang yang dihasilkan, standarisasi menjadi suatu keharusan Standarisasi jugamengurangi pekerjaan tangan maupun pekerjaan otak. Dengan tercapainya standarisasi mesin-mesin dan alat-alat dapat dipergunakan secara lebih baik dan lebih efisien, sehingga dapan menurunkan harga pokok dan meningkatkan mutu.

Standarisasi membatasi jumlah jenis bahan dan barang, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan.

Peraturan umum untuk instalasi listrik dan tenaga diantaranya adalah :

a. Semua alat hubung dan perlengkapan pembagi pesawat listrik, motor listrik, hantaran dari alat-alat harus memenuhi peraturan dan pemeriksaan yang berlaku untuk itu
b. Hal tersebut di atas tidak berlaku untuk tegangan yang lebih dari pada yang ditetapkan
c. Tegangan untuk instalasi penerangan arus bolak-balik tidak boleh lebih tinggi dari 300 volt terhadap tanah
d. Instalasi harus terdiri dari paling sedikit dua golongan. terkecuali jika instalasi tersebut tidak lebih dari 6 titik hubung. Tiap golongan tidak lebih dari 12 titik lubang, untuk pemasangan yang baru tidak lebih dari 10 titik. Ketentuan diatas tidak berlaku untuk penerangan reklame, pesta dan yang bersifat istimewa seperti pada toko
e. Setiap golongan penerangan, pembagian arusnya harus sama rata pada bagian fasenya

2.3. Instalasi Listrik

Instalasi listrik merupakan susunan perlengkapan-perlengkapan listrik yang saling berhubungan serta memiliki ciri terkoordinasi untuk memenuhi satu atau sejumlah tujuan tertentu. Instalasi listrik terdiri atas sistem penerangan, sistem pensaklaran, sistem pengkabelan, sistem pembumian dan sistem lain yang dibutuhkan. Instalasi listrik dapat berupa sebuah instalasi yang sederhana yang hanya terdiri atas satu titik atau satu instalasi listrik yang rumit dan kompleks.

Instalasi listrik ini terdiri dari dua sistem yaitu antara lain :
1.Sistem Instalasi 1 Fasa
Sistem instalasi satu fasa adalah sistem instalasi listrik yang menggunakan dua kawat penghantar yaitu 1 kawat fasa dan1 kawat 0 (netral)
2.Instalasi 3 Fasa
Sistem instalasi 3 fasa adalah sistem instalasi listrik yang menggunakan tiga kawat fasa dan satu kawat 0 (netral) atau kawat ground. Biasanya digunakan pada instalasi listrik tenaga/industri untuk mensuplai kebutuhan motor listrik sebagai penggerak mesin (tenaga). Pada suatu unit proses ketiga bagian ini digunakan, karena unit proses memerlukan ruangan yang terang, tenaga, dan mesin. Selain menguasai peraturan yang memiliki pengetahuan tentang peralatan instalasi, seorang ahli listrik harus juga mahir membaca gambar instalasi. Denah ruangan yang akan dilengkapi dengan instalasi, pada umumnya digambar dengan skala 1 : 100 atau 1 : 50. Pada denah ini gambar instalasi yang akan dipasang dengan menggunakan lambang-lambang yang berlaku.

2.3.1. Perencanaan Instalasi Listrik

Untuk pemasangan suatu instalasi listrik lebih dahulu harus dibuat gambar-gambar rencananya berdasarkan denah bangunan, dimana instalasinya akan dipasang jika spesifikasinya dan syarat-syarat pekerjaan yang diterima dari pihak bangunan/pemesan.

Harus diperharikan spesifikasi dan syarat pekerjaan ini menguraikan syarat yang harus dipenuhi pihak pemborong, antara lain mengenai pelaksanaannya material yang digunakan, waktu penyerahannya dan sebagainya.

Gambar-gambarnya harus jelas, mudah dibaca dan dimengerti. Gambar denah bangunannya biasanya disederhanakan. Dinding-dindingnya digambar dengan garis tunggal agar tipis, saluran-saluran listriknya karena lebih penting maka digambar lebih tebal. Supaya gambarnya rapi harus dipilih tebal garis yang tepat.

Langkah-langkah yang harus dilaksanakan pada instalasi listrik :

a. Gambar instalasinya meliputi :
   - Rencana penempatan semua peralatan listrik yang akan dipasang dan sarana peralatan, misalnya titik lampu, sakelar, kontak-kontak, perlengkapan hubung bagi.
   - Rencana penyambungan peralatan listrik dengan alat pelayanannya misalnya antara lampu dengan sakelarnya, motor dan pengasutnya dan sebagainya
   - Hubungan antara peralatan listrik dan sarana pelayanannya dengan perlengkapan hubung bagi yang bersangkutan
   - Data teknis penting dari setiap peralatan listrik yang akan dipasang
b. Diagram instalasi garis tunggal meliputi :
   - Diagram perlengkapan hubung bagi dengan keterangan mengenai ukuran/daya nominal setiap komponen
   - Keterangan mengenai beban yang terpasang dan pembaginya.
   - Ukuran dan jenis hantaran yang akan digunakan
   - System pentanahannya
c. Gambar perincian atau keterangan yang diperlukan misalnya
   - Perkiraan ukuran fisik perlengkapan hubung bagi
   - Cara pemasangan alat-alat listriknya
   - Cara pemasangan kabelnya
   - Cara kerja instalasi kontrolnya jika ada
d. Perhitungan teknis meliputi :
   - Susut tegangan
   - Perbaikan faktor daya
   - Beban terpasang dan kebutuhan maksimum
   - Arus hubung singkat beserta daya hubung singkat
   - Tingkat penerangan
e. Daftar bahan instalasi meliputi :
   - Jumlah dan jenis kabelnya

- Jumlah dan jenis perlengkapan bantunya
- Jumlah dan jenis PHB
- Jumlah dan jenis armature lampunya

f. Uraian teknis meliputi :
   - Ketentuan teknis dari peralatan yang dipasang dan cara pemasangannya
   - Cara pengujiannya
   - Rencana waktu pelaksanaan

2.3.2. Persyaratan Instalasi Listrik

Maksud dan tujuan persyaratan umum instalasi listrik ini adalah untuk terselenggaranya dengan baik instalasi listrik. Peraturan ini lebih diutamakan pada keselamatan manusia terhadap bahaya sentuhan serta kejutan arus, keamanaan instalasi listrik beserta perlengkapannya dan keamanan gedung serta isinya terhadap kebakaran akibat listrik.

Persyaratan ini berlaku untuk semua instalasi arus kuat, baik mengenai perencanaan, pemasangan pemeriksaan dan pengujian, pelayanan, pemeliharaan maupun pengawasannya. Persyaratan umum instalasi listrik ini tidak berlaku untuk:

- Bagian dari instalasi listrik dengan tegangan rendah yang hanya digunakan untuk menyalurkan berita dan isyarat
- Bagian dari instalasi listrik yang digunakan untuk keperluan telekomunikasi dan pelayanan kereta rel listrik
- Instalasi listrik dalam kapal laut, kapal terbang, kereta rel listrik, dan kendaraan lain yang digerakkan secara mekanik
- Instalasi listrik dibawah tanah dalam tambang
- Instalasi listrik dengan tegangan rendah yang tidak melebihi 25 volt dan dayanya tidak melebihi 100 watt.

Disamping persyaratan umum instalasi listrik dan peraturan mengenai kelistrikan yang berlaku harus diperhatikan pula syarat-syarat dalam pemasangan antara lain

a. Syarat ekonomis
   Yaitu instalasi listrik harus direncanakan sesederhana mungkin sehingga harga dan ongkos pemasangan, pemeliharaan semurah mungkin. Sebagai contoh arus yang bocor yang menyebabkan arus listrik dapat mengalir ke permukaan tembok dan dengan itu pula dapat menjadi tambahan perbaikan yang cukup mahal.
b. Syarat keamanan (perencanaan kerja)
   Instalasi listrik harus dibuat sedemikian rupa sehingga kemungkinan timbul kecelakaan sangat kecil, aman dalam hal ini berarti tidak membahayakan jiwa

manusia dan terjamin nya peralatan dan benda-benda sekitarnya dari kerusakan akibat adanya gangguan seperti : gangguan hubungan singkat, tegangan lebih, beban lebih dsb,

Agar instalasi listik tidak membahayakan jiwa manusia, maka pemasangan instalasinya harus memenuhi peraturan-peraturan yang telah ditetapkan disamping itu, untuk mengamankan instalasi listrik dari kerusakan akibat gangguan seperti hubungan singkat, beban lebih maupun tegangan lebih (akibat sambaran petir) maka pada instalasi tersebut di pasang alat-alat pengaman yang sesuai misalnya sikring, pemutus daya dsb

c. Syarat keamanan (kelangsungan kerja)

Kelangsungan pengaliran arus listrik kepada konsumen harus menjamin secara baik, jadi instalasi listrik harus direncanakan sedemikian rupa sehingga kemungkinan terputus atau terhentinya aliran listrik, jika masih tetap ada gangguan yang terjadi mengakibatkan terhentinya aliran listrik maka harus cepat diperbaiki keandalannya, keandalan beban dapat dibagi menjadi beberapa tingkat yaitu :

- Beban yang sangat memerlukan keandalan yang sangat tinggi terhenti aliran listrik memungkinkan akan menyebabkan kematian akibat kecelakaan
- Beban yang memerlukan keandalan yang sangat tinggi walaupun terhenti aliran listrik tidak dapat menyebabkan kematian. Sebagai contoh : gangguan akibat tegangan yang berlebihan seperti konslet dan overload

d. Syarat keandalan

Artinya instalasi listrik harus memiliki kerja yang sangat baik dan kekuatan yang optimal sehingga tidak membahayakan dan merugikan pengguna listrik. Keandalan dibagi menjadi beberapa kategori yaitu :

- Keandalan yang paling tinggi, misalnya instalasi untuk rumah sakit yang harus direncanakan semaksimal mungkin karena terhentinya aliran listrik dapat menyebabkan kematian
- Keandalan yang sangat tinggi, misal untuk instalasi industri yang harus direncanakan secara baik karena terhentinya aliran listrik dapat menyebabkan kerusakan dan menyebabkan kerugian
- Keandalan yang baik, misal instalasi pabrik-pabrik harus direncanakan dengan baik bila terhentinya aliran listrik akan menimbulkan kerugian
- Instalasi yang mutu nya terjamin hal ini berarti konsumen mendapat aliran listik dengan ukuran normal, yaitu kerugian tegangan = 2%

Keandalan yang mudah diperluas, sebagai contoh : sambungan yang tidak bagus standar keselamatan kerja dalam penggolongan sebagai keselamatan kerja antara lain

- Perlindungan badan meliputi : pelindung mata, tangan, hidung, kepala dan telinga
- Pelindung mesin sebagai tindakan untuk melindungi mesin dari bahaya yang mungkin timbul dari luar atau dari dalam atau dari pekerja itu sendiri
- Alat pengaman listrik yang setiap saat dapat membahayakan

Pengaman ruangan meliputi : pelindung kebakaran, sistem alarm air hidran, penerangan yang cukup, pentilasi yang baik dsb. Dan agar keselamatan kerja terjalin

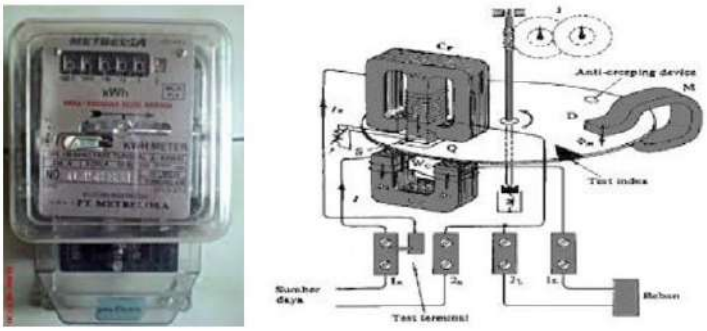
maka harus melaksanakan kewajiban antara lain : harus diberikan instruksi dengan benar kepada anak buah secara tepat dan aman untuk tiap-tiap bagian yang akan dikerjakan, jika terjadinya kecelakaan, seorang instruksi berkewajiban menyelidiki terjadinya sebab-sebab kecelakaan dan kerusakkan yang terjadi.

Adapun alat-alat utama yang digunakan untuk instalasi listrik. Diantaranya sebagai berikut :

a. KwH Meter

KwH adalah alat penghitung pemakaian energy listik. Alat ini bekerja menggunakan metode induksi medan magnet dimana medan magnet tersebut menggerakan piringan yang terbuat dai alumanium.

- Fungsi KwH Meter
  KwH Meter adalah alat yang berfungsi mengukur pemakaian daya yang digunakan oleh pelanggan baik domestik maupun non-domestik.
- Prinsip Kerja KwH Meter
  Dalam alat ukur energy listrik, kumparan–kumparan arus dan tegangan merupakan suatu belitan pada dua buah magnet. Kumparan arus akan membangkitkan fluks megnet dengan nilai berbanding lurus dengan besar arus. Terjadinya perputarandari piringan alumanium karena interaksi dari kedua medan magnet ini. Kemudian putaran piringan ditransfer pada roda-roda pencatat. Pada transfer mati nilai putaran piringan alumanium ke roda-roda pencatat dilakukan kalibrasi untuk memperoleh nilai energi terukur dalam besaran KwH (Kilo Watt Hours).



Gambar 2.1 Kwh Meter

Keterangan :

- Cp = inti besi kumparan tegangan
- Cc = inti besi kumparan arus
- Wp = kumparan tegangan
- Wc = kumparan arus
- D = kepingan roda alumanium
- J = roda-roda pencatat (regester)
- M = magnet permanen sebagai pengerem keing alumanium,saat beban Kosong
- S = kumparan penyesuai beda fase arus dan tegangan

Untuk menghitung jumlah pemakaian daya yang digunakan yaitu dengan menggunakan rumus :

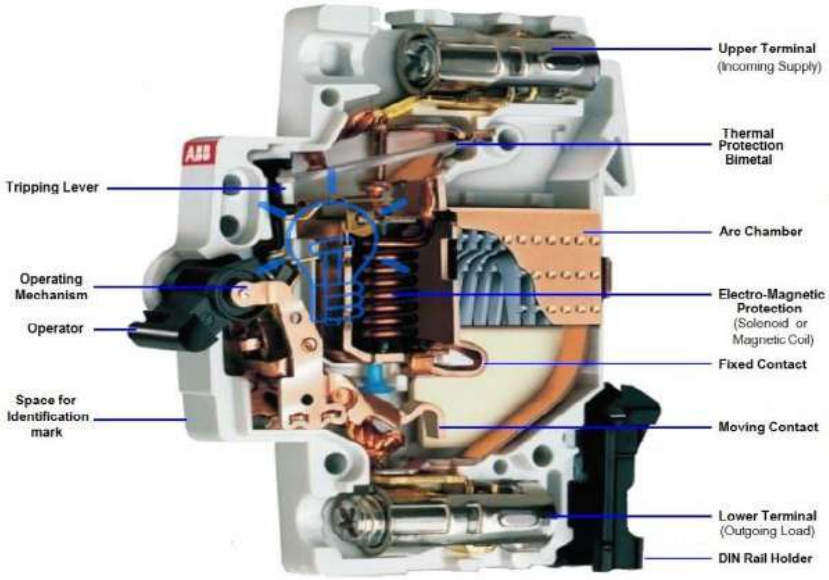
$P = V \times I$ daya semu
$P = V \times I \times \cos \varphi$ daya nyata
$Q = V \times I \times \sin \varphi$ daya reaktif
Dimana: P = Daya
V = Tegangan
I = Arus
Cos Φ = faktor daya
Sin φ = factor daya

b. MCB

MCB (Miniatur Circuit Breaker) adalah alat instalasi listrik yang digunakan untuk membatasi pemakaian daya atau arus yang terpasang pada pelanggan listrik. MCB yang biasa digunakan pada rumah tinggal dan ada dipasaran yaitu 4 A, 6 A, 10 A, 16 A, 25 A, 32 A dan lain sebagainya. Nominal MCB ditentukan dari besarnya arus yang bisa ia hantarkan, satuan dari arus adalah Ampere.

- Fungsi MCB
  MCB (Miniatur Circuit Breaker) merupakan saklar yang berfungsi untuk mengamankan peralatan terhadap beban lebih.MCB sendiri dalam proses kerjanya hampir sama dengan Sekring.Hanya saja Sekring mengamankan peralatan yang diakibatkan hubung singkat.Apabila terjadi gangguan pada instalasi rumah misalnya beban yang terpasang tidak sesuai dengan daya yang terpasang maka secara otomatis MCB akan memutuskan arus listrik.

- Prinsip Kerja MCB
  Prinsip kerja MCB sangat sederhana, ketika ada arus lebih maka arus lebih tersebut akan menghasilkan panas pada bimetal, saat terkena panas bimetal akan melengkung sehingga memutuskan kontak MCB (Trip). Selain bimetal, pada MCB Vbiasanya juga terdapat solenoid yang akan mengtripkan MCB ketika terjadi grounding (ground fault) atau hubung singkat (short circuit). Namun penting juga untuk di ingat, bahwa MCB juga bisa trip dengan panas (over heating) yang diakibatkan karena kesalahan desain/perencanaan instalasi, seperti ukuran kabel yang terlalu kecil untuk digunakan dalam arus yang tinggi, sehingga menghasilkan panas, yang lama-kelamaan akan melekungkan bimetal dan mengtripkan MCB. Oleh karena itu penggunaan kabel instalasi juga harusmemperhatikan standar maksimum arus (A) kabel yang akan digunakan, dan arus kabel tersebut tidak boleh lebih kecil dari arus maksimum rangkaian/circuit.



Gambar 2.2 MCB

- Actuator level atau toggle switch, digunakan sebagai switch on-off dari MCB. Juga menunjukan status MCB, apakah on atau off
- Switch mekanis yang membuat kontak arus listrik bekerja.
- Kontak arus listrik sebagai penyambung dan pemutus arus listrik.
- Terminal tempat koneksi kabel listrik dengan MCB.
- Bimetal, yang berfungsi sebagai thermal trip
- Baut untuk kalibrasi yang memungkinkan untuk mengatur secara presisi arus trip dari MCB.
- Solenoid, coil atau lilitan yang berfungsi sebagai magnetik trip dan bekerja bila terjadi arus lebih.
- Pemadam busur api jika terjadi api saat terjadinya pemutusan atau pengaliran kembali arus

c. Ampere meter

Amperemeter adalah salah satu alat ukur yang biasa digunakan untuk mengukur seberapa besar kuat arus listrik yang terdapat pada sebuah rangkaian. Jika anda menggunakan alat ini, anda akan menjumpai tulisan A dan mA. A adalah Amperemeter, mA adalah miliamperemeter atau mikroamperemeter. Alat ukur ini digunakan oleh para teknisi dalam eksekusi alat multitester atau avometer yang mana merupakan gabungan dari kegunaan amperemeter, ohmmeter, dan juga voltmeter.

Pembuatan Amperemeter biasanya membutuhkan susunan yang disebut dengan shunt dan mikroamperemeter. Susunan itu nanti yang berguna dalam mendeteksi arus yang ada pada rangkaian dengan arus yang kecil, sedangkan untuk hambatan shunt untuk arus besar. Perlu anda ketahui, alat ini selalu beroperasi berdasarkan pada gaya Lorentz gaya magnetis. Gaya lorentz ini ditimbulkan oleh kumparan berlapis medan magnet yang di dalamnya mengalir arus. Simpangan akan semakin besar seiring meningkatnya arus yang mengalir.

- Fungsi Ampere Meter
  Apa kegunaan dari Ampere meter itu sendiri? Alat ukur ini biasa digunakan sebagai alat ukur kuat arus listrik dalam rangkaian tertutup. Berbeda dengan voltmeter yang berfungsi untuk mengukur beda potensial yang ada di dua titik yang terdapat pada rangkaian listrik. Namun, voltmeter ini hanya digunakan untuk rangkaian yang dipasang paralel.
  Sedangkan, jika Ampere meter rangkaiannya juga secara paralel tetapi bersamaan dengan resistansi yang dinamakan resistensi shunt (Rsh). Rangkaian tersebut dapat memperbesar batas ukur alat ini. Seperti yang diketahui, alat ukur ini memiliki batas maksimal pengukuran yang harus dipahami
- Prinsip Kerja Amperemeter
  Amperemeter bekerja berdasarkan prinsip gaya megnetik (gaya lorenzt), dimana arus mengalir melalui kumparan yang dilingkupi oleh medan magnetik, akan timbul gaya lorenzt yang menggerakkan jarum penunjuk menyimpang. Apabila arus yang melewati kumparan besar, maka gaya yang ditimbulkan juga akan membesar dengan demikian penyimpangan jarum penunjuk juga akan lebih besar. Demikian sebaliknya, ketika kuat arus tidak ada maka jarum penunjuk akan kembali ke posisi semula oleh pegas. Besar gaya yang dimaksud sesuai dengan prinsip gaya lorenzt, yaitu : F = B.I.L, dengan cara memotong penghantar agar arus mengalir melewati ampere meter.

Gambar 2.3 Amperemeter

- Macam-macam ampere meter
  a) Ampere meter AC
     Ampere meter AC adalah salah satu alat ukur AC yang digunakan untuk mengetahui besar kecilnya arus yang terdapat pada rangkaian listrik AC. Alat ukur ini biasa ada pada susunan seri. Alat ini akan memperoleh arus yang melalui penghantar yang telah terpasang pada suatu rangkaian listrik AC. Berikut adalah cara penggunaan alat ini:

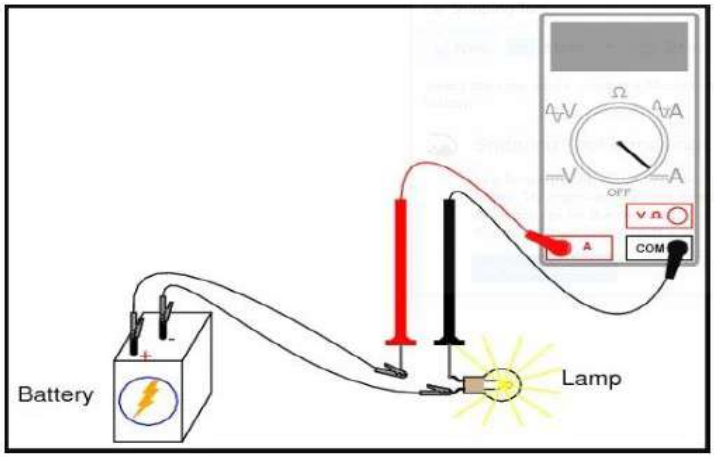
     - Hal pertama adalah menyambungkan Amperemeter AC dengan konduktor yang telah dipotong sebelumnya.
     - Lalu, anda harus mengukur arus listrik dengan cara mencermati jarum yang mengarah ke angka yang terdapat pada Amperemeter AC.

- Pahami karakteristik Amperemeter AC untuk memperoleh besaran arus listrik.
- Hitung arus listrik dengan cara mengalikan angka yang telah ditunjuk serta angka dalam skala maksimum untuk mengetahui hasilnya.

b) Amperemeter DC

Jenis kedua adalah Amperemeter DC yang juga merupakan alat ukur DC. Dari sini, dapat disimpulkan bahwa Amperemeter tidak hanya bisa digunakan untuk mengukur arus listrik AC saja, tetapi juga DC yang terhubung secara seri. Untuk cara penggunaannya, tidak jauh berbeda dengan cara menggunakan jenis AC.

- Bagian-bagian Amperemeter



Gambar 2.4 Pengujian listrik

- Terminal positif
- Terminal negatif
- Batas ukur
- Skala tinggi dan rendah

I=V/R

Dimana V = Tegangan
I = Arus
R = Hambatan

Dalam ilmu fisika, A adalah lambang dari Ampere, yang mana merupakan satuan SI untuk menunjukkan kuat arus listrik. Namun, tidak sedikit istilah menyebutnya dengan Amp saja. Jadi, 1 Ampere atau Amp berarti sebuah arus listrik yang alirannya dari kutub positif ke negatif. Dengan jarak terpisah dan penampang yang diabaikan akan memunculkan gaya sebesar 2 x 10-7 newton per meter.

d. Volt Meter

Voltmeter adalah sebuah alat ukur yang biasa digunakan untuk mengukur besar tegangan listrik yang ada dalam sebuah rangkaian listrik. Susunannya paralel sesuai dengan lokasi komponen yang diukur. Ada tiga lempengan tembaga yang ada di dalamnya. Semua lempengan itu terpasang pada Bakelit yang sudah terangkai dalam sebuah tabung plastik maupun kaca. Lempengan

luarnya dinamakan anode, sedangkan lempengan tengahnya dinamakan katode. Ukuran tabung yang dimaksud biasanya sekitar 15 x 10 cm (tinggi x diameter).

Tidak jauh berbeda dengan Amperemeter, desain voltmeter juga dibagi menjadi hambatan seri atau multiplier dan juga galvanometer. Kinerja alat ukur ini akan lebih baik dan bisa meningkat jika ditambah dengan multiplier. Dengan penambahan ini, diharapkan kemampuannya bisa bertambah berkali lipat besar daripada sebelumnya. Jika kuat arus dan medan magnet Saling berinteraksi maka akan timbul gaya magnet. Gaya itulah nanti yang akan menggerakkan jarum. Besar kecil penyimpangan jarum akan dipengaruhi oleh arus listrik yang mengalir.

- Fungsi voltmeter

  Apa itu fungsi dari voltmeter? Voltmeter merupakan alat ukur yang berfungsi untuk mengukur besar tegangan listrik yang ada di suatu rangkaian listrik. Biasanya, ketika Anda akan menggunakan alat ini, Anda akan menemukan tulisan milivolt (mV), voltmeter (V), mikrovolt, dan juga kilovolt (kV). Tahukah Anda? Alat ini memiliki batasan ukuran yaitu nilai maksimum tegangan yang bisa diukur oleh alat itu. Jika pengukuran melebihi batas yang ditentukan, otomatis alat itu akan rusak.

  Voltmeter sering kali dihubungkan dengan amperemeter. Padahal, keduanya berbeda. Amperemeter berfungsi untuk mengukur ampere atau kuat arus listrik, dan voltmeter berfungsi untuk mengukur besar tegangan listrik atau volt.

- Bagian-bagian voltmeter
  - Terminal positif
  - Terminal negatif
  - Batas ukur
  - Setup pengatur fungsi
  - Jarum penunjuk
  - Skala tinggi dan rendah

- Prinsip kerja volt meter

  Prinsip kerja volt meter hampir sama dengan Amperemeter karena desainnya juga terdiri dari galvanometer dan hambatan seri atau multiplier. Galvanometer menggunakan prinsip hukum Lorentz, dimana interaksi antara medan magnet dan kuat arus akan menimbulkan gaya magnetic. Gaya magnetik inilah yang menggerakan jarum penunjuk sehingga menyimpang saat dilewati oleh arus yang melewati kumparan.Makin besar kuat arus akan makin besar penyimpangannya.

  Untuk Voltmeter jenis digital, angka diskrit adalah gambaran atau aktualisasi dari pengukuran terhadap DC dan juga AC. Angka ini dijadikan sebagai alternatif dari defleksi jarum penunjuk dalam alat ukur jenis analog. Penunjukan yang dilakukan terhadap angka untuk berbagai keperluan justru sangat menguntungkan.

  Mengapa? Berikut adalah alasannya:

- Dapat meminimalisir problem atau kesalahan pembacaan oleh manusia serta interpolasi.
- Mencegah terjadinya kesalahan parataksis.
- Dapat meningkatkan kecepatan pembacaan.
- Dapat dijadikan sebagai pelengkap daripada keluaran yang dalam bentuk digital, yaitu berdasarkan pengolahan dan juga pencatatan selanjutnya.
- Jenis digital adalah jenis yang bisa diteliti dan juga diandalkan, sehingga dapat dipakai untuk berbagai keperluan pengukuran di dalam laboratorium.
- Jenis digital dipercaya bisa bersaing dengan alat-alat analog yang bersifat konvensional. Hal ini disebabkan perkembangan serta penyempurnaan modul rangkaiannya berkurang. Tidak hanya modul, tetapi juga kebutuhan daya, harga, hingga ukuran.
- Karakteristik operasi dan karakteristik khas menunjukkan bahwa kualitas jenis digital lebih unggul.

Jenis digital masih dikelompokkan lagi ke dalam 4 jenis, yakni, pertama, Voltmeter digital tipe tanjak atau ramp type DVM . Kedua adalah voltmeter jenis digital tipe penggabungan atau intergrasi (integrating DVM). Ketiga adalah jenis digital yang setimbang kontinu atau continuous balance DVM. Yang terakhir yaitu jenis digital dengan pendekatan yang berturut-turut atau successive approximating DVM.

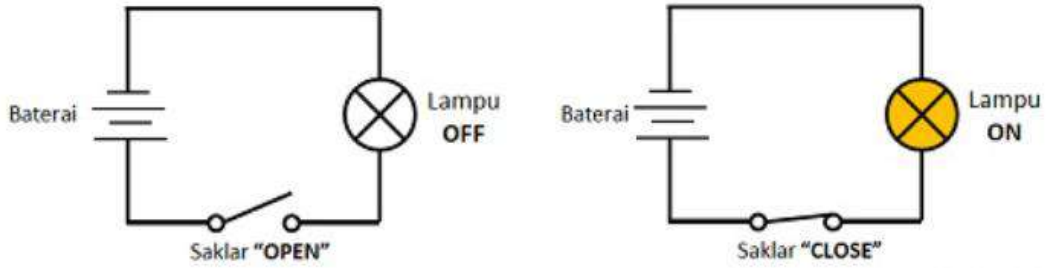
e. Saklar

Saklar atau lebih tepatnya adalah Saklar listrik adalah suatu komponen atau perangkat yang digunakan untuk memutuskan atau menghubungkan aliran listrik. Saklar yang dalam bahasa Inggris disebut dengan Switch ini merupakan salah satu komponen atau alat listrik yang paling sering digunakan. Hampir semua peralatan Elektronika dan Listrik memerlukan Saklar untuk menghidupkan atau mematikan alat listrik yang digunakan.

- Cara kerja saklar

Pada dasarnya, sebuah Saklar sederhana terdiri dari dua bilah konduktor (biasanya adalah logam) yang terhubung ke rangkaian eksternal, Saat kedua bilah konduktor tersebut terhubung maka akan terjadi hubungan arus listrik dalam rangkaian. Sebaliknya, saat kedua konduktor tersebut dipisahkan maka hubungan arus listrik akan ikut terputus.

Saklar yang paling sering ditemukan adalah Saklar yang dioperasikan oleh tangan manusia dengan satu atau lebih pasang kontak listrik. Setiap pasangan kontak umumnya terdiri dari 2 keadaan atau disebut dengan “State”. Kedua keadaan tersebut diantaranya adalah Keadaan “*Close*” atau “Tutup” dan Keadaan “*Open*” atau “Buka”. *Close* artinya terjadi sambungan aliran listrik sedangkan *Open* adalah terjadinya pemutusan aliran listrik.



Berdasarkan dua keadaan tersebut, Saklar pada umumnya menggunakan istilah *Normally Open* (NO) untuk Saklar yang berada pada keadaan Terbuka (Open) pada kondisi awal. Ketika ditekan, Saklar yang *Normally Open* (NO) tersebut akan berubah menjadi keadaan Tertutup (Close) atau "ON". Sedangkan *Normally Close* (NC) adalah saklar yang berada pada keadaan Tertutup (Close) pada kondisi awal dan akan beralih ke keadaan Terbuka (Open) ketika ditekan.

- Jenis saklar
  Saklar Listrik dapat digolongkan berdasarkan jumlah Kontak dan Kondisi yang dimilikinya. Jumlah Kontak dan kondisi yang dimiliki tersebut biasanya disebut dengan istilah "*Pole*" dan "*Throw*".
  Pole adalah banyaknya Kontak yang dimiliki oleh sebuah saklar sedangkan Throw adalah banyaknya kondisi yang dimiliki oleh sebuah Saklar.

Berikut ini adalah beberapa contoh jenis Saklar Listrik yang digolongkan berdasarkan Pole dan Throw :

- SPST : Single Pole Single Throw, yaitu Saklar ON/OFF yang paling sederhana dengan hanya memiliki 2 Terminal. Contohnya Saklar Listrik ON/OFF pada lampu.
- SPDT : Single Pole Double Throw, yaitu Saklar yang memiliki 3 Terminal. Saklar jenis ini dapat digunakan sebagai Saklar Pemilih. Contohnya Saklar pemilih Tegangan Input Adaptor yaitu 110V atau 220V.
- DPST : Double Pole Single Throw, yaitu saklar yang memiliki 4 Terminal. DPST dapat diartikan sebagai 2 Saklar SPST yang dikendalikan dalam satu mekanisme.
- DPDT : Double Pole Double Throw, yaitu saklar yang memiliki 6 Terminal. DPDT dapat diartikan sebagai 2 Saklar SPDT yang dikendalikan dalam satu mekanisme.
- SP6T : Single Pole Six Throw, yaitu saklar yang memilki 7 Terminal yang pada umumnya berfungsi sebagai Saklar pemilih. Jenis Saklar ini banyak ditemui dalam Rangkaian Adaptor yang dapat memilih berbagai Tegangan Output, misalnya pilihan output 1,5V, 3V, 4,5V, 6V, 9V dan 12V.

Tabel 2.1 SImbol Saklar

Jumlah Pole dan Throw	Simbol
SPST (Single Pole Single Throw)	
SPDT (Single Pole Double Throw)	
DPST (Double Pole Single Throw)	
DPDT (Double Pole Double Throw)	
SP6T (Double Pole Six Throw)	

teknikelektronika.com

f. Stop Kontak

Stop kontak merupakan material instalasi listrik yang berfungsi sebagai muara penghubung antara arus listrik dengan peralatan listrik. Agar alat listrik terhubung dengan stop kontak, maka diperlukan kabel dan steker atau colokan yang nantinya akan ditancapkan pada stop kontak.

- Jenis Stop Kontak

  Berdasarkan bentuk serta fungsinya, stop kontak dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

- Stop kontak kecil, merupakan stop kontak dengan dua lubang (kanal) yang berfungsi untuk menyalurkan listrik pada daya rendah ke alatalat listrik melalui steker yang juga berjenis kecil.
- Stop kontak besar, juga nerupakan stop kontak dengan dua kanal AC yang dilengkapi dengan lempeng logam pada sisi atas dan bawah kanal AC yang berfungsi sebagai ground.sakelar jenis ini biasanya digunakan untuk daya yang lebih besar.

Sedangkan berdasarkan tempat pemasangannya. Dikenal dua jenis stop kontak, yaitu:

- Stop kontak in bow, merupakan stop kontak yang dipasang didalam tembok.
- Stop kontak out bow, yang dipasang diluar tembok atau hanya diletakkan dipermukaan tembok pada saat berfungsi sebagai stop kontak portable.

Gambar 2.5 Stop Kontak

g. Kabel

Kabel Listrik yang dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Cable* adalah media untuk menghantarkan arus listrik yang terdiri dari Konduktor dan Isolator. Konduktor atau bahan penghantar listrik yang biasanya digunakan oleh Kabel Listrik adalah bahan Tembaga dan juga yang berbahan Aluminium meskipun ada juga yang menggunakan Silver (perak) dan emas sebagai bahan konduktornya namun bahan-bahan tersebut jarang digunakan karena harganya yang sangat mahal. Sedangkan Isolator atau bahan yang tidak/sulit menghantarkan arus listrik yang digunakan oleh Kabel Listrik adalah bahan *Thermoplastik* dan Thermosetting yaitu *polymer* (plastik dan rubber/karet) yang dibentuk dengan satu kali atau beberapa kali pemanasan dan pendinginan.

Kabel Listrik pada dasarnya merupakan sejumlah Wire (kawat) terisolator yang diikat bersama dan membentuk jalur transmisi multikonduktor. Dalam pemilihan kabel listrik, kita perlu memperhatikan beberapa faktor penting yaitu warna kabel listrik, label informasi dan aplikasinya. Informasi yang tercetak di kabel listrik merupakan informasi-informasi penting tentang kabel listrik yang bersangkutan sehingga kita dapat menyesuaikan kabel listrik tersebut dengan penggunaan kita.

Terdapat beberapa informasi penting yang tercantum pada sebuah kabel, diantaranya :

- Ukuran Kabel (Cable Size),
  yaitu ukuran pada setiap individu wire yang terikat bersama pada kabel yang bersangkutan. Berdasarkan ukuran *American Wire Gauge* (AWG), Ukuran yang tercetak tersebut diantaranya seperti 8, 10, 12, 14, 16 dan lain-lainnya yang masing-masing angka tersebut mewakilkan diameter wire pada kabelnya.

Makin besar angka tersebut makin kecil ukuran wire kabelnya. Sedangkan di Indonesia, kita biasanya menggunakan satuan mm2 seperti 1.5mm², 2.5mm², 4mm², 6 mm² dan seterusnya.

- Tegangan nominal,
  yaitu tegangan operasional wire kabel yang bersangkutan seperti 450/750V yang artinya tegangan nominalnya adalah sekitar 450V hingga 750V.
- Kode Bahan dan Jumlah Wire dalam Kabel,
  beberapa kode kabel yang sering kita jumpai diantaranya seperti NYA, NYAF, NGA, NYM, NYMHY, NYY, NYYHY dan lain-lainnya. Dari kode tersebut kita dapat mengetahui Bahan Konduktor dan Bahan Isolator yang digunakan serta jumlah wire konduktornya tunggal atau serabut (lebih dari satu).

- Jenis-jenis kabel
  Jenis kabel terbagi dalam 2 bagian kabel listrik untuk transmisi data dan pada instalasi umum.

  I. Kabel listrik transmisi data
     - Kabel Berpasangan (Paired Cable), yaitu kabel yang terbuat dari dua konduktor yang diisolasi secara individual. Kabel Berpasangan atau Paired Cable ini sering digunakan untuk arus listrik DC dan arus listrik AC yang berfrekuensi rendah.
     - Kabel Twin Lead, yaitu kabel yang terdiri dari dua konduktor dengan bentuk yang mirip dengan pita. Kabel Twin Lead ini biasanya digunakan sebagai media transmisi yang menghubungkan Antena dengan Receiver (perangkat penerima sinyal) seperti Radio ataupun Televisi. Kabel Twin Lead ini sering disebut juga dengan kabel 300Ω karena impedansinya adalah 300Ω.
     - Kabel Shielded Twin Lead, kabel jenis ini mirip dengan kabel berpasangan atau paired cable, namun pada bagian dalam kabel dikelilingi oleh lapisan logam tipis yang terhubung ke wire konduktor ground. Lapisan logam tipis ini berfungsi untuk melindungi kabel dari medan magnet atau untuk menghindari gangguan lainnya yang berpotensi menyebabkan sinyal Noise pada kabel yang bersangkutan.
     - Kabel Multi Konduktor (Multiple Conductor Cable), yaitu kabel yang terdiri dari sejumlah konduktor dengan bungkusan Isolator secara individual yang warna-warni. Kabel jenis ini biasanya digunakan di perangkat listrik rumah tangga ataupun instalasi listrik rumah.
     - Kabel Koaksial (Coaxial Cable), yaitu kabel yang digunakan untuk menghantarkan sinyal frekuensi tinggi. Kabel Koaksial memiliki dua konduktor yang mana satu konduktor berada di rongga luar mengelilingi satu konduktor tunggal yang dipisahkan oleh bahan Isolator. Kabel jenis ini memiliki impedansi transmisi yang konstan serta tidak menghasilkan medan magnet sehingga cocok untuk mentransmisikan sinyal frekuensi tinggi.
     - Kabel Pita (Ribbon), kabel jenis ini sering disebut juga dengan Kabel Pelangi dan biasanya digunakan pada aplikasi atau rangkaian elektronik yang memerlukan banyak kawat konduktor sebagai penghubung. Kabel Pita atau Ribbon yang memiliki fleksibilitas tinggi ini umumnya digunakan pada rangkaian yang memerlukan tegangan rendah terutama pada rangkaian sistem digital.

- Kabel Serat optik (Fiber optic Cable), yaitu kabel yang terbuat dari serat kaca atau plastik halus yang dapat mentransmisikan sinyal cahaya dari satu tempat ke tempat lainnya. Sumber cahayanya dapat berupa sinar Laser ataupun sinar LED. Diameter kabel serat optik sekitar 120 mikrometer.Kabel pasangan berpilin (Twisted pair cable), Twisted pair Cable pada dasarnya merupakan sepasang kabel tembaga yang diputar bersama-sama berbentuk spiral dan dibungkus dengan lapisan plastik. Twisted Pair Cable ini pada dasarnya dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu Kabel UTP (unshielded Twisted Pair) dan STP (Shielded Twisted Pair). Diameter Twisted Pair sekitar 0,4mm hingga 0,8mm.

II. Kabel listrik umum

Dalam instalasi listrik perumahan, paling tidak ada 3 jenis kabel listrik yang paling umum digunakan yaitu kabel jenis NYA, NYM dan NYY.berarti kabel standar berpenghantar tembaga (huruf “N”) dan berselubung isolasi dari PVC (Poli Vinil Chlorid) (huruf “Y”)

- Kabel NYA

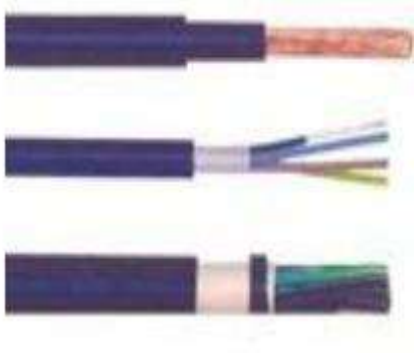
Kabel tipe NYA Merupakan kabel berisolasi PVC dan berinti kawat tunggal. Warna isolasinya ada beberapa macam yaitu merah, kuning, biru dan hitam. Jenisnya adalah kabel udara (tidak untuk ditanam dalam tanah). Karena isolasinya hanya satu lapis, maka mudah luka karena gesekan, gigitan tikus atau gencetan. Dalam pemasangannya, kabel jenis ini harus dimasukkan dalam suatu konduit kabel.

Konduit adalah suatu selubung pelindung, ada yang berupa pipa besi, tetapi yang paling umum digunakan adalah pipa PVC (tetapi berbeda dengan pipa PVC untuk air).

- Kabel NYM

Kabel tipe NYM yang terpasang di peralatan listrik rumah Kabel jenis ini mempunyai isolasi luar jenis PVC berwarna putih (cara mengenalinya bisa dengan melihat warna yang khas putih ini) dengan selubung karet di dalamnya dan berinti kawat tunggal yang jumlahnya antara 2 sampai 4 inti dan Kabel ini relative lebih kuat karena adanya isolasi PVC dan selubung karet. Pemasangannya pada instalasi listrik dalam rumah bisa tanpa konduit (kecuali dalam tembok sebaiknya menggunakan konduit seperti yang dijelaskan sebelumnya). Kabel ini dirancang bukan untuk penggunaan di bagian luar (outdoor).

- Kabel NYY



Warna khas kabel ini adalah hitam dengan isolasi PVC ganda sehingga lebih kuat. Karena lebih kuat dari tekanan gencetan dan air, pemasangannya bisa untuk outdoor, termasuk ditanam dalam tanah. Kabel untuk lampu taman dan di luar rumah sebaiknya menggunakan kabel jenis ini. Harganya tentu lebih mahal dibanding dua jenis kabel sebelumnya.

Kabel listrik mempunyai ukuran luas penampang inti kabel yang berhubungan dengan kapasitas penghantaran arus listriknya. Dalam istilah PUIL, besarnya kapasitas hantaran kabel dinamakan dengan Kuat Hantar Arus (KHA). Besar kapasitas daya listrik dalam suatu instalasi listrik rumah berhubungan dari berapa besar langganan listrik dari PLN. Dalam hal ini adalah berapa besar rating MCB yang terpasang di kWh meter. Besarnya KHA kabel harus lebih besar dari rating MCB, karena prinsipnya adalah MCB harus trip sebelum kabelnya terkena masalah.

Arus listrik yang melebihi KHA dari suatu kabel akan menyebabkan kabel tersebut menjadi panas dan bila melebihi daya tahan isolasinya, maka dapatmenyebabkan rusaknya isolasi. Kerusakan isolasi bisa menyebabkan kebocoran arus listrik dan akibatnya bisa fatal seperti kesetrum pada manusia atau bahkan mengakibatkan terjadinya kebakaran. Faktor lain dalam menentukan pemilihan kabel dengan KHA-nya adalah mengenai peningkatan kebutuhan daya listrik di masa depan.

PUIL 2000 memberikan ketentuan mengenai besarnya diameter dari penghantar kabel dan maksimum KHA terus-menerus yang diperbolehkan pada kabel tipe NYA, NYM dan NYY.

- Tabel kuat hantar arus kabel dan jenis NYA

Tabel 2.2 kuat hantar arus kabel

Jenis Penghantar	Luas penampang nominal	KHA terus menerus		KHA pengenal gawai proteksi	
		Pemasangan dalam pipa (x) sesuai 7.13	Pemasangan di udara(xx) sesuai 7.12.1	Pemasangan dalam pipa	Pemasangan di udara
	mm²	A	A	A	A
1	2	3	4	5	6
	0,5	2,5	-	2	-
	0,75	7	15	4	10
	1	11	19	6	10
	1,5	15	24	10	20
NYFA	2,5	20	32	16	25
NYFAF					
NYFAZ	4	25	42	20	35
NYFAD	6	33	54	25	50
NYA	10	45	73	35	63
NYAF					
NYFAw	16	61	96	50	80
NYFAFw	25	83	129	63	100
NYFAZw	35	103	158	80	125
NYFADw	50	132	198	100	160
dan NYL	70	165	245	125	200
	95	197	292	160	250

Tabel kuat hantar arus yang terus menerus diperbolehkan dan proteksi untuk kabel berisolasi PVC pada suhu keliling 30 derajat celcius dan suhu penghantar maksimum 70 derajat celcius.

Catatan : (x) = untuk satu atau kabel lebih kabel tunggal tanpa selubung

(xx)= untuk kabel tunggal dengan jarak sekurang kurangnya sama dengan diameternya

- Tabel kuat hantar arus kabel jenis NYM

Jenis kabel	Luas penampang mm²	KHA terus menerus A	KHA pengenal gawai proteksi A
1	2	3	4
NYIF NYIFY NYPLYw NYM/NYM-0 NYRAMZ NYRUZY NYRUZYr NHYRUZY NHYRUZYr NYBUY NYLRZY, dan Kabel fleksibel berisolasi PVC	1,5	18	10
	2,5	26	20
	4	34	25
	6	44	35
	10	61	50
	16	82	63
	25	108	80
	35	135	100
	50	168	125
	70	207	160
	95	250	200
	120	292	250
	150	335	250
	185	382	315
	240	453	400

- Tabel Kuat hantar arus kabel jenis NYY

Jenis kabel	Luas penampang	KHA terus menerus					
		Berinti tunggal		Berinti dua		Berinti tiga dan empat	
		di tanah	di udara	di tanah	di udara	di tanah	di udara
	mm²	A	A	A	A	A	A
1	2	3	4	5	6	7	8
NYY NYBY NYFGbY NYRGbY NYCY NYCWY NYSY NYCEY NYSEY NYHSY	1,5	40	26	31	20	26	18,5
	2,5	54	35	41	27	34	25
	4	70	46	54	37	44	34
	6	90	58	68	48	56	43
	10	122	79	92	66	75	60
	16	160	105	121	89	98	80
	25	206	140	153	118	128	106
	35	249	174	187	145	157	131
	50	296	212	222	176	185	159
	70	365	269	272	224	228	202
	95	438	331	328	271	275	244
	120	499	386	375	314	313	282

h. Lampu penerangan

Yaitu suatu perangkat yang dapat menghasilkan cahaya saat dialiri arus listrik. Arus listrik yang dimaksud ini berasal dari tenaga listrik yang dihasilkan

oleh pembangkit listrik terpusat seperti PLN dan Generator set ataupun tenaga listrik yang dihasilkan oleh baterai dan aki.
Ada dua jenis lampu yaitu lampu pijar dan lampu TL :

- Lampu pijar
  Lampu pijar adalah jenis lampu dengan penyalaan kawat halus dalam bola gelas vakum. Misalnya lampu Edison, yang menggunakan kawat halus berupa kawat arang (karbon). Kini kawat pijar dalam lampu pada umumnya menggunakan bahan dari wolfram. Lampu pijar merupakan sumber cahaya buatan yang dihasilakan melalui penyaluran arus listrik melalui filamen yang kemudian memanas dan menghasilkan cahaya. Kaca yang menyelubungi filament panas tersebut menghalangi udara untuk berhubungan dengannya sehingga filament tidak akan langsung rusak akibat teroksidasi. Komponen utama dari lampu pijar adalah lampu yang terbuat dari kaca, filament yang terbuat dari wolfram. Dasar lampu yang terdiri dari filament, bola lampu, gas pengisi, dan kaki lampu
- Lampu TL
  Lampu tabung atau lampu TL (Tubular Lamp) yaitu jenis lampu pelepasan gas berbentuk tabung, berisi uap raksa bertekanan rendah. Radiasi ultra violet yang ditimbulkan oleh ion gas raksa oleh lapisan fosfor dalam tabung akan dipancarkan berupa cahaya tampak (gejala fluorensensi). Elektroda yang dipasang pada ujung-ujung tabung berupa kawat lilitan pijar dan akan menyala bila dialiri listrik

i. Pipa

Pipa instalasi semua penghantar dalam instalasi dimasukan dalam pipa PVC dengan ukuran-ukuran agar penghantar aman dari benturan makanis, disamping itu juga penghantar akan terisolasi serta mudah dalam perawatan apabila terjadi kerusakan dalam perbaikan.

2.3.3. Sistem Pengcahayaan

a. Intensitas cahaya dan flux cahaya

Intensitas cahaya adalah flux cahaya per satuan sudut ruang yang dipancarkan ke suatu arah tertentu. Flux cahaya yang dipancarkan ke suatu arah tertentu. Flux cahaya yang dipancarkan oleh suatu sumber cahaya adalah sejumlah cahaya yang dipancarkan dalam satu detik. Intensitas cahaya dinyatakan dalam satuan candela(cd) dengan lambang I. Sedangkan flux cahaya ,mempunyai satuan lumen dengan lambang Φ.

Dari uraian di atas diperoleh persamaan:

$$I = \frac{\phi}{\omega}$$

DImana :
I = Intensitas cahaya (candela).
Φ = Flux cahaya (lumen)
Ω = satuan sudut ruang (steradian)

b. Intensitas penerangan/ iluminasi (E)

Intensitas penerangan (E) adalah flux cahaya Φ yang jatuh pada 1m2 dari bidang itu (1 lux=1m/m2). Sedangkan iluminasi penerangan rata-rata (E rata-rata) adalah jumlah flux Φ yang dipancarkan (lumen) persatuan luas A (m2).

$$E = \frac{\phi}{A}$$

Dimana : E = Intensitas penerangan (lux)
Φ = fluks penerangan (lumen)
A = satuan luas (m2)

c. Kepadatan cahaya/luminasi (L)

Luminasi adalah satu ukuran untuk terang suatu benda. Luminasi suatu sumber cahaya atau suatu permukaan yang memantulkan cahaya adalah intensitas cahayanya dibagi dengan luas semua permukaan/ bidang yang diterangi.

$$L = \frac{I}{A}$$

Dimana : L = Luminansi 9cd/cm2)
I = Kepadatan cahaya (candela)
A = Luas semi permukaan (m2)

Untuk mendapatkan pencahayaan yang baik maka dalam merencanakan instalasi pencahayaan ada 5 kriteria yang perlu diperhatikan Kelima kriteria tersebut adalah:

a. Iluminasi / Tingkat kuat penerangan.
b. Luminasi / distribusi kepadatan cahaya.
c. Pembatasan agar cahaya tidk menyilaukan mata.
d. Arah pencahayaan dan pembentukan bayangannya.
e. Warna cahaya dan refleksi warnanya

Selain tergantung pada konstruksi sumber cahaya itu sendiri,penyebaran cahaya dari sumber cahaya juga tergantung pada konstruksi armaturnya. Hal-hal yang menentukan konstruksi armature adalah:

o Cara pemasangan armatur (pada dinding atau plafon)
o Cara pemasangan fitting atau fitting-fitting dalam armature.
o Perlindungan sumber cahaya.
o Penyebaran cahaya.

Berikut adalah kebutuhan lluminasi berdasarkan aktivitas visual

Tabel 2.3 kebutuhan iluminasi

No	Kerja Visual	Iluminansi (lux)
1	Penglihatan biasa	100
2	Kerja kasar dengan detail besar	200
3	Kerja umum dengan detail wajar	400
4	Kerja yang lumayan dengan detail kecil (studio, gambar, menjahit)	600
5	Kerja keras, lama, detail kecil (perakitan barang halus, menjahit dgn tangan)	900
6	Kerja sangat keras, lama detail sangat kecil pemotongan batu mulia, tisik halus, mengukur benda sangat kecil)	1300-2000
7	Kerja luar biasa keras, detail sangat kecil (arloji dan pembuatan instrumen kecil)	2000-3000

Contoh standar iluminansi pada bidang kerja:

- 50 lux : jalan
- 100 lux : koridor, kamar ganti, auditorium
- 150 lux : toko obat
- 200 lux : ruang makan
- 300 lux : perpustakaan, ruang olahraga,ruang kuliah
- 500 lux : kantor umum, laboratorium
- 750 lux : ruang gambar
- 1000 lux: ruang inspeksi, supermarket

Contoh standar ilmunasi pada banguna domestik

- 50 lux : jalan, taman
- 100 lux : kamar kecil
- 150 lux : ruang tidur, dapur
- 200 lux : dapur
- 250 lux : ruang keluarga, ruang tamu

d. Sistem iluminasi langsung(Direct Lighting)

Sistem ini paling afektif dalam menyediakan penerangan karena 90%-100% cahaya diarahkan langsung kepermukaan yang perlu diterangi. Tetapi kelemahan system ini adalah timbulnya bayangan-bayangan yang menganggu serta memungkinkan kesilauan baik karena penyinaran langsung maupun Karena pemantulan sinar lampu. Untuk mengatasi hal itu maka langitlangit perlu diberi warna-warna cerah supaya tampak menyegarkan.

e. Sistem iluminasi semi langsung (Semi direct lighting)

Sistem ini mengarahkan 60%-90% cahaya kepermukaan yang perlu diterangi, selebihnya menerangi dan dipantulkan oleh langit-langit dan dinding.

f. Sistem iluminasi difus dan langsung tak langsung (General Diffuse and Direct - Indirect Lighting)

Sistem ini mengarahkan 40%-60% cahaya kepermukaan yang perlu diterangi, sisanya menerangi dan dipantulkan oleh langit-langit dan dinding. Masalah bayangan dan kesilauan masih terdapat pada system ini.

g. Sistem iluminasi semi tidak langsung (Semi Indirect Lighting)

Sistem ini mengarahkan cahaya 60-90% ke langit-langit dan dinding bagian atas, selebihnya ke bawah. Bayangan secara praktis tidak ada dan kesilauan dapat dikurangi.

h. Sistem iluminasi tidak langsung (Indirect Lighting)

Sistem ini mengarahkan cahaya 90-100% ke langit-langit dan dinding bagian atas ruangan untuk dipantulkan yang kemudian menerangi seluruh ruangan berupa cahaya difus.

i. Perencanaan Penerangan Buatan

Perencanaan penerangan buatan adalah kombinasi dari seni dan ilmu sains yang diaplikasikan. Sewaktu memulai rancangan instalasi penerangan, perlu diperhatikan efek penerangan buatan dalam ruangan Didalam perencanaan penerangan pada gedung, ada beberapa kebijakan yang harus dilakukan secara bersamaan antara devisi arsitektur, struktur dan mekanikal-elektrikal pada tahaptahap awal proses pembangunan gedung.

Data yang diperlukan untuk penerangan suatu instalasi penerangan adalah:

- Gambar ruangan, dimensi ruangan, dan rencana tata letak lampu.
- Detail konstruksi langit-langit.
- Warna dan pantulan dari : langit-langit, dinding,lantai dan meja kursi.
- Peruntukan ruangan (pekerjaan visual yang akan dilakukan didalam ruangan tersebut).
- Perlengkapan mesin atau peralatan didalam ruangan.Kondisi ruangan seperti ; temperature, kelembaban dan debu.

j. Estimasi penerangan buatan

- Intensitas penerangan
  Sebelum menentukan intensitas peneranganyang dibutuhkan terlebih dahulu harus diketahui jenis pekerjaanapa yang harus dilakukan diruangan tersebut. Intensitas penerangan harus ditentukan di tempat dimana pekerjaan itu akan dilakukan. Intensitas penerangan E dengan satuan lux sama dengan jumlah lumen Φ per meter persegi.

  Jadi jumlah fluks cahaya yang diperlukan untuk bidang kerja seluas A m2 adalah ;

$$\phi = ExA$$

Namun fluks cahaya yang dipancarkan lampu tidak semuannya mencapai bidang kerja. Sebagian akan dipancarkan ke dinding dan langit-langit. Karena itu untuk menentukan fluks cahaya harus diperhitungkan efisiensi dan rendemennya.

Dimana :

$$\eta = \frac{\phi g}{\phi o}$$

Φg = Fluks cahaya yang mencapai bidang kerja,langsung maupun tidak langsung setelah dipantulkan dinding dan langit-langit.

Φo = Fluks cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya yang ada dalam ruangan.

- Efisiensi penerangan

Dari dua persamaan di atas,maka diperoleh rumus fluks cahaya :

$$\phi o = \frac{ExA}{\eta}$$

Dimana : A = luas bidang kerja (m2)

E= Intensitas penerangan yang dibutuhkan di bidang kerja (lux)

- Efisiensi armatur

Efisiensi /randemen armature (v)

$$v = \frac{\theta\, armatur}{\theta\, sb\, cahaya}$$

Efisiensi sebuah armatur ditentukan oleh konstruksi dan bahan yang digunakan. Dalam efisiensi penerangan selalu sudah ditentukan efisiensi armaturnya.

- Faktor-faktor refleksi

Bagian fluks cahaya yang dipantulkan ditentukan oleh factor refleksi r suatu permukaan. Faktor refleksi 0,6 atau 60% berarti bahwa 60% dari fluks cahaya yang mengenai permukaan dipantulkan.

$$r = \frac{\theta \text{ cahaya yg dipantulkan}}{\theta \text{ cahaya yg mengenai permukaan}}$$

Faktor refleksi tergantung dari warna dan finishing. Pemantulan ini tidak penting dalam sistem penerangan langsung. Langit-langit dan warna dinding terang memantulkan 50-70%. Sedangkan untuk warna gelap 10-20%. Untuk lebih detailnya ,warna putih dan warna sangat muda memiliki refleksi 0,7. Warna sedang 0,3. Warna gelap 0,1.

- Indeks ruangan/ indeks bentuk

Indeks ruangan /indeks bentuk k menyatakan perbandingan antara ukuranukuran utama suatu rusnngan berbentuk bujur sangkar.

$$k = \frac{pxl}{h(p+l)}$$

Dimana : P = panjang ruangan (Meter)

L = Lebar ruangan (Meter)

H = Tinggi sumber cahaya diatas bidang kerja (meter)

- Faktor Depresiasi/Penyusutan

Faktor depresiasi / penyusutan adalah intensitas penerangan dalam keadaan dipakai.

Faktor depresiasi ini dibagi atas 3 golongan utama:

- Pengotoran Ringan Pengotoran ini terjadi didaerah-daerah yang hampir tidak berdebu. Misalnya di toko, kantor,sekolah, dan lain-lain.
- Pengotoran Berat Pengotoran ini terjadi di ruangan-ruangan yang banyak debu. Misalnya di perusahaan cor, pertambangan, pemintalan dsb.
- Pengotoran biasa Pengotoran ini terjadi diperusahaan selain yang disebutkan diatas. Bila tingkat pengotoran tidak diketahui,maka digunakan faktor depresiasi 0.8

- Jumlah Lampu/ Armatur (n)

Jumlah armatur / lampu dapat ditentukan dengan persamaan dibawah ini:

$$n = \frac{E \times A}{\theta \text{ lampu} \times \eta \times d}$$

- Pengaruh Armatur Lampu

Cahaya yang dikeluarkan, direfleksikan , dan diserap oleh Armatur Lampu Gelas .

Tabel 2.4. Armatur lampu jenis gelas

Jenis Gelas	Tebal Lampu Mm	Daya Transmisi %	Daya Refleksi %	Daya Penyerapan
Bola kaca bening permukaan rata	1-4	92-90	6-8	2-4
Gelas prisma	3-6	90-70	5-20	5-10
Gelas yang memakai ornamen	3-6	90-60	7-20	3-20
Gelas warna susu	2-3	88-82	7-88	5-10
Acrylic putih susu	2-3	60-40	20-40	10-20

Tabel 2.5. Standar kuat penerangan dalam ruangan

	Nama Ruangan	Besarnya Penerangan yang Dianjurkan LX	Warna Cahaya		
			Putih Sejuk	Putih Netral	Putih Hangat
			Colour Rendering		
PERUMAHAN	Tangga	60		1	1
	Teras depan	60		1 atau 2	1
	Ruang makan	120 - 250		1 atau 2	1
	Ruang tamu	120 - 250			1
	Ruang kerja	120 - 250	1	1	
	Kamar tidur anak	120			1
	Kamar tidur orang tua	250		1 atau 2	1
	Kamar mandi	250			1
	Dapur	250		1	1
	Gudang makanan	60		1 atau 2	1
	Ruang samping	60		1 atau 2	1
	Ruang cuci	250		1 atau 2	1
BIRO KANTOR	Kantor dengan pekerjaan ringan	250		1 atau 2	1
	Ruang rapat	250		1 atau 2	1
	Bagian pembukuan	250		1 atau 2	1
	Stenografi	250		1 atau 2	1
	Komputer	500		1 atau 2	1
	Bagian gambar	1.000		1 atau 2	
	Ruang biro besar	1.000		1 atau 2	
KERAJINAN DAN PERTUKANGAN	Pengecatan dan pemasangan karpet + tembok	250		2	
	Pekerjaan glas mosaik	500	1 atau 2	1 atau 2	1 atau 2
	Salon	750	1	1	1
	Pekerjaan kayu, pasah,lem, pemotongan	250		3	1
	Pengecatan	500		1 atau 2	1 atau 2
INDUSTRI	Pekerjaan kayu dengan mesin	500		2	2
	Open dan pengecoran besi dan lain-lain	120	3 atau 4	3 atau 4	3 atau 4
	Machine hall	250		3 atau 4	
	Pekerjaan form dengan tangan + mesin	250	3 atau 4	3 atau 4	3 atau 4
	Pekerjaan dengan mesin	250			2
	Bagian kontrol dan pengukuran	1.000		2	
	Reparasi arloji, grafik, kerajinan emas	2.000		1	
INDUSTRI MAKANAN	Pembungkusan	250		1 atau 2	
	Pabrik rokok dan cigaret	500		2	
	Pekerjaan di dapur	500		2	
	Dekorasi penyortiran	750	1	1	
	Kontrol warna	1.000	1	1	

Tabel Lanjutan Standar Kuat Penerangan dalam Ruangan

	Nama Ruangan	Besarnya Penerangan yang Dianjurkan LX	Warna Cahaya		
			Putih Sejuk	Putih Netral	Putih Hangat
SEKOLAHAN	Ruang kelas, aula, ruang musik	250		1 atau 2	1 atau 2
	Laboratorium fisika, kimia	500		1 atau 2	1 atau 2
	Pekerjaan tangan	500		1 atau 2	1 atau 2
	Perpustakaan	500		1 atau 2	1 atau 2
	Sekolahan (SLB)	500		1 atau 2	1 atau 2
	PPPK	500		1 atau 2	1 atau 2
	Ruang seminar besar	500		1 atau 2	1 atau 2
RUANG SAMPING	Ganti pakaian, kamar mandi, toilet, tangga, gang, hall dengan pengunjung sedikit	60		2	
	Hall dengan pengunjung banyak	120		2	
RUANG PENJUALAN PAMERAN	Pameran, museum, pameran lukisan	250		1	1
	Fair Hall	500		1 atau 2	1 atau 2
	Gudang	120		3	3
	Ruang penjualan	250		1 atau 2	1 atau 2
	Supermarket	750		1 atau 2	1 atau 2
	Shopping centre	500		1 atau 2	1 atau 2
	Etalase toko	1.000	kombinasi		
HOTEL DAN GEREJA	Kamar hotel, restoran	120			1
	Hall, self service restaurant	250		1 atau 2	1 atau 2
	Dapur hotel	500		1 atau 2	1 atau 2
	Gereja	30 – 120		1 atau 2	1 atau 2

Sumber: Neufert/1984 DIN 5035

2.3.4. Pemasangan dan Penggunaan

Kegiatan untuk pemasangan dan penggunaan Instalasi listrik sebagaimana dimuat dalam PERMEN No.12 Tahun 2015 dalam pasal 4 ayat 1 bahwa yang dilaksanakan pada kegiatan pembangkitan, transmisi, distribusi, dan pemanfaatan listrik wajib mengacu pada standar bidang kelistrikan dan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Adapun standar bidang kelistrikan yang wajib dipatuhi jika akan melakukan pemasangan instalasi listrik adalah sebagai berikut :

a. standar Nasional Indonesia
b. standar internasional
c. standar nasional negara lain yang ditentukan oleh pengawas ketenagakerjaan spesialis K3 listrik

karena semua prosedur yang tertera harus mengacu pada standar sehingga untuk melakukan pemasangan instalasi listrik tidak bisa dilakukan secara sembarangan, harus dengan seorang ahli listrik yang benar benar menguasai sehingga mengerti akan segala risiko yang akan terjadi dan menghindari kejadian-kejadian yang tidak di inginkan saat proses pemasangan instalasi listrik.

Untuk tenaga ahli kelistrikan sendiri pun harus terlebih dahulu dibekali pengalaman yang mencukupi dan yang terpenting sudah memiliki sertifikat ahli listrik untuk bisa terjun langsung untuk menangani pemasangan instalasi listrik. Karena jika tanpa sertifikat ahli akan membuat tenaga ahli di pertanyakan keahliannya dan akan menimbulkan ketidakpercayaan untuk menangani pemasangan instalasi listrik, sehingga keberadaan sertifikat ahli sangat lah penting.

Berikut adalah tahap-tahap untuk pemasangan instalasi listrik

a. ketahui luas bangunan
   langkah ini berguna untuk mengetahui seberapa luas total bangunan yang harus dialiri oleh listrik dan total panjang kabel yang dibutuhkan untuk mengcover luas area total bangunan tersebut
b. ketahui total besaran daya listrik
   dengan mengetahui besaran daya listrik yang dihasilkan, maka sistem pengaman untuk arus listrik pun akan diketahui sehingga mengantisipasi risiko-risiko bahaya akibat beban daya listrik yang terlalu besar.
   Komponen yang biasa digunakan untuk memproteksi beban berlebih pada arus listrik adalah MCB (Miniature Circuit Breaker). Semakin besar daya listrik yang dihasilkan, maka MCB yang dipasangpun harus menyesuaikan tujuannya agar jika terjadi gangguan pada arus listrik bisa cepat ditangani dan tidak menyebar ke instalasi listrik lainnya.
c. Siapkan alat dan komponen instalasi listrik
   Selanjutnya, sebelum memasang instalasi listrik perlu menyiapkan material dan komponen yang dibutuhkan.
   Diantaranya adalah :

- MCB,
- Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB),
- Boks MCB dan ELCB,
- Sakelar,
- Stop kontak,
- Kabel listrik,
- Isolasi,
- Pipa,
- Embodus (kotak sambungan), dan
- T dus.

d. Ketahui kabel listrik yang tepat dan sesuai
   Langkah selanjutnya adalah mengetahui kabel yang tepat. Pastikan kalau kabel-kabel yang digunakan telah berstandar SNI. Jika kabel sudah berstandar SNI, berarti kelayakan dan keamanannya sudah terjamin.
   Berikutnya, tentukan ukuran kabel listrik. Sebab, jumlah kabel ampere yang kurang bisa menyebabkan hubungan pendek arus listrik. Selain itu, kode warna yang terdapat pada kabel listrik juga menentukan besaran ukuran kawat konduktor. Namun, pada arus bolak-balik (AC) kode warna kabel tidak berhubungan dengan kapasitas ampere-nya, seperti kabel hitam untuk sumber arus, biru untuk konduktor netral, dan hijau untuk penahanan.

e. Desain Jalur instalasi listrik
   Desain untuk jalur instalasi listrik sangatlah penting, perlu ketelitian tinggi untuk membuat jalur instalasi listrik yang efektif dan keamanannya harus diutamakan, dan juga untuk proses maintenance nya agak fleksibel. Mulai dari luas bangunan, total semua ruangan dan perlu dialiri listrik, bagian luar bangun sampai kepada sumber tenaga listriknya.
   Perlu diketahui untuk tinggi dari jalur instalasi listrik minimal 125 cm dari permukaan lantai agar menghindari jangkauan dari anak kecil.
f. Pemasangan kabel utama
   Pemasangan jalur utama ini diukur dari kotak MCB, lalu dihubungkan sampai dengan stop kontak yang paling terakhir. Kabel utama ini bisa dipasang di atap-atap atau atas plafon agar tidak terlihat. Kemudian, nantinya kabel akan disambungkan ke dalam pipa listrik di tembok-tembok yang telah dibobok.
g. Sambungkan kabel sakelar, stop kontak dan komponen lainnya
   Selanjut, cara memasang instalasi listrik yaitu, kabel dari jalur utama diteruskan ke tembok-tembok yang telah dibobok. Seperti, sakelar, stop kontak dan lampu. Sambungkan semua kabel yang sesuai dengan peruntukannya dan pasangkan komponen-komponennya. Tapi pastikan untuk semua sambungan kabel dan pipa-pipa telah tertutup dengan isolasi agar aman saat listrik dialirkan.

Setelah semua langkah-langkah tersebut dilakukan, langkah terakhir adalah dengan menguji coba mengaktifkan listrik dengan menyalakan MCB jika tidak ada kendala maka MCB tidak akan memutuskan aliran listrik, namun jika ada kendala pada aliran listrik maka MCB otomatis akan memutus aliran listrik dengan cara memindahkan switch on ke off.

2.3.5. Pemeriksaan dan Pengujian

A. Ruang lingkup pemeriksaan dan pengujian

Ketentuan pemeriksaan dan pengujian sesuai dengan PUIL 2000

1. Instalasi listrik yang baru dipasang atau telah mengalami perubahan, harus diperiksa dan diuji dulu sesuai dengan ketentuan PUIL 2000.
2. Pemeriksaan dan pengujian sistem pembumian instalasi domestik dan non domestik harus mengikuti ketentuan sistem pembumian yang diterapkan.
3. Sistem pembumian yang diatur dalam PUIL adalah :
   a) Sistem TN-S, dimana penghantar pengaman terpisah di seluruh sistem
   b) Sistem TN-C-S, dimana fungsi netral dan fungsi proteksi tergabung dalam penghantar tunggal di sebagian sistem
   c) Sistem TN-C, dimana fungsi netral dan fungsi proteksi tergabung dalam penghantar proteksi di seluruh sistem.
   d) Sistem TT, dimana BKT instalasi dihubungkan ke elektroda .

   Catatan: Sistem TN-C-S digunakan pada instalasi yang disambung pada jaringan PLN berdasarkan SPLN-3.

4. Pengujian sistem pembumian harus meliputi:
   a) Pemeriksaan awal yang teliti terhadap bagian instalasi yang penting
   b) Pengukuran yang dapat menunjukkan keefektifan sistem pengaman (a.l. pengukuran dan pengujian resistans pembumian dan berfungsinya alat pengaman GPAS – gawai proteksi arus sisa dan GPAL – gawai proteksi arus lebih)
5. Pemeriksaan awal mengenai:
   a) Kesesuaian ukuran penghantar fase dan pengaman arus lebih
   b) Luas penampang minimum penghantar pengaman dan kesesuaian pemasangannya
   c) Kontinuitas penghantar pengaman
   d) Apakah penghantar pengaman tidak terhubung dengan penghantar fase?
   e) Tanda pengenal penghantar nol dan penghantar pengaman
   f) Apakah kotak kontak dan tusuk kontak telah mempunyai penghantar pengaman dengan luas penampang yang cukup dan telah terhubung pada kotak pengamannya? dan telah terhubung pada kotak pengamannya?
   g) Apakah tegangan nominal sakelar pengaman (sptb atau spas) cocok dengan tegangan nominal jaringan.
6. Instalasi listrik yang selesai dipasang, atau yang mengalami perubahan, harus diperiksa dan diuji dahulu sebelum dialiri listrik sesuai lingkup pemeriksaan dan pengujian yang dsitetapkan dan harus digunakan digunakan sesuai dengan ketentuan ketentuan dalam PUIL. Penyimpangan dari ketentuan ini dapat dilakukan pada instalasi sementara dan instalasi kedutaan asing, dengan izin khusus dari instansi yang berwenang.
7. Pemeriksan dan pengujian instalasi listrik dilakukan antara lain mengenai hal berikut:

a) Berbagai macam tanda pengenal dan papan peringatan
b) Perlengkapan listrik yang dipasang
c) Cara memasang perlengkapan listrik
d) Polaritas
e) Pembumian
f) Resistans isolasi
g) Kesinambungan sirkit
h) Fungsi pengamanan sistem instalasi listrik

Pemeriksaan dan pengujian disusul dengan uji coba.

B. Acuan Pemeriksaan

Pemeriksa instalasi listrik harus mentaati ketentuan dalam PUIL 2000 dan peraturan-peraturan lain sebagaimana disebut dalam PUIL 2000:

1. UU No. 1 tahun 1970
2. Peraturan bangunan nasional
3. Peraturan p gpg emerintah RI tentang pengusahaan kelistrikan
4. Peraturan pemerintah RI tentang keselamatan kerja
5. Peraturan menteri pertambangan dan energi tentang izin usaha kelistrikan
6. Peraturan menteri pertambangan dan energi tentang standar nasional indonesia (SNI)
7. Peraturan lainnya mengenai kelistrikan dan usaha penunjangnya.
8. wajib dilakukan pada perencanaan, pemasangan, penggunaan, perubahan, dan pemeliharaan
9. mengacu kepada standar bidang kelistrikan dan peraturan perundang-undangan
10. dilakukan oleh Pengawas Ketenagakerjaan Spesialis K3 Listrik dan/atau Ahli K3 bidang Listrik
11. pelaksanannnya :
    a. sebelum penyerahan kepada pemilik/pengguna;
    b. setelah ada perubahan/perbaikan; dan
    c. secara berkala

C. Data kesiapan instalasi untuk diperiksa

Jika pekerjaan pemasangan instalasi listrik telah selesai, pelaksana pekerjaan pemasangan instalasi tersebut harus secara tertulis memberitahukan kepada instansi yang berwenang bahwa pekerjaan telah dilaksanakan dengan baik, memenuhi syarat pengamanan sebagaimana diatur dalam PUIL 2000 ini serta siap untuk diperiksa dan diuji.

Data-data tersebut diantaranya adalah :

- Sertifikat laik operasi
- Dokumen resmi perusahaan
- Gambar teknik instalasi listrik
- Manual book
- Denah lokasi

- Dokumen penunjang lainnya

D. Pengujian

Instalasi yang telah terpasang perlu diperiksa dan di uji apakah sudah layak dan sesuai dengan peraturan perundang-undangan dan juga dari segi keamanan dan keselamatanya harus sesuai dengan ketentuan PUIL.

Proses uji coba bisa dilakukan dengan tegangan dan arus kerja menurut batas yang ditentukan dan dalam waktu yang disyaratkan. Lalu pada waktu uji coba, semua peranti yang terpasang dan akan digunakan harus dijalankan, baik secara sendiri-sendiri maupun serempak sesuai dengan rencana dan tujuan penggunaannya. Kemudian hasil pemeriksaan dan pengujian, termasuk hasil uji coba, harus dilaporkan dalam bentuk berita acara. Jika uji coba menunjukkan ada kesalahan dalam instalasi, uji coba itu harus dihentikan dan hanya dapat diulangi seteh instalasi diperbaiki.

Untuk melakukan proses pemeriksaan dan pengujian tidak bisa dilakukan oleh orang sembarangan karena menyangkut dengan proses kerja dan juga keamanan serta keselamatan kerja. Proses pemeriksaan dan pengujian harus dilakukan oleh tenaga ahli yang ditunjuk langsung oleh dinas pemerintahan dan juga dinaungi oleh lembaga sertifikasi yang resmi dan terjamin karena sudah di sahkan oleh pemerintah.

- Lembaga sertifikasi wajib memenuhi persyaratan sebagai berikut :
  1. Pemeriksa instalasi listrik harus menggunakan tena ga kerja yang berkompeten sesuai dengan bidangnya dan bersertifikat yang dikeluarkan oleh lembaga sertifikasi yang diakreditasi oleh lembaga akreditasi akreditasi yang ditetapkan ditetapkan berdasarkan berdasarkan UU.
  2. Pemeriksa instalasi listrik wajib menjaga keselamatan dan kesehatan tenaga kerjanya sesuai dengan peraturan perundang-undangan keselamatan dan kesehatan kerja yang berlaku.
  3. Lembaga sertifikasi yang melakukan pemeriksaan dan pengujian instalasi instalasi harus netral (tidak berpihak) berpihak).
  4. Pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik domestik dan non domestik dengan daya sampai 199 kVA dan penerbitan sertifikasi laik operasi dilakukan oleh KONSUIL
  5. Sertifikat Sertifikat laik operasi operasi dikeluarkan dikeluarkan setelah setelah instalasi instalasi listrik listrik diperiksa diperiksa dan diuji dengan hasil baik.
  6. Pelaksanaan pemeriksaan dan pengujian instalasi di atas 199 kVA tegangan rendah dan tegangan tinggi dilakukan oleh instansi lain yang netral.
  7. Catatan:
     a. Direktorat Jendral Pembinaan Pengawasan Ketenagakerjaan, sesuai sesuai peraturan perundang-undangan terkait K3 Listrik melakukan pemeriksaan instalasi listrik penerangan dan tenaga yang merupakan obyek pengawasan di bidang K3 Listrik, dimana tenaga kerja melakukan kegiatannya.

b. Direktorat Jendral Listrik dan Pengembangan Energi, sesuai peraturan perundang-undangan di bidang ketenagalistrikan, menetapkan sistem standardisasi dan sertifikasi di bidang ketenagalistrikan, termasuk diantaranya sertifikasi tenaga ahli/teknisi ahli/teknisi dan sertifikasi sertifikasi instalasi instalasi listrik listrik domestik domestik dan non domestik. Untuk instalasi non domestik telah ditunjuk 15 perusahaan pemeriksa.

- Pemeriksa atau penguji pun wajib memenuhi persyaratan diantaranya sebagai berikut :
  1. Orang yang diserahi diserahi tanggung tanggung jawab atas semua pekerjaan pekerjaan pemeriksaan instalasi listrik harus ahli (memiliki sertifikat kompetensi) dibidang kelistrikan, memahami peraturan perlistrikan, menguasai menguasai pekerjaan pekerjaan memasang memasang instalasi instalasi listrik, listrik, dan memiliki memiliki izin bekerja dari instansi yang berwenang.
  2. Penguji harus mampu menjaga keselamatan dirinya dan juga orang lain di dekat tempat pengujian.
  3. Sikap dan tindakan pengujian yang harus dilakukan oleh seorang penguji mencakup diantaranya hal-hal sbb.:
     a. Meyakini bahwa tindakan keselamatan dan pengamanan dipatuhi
     b. Mempunyai pemahaman tentang instalasi, bagaimana rancangannya dan bagaimana pemasangannya.
     c. Meyakini Meyakini bahwa instrumen instrumen uji yang akan digunakan digunakan memenuhi standar
     d. yang ditentukan dan masih mempunyai tanda lulus kalibrasi untuk menjamin ketelitiannya.
     e. Memeriksa bahwa penghantar uji yang akan dipakai dalam keadaan baik perlu diproteksi oleh pengaman lebur.

- Data yang diperlukan oleh penguji

Sebelum melakukan pemeriksaan dan pengujian Penguji demikian pula pengguna instalasi harus memperoleh data Penguji demikian pula pengguna instalasi harus memperoleh data yang jelas tentang instalasi dan bagaimana melaksanakan fungsi tersebut.

Data yang diperlukan oleh seorang pemeriksa dan penguji adalah sbb :

a. Gambar situasi
b. Gambar instalasi sesuai ketentuan
c. Jenis suplai yang dipakai apakah fasa tunggal atau fasa tiga
d. Kebutuhan maksimum instalasi
e. Tindakan pembumian bagi instalasi
f. Rincian rancangan instalasi termasuk susunan PHB utama dan PHB cabang serta sirkit cabang dan sirkit akhir.
g. Data mengenai rancangan instalasi termasuk perhitungan untuk menentukan kebutuhan maksimum, penampang penghantar fasa dan netral, penghantar pengaman dan lainnya.

h. Metode yang diterapkan untuk menghindari tegangan sentuh Metode yang diterapkan untuk menghindari tegangan sentuh jika terjadi gangguan bumi.
i. Daftar semua sirkit dan perlengkapan yang mungkin menjadi rusak karena adanya pengujian.

Tanpa informasi yang lengkap ini penguji tidak dapat memverifikasi apakah instalasi telah memenuhi Regulasi dan Persyaratan atau bahwa instalasi telah dilaksanakan sesuai rancangan. Data yang dilampirkan pun harus sesuai dengan hasil kerja asli dilapangan sehingga tidak ada kesalahan dalam membaca dan mengolah data.

- Alat dan instrumen pengujian
  a. Ohmeter resistans rendah
  b. Pengukur resistans isolasi
  c. Pengukur impedans lingkar gangguan bumi
  d. Penguji GPAS
  e. Pengukur resistans elektroda bumi
  f. Penguji tegangan terpasang

Alat dan instrumen yang digunakan untuk meriksa dan menguji instalasi listrik tidak boleh sembarangan, semua alat dan instrumen tersebut harus sesuai dengan peraturan perundang-undangan secara resmi dan sesuai dengan standar yang tertera.

Berikut persyaratan instrumen pengujian

a. Harus disimpan dengan baik dan selalu selalu dalam keadaan siap pakai.
b. Secara berkala harus dikalibrasi agar ketelitian yang disyaratkan dipenuhi
c. Bila cacat karena perlakuan mekanis yang kasar, harus di uji ulang
d. Harus diperiksa diperiksa setiap 2 tahun bagi istrumen istrumen yang jarang digunakan
e. Harus di periksa setiap tahun bagi instrumen yang sering di pakai.
f. Untuk instrumen digital persyaratan ketelitian ±5%
g. Untuk instrumen instrumen analog persyaratan persyaratan ketelitian ketelitian ± 2 % dari kisar skala penuh sehingga terpenuhi ketelitian ±5%

- Pelaksanaan pemeriksaan dan pengujian

Pada proses pelaksanaan pemeriksaan dan pengujian perlu diperhatikan beberapa langkah persiapan penting yang akan sangat berpengaruh pada proses pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik. Karena jika salah langkah dan tidak melihat keadaan sekitar akan sangat berbahaya pada proses pemeriksaan dan pengujian dan akan berdampak pada keselamatan dan keamanan orang yang ada disekitar area tersebut.

Ada beberapa langkah persiapan yang perlu diperhatikan agar proses pengerjaan pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik bisa berjalan dengan lancar. Diantaranya adalah :

- label pada pengaman lebur
- Penandaan pada sakelar utama

- Berbagai Berbagai informasi informasi pada gambar instalasi instalasi
- Pengumuman pada PHB utama tentang pengujian terakhir dan pengujian berkala berikutnya.
- Tanda peringatan adanya bahaya jika penghantar bumi dilepas pada titik: elektroda bumi, terminal pembumi utama dan penghantar pengikat ekipotensial

Setelah persiapan pemeriksaan selesai dilakukan, selanjutnya adalah melakukan pengecekan atau inspeksi awal sebelum dilakukan pengujian. Proses ini dilakukan agar menghindari banyaknya kendala saat proses pengujian, sehingga proses pengujian instalasi listrik akan berjalan dengan lancar. Pemeriksaan awal bisa disebut dengan pemeriksaan visual yang dilakukan dengan mengecek semua dokumen dan instalasi secara kasat mata saja untuk persiapan sebelum melakukan pengujian.

Langkah-langkahnya bisa diuraikan sebagai berikut :

- Tidak terlihat cacat atau rusak
- Dokumen yang sesuai dengan kondisi lapangan
- Kelengkapan data teknis yang dilampirkan
- Gambar teknik sesuai dengan posisi di lapangan
- Telah dipilih dan dipasang secara benar
- Telah memenuhi dan sesuai standar yang berlaku
- Sudah cocok dengan kondisi sekeliling yang berlaku
- Pemeriksaan kesesuaian instalasi dengan gambar instalasi yang disyahkan
- Pemeriksaan penandaan fasa
- Pemeriksaan urutan fasa (polaritas – Pemeriksaan pemasangan kabel
- Pemeriksaan panel pembagi
- Pemeriksaan penempatan panel
- Pemeriksaan penyambungan kabel - Pemeriksaan pemasangan peralatan listrik
- Pemerikgaan pemasangan stop kontak
- Pemeriksaan pemasangan pengaman
- Pemeriksaan pemasangan pembumian
- Pemeriksaan tahanan pembumian panel
- Pemeriksaan sistem koneksi kabel-kabel
- Pemeriksaan panel-panel
- Pemeriksaan kondisi pengaman MCB, PVSE, relay.
- Pemeriksaan single line diagram
- Pemeriksaan pemasangan lampu penerangan

Pengecekan secara menyeluruh mulai dari kelengkapan dokumen sampai kepada instalasi listrik yang sudah sesuai dengan standar yang berlaku dan mengacu pada perundang-undangan akan memudahkan proses pengujian terhadap instalasi listrik.

Proses pengujian instalasi listrik terdiri dari tenaga ahli dan pendamping sehingga dapat memudahkan berjalannya proses pengujian. Karena butuh ketelitian yang tinggi

maka tenaga ahli harus berhati-hati dan harus teliti saat melakukan proses pengujian. Selain itu keamanan dan keselamatan tenaga ahli juga harus diperhatikan saat melakukan pemeriksaan dan pengujian. Karena pada saat proses pengujian banyak sekali potensi bahaya yang ditimbulkan dari listrik seperti tersengat arus listrik atau terbakar. Jika tidak dilengkapi dengan proteksi diri yang memadai akan menimbulkan risiko kecelakaan kerja yang tinggi.

Alat pelindung diri yang biasa dipakai oleh tenaga ahli seperti wearpack tahan sengatan listrik, safety shoes, helm pelindung, safety belt atau body harness sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Pengujian yang dilakukan secara teliti dan aman akan memudahkan tenaga ahli untuk menlaukan pengujian dan memudahkan untuk mendapatkan data.

Ada beberapa urutan pengujian yang aman, diantaranya adalah :

1. Sebelum instalasi dihubungkan dengan suplai:
   a. Kontinuitas penghantar proteksi
   b. 3 Kontinuitas penghantar pengikat
   c. 3 Resistans isolasi
   d. 3 Isolasi yang dilaksanakan setempat
   e. 3 Proteksi den g p an pemisahan
   f. 3 Proteksi dengan penghalang
   g. 3 Dan penyelungkupan
   h. 3 Resistans isolasi lantai dan dinding Resistans isolasi lantai dan dinding
   i. 3 Polaritas
   j. 3 Resistans elektrode bumi

2. Sesudah instalasi dihubungkan dengan suplai: Sesudah instalasi dihubungkan dengan suplai:
   a. Meyakini polaritas yang benar
   b. Impedans lingkar gangguan bumi
   c. Bekerjanya GPAS Bekerjanya GPAS
   d. Bekerjanya semua sakelar, pemutus sirkit dan pemisah

Langkah-langkah tersebut membantu memudahkan tenaga ahli untuk melakukan pengujian dan akan terfokus sehingga akan lebih efektif dan tidak akan memakan banyak waktu terbuang.

Pada dasarnya pada saat pengujian dilakukan jika semua prosedur dilakukan dengan baik tidak akan membutuhkan waktu lama untuk menyelesaikannya.

- Pelaksanaan pemeriksaan dan pengujian instalasi domestik

Instalasi listrik domestik adalah instalasi listrik di dalam bangunan yang dijadikan tempat tinggal, seperti pada perumahan apartment, perhotelan dan yang sejenisnya.

Ada perbedaan mengenai instalasi listrik pada umumnya dengan instalasi listrik domestik, mulai dari dokumen pengantar hingga pada sistem instalasi listrik yang digunakan. Sehingga prosedur pemeriksaan dan pengujiannya pun berbeda dengan instalasi listrik pada umumnya.

Berikut adalah proses pelaksanaan pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik domestik.

1. Kontraktor harus menyerahkan dokumen yang berisi sebagai berikut :
   a. Satu kartu JILDAG yang telah diisi dan dibubuhkan gambar instalasi dan gambar situasi dan telah ditandatangani di atas meterai oleh PJT
   b. Perhitungan Perhitungan tentang tentang jenis dan penampang penampang kabel, susut tegangan dan impedans lingkar bumi
   c. Daftar peralatan/material listrik yang terpasang beserta jumlah dan spesifikasinya
   d. Sertifikat kontraktor yang menyatakan bahwa instalasi telah selesai dipasang dengan baik dan telah diperiksa dan atau diuji internal internal oleh kontraktor kontraktor
   e. Tanda pelunasan biaya pemeriksaan dan pengujian
2. Kontraktor harus menyiapkan petugas untuk mendampingi penguji KONSUILdan membantu kelancaran pelaksanaan pengujian instalasi.
3. 9 Kontraktor Kontraktor bersedia bersedia menyaksikan menyaksikan pelaksanaan pelaksanaan pengujian pengujian dfan membubuhkan tanda tangan pada borang pengujian KONSUIL bersama pemilik rumah.
4. 9 KONSUIL KONSUIL mengirim mengirim penguji penguji ke lapangan lapangan untuk melaksanakan melaksanakan pemeriksaan dan pengujian dengan berpedoman pada borang pengujian yang sudah baku
5. 9 Setelah pemeriksaan selesai dan data hasil pemeriksaan telah dituangkan pada borang, penguji membubuhkan tanda tangan pada borang tersebut.
6. Penanggung jawab kontraktor atau yang diberi wewenang bersama pemilik instalasi harus membubuhkan tanda tangannya pada borang pengujian untuk kesaksiannya bahwa pemeriksaan dan pengujian telah dilaksan sesuai prosedur.
7. TIM ahli melakukan melakukan evaluasi evaluasi atas gambar instalasi instalasi dan borang yang telah diisi dan ditandatangani. Selanjutnya TIM ahli memberi penilaian apakah instalasi layak atau tidak diberi sertifikat.
8. Instalasi yang memenuhi syarat diberi sertifikat yang ditandatangani oleh Ketua KONSUIL.

- Temuan dan penyimpangan pada pengujian

Seringkali dijumpai saat melakukan kegiatan pemeriksaan dan pengujian terdapat hal-hal yang tidak sesuai dengan ketentuan, hal-hal tersebut akan menjadi sebuah temuan bagi tenaga ahli yang sedang menguji. Temuan-temuan tersebut bermacam-macam mulai dari temuan ringan sampai temuan berat yang mengharuskan pengelola atau penanggung jawab membenahi lagi, karena pada setiap temuan akan mengurangi nilai kelayakan dan semakin banyak temuan yang dijumpai maka akan semakin besar pula potensi kecelakaan yang akan terjadi sehingga perlu dikaji kembali

dan proses pemeriksaan dan pengujian diharuskan di ulang kembali sampai benar-benar tidak ada temuan dan dinyatakan layak untuk dioperasikan.

Berikut jenis-jenis temuan yang sering dijumpai pada saat pemeriksaan dan pengujian :

- Penyimpangan teknis golongan mayor yang menyebabkan tidak laik operasi :
  1. Instalasi Instalasi belum ada atau belum selesai selesai dipasang dipasang
  2. Alamat tidak ditemukan. Gambar situasi tidak jelas dan atau tidak dikenal warga setempat.
  3. Instalasi telah tersambung ke jaring PLN oleh instalatur yang bersangkutan. Penghuni melarang listrik dimatikan agar bebas tegangan, akibatnya gagal dilaksanakan pengujian.
  4. Denah setempat tidak sesuai dengan gambar JILDAK, misalnya gambar untuk 1 lantai, kenyataannya bangunannya 2 lantai. Luas bangunan bangunan menurut menurut gambar 6 X 8 m 2, pada kenyataannya 8X29 m2.
  5. Gambar instalasi/ bagan satu garis tidak sesuai dengan yang terpasang
  6. Hasil ukur tahanan isolasi tidak memenuhi p y ers aratan PUIL.
  7. Ukuran penghantar saluran utama kurang dari 4 mm2 (Cu)
  8. Penghantar sirkit akhir tanpa penghantar pembumian
  9. Letak kotak kontak tanpa pengaman pengaman tutup/putar tutup/putar kurang dari 1,25 m
  10. Sistem pembumian, elektroda bumi, penghantar PE tidak ada
  11. Penghantar elektroda bumi lebih kecil dari penghantar saluran utama untuk saluran utama s/d 35 mm2
  12. Pengggabungan penghantar netral dengan penghantar pembumian tidak dilakukan di PHB/KHB
  13. Warna penghantar netral tidak biru muda
  14. Warna penghantar penghantar pembumian pembumian tidak loreng hijau-kuning. Ada yang hijau-biri.
  15. PHB/KHB tidak dilengkapi sakelar utama, kecuali untuk 1 (satu) sirkit dan KHB cabang yang berjarak kurang dari 5 m
  16. Penghantar sirkit cabang tidak dilengkapi pengaman
  17. Jumlah titik beban terpasang tidak sesuai gambar di JILDAK
  18. Polaritas KKB dan atau fitting lampu dan atau sakelar tidak benar
  19. Besar pengaman tidak memperhatikan KHA saluran /penghantar yang diamankan dan tidak memperhatikan besar beban
  20. Penggabungan penghantar dengan jenis yang berbeda (Cu dan Al) tidak menggunakan alat sambung bimetal

- Penyimpangan teknis golongan minor, golongan ini bersifat sementara sehingga masih dianggap laik operasi. Namun akan berubah menjadi golongan mayor apabila tidak segera dilakukan pembenahan.

Diantaranya ialah :

1. Simbol yang digunakan tidak sesuai PUIL 2000
2. Gambar Bagan Satu Garis tidak sesuai dengan Gambar Instalasi

3. Tanda jumlah dan macam hantaran tidak ada
4. Jenis, penampang penghantar dan Tabel Beban tidak ada
5. Tanda hantaran naik/turun pada denah bertingkat tidak ada
6. Simbol/Gambar peralatan terpasang permanen (motor, AC Sentral dll) termasuk alat kontrolnya serta data teknis tidak ada.

E. Pemeriksaan berkala

Setelah melakukan pengujian pada instalasi listrik dan dinilai sudah layak untuk di operasikan, maka selanjutnya disarankan untuk melakukan pemeriksaan berkala yang terjadwal.

Mengapa perlu dilakukan pemeriksaan berkala ? pada semua instalasi listrik pasti mempunyai masa berlaku atau lifetime yang akan berkurang keandalannya seiring dengan penggunaan dan berjalannya waktu. Dikhawatirkan jika tidak dilakukan pemeriksaan berkala dan membiarkan alat-alat atau komponen instalasi listrik akan membahayakan keselamatan dan keamanan bagi penggunanya. Untuk itu perlu dilakukan pemeriksaan berkala untuk menjamin keamanan dan keselamatan bagi penggunanya.

Jadwal pemeriksaan berkala untuk instalasi listrik diberbagai sektor berbeda-beda sesuai dengan kebutuhannya.

Diantaranya adalah sebagai berikut :

- Rumah tinggal 5 tahun
- Bangunan komersial 5 ”
- Bangunan industri 3 ”
- Sekolah 5 ”
- Rumah sakit 5 ”
- Komplek hiburan 1 ”
- Agro bisnis 3 ”
- Penerangan darurat 3 ”
- Sistem alarm kebakaran 1 ”
- Instalasi sementara 3 bulan

Pemeriksaan berkala memiliki beberapa prosedur pemeriksaan, diantaranya adalah :

1. Semua bagian instalasi listrik harus diperiksa dan dibersihkan secara berkala dan teratur berdasarkan petunjuk, metode, dan program yang telah ditentukan.
2. Hasil pemeriksaan berkala suatu instalasi harus dimuat dalam laporan tertulis pemeriksaan.
3. Instalasi listrik yang disiapkan untuk melayani keadaan darurat, harus diperiksa dan dicoba secara berkala agar keamanan dan keandalann ya terjamin.

4. Pemeliharaan semua instalasi listrik sementara di lapangan pembangunan harus diawasi oleh orang yang berwenang dan memikul tanggung jawab penuh atas keamanan menggunakan, mengubah, dan menambah instalasi. Instalasi sementara tersebut harus diperiksa dan diuji secara berkala sesuai ketentuan mengenai instalasi sementara, paling lama tiga bulan sekali sesuai dengan keadaan dan tempat instalasi.

F. Pengesahan

Jika semua pemeriksaan dan pengujian telah dilakukan, selanjutnya adalah pembuatan laporan hasil pemeriksaan dan pengujian. Syarat untuk melakukan pengesahan agar instalasi listrik dapat di operasikan adalah dengan melengkapi laporan pemeriksaan dan pengujian dan melengkapi data-data perusahaan.

Adapun syarat-syarat yang harus dipenuhi :

- Hasil pemeriksaan dan pengujian sesuai standar
- Dilakukan oleh oleh Pengawas Ketenagakerjaan Spesialis K3 Listrik dan Ahli K3 bidang Listrik pada PJK3
- Diterbitkan oleh Dinas yang membidangi pengawasan ketenagakerjaan provinsi
- Sebagai bahan pembinaan dan penegakan hukum

Dokumentasi yang terlampir setelah pemeriksaan dan pengujian sebagai berikut :

- Data perusahaan
- Data instalasi
- Single line diagram
- Surat permintaan pemeriksaan dan pengujian.
- Laporan hasil riksa uji.
- Sertifikat laik pakai
- Skp
- Laporan rekomendasi

G. Perawatan

Pemeliharaan instalasi listrik meliputi program pemeriksaan, perawatan, perbaikan, dan uji ulang berdasarkan petunjuk pemeliharaan yang sudah ditentukan, agar keadaan instalasi selalu baik dan bersih, serta aman untuk digunakan. Selain itu agar gangguan serta kerusakan mudah diketahui, dicegah atau diperkecil. Hal tersebut bertujuan agar pengoperasian instalasi listrik dapat berjalan lancar.

Seluruh instalasi istrik, tidak hanya bagian yang mudah terkena gangguan saja, tetapi juga pengaman, sambungan kabel, pelindung, dan perlengkapannya seperti papan pengenal dan rambu peringatan, serta bangunannya harus terpelihara dengan baik. Karena apabila instalasi listrik mengalami aus, penuaan atau kerusakan tentu akan mengganggu instalasi, maka secara berkala instalasi harus diperiksa dan diperbaiki, serta bagian yang aus, rusak atau mengalami penuaan harus segera

diganti Peralatan tertentu seperti relai yang bagiannya lebih cepat terganggu sistem kerjanya karena mengalami aus, penuaan atau kerusakan, harus secara berkala diperiksa dan dicoba, baik segi mekanis maupun listriknya.

Sebelum melaksanakan perawatan dan perbaikan hubungan kelistrikan instalasi listrik, saklar pemutus daya dan MCB harus dibuka terlebih dahulu serta sekering dilepaskan.

Berikut adalah tahap-tahap perawatan pada instalasi listrik, diantaranya adalah :

- Kotak sekering dibuka tutupnya dengan obeng, tetapi sebelumnya sakelar pemutus daya dilepaskan dahulu. Sambungan kawat pada terminal-terminal dilepaskan dengan membuka sekerup-Sekerup terminal menggunakan obeng. Karena panas dan lambat pada terminal-terminal tersebut sering terbentuk kotoran atau kerak-kerak yang dapat menghambat aliran arus listrik, maka harus dibersihkan dengan menggunakan amplas (kertas gosok) yang halus dengan cara menggosoknya sampai bersih. Setelah bersih pasang kembali ujung-ujung kawat pada terminal - terminalnya, agar tidak terjadi kesalahan dalam penyambungan, maka sebelum melepaskan terminal jika perlu diberi tanda. Karena sambungan kendor, dapat menimbulkan panas pada sambungan tersebut, sehingga isolasi kawat yang dekat sambungan menjadi rusak, maka bila memungkinkan, kabel yang isolasinya rusak harus diganti, tetapi bila tidak memungkinkan cukup dibungkus dengan isolasi yang baik. Karena proses penuaan dan pengaruh panas, maka isolasi saklar kutup ganda pada kotak sekering menjadi rusak sehingga terjadi kebocoran arus listrik dari fase ke nol. Untuk mengetahui hal ini dapat digunakan obeng lampu pengetes (test lamp), yaitu bila sumber tegangan listrik dihubungkan ujung obeng test lamp disentuhkan ke kawat nol, maka jika setelah sakelar kutup ganda ditutup dan lampunya menyala, berarti ada kebocoran. Semakin terang nyala lampu, semakin besar kebocorannya.
- Sakelar-sakelar dibuka tutupnya, sambungan-sambungan kawat pada terminal dilepaskan dan dibersihkan dari kotoran, setelah itu dipasang kembali dengan kuat. Jika kontak geser pada sakelar sudah rusak atau aus, sakelar tersebut harus diganti.
- Tutup kotak kontak–kotak kontak dibuka, sambungan pada terminal dibuka dan dibersihkan, setelah bersih dipasang kembali dengankuat, lubang-lubang kontak pada kotak kontak dibersihkan.
- Kabel-kabel di atas plafon bila ada yang rusak misalnya digigit tikus, bila memungkinkan kabel tersebut diganti, bila tidak memungkinkan bagian yang rusak isolasinya dibungkus dengan isolasi yang baik. Sambungan-sambungan kawat pada kotak sambung dibersihkan dari kotoran, bila ada yang kendor dikuatkan kembali dengan dipuntir menggunakan tang. Bila tutup sambungan (las dop) ada yang kendor atau lepas dan tutup kotak sambungan ada yang lepas, maka dipasang kembali dengan kuat.
- Tahanan isolasi antara fase dan nol, fase dan fase, fase dan bumi (ground), nol dan bumi diukur. Bila hasilnya lebih kecil dari 1000 Ω tiap volt maka diadakan pemeriksaan bagian instalasi yang mengalami kerusakan isolasi dan harus diganti kabelnya.

Mengenai perawatan instalasi listrik terdapat peraturan yang tidak boleh dilewati dan harus mengacu pada peraturan perundang-undangan. Ada standart operating procedure atau SOP yang harus dipenuhi untuk melakukan perawatan pada setiap bangunan. SOP yang dibuat pun mengacu pada standard pelaksanaan pekerjaan dan sebagai bahan rujukan untuk perawatan mekanikal dan elektrikal di Bangunan.

dalam masa pemakaian bangunan tentunya akan muncul masalah masalah teknis yang terjadi karena banyak faktor yang tidak lepas dari kualitas pekerjaan pemasangan dan kualitas bahan atau material sendiri, untuk itulah SOP digunakan sebagai dasar landasan atau pedoman perawatan instalasi mekanikal dan elektrikal pada bangunan.

Untuk instalasi listrik pada bangunan, terdapat perawatan dan perbaikan yang dibagi dalam 3 bagian, diantaranya adalah :

1) Panel-panel dan Transformator

Dalam instalasi gedung, kita akan selalu menemui panel-panel besar dan transformator untuk menunjang kebutuhan instalasi listrik gedung yang komplk, maka di bawah ini merupakan perawatan yang

sesuai dengan SOP :

a) Panel MVMDP
adalah kepanjangan dari Medium Voltage Main Distribution Panel, panel yang bekerja pada tegangan menengah. Dan berikut ini perawatannya :
- Pastikan Fungsi pemanas udara di dalam panel bekerja dengan baik, hal ini untuk menghindari kandungan air di udara/ kelembaban yang berlebihan dalam terminasi panel yang akan mengakibatkan loncatan arus antar Phase,
- Pastikan kembali kontrol pengaman panel dan trafo berfungsi dengan baik bila perlu lakukan simulasi kecil sebelumnya
- Pengoperasian Panel Tegangan menengah membutuhkan operating person yang sudah berpengalaman, guna menghindari kecerobohan.

b) Transformator

Transformator atau sering disingkat dengan istilah **Trafo** adalah suatu alat listrik yang dapat mengubah taraf suatu tegangan AC ke taraf yang lain. Maksud dari pengubahan taraf tersebut diantaranya seperti menurunkan Tegangan AC dari 220VAC ke 12 VAC ataupun menaikkan Tegangan dari 110VAC ke 220 VAC. Transformator atau Trafo ini bekerja berdasarkan prinsip Induksi Elektromagnet dan hanya dapat bekerja pada tegangan yang berarus bolak balik (AC).Transformator (Trafo) memegang peranan yang sangat penting dalam pendistribusian tenaga listrik. Transformator menaikan listrik yang berasal dari pembangkit listrik PLN hingga ratusan kilo Volt untuk di distribusikan, dan kemudian Transformator lainnya menurunkan tegangan listrik tersebut ke tegangan yang diperlukan oleh setiap rumah tangga maupun perkantoran yang pada umumnya menggunakan Tegangan AC 220Volt.

Sebelum melakukan perawatan pada transformator perlu diperhatikan beberapa himbauan diantaranya adalah :

- Pastikan pemberian pengaman luar transformator, misalnya pemberian pagar pelindung agar hanya orang-orang tertentu yang memiliki akses yang diperbolehkan masuk.
- Pastikan pergantian udara didalam ruang transformator berjalan dengan baik.
- Selalu beri tanda peringatan bahwa area disekitar transformator berbahaya
- Memberikan informasi kepada foreman produksi
- Menyiapkan penerangan untuk ruangan
- Mengisolasi transformator dari catu daya
- Mematikan circuit breaker
- Pemeriksaan tegangan pada head terminal

Tindakan yang biasa dilakukan pada saat pemeriksaan secara teliti dan keseluruhan atau biasa disebut overhaul. Pada saat overhaul banyak pemeriksaan yang harus dilakukan, diantaranya adalah ?

- Perawatan dan pemeriksaan ringan (Minor overhaul), setiap 3 atau 6 tahun.
    1. on-load tap changers
    2. oil filtering dan vacuum treatment
    3. relays dan auxiliary devices.
- Perawatan dan pemeriksaan teliti (Major overhaul)
    1. Secara teknis setidaknya 1 kali selama masa pakai.
    2. pembersihan, pengencangan kembali dan pengeringan.
- Analisa kimia
    1. analisa kertas penyekat/laminasi (sekali setiap 10 tahun)
- Pengujian listrik (Electrical Test) untuk peralatan;
    1. power transformer
    2. Bushings
    3. Transformator ukur (measurement transformator)
    4. breaker capacitors
    5. Pengujian listrik (electrical test) dilakukan setidaknya setiap 6 - 9 tahun.
    6. Pengujian yang dilakukan meliputi;
        a. Doble measurements
        b. PD-measurement
        c. Frequency Responce Analysis, FRA
        d. voltage tests

Kemudian pemeriksaan kondisi transformator saat beroperasi

Pada saat transformator berjalan dan beroperasi, masih bisa dilakukan pemeriksaan yang tidak mengharuskan untuk mematikan transformator. Diantaranya adalah :

- Pemeriksaan dan analisa minyak isolasi transformator, meliputi:
    I. Tegangan tembus (breakdown voltage)
    II. Analisa gas terlarut (dissolved gas analysis, DGA)
    III. Analisa minyak isolasi secara menyeluruh (sekali setiap 10 tahun)

- Pemeriksaan dan analisa kandungan gas terlarut (Dissolved gas analysis, DGA), untuk mencegah terjadinya:(partial) discharges, Kegagalan thermal (thermal faults), Deteriorasi / pemburukan kertas isolasi/laminasi.

- Pemeriksaan dan analisa minyak isolasi secara menyeluruh, meliputi: power factor (cf. Tan δ), kandungan air (water content), neutralisation number, interfacial tension, furfural analysis dan kandungan katalisator negatif (inhibitor content)

- Pengamatan dan Pemeriksaan Langsung (Visual inspections)

  I. Kondisi fisik transformator secara menyeluruh.
  II. Alat-alat ukur, relay, saringan/filter dll.
  III. Pemeriksaan dengan menggunakan sinar infra-merah (infrared monitoring),
  setiap 2 tahun.

Tabel 3.6 akibat kegagalan gas

Partial discharge	→	Hydrogen (H_2)
Busur api / Arcing	→	Asethylene (C_2H_2)
Kegagalan thermal / Thermal fault	→	Carbon hydrides (CH_4, C_2H_4, C_2H_6)
Deteriorasi / pemburukan kertas penyekat	→	Carbon monoxide and dioxide (CO, CO_2)

Tabel 3.7 waktu pemeriksaan minyak isolasi

	400 kV	220 kV	110 kV	< 110 kV
> 100 MVA	6 bln	6 bln	1 thn	Tergantung dari keutamaan fungsi Tr.
30 - 100 MVA	6 bln	1 thn	1 thn	
< 30 MVA	1 thn	1 thn	1 thn	

c) Panel LVMDP

LVMDP adalah singkatan dari low voltage main distribution panel, yaitu panel yang bekerja dengan tegangan rendah dan berfungsi sebagai pembagi utama pembagian daya instalasi di seluruh bangunan dan sekitarnya.

Perawatan pada panel ini diantaranya adalah :

- Pastikan pergantian udara diruang panel LVMDP berjalan lancar, untuk mengurangi efek kenaikkan temperatur pada komponen panel.
- Selalu memberi tanda peringatan bahwa tabel area sekitar panel berbahaya. Perawatan rutin bisa dilakukan dengan melakukan pembersihan pada komponen – komponen panel.
- Pengamanan ruang panel, sehingga hanya orang-orang tertentu yang memiliki akses masuk.

2.3.6. Pengawasan dan Tanggung Jawab

Pengawasan pemasangan instalasi listrik dan tanggung jawab pelaksana dan pelaksanaan pekerjaan diatur dalam pasal 910 antara lain ditentukan sebagai berikut

a. Setiap pemasangan listrik harus mendapat izin dari instansi yang berwenang, umumnya dari cabang PLN setempat.
b. Penanggung jawab pekerjaan instalasi haru seseorang yang ahli berilmu pengetahuan dalam pekerjaan instalasi listrik dan memiliki izin dari instansi yang berwenang
c. Pekerjaan memasang instalasi listrik harus diawasi oleh seseorang pengawas yang ahli dan berpengetahuan tentang listrik harus dilaksanakan oleh orang-orang yang berpengalaman tentang listrik
d. Pekerjaan pemasangan instalasi listrik harus dilaksanakan oleh orang-orang yang berpengalaman tentang listrik
e. Pemasangan instalasi listrik yang selesai dikerjakan harus dilaporkan secara tertulis kepada bagan pemeriksa (umumnya PLN setempat) untuk diperiksa dan diuji
f. Setelah dinyatakan baik secara tertulis oleh bagan pemeriksa dan sebelum diserahkan kepada pemilik, instalasinya harus dicoba dengan tegangan dan arus kerja penuh selama waktu yang cukup lama, semua peralatan yang dipasang harus dicoba
g. Perencana suatu instalasi listrik bertanggung jawab atas rencana yang telah dibuatnya
h. Pelaksana pekerjaan instalasi listrik bertanggung jawab atas pekerjaannya selama batas waktu tertentu. Jika terjadi suatu kecelakaan karena kesalahan pemasangan ia bertanggung jawab atas kecelakaan tersebut

Ketentuan lain mengenai persyaratan keselamatan kerja bidang ketenagalistrikan

a. Instalasi listrik yang telah selesai dipasang harus diperiksa dan diuji sebelum dialiri listrik oleh pegawai pengawas spesialis listrik

b. Instalasi listrik yang telah dialiri listrik, instalatir masih terikat tanggung jawab satu tahun atas kecelakaan termasuk kebakaran akibat kesalahan pemasangan instalasi
c. Harus ada pemeriksaan yang rutin terhadap islator, isolator yang retak, terutama untuk tegangan menengah dan/atau tegangan tinggi yang dapat mengakibatkan gangguan pada pengusahaan dan dapat menimbulkan kecelakaan
d. Seluruh instalasi listrik, tidak hanya bagian yang mudah terkena gangguan saja, tetapi juga pengaman, pelindung dan perlengkapannya harus terpelihara dengan baik
e. Jangan membiarkan instalasi yang aus, penuaan atau mengalami kerusakan. Segera dilakukan penngantian
f. Isolator saklar minyak, transformator dan sebagainya pada waktunya harus dibebaskan dari air, debu dan arang dan zat asam, antara lain dengan cara penyaringan
g. Perlengkapan seperti relai lebih cepat terganggu kerusakannya. Oleh sebab itu harus sering dilakukan pengujian terhadapnya
h. Dalam melakukan pemeliharaan, dilarang menggunakan perkakas kerja dan bahan yang magnetic dekat dengan medan magnet perlengkapan listrik
i. Pelindung dan pengaman, yang selama pemeliharaan dibuka/dilepas, harus dipasang kembali pada tempatnya.
j. Dilarang menyimpan bahan yang mudah terbakar di daerah yang dapat membahayakan instalasi listrik
k. Diruang dengan bahaya ledakan tidak diizinkan mengadakan perbaikan dan perluasan instalasi pada keadaan bertegangan dan dalam keadaan aman, perlengkapan listrik harus dipelihara dengan baik

BAB 3

PENUTUPAN

3.1. Kesimpulan

- Instalasi listrik merupakan susunan perlengkapan-perlengkapan listrik yang saling berhubungan serta memiliki ciri terkoordinasi untuk memenuhi satu atau sejumlah tujuan tertentu. Instalasi listrik terdiri atas sistem penerangan, sistem pensaklaran, sistem pengkabelan, sistem pembumian dan sistem lain yang dibutuhkan.
- Sistem instalasi satu fasa adalah sistem instalasi listrik yang menggunakan dua kawat penghantar yaitu 1 kawat fasa dan1 kawat 0 (netral)
- Sistem instalasi 3 fasa adalah sistem instalasi listrik yang menggunakan tiga kawat fasa dan satu kawat 0 (netral) atau kawat ground. Biasanya digunakan pada instalasi listrik tenaga/industri untuk mensuplai kebutuhan motor listrik sebagai penggerak mesin (tenaga). Pada suatu unit proses ketiga bagian ini digunakan, karena unit proses memerlukan ruangan yang terang, tenaga, dan mesin. Selain menguasai peraturan yang memiliki pengetahuan tentang peralatan instalasi, seorang ahli listrik harus juga mahir membaca gambar instalasi. Denah ruangan yang akan dilengkapi dengan instalasi, pada umumnya digambar dengan skala 1 : 100 atau 1 : 50. Pada denah ini gambar instalasi yang akan dipasang dengan menggunakan lambang-lambang yang berlaku.
- Maksud dan tujuan persyaratan umum instalasi listrik ini adalah untuk terselenggaranya dengan baik instalasi listrik. Peraturan ini lebih diutamakan pada keselamatan manusia terhadap bahaya sentuhan serta kejutan arus, keamanaan instalasi listrik beserta perlengkapannya dan keamanan gedung serta isinya terhadap kebakaran akibat listrik.
- Persyaratan umum instalasi listrik diantaranya adalah : syarat ekonomis, syarat keamanan, syarat keandalan
- KwH adalah alat penghitung pemakaian energy listik. Alat ini bekerja menggunakan metode induksi medan magnet dimana medan magnet tersebut menggerakan piringan yang terbuat dai alumanium.
- Prinsip Kerja KwH Meter Dalam alat ukur energy listrik, kumparan–kumparan arus dan tegangan merupakan suatu belitan pada dua buah magnet. Kumparan arus akan membangkitkan fluks megnet dengan nilai berbanding lurus dengan besar arus. Terjadinya perputarandari piringan alumanium karena interaksi dari kedua medan magnet ini. Kemudian putaran piringan ditransfer pada roda-roda pencatat. Pada transfer mati nilai putaran piringan alumanium ke roda-roda pencatat dilakukan kalibrasi untuk memperoleh nilai energi terukur dalam besaran KwH (Kilo Watt Hours).
- MCB (Miniatur Circuit Breaker) adalah alat instalasi listrik yang digunakan untuk membatasi pemakaian daya atau arus yang terpasang pada pelanggan listrik. MCB yang biasa digunakan pada rumah tinggal dan ada dipasaran yaitu 4 A, 6 A, 10 A, 16 A, 25 A, 32 A dan lain sebagainya. Nominal MCB ditentukan dari besarnya arus yang bisa ia hantarkan, satuan dari arus adalah Ampere.

- Amperemeter adalah salah satu alat ukur yang biasa digunakan untuk mengukur seberapa besar kuat arus listrik yang terdapat pada sebuah rangkaian. Jika anda menggunakan alat ini, anda akan menjumpai tulisan A dan mA. A adalah Amperemeter, mA adalah miliamperemeter atau mikroamperemeter. Alat ukur ini digunakan oleh para teknisi dalam eksekusi alat multitester atau avometer yang mana merupakan gabungan dari kegunaan amperemeter, ohmmeter, dan juga voltmeter.
- Voltmeter adalah sebuah alat ukur yang biasa digunakan untuk mengukur besar tegangan listrik yang ada dalam sebuah rangkaian listrik. Susunannya paralel sesuai dengan lokasi komponen yang diukur. Ada tiga lempengan tembaga yang ada di dalamnya. Semua lempengan itu terpasang pada Bakelit yang sudah terangkai dalam sebuah tabung plastik maupun kaca. Lempengan luarnya dinamakan anode, sedangkan lempengan tengahnya dinamakan katode. Ukuran tabung yang dimaksud biasanya sekitar 15 x 10 cm (tinggi x diameter).
- Prinsip kerja volt meter hampir sama dengan Amperemeter karena desainnya juga terdiri dari galvanometer dan hambatan seri atau multiplier. Galvanometer menggunakan prinsip hukum Lorentz, dimana interaksi antara medan magnet dan kuat arus akan menimbulkan gaya magnetic. Gaya magnetik inilah yang menggerakan jarum penunjuk sehingga menyimpang saat dilewati oleh arus yang melewati kumparan.Makin besar kuat arus akan makin besar penyimpangannya.
- Saklar atau lebih tepatnya adalah Saklar listrik adalah suatu komponen atau perangkat yang digunakan untuk memutuskan atau menghubungkan aliran listrik. Saklar yang dalam bahasa Inggris disebut dengan Switch ini merupakan salah satu komponen atau alat listrik yang paling sering digunakan. Hampir semua peralatan Elektronika dan Listrik memerlukan Saklar untuk menghidupkan atau mematikan alat listrik yang digunakan.
- Stop kontak merupakan material instalasi listrik yang berfungsi sebagai muara penghubung antara arus listrik dengan peralatan listrik. Agar alat listrik terhubung dengan stop kontak, maka diperlukan kabel dan steker atau colokan yang nantinya akan ditancapkan pada stop kontak.
- Kabel Listrik yang dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Cable* adalah media untuk menghantarkan arus listrik yang terdiri dari Konduktor dan Isolator. Konduktor atau bahan penghantar listrik yang biasanya digunakan oleh Kabel Listrik adalah bahan Tembaga dan juga yang berbahan Aluminium meskipun ada juga yang menggunakan Silver (perak) dan emas sebagai bahan konduktornya namun bahan-bahan tersebut jarang digunakan karena harganya yang sangat mahal.
- Dalam instalasi listrik perumahan, paling tidak ada 3 jenis kabel listrik yang paling umum digunakan yaitu kabel jenis NYA, NYM dan NYY.berarti kabel standar berpenghantar tembaga (huruf “N”) dan berselubung isolasi dari PVC (Poli Vinil Chlorid) (huruf “Y”)
- Lampu pijar adalah jenis lampu dengan penyalaan kawat halus dalam bola gelas vakum. Misalnya lampu Edison, yang menggunakan kawat halus berupa kawat arang (karbon).
- Lampu tabung atau lampu TL (Tubular Lamp) yaitu jenis lampu pelepasan gas berbentuk tabung, berisi uap raksa bertekanan rendah.

- Intensitas cahaya adalah flux cahaya per satuan sudut ruang yang dipancarkan ke suatu arah tertentu. Flux cahaya yang dipancarkan ke suatu arah tertentu. Flux cahaya yang dipancarkan oleh suatu sumber cahaya adalah sejumlah cahaya yang dipancarkan dalam satu detik. Intensitas cahaya dinyatakan dalam satuan candela(cd) dengan lambang I. Sedangkan flux cahaya ,mempunyai satuan lumen dengan lambang Φ.
- Luminasi adalah satu ukuran untuk terang suatu benda. Luminasi suatu sumber cahaya atau suatu permukaan yang memantulkan cahaya adalah intensitas cahayanya dibagi dengan luas semua permukaan/ bidang yang diterangi.
- Perencanaan penerangan buatan adalah kombinasi dari seni dan ilmu sains yang diaplikasikan. Sewaktu memulai rancangan instalasi penerangan, perlu diperhatikan efek penerangan buatan dalam ruangan Didalam perencanaan penerangan pada gedung, ada beberapa kebijakan yang harus dilakukan secara bersamaan antara devisi arsitektur, struktur dan mekanikal-elektrikal pada tahaptahap awal proses pembangunan gedung.
- LVMDP adalah singkatan dari low voltage main distribution panel, yaitu panel yang bekerja dengan tegangan rendah dan berfungsi sebagai pembagi utama pembagian daya instalasi di seluruh bangunan dan sekitarnya.

3.2. Evaluasi

Pilihan Ganda

1. Prinsip-prinsip keselamatan pemasangan listrik antara lain :
    a. Harus sesuai dengan gambar rencana yang telah disahkan
    b. Tegangan untuk instalasi penerangan arus bolak-balik tidak boleh lebih tinggi dari 300 volt terhadap tanah
    c. Mengindahkan syarat-syaratyang telah ditetapkan (PUIL)
    d. A dan C Benar
2. Peraturan umum untuk instalasi listrik dan tenaga diantaranya adalah :
    a. Semua alat hubung dan perlengkapan pembagi pesawat listrik, motor listrik, hantaran dari alat-alat harus memenuhi peraturan dan pemeriksaan yang berlaku untuk itu
    b. Hal tersebut di atas tidak berlaku untuk tegangan yang lebih dari pada yang ditetapkan
    c. Tegangan untuk instalasi penerangan arus bolak-balik tidak boleh lebih tinggi dari 300 volt terhadap tanah
    d. Semua Benar
3. Instalasi Listrik terdiri dari ?
    a. Sistem 1 Fasa
    b. Sistem 2 Fasa
    c. Sistem 1 dan 2 Fasa
    d. Sistem 1 dan 3 Fasa
4. Langkah-langkah pada Instalasi Listrik :
    a. Gambar Instalasi
    b. Diagram instalasi
    c. Jawaban a dan b benar
    d. Tidak ada jawaban yang benar
5. Persyaratan Instalasi Listrik diantaranya adalah
    a. Syarat Ekonomis
    b. Syarat murah
    c. Syarat mudah
    d. Syarat langsung
6. Alat-alat Utama yang digunakan untuk instalasi listrik
    a. Kwh meter
    b. MCB
    c. Selotip
    d. Semua benar
7. Jenis-jenis kabel diantaranya adalah :
    a. Kabel NYA
    b. Kabel NYN
    c. Kabel NYX
    d. Semua benar
8. Yang termasuk Sistem pencahayaan :
    a. Intensitas Cahaya dan Flux Cahaya
    b. Intensitas Penerangan dan Iluminasi
    c. Kepadatan cahaya
    d. Semua benar

9. standar bidang kelistrikan yang wajib dipatuhi jika akan melakukan pemasangan instalasi listrik adalah sebagai berikut :
    a. SNI dan SI
    b. standar nasional negara lain yang ditentukan oleh pengawas ketenagakerjaan spesialis K3 listrik
    c. Standar Kontraktor
    d. A dan B benar
10. Jenis-jenis Penyimpangan yang sering dijumpai :
    a. Penyimpangan Mayor dan Minor
    b. Penyimpangan Atas dan Bawah
    c. Penyimpangan Berat dan Ringan
    d. Penyimpangan kasar dan Lembut

Essai

1. Sebutkan Prinsip Keselamatan Pemasangan Listrik !
   Jawab :
   a. Harus sesuai dengan gambar rencana yang telah disahkan
   b. Mengindahkan syarat-syaratyang telah ditetapkan (PUIL)
   c. Harus menggunakan tenaga terlatih
   d. Bertanggung jawab dan menjaga keselamatan dan kesehatan tenaga kerjanya
   e. Orang yang diserahi tanggung jawab atas pelaksanaan pekerjaan pemasangan instalasi listrik harus ahli dibidang listrik, memahami peraturan listrik dan memiliki sertifikat dari instansi yang berwenang

2. Sebutkan Peraturan umum untuk instalasi listrik dan tenaga !
   Jawab :
   a. Semua alat hubung dan perlengkapan pembagi pesawat listrik, motor listrik, hantaran dari alat-alat harus memenuhi peraturan dan pemeriksaan yang berlaku untuk itu
   b. Hal tersebut di atas tidak berlaku untuk tegangan yang lebih dari pada yang ditetapkan
   c. Tegangan untuk instalasi penerangan arus bolak-balik tidak boleh lebih tinggi dari 300 volt terhadap tanah
   d. Instalasi harus terdiri dari paling sedikit dua golongan. terkecuali jika instalasi tersebut tidak lebih dari 6 titik hubung. Tiap golongan tidak lebih dari 12 titik lubang, untuk pemasangan yang baru tidak lebih dari 10 titik. Ketentuan diatas tidak berlaku untuk penerangan reklame, pesta dan yang bersifat istimewa seperti pada toko
   e. Setiap golongan penerangan, pembagian arusnya harus sama rata pada bagian fasenya

3. Sebutkan apa yang dimaksud dengan Instalasi Listrik !
   Jawab
   Instalasi listrik merupakan susunan perlengkapan-perlengkapan listrik yang saling berhubungan serta memiliki ciri terkoordinasi untuk memenuhi satu atau sejumlah tujuan tertentu. Instalasi listrik terdiri atas sistem penerangan, sistem pensaklaran, sistem pengkabelan, sistem pembumian dan sistem lain yang dibutuhkan.

4. Sebutkan Langkah-langkah yang harus dilaksanakan pada instalasi listrik :
   Jawab
   a. Gambar instalasinya meliputi :

- Rencana penempatan semua peralatan listrik yang akan dipasang dan sarana peralatan, misalnya titik lampu, sakelar, kontak-kontak, perlengkapan hubung bagi.
- Rencana penyambungan peralatan listrik dengan alat pelayanannya misalnya antara lampu dengan sakelarnya, motor dan pengasutnya dan sebagainya
- Hubungan antara peralatan listrik dan sarana pelayanannya dengan perlengkapan hubung bagi yang bersangkutan
- Data teknis penting dari setiap peralatan listrik yang akan dipasang

b. Diagram instalasi garis tunggal meliputi :
- Diagram perlengkapan hubung bagi dengan keterangan mengenai ukuran/daya nominal setiap komponen
- Keterangan mengenai beban yang terpasang dan pembaginya.
- Ukuran dan jenis hantaran yang akan digunakan
- System pentanahannya

c. Gambar perincian atau keterangan yang diperlukan misalnya
- Perkiraan ukuran fisik perlengkapan hubung bagi
- Cara pemasangan alat-alat listriknya
- Cara pemasangan kabelnya
- Cara kerja instalasi kontrolnya jika ada

d. Perhitungan teknis meliputi :
- Susut tegangan
- Perbaikan faktor daya
- Beban terpasang dan kebutuhan maksimum
- Arus hubung singkat beserta daya hubung singkat 23
- Tingkat penerangan

e. Daftar bahan instalasi meliputi :
- Jumlah dan jenis kabelnya
- Jumlah dan jenis perlengkapan bantunya
- Jumlah dan jenis PHB
- Jumlah dan jenis armature lampunya

f. Uraian teknis meliputi :
- Ketentuan teknis dari peralatan yang dipasang dan cara pemasangannya
- Cara pengujiannya
- Rencana waktu pelaksanaan

5. Sebutkan dan Jelaskan Syarat-syarat dalam pemasangan kelistrikan

   Jawab :

   a. Syarat ekonomis Yaitu instalasi listrik harus direncanakan sesederhana mungkin sehingga harga dan ongkos pemasangan, pemeliharaan semurah mungkin. Sebagai contoh arus yang bocor yang menyebabkan arus listrik dapat mengalir ke permukaan tembok dan dengan itu pula dapat menjadi tambahan perbaikan yang cukup mahal.

   b. Syarat keamanan (perencanaan kerja) Instalasi listrik harus dibuat sedemikian rupa sehingga kemungkinan timbul kecelakaan sangat kecil, aman dalam hal ini berarti tidak membahayakan jiwa manusia dan terjamin nya peralatan dan bendabenda sekitarnya dari kerusakan akibat adanya gangguan seperti : gangguan hubungan singkat, tegangan lebih, beban lebih dsb, Agar instalasi listik tidak membahayakan jiwa manusia, maka pemasangan instalasinya harus memenuhi peraturan-peraturan yang telah ditetapkan disamping itu, untuk mengamankan instalasi listrik dari kerusakan akibat gangguan seperti hubungan

singkat, beban lebih maupun tegangan lebih (akibat sambaran petir) maka pada instalasi tersebut di pasang alat-alat pengaman yang sesuai misalnya sikring, pemutus daya dsb

c. Syarat keamanan (kelangsungan kerja) Kelangsungan pengaliran arus listrik kepada konsumen harus menjamin secara baik, jadi instalasi listrik harus direncanakan sedemikian rupa sehingga kemungkinan terputus atau terhentinya aliran listrik, jika masih tetap ada gangguan yang terjadi mengakibatkan terhentinya aliran listrik maka harus cepat diperbaiki keandalannya, keandalan beban dapat dibagi menjadi beberapa tingkat yaitu :
   - Beban yang sangat memerlukan keandalan yang sangat tinggi terhenti aliran listrik memungkinkan akan menyebabkan kematian akibat kecelakaan
   - Beban yang memerlukan keandalan yang sangat tinggi walaupun terhenti aliran listrik tidak dapat menyebabkan kematian. Sebagai contoh : gangguan akibat tegangan yang berlebihan seperti konslet dan overload

d. Syarat keandalan Artinya instalasi listrik harus memiliki kerja yang sangat baik dan kekuatan yang optimal sehingga tidak membahayakan dan merugikan pengguna listrik.

6. Sebutkan Alat-alat utama yang digunakan untuk instalasi listrik
   Jawab :
   - Kwh Meter
   - MCB
   - Ampere Meter
   - Volt Meter
   - Saklar
   - Stop Kontak
   - Kabel
   - Lampu Penerangan
   - Pipa Kabel

7. Sebutkan Jenis-jenis Sistem Pencahayaan
   Jawab :
   - Intensitas cahaya dan Flux Cahaya
   - Intensitas Penerangan/ Iluminasi
   - Kepadatan Cahaya/ Luminasi

8. Sebutkan Ruang Lingkup Pemeriksaan dan Pengujian Instalasi Listrik
   a) Berbagai macam tanda pengenal dan papan peringatan
   b) Perlengkapan listrik yang dipasang
   c) Cara memasang perlengkapan listrik
   d) Polaritas
   e) Pembumian
   f) Resistans isolasi
   g) Kesinambungan sirkit
   h) Fungsi pengamanan sistem instalasi listrik Pemeriksaan dan pengujian disusul dengan uji coba.

9. Sebutkan Data yang diperlukan Oleh Pemeriksa dan Penguji !
   Jawab :
   a. Gambar situasi
   b. Gambar instalasi sesuai ketentuan
   c. Jenis suplai yang dipakai apakah fasa tunggal atau fasa tiga
   d. Kebutuhan maksimum instalasi
   e. Tindakan pembumian bagi instalasi
   f. Rincian rancangan instalasi termasuk susunan PHB utama dan PHB cabang serta sirkit cabang dan sirkit akhir.
   g. Data mengenai rancangan instalasi termasuk perhitungan untuk menentukan kebutuhan maksimum, penampang penghantar fasa dan netral, penghantar pengaman dan lainnya.
   h. Metode yang diterapkan untuk menghindari tegangan sentuh Metode yang diterapkan untuk menghindari tegangan sentuh jika terjadi gangguan bumi.
   i. Daftar semua sirkit dan perlengkapan yang mungkin menjadi rusak karena adanya pengujian.

10. Sebutkan Pengawasan pemasangan instalasi listrik dan tanggung jawab pelaksana serta pelaksanaan pekerjaan yang diatur dalam pasal 910 !
    Jawab :
    a. Setiap pemasangan listrik harus mendapat izin dari instansi yang berwenang, umumnya dari cabang PLN setempat.
    b. Penanggung jawab pekerjaan instalasi haru seseorang yang ahli berilmu pengetahuan dalam pekerjaan instalasi listrik dan memiliki izin dari instansi yang berwenang
    c. Pekerjaan memasang instalasi listrik harus diawasi oleh seseorang pengawas yang ahli dan berpengetahuan tentang listrik harus dilaksanakan oleh orang-orang yang berpengalaman tentang listrik
    d. Pekerjaan pemasangan instalasi listrik harus dilaksanakan oleh orangorang yang berpengalaman tentang listrik
    e. Pemasangan instalasi listrik yang selesai dikerjakan harus dilaporkan secara tertulis kepada bagan pemeriksa (umumnya PLN setempat) untuk diperiksa dan diuji
    f. Setelah dinyatakan baik secara tertulis oleh bagan pemeriksa dan sebelum diserahkan kepada pemilik, instalasinya harus dicoba dengan tegangan dan arus kerja penuh selama waktu yang cukup lama, semua peralatan yang dipasang harus dicoba
    g. Perencana suatu instalasi listrik bertanggung jawab atas rencana yang telah dibuatnya
    h. Pelaksana pekerjaan instalasi listrik bertanggung jawab atas pekerjaannya selama batas waktu tertentu. Jika terjadi suatu kecelakaan karena kesalahan pemasangan ia bertanggung jawab atas kecelakaan tersebut

PT. Mandiri Maha Daya
Health & Safety Environment
Training Provider

MODUL
PELATIHAN K3 LISTRIK

PERSYARATAN K3 PEMASANGAN INSTALASI PERALATAN DAN PERLANGKAPAN PEMBANGKITAN

PERSYARATAN K3 PEMASANGAN INSTALASI PERALATAN DAN PERLENGKAPAN PEMBANGKITAN

HASAN SURYA ST.MT

Kata Pengantar

1. Kata Pengantar

Modul ini disusun untuk digunakan sebagai bahan ajar pembinaan K3 Listrik dalam melakukan pemasangan, Instalasi Peralatan dan Perlengkapan di Pembangkitan Listrik, sehingga setelah mempelajari modul ini peserta dapat mengetahui dan memahami persyaratan K3 dalam pemasangan, Instalasi Peralatan dan Perlengkapan di Pembangkitan Listrik sesuai dengan standrd.yang berlaku.

Modul Persyaratan K3 pemasangan, Instalasi Peralatan dan Perlengkapan di Pembangkitan Listrik, ini disusun dengan mengacu pada kurikulum pembinaan K3 yang tertuang dalam Kepdirjen no.48 tahun 2015. Pemasangan Instalasi peralatan dan perlengkapan listrik ini disusun berdasarkan beberapa textbook, serta standard IEEE.Untuk pencegahan bahaya terhadapkondisi operasi abnormaldan kegegelan isolasi disusun berdasarkan IEEE C37.102 yaitu tentang proteksi generator sinkron. Selain dari itu ketentuan pemasangan instalasi secara umum tetap menggunakan SNI atau PUIL2011. Sehngga diharapkan setelah mengikuti pembinaan ini, teknisi akan memiliki pengetahuan dan wawasan tentang persyaratan K3 pemasangan, Instalasi Peralatan dan Perlengkapan di Pembangkitan Listrik sesuai dengan standar

Bandung, Juni 2020

Daftar Isi

Kata Pengantar	2
Daftar Isi	3
Daftar Gambar	6
Daftar Tabel	10
Bab I : Macam - Macam Pembangkit Listrik	11
1. Pembangkit Listrik Tenaga Air	11
1.1. Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Air	11
1.2. Komponen PLTA	12
1.2.1. Waduk/Bendungan	12
1.2.2. Pipa Pesat (Penstock)	12
1.2.3. Turbin	13
1.2.4. Generator	13
1.2.5. Jalur Transmisi	14
2. Pembangkit Listrik Tenaga Uap	14
2.1. Prinsip Kerja PLTU	14
2.2. Komponen Utama Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Pltu)	15
2.2.1. Boiler	15
2.2.2. Turbin uap	17
2.2.3. Kondensor	18
2.2.4. Generator	19
3. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)	19
3.1. Prinsip kerja	19
3.2. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi	21
3.2.1. Reservoir Panas Bumi	21
3.3. Pembangkit (Power Plants)	22
3.3.1. Dry Steam Power Plants	22
3.3.2. Flash Steam Power Plants	23
3.3.3. Binary Cycle Power Plants (BCPP)	23
4. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)	24
4.1. Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Diesel	24
4.2. Bagian-bagian Pembangkit Listrik Tenaga Diesel	24
BAB II. GENERATOR	26

5. Prinsip Kerja Generator 26
6. konstruksi Generator 27
6.1. Stator frame 28
6.2. Stator Core Lamination 28
6.3. Stator Coil 29
6.4. Stator Coil Insulation 31
6.5. Rotor 31
6.6. Rotor Shaft 33
6.7. Kumparan Medan (*Rotor Coil*) 33
6.8. Retaining Ring 34
6.9. Sistem Eksitasi 34
6.10. Terminal Output dan spesifikasi Generato 37
BAB III : Transformator 39
7. Konstruksi transformator. 39
8. Prinsip kerja Transformator 43
8.1. Transformator Tanpa Beban 43
8.2. Arus Eksitasi 44
8.3. Transformator berbeban 45
8.4. Rangkaian ekivalen Transformator 46
8.5. Spesifikasi Transformator 48
Bab IV : Pemasangan Peralatan di pembangkitan 50
9. Pemasangan Generator 50
9.1. Instalasi Stator Generator 50
9.2. Instalasi Eksitasi Generator 51
9.3. Saluran Kabel antara Generator dan Rel 52
9.4. Jenis Saklar 53
9.5. Instalasi Pemakaian Sendiri 54
9.6. Instalasi Penyaluran Energi Keluaran 56
9.7. Instalasi Genset 58
10. Cara Aman Menggunakan Genset 58
11. Instalasi Transformator 60
BAB V : Potensi Bahaya Operasi Peralatan Pembangkit Dan Pencegahannya. 61
12. Kurva Kapabilitas Generator 61
13. Potensi bahaya Operasi Generator dan Pengendaiannya 63
14. Pencegahan Bahaya pada Operasi abnormal 64

14.1.Bahaya beban lebih dan Pencegahannya 64
14.2.Bahaya Over Eksitasi dan Pencegahannya 65
14.3.Bahaya Under Eksitasi dan Pencegahannya 67
14.4.Bahaya Ketidak seimbangan beban dan Pencegahannya 68
14.5.Bahaya Reserve Power (Daya balik) dan Pencegahannya 69
15. Pencegahan Bahaya Kegagalan Isolasi 70
15.1.Bahaya dan proteksi Hubung singkat Fasa ke Ground 70
15.2.Bahaya dan proteksi Hubung singkat Fasa ke Fasa 72
16. Skema proteksi generator. 73
17. Wiring Relay Proteksi 75
18. Potensi bahaya terhadap operasi Trafo Pembangkit 76
18.1.Bahaya Beban lebih/over load. 77
18.2.Bahaya Hubung singkat di sisi luar/external short circuit 77
18.3.Bahaya Hubung singkat di dalam daesrah pengamanan Trafo 77
18.4.Bahaya terhadap gangguan sistem pendingin 78
18.5.Bahaya Tekanan lebih 79
16.6.Skema Pencegahan Bahaya 79
Penutup **Error! Bookmark not defined.**

Daftar Gambar

Gambar 1.1 Pembagkit Listrik Tenaga Air 11

Gambar 1.2 Cara kerja PLTA 12

Gambar 1.3 Bendungan PLTA 12

Gambar 1.4 Penstock 13

Gambar 1.5 Turbin Air 13

Gambar 1.6 Generator Turbin Air 14

Gambar 1.7 Gardu Induk Transmisi 14

Gambar 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap 15

Gambar 2.2 Boiler 16

Gambar 2.3 Turbin Uap 18

Gambar 2.4 Kondensor 19

Gambar 3.1 Pembangkit Listrik Panas Bumi 21

Gambar 3.2 Reservoir Panas Bumi 21

Gambar 3.3 Steam Power Plants 22

Gambar 3.4 Flash Steam Power Plants 23

Gambar 3.5 Binary Cycle Power Plants (BCPP) 24

Gambar 4.1 Pembangkit Listrik Tenaga Diesel 25

Gambar 5.1 Prinsip kerja Generator 26

Gambar 5.2 Konstruksi Genset 10 MW 27

Gambar 5.3 Konstruksi Generator dengan kapasitas 250 MW 27

Gambar 6.1 Bagian Stator Generator 28

Gambar 6.2 Stator Frame 28

Gambar 6.3 Stator Core Lamination 29
Gambar 6.4 Konstruksi Belitan stator dan pemasangannya 29
Gambar 6.5 Susunan belitan generator 3 fasa 4 kutub 29
Gambar 6.6 Sambungn kumparan stator pada fasa yang sama 30
Gambar 6.7 Sambungan belitan antar fasa 30
Gambar 6.8 Rotor Silendris 32
Gambar 6.9 Rotor Kutub menonjol 32
Gambar 6.10 Shaft Rotor 33
Gambar 6.11 *Rotor Coil* (Kumparan *Rotor*) 34
Gambar 6.12 Retaining Ring 34
Gambar 6.13 Brush Eksitasi 35
Gambar 6.14 Sistem Eksitasi tanpa sikat 35
Gambar 6.15 Sistem eksitasi Generator 37
Gambar 6.16 Terminal Keluaran generator 37
Gambar 6.17 Nameplate Generator. 37
Gambar 7.1 Konstruksi Trafo beserta bagian-bagiannya 39
Gambar 7.2 Inti Transformator 3 Fasa 40
Gambar 7.3 Kumparan Transormator 40
Gambar 7.4 Konservator 41
Gambar 7.5 Bushing yang dilengkapi Arching Horn 41
Gambar 7.6 On Load tap changer 42
Gambar 7.7 Breather 42
Gambar 7.8 Pendingin udara pada Trafo 43
Gambar 8.1 Konstruksi Dasar transformator 44
Gambar 8.2 Komponen Trafo tanpa beban 45
Gambar 8.3 Arus eksitasi 45

Gambar 8.4 Transformator bebeban 46
Gambar 8.5 ransformator dalam keadaan berbeban 46
Gambar 8.6 Rangkaian kivalen Transformator 47
Gambar 8.7 Rangkaian ekivalen Transformator ditinjau dari sisi primer 47
Gambar 8.8 Transformator 3 Fasa 48
Gambar 8.9 Name plate Transformator 49
Gambar 9.1 Terminal keluaran Generator 50
Gambar 9.2 Instalasi Generator eksitasi dan AVR pada gnerator utama 52
Gambar 9.3 Hubungan antara generator dan rel 53
Gambar 9.4 Sebuah PMT dan tiga PMS 54
Gambar 9.5 Instalasi Pemakaian sendiri 55
Gambar 9.6 Gambar Single Line Daigram pembangkitan 57
Gambar 12.1 Kurva kapabilitas generator 300 MW yang didinginkan dengan gas hidrogen 63
Gambar 14.1 Titik kerja generator pada kondisi beban lebih 64
Gambar 14.2 Pemasangan proteksi beban lebih Generator 65
Gambar 14.3 Daerah kerja generator Over eksitasi 66
Gambar 14.4 Pemasangan proteksi over eksitasi Generator 66
Gambar 14.5 Batas daerah operasi Generator 67
Gambar 14.6 Pemasangan proteksi Under eksitasi Generator 68
Gambar 14.7 Pemasangan proteksi Ketidak seimbangan beban Generator 69
Gambar 14.8 Pemasangan proteksi Daya balik Generator 70
Gambar 15.1 Pencegahan bahaya hubung singkat fasa ke ground pada sistem solid grounding 70
Gambar 15.2 Pencegahan bahaya hubung singkat fasa ke ground pada sistem Low Resistance grounding 71
Gambar 15.3 Pencegahan bahaya hubung singkat fasa ke ground pada sistem High Resistance grounding 71
Gambar 15.4 Pemasangan proteksi GFR pada Generator 72
Gambar 15.5 Pencegahan bahaya hubung singkat fasa ke ground Fasa 73

Gambar 16.1 skema proteksi generator tegngan rendah dan generator tegngan tinggi dengan kapasitas 500 KVA 73

Gambar 16.2 Skema proteksi generator tegngan tinggi dengan kapasitas 12,5 MW 74

Gambar 16.3 skema proteksi generator tegngan tinggi dengan kapasitas 50 MW 74

Gambar 16.4 Skema proteksi generator tegngan tinggi dengan kapasitas diatas 50 MW 75

Gambar 17.1 Wiring Relay 76

Gambar 17.2 Belum Ada Judul 76

Gambar 18.1 Pemasangan relai Differensial 78

Gambar 18.2 Cara kerja relai Differensial 78

Daftar Tabel

Tabel 6.1 Standar temperature kelas isolasi motor dan generator 31

Tabel 18.1Pencegahan bahaya operasi Trafo.....80

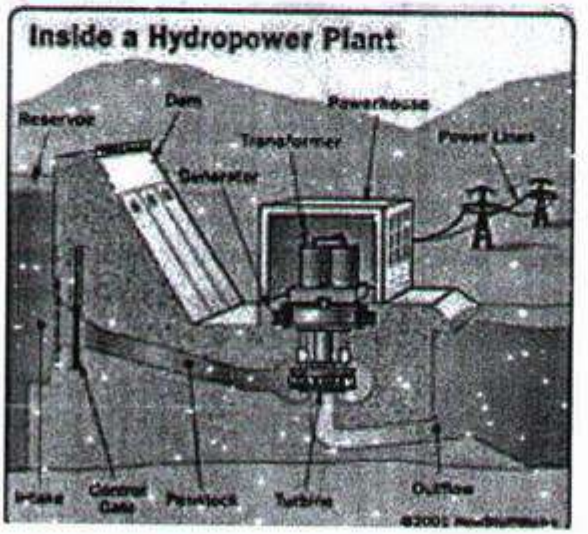
2. Pembangkit Listrik Tenaga Air

PLTA atau yang sering disebut juga Pembangkit Lisrik Tenaga Air merupakan sumber pembangkit listrik yang menggunakan energi penggerak turbin yang berasal dari air. Pembangkit listrik tenaga air juga sudah banyak digunakan di Indonesia selain. Di Indonesia pembangkit listrik tenaga air memanfaatkan dari bendungan. Biasanya pembuatan bendungan karena bisa untuk mengaliri persawahan penduduk jika musim kemarau panjang datang. Bendungan menjadi salah satu sumber alternatif yang dapat menghasilkan sumber listrik cukup besar .

Gambar 2.1 Pembagkit Listrik Tenaga Air

2.1. Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pada intinya cara kerja Pembangkit Listrik Tenaga Air adalah dengan caran mengubah energi potensial air menjadi energi listrik melalui turbin. Dan air yang ada di bendungan akan turun melalui pipa untuk memutar turbin/kipas besar, semakin tinggi permukaan air erhadap sudu turbin akan semakin besar debit air yang akan turun dan mendapatkan perputaran turbin yang besar. Dari perputaran turbin tersebut akan menghasilkan energi mekanik yang akan di konversi melalui generator menjadi energi listrik.



Gambar 2.2 Cara kerja PLTA

2.2. Komponen PLTA

2.2.1. Waduk/Bendungan

Waduk/Bendungan berfungsi untuk menampung air dalam jumlah besar karena turbin memerlukan pasokan air yang cukup dan stabil. Selain itu, waduk/bendungan juga berfungsi untuk pengendalian banjir. Kebanyakan waduk/bendungan ini dilengkapi dengan pintu air untuk membuang air yang tidak diinginkan secara bertahap atau berkelanjutan.

Gambar 2.3 Bendungan PLTA

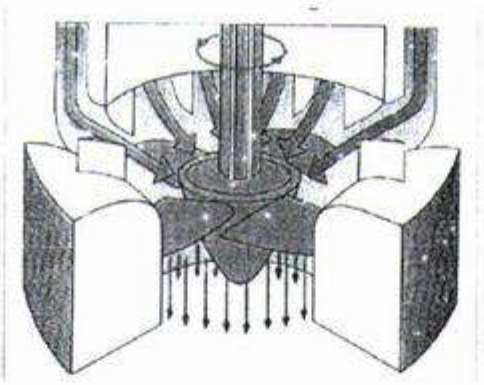
2.2.2. Pipa Pesat (Penstock)

Berfungsi untuk menyalurkan dan mengarahkan air ke cerobong turbin. Salah satu ujung pipa pesat dipasang pada bak penenang minimanl 10 cm diatas lantai dasar bak penenang. Sedangkan ujung yang lain diarahkan pada cerobong turbin.

Gambar 2.4 Penstock

2.2.3. Turbin

Gaya jatuh air yang mendorong baling-baling menyebabkan turbin berputar.. Selanjutnya turbin akan mengkonversi energi potensial yang disebabkan gaya jatuh air menjadi energi kinetik.



Gambar 2.5 Turbin Air

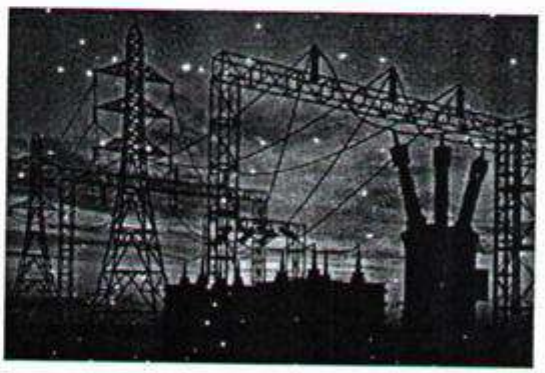
2.2.4. Generator

Alat ini dihubungkan dengan turbin melalui gigi-gigi putar sehingga ketika baling-baling turbin berputar, generator juga akan ikut berputar. Generator memanfaatkan perputaran turbin untuk memutar kumparan magnet di dalam generator sehingga terjadi pergerakan elektron yang membangkitkan timbulnya arus listrik AC.

Gambar 2.6 Generator Turbin Air

2.2.5. Jalur Transmisi

Jalur transmisi berfungsi untuk mengalirkan arus listrik dari PLTA ke rumah-rumah atau industri. Karena jarak pembangkit dengan konsumen umumnya cukup jauh, maka sebelum nya Tegangannya dinaikkan menggunakan transformator step down, dan Sebelum listrik dikonsumsi, terlebih dahulu tegangannya di turunkan lagi dengan transformator step down.



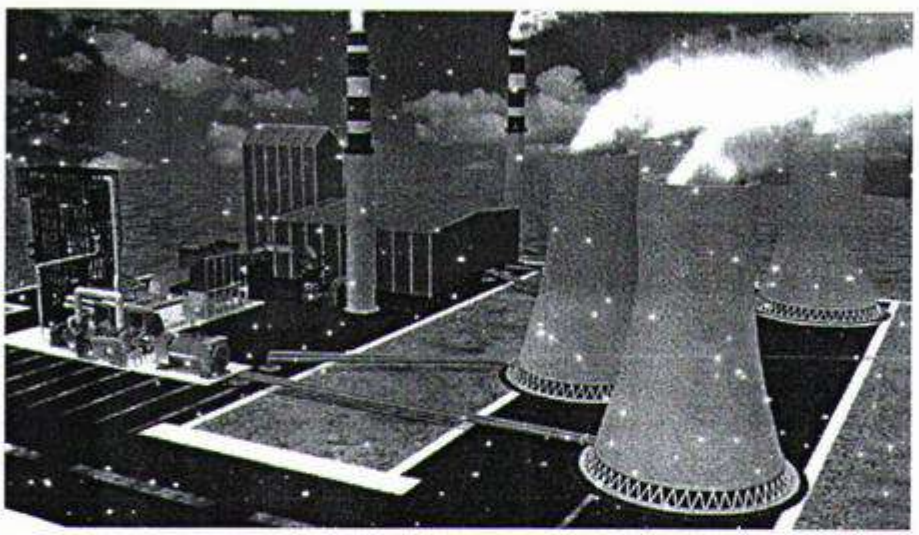
Gambar 2.7 Gardu Induk Transmisi

3. Pembangkit Listrik Tenaga Uap

3.1. Prinsip Kerja PLTU

PLTU atau Pembangkit Listrik Tenaga Uap adalah sebuah pembangkit listrik yang menggunakan tenaga uap atau energi uap untuk menghasilkan pasokan tenaga listrik.

Bentuk utama pemanfaatan energi ini sebenarnya hampir mirip dengan prinsip kerja dari pembangkit listrik tenaga panas bumi dimana sebagai tenaga penggeraknya menggunakan sebuah sebuah turbin yang akan dihubungkan ke generator embangkit yang kemudian akan diubah menjadi tenaga listrik.



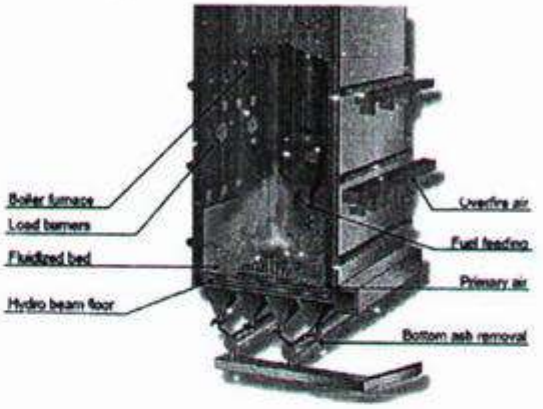
Gambar 3.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Tenaga penggerak utama dalam proses pembentukan energi ini adalah sebuah energi kinetik yang berasal dari uap panas dan juga kering. Untuk pembangkit listrik tenaga uap sendiri sebenarnya mengguanakan bahan bakar yang berasal dari batu bara atau minyak bakar yang berasal dari energi fosil.

3.2. Komponen Utama Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PItu)

3.2.1. Boiler

Boiler berfungsi untuk mengubah air(feedwater) menjadi uap panas lanjut (superheated steam) yang akan digunakan untuk memutar turbin.



Gambar 3.2 Boiler

Boiler house steel structure adalah bangunan struktur rangka baja, di mana di dalamnya terpasang semua peralatan steam generator. Bangunan rangka baja ini tingginya antara 50 m (PLTU kapasitas 55 MW) hingga 100 m (PLTU kapasitas 500 MW).

Pressure part system adalah bagian utama dari steam generator. Bagian inilah yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap bertekanan tinggi (superheated steam) dengan temperatur antara 500 - 500 derajat C.

Air yang disuplai ke boiler, pertama kali masuk ke economizer inlet header, terus didistribusikan ke economizer elements, berkumpul kembali di eco outlet header lalu disalurkan ke steam drum. Economizer terletak di dalam backpass area (di bagian belakang boiler house), sementara steam drum ada di bagian depan roof area. Dinamakan economizer karena bagian ini berfungsi untuk menaikkan temperatur air yang baru masuk boiler dengan cara memanfaatkan gas buang dari pembakaran batu bara di furnace area (combustion chamber). Dengan pemanasan awal di economizer ini effisiensi ketel uap dapat ditingkatkan.

Pada PLTU berkapasitas besar, sirkulasi tersebut dibantu oleh Boiler water Circulating Pump yang terpasang pada pipa downcomers bagian bawah. Sirkulasi yang lebih cepat akan menyebabkan kecepatan perubahan air menjadi uap juga lebih besar.

Di dalam steam drum terdapat separator yang berfungsi untuk memisahkan uap dari air. Uap yang sudah dipisahkan tersebut, dari steam drum disalurkan ke roof steam inlet header yang terhubung ke boiler roof panel. Boiler roof panel ini yang membawa uap ke belakang menuju backpass panel. Dari backpass panel, uap disalurkan ke Low Temperature Superheater (LTS) yang ada di dalam backpass area, di atas economizer elements. dari LTS uap disalurkan ke

Intermediate Temperature Superheaters (ITS). Selanjutnya melalui pipa superheater-desuperheater, uap dibawa ke High Temperature Superheater (HTS) elements untuk menjalani proses pemanasan terakhir menjadi superheated steam. Dari High Temperature Superheater outlet header, superheated steam dengan temperature 500-500 derajat C dan tekanan sangat tinggi disalurkan ke steam turbine melalui pipa main steam.

Pada PLTU berkapasitas kecil, uap tersebut masuk ke High Pressure Turbine, terus ke Low Pressure Turbine dan keluar menuju kondensor. Sedangkan pada PLTU berkapasitas besar, setelah memutar HP turbine uap tersebut dibawa kembali ke boiler melalui pipa cold reheat.

3.2.2. Turbin uap

Turbin uap berfungsi untuk mengkonversi energi panas yang dikandung oleh uap menjadi energiputar (energi mekanik). Poros turbin dikopel dengan poros generator sehingga ketika turbinberputar generator juga ikut berputar.

Ekspansi uap yang dihasilkan oleh turbin tergantung dari sudu-sudu (nozzle) pengarah dan sudu-sudu putar. Ukuran nozzle pengarah dan nozzle putar adalah sebagai pengatur distribusi tekanan dan kecepatan uap yang masuk ke Turbin. Turbin uap berkapasitas besar memiliki lebih dari satu silinder cashing. Hal ini dapat kita lihat dari macam silinder casing pada Turbin:

a. Cross Compound

   Dimana HP (High Pressure) dan LP (Low Pressure) turbinnya terpisah dan masing-masing dikopel dengan satu generator.

b. Tandem Compound

   Dimana HP dan IP (Intermediet Pressure) turbinnya terpisah dengan LP Turbin tetapi masih dalam satu poros.

Steam Turbine adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah energi panas dalam uap menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Konstruksinya terdiri dari rumah turbin dan rotor. Pada rotor turbin ditempatkan rangkaian sudu-sudu jalan secara berjajar. Dalam pemasangannya, rangkaian sudu tetap dan rangkaian sudu jalan dipasang berselang-seling.

Energi panas dalam uap mula-mula diubah menjadi energi kinetik oleh nozzle, selanjutnya uap dengan kecepatan tinggi ini akan mengenai sudu-sudu jalan pada rotor turbin yang akhirnya mengakibatkan putaran rotor.

Pada PLTU, Turbine dibagi menjadi tiga tingkatan, yaitu :

a. High Pressure (HP) Turbine

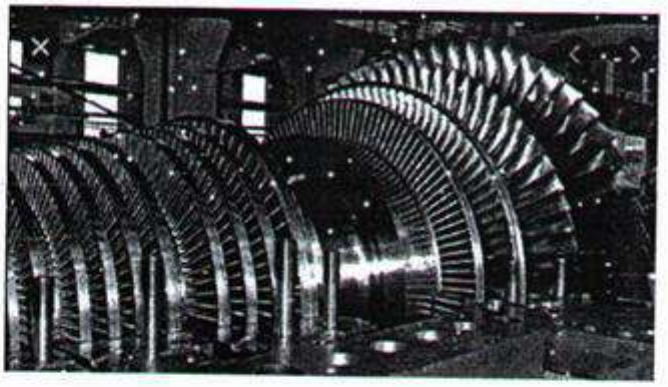
HP Turbine mengekspansikan uap utama yang dihasilkan dari superheater dengan tekanan 159 kg/cm² dan temperatur 538°C, kemudian uap keluar HP Turbin (41 kg/cm²) dengan temperatur 335°C dipanaskan kembali pada bagian reheater diboiler untuk menaikkan entalpi uap. Uap reheat lalu diekspansikan di dalam Intermediate Pressure (IP) turbine.

b. Intermediate Pressure (IP) Turbine

IP Turbine mengekspansikan uap reheat dengan tekanan 39 kg/cm² dan temperatur 538°C, sedang uap keluarnya bertekanan 8 kg/cm² dan suhunya sekitar 330°C.

c. Low Pressure (LP) Turbine

LP Turbine mengekspansikan uap bertekanan 8 kg/cm² dan temperatur 330oC, dan tekanan uap keluar dari LP Turbin pada tekanan 55 mmHg (Vaccum), kondisi vakum ini diciptakan di dalam kondensor dengan temperatur 40oC.



Gambar 3.3 Turbin Uap

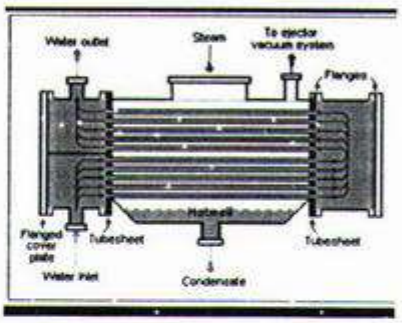
3.2.3. Kondensor

Kondensor berfungsi untuk mengkondensasikan uap bekas dari turbin (uap yang telah digunakanuntuk memutar turbin). Kondensor terbuat dari plat baja berbentuk silinder yang diletakkan secara mendatar dan didalamnya dipasang pipa-pipa pendingin yang terbuat dari kuningan paduan.

Kondensor memerlukan air pendingin untk mengubah uap menjadi air. Beberapa PLTU memanfaatkan air laut sebagai pendingin kondensor, sementara PLTU yang lain mempergunakan cooling tower untuk mendinginkan air kondensor yang diputar terus menerus

dalam sistem tertutup (closed loop).

Kondensor system terdiri dari beberapa peralatan utama, yaitu kondensor itu sendiri, kondensor tube cleaning system, kondensor vaccum system dan condensate pump. Kondensor vaccum system berfungsi untuk menjaga agar tekanan di dalam kondensor selalu lebih kecil dari tekanan atmosfer. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan plant efficiency dari PLTU.



Gambar 3.4 Kondensor

3.2.4. Generator

Generator berfungsi untuk mengubah energi putar dari turbin menjadi energi listrik.

4. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)

4.1. Prinsip kerja

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi adalah Pembangkit Listrik (Power generator) yang menggunakan panas bumi (Geothermal) sebagai energi penggeraknya. Indonesia dikaruniai sumber panas bumi yang berlimpah karena banyaknya gunung berapi di indonesia, dari pulau-pulau besar yang ada, hanya pulau Kalimantan saja yang tidak mempunyai potensi panas bumi. Keuntungan teknologi ini antara lain : bersih, dapat beroperasi pada suhu yang lebih rendah daripada PLTN, dan aman, bahkan geothermal adalah yang terbersih dibandingkan dengan nuklir, minyak bumi dan batu bara. Meskipun tergolong ramah lingkungan, namun beberapa hal perlu dipertimbangkan apabila pembangkit listrik tenaga panas bumi ingin dikembangkan sebagai pembangkit dengan skala besar. Beberapa parameter yang harus dipertimbangkan adalah kandungan uap panas dan sifat fisika dari uap panas di dalam reservoir dan penurunan tekanan yang terjadi sebagai akibat digunakannya uap panas di dalam reservoir. k. PLTP juga membawa pengaruh yang kurang menguntungkan pada

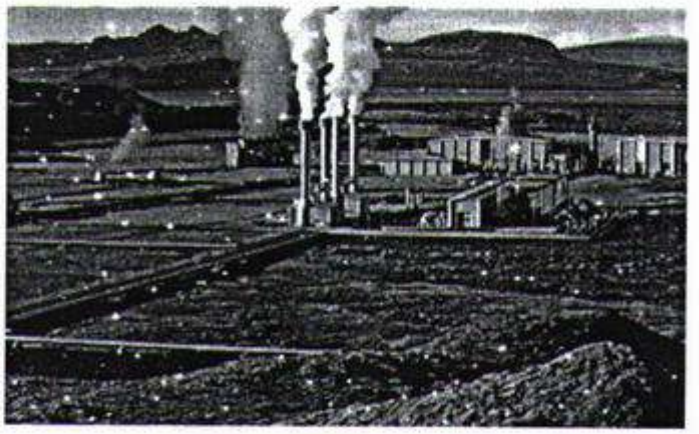
lingkungan dan harus diminimalisasi, antara lain : polusi udara, polusi air, polusi suara, dan penurunan permukaan tanah.

Panas bumi merupakan sumber tenaga listrik untuk pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP). Sesungguhnya prinsip kerja PLTP sama saja dengan PLTU. Hanya saja yang digunakan pada PLTP adalah uap panas bumi yang telah dipisahkan dari air, yang berasal langsung dari perut bumi. Karena itu PLTP biasanya dibangun di daerah pegunungan dekat gunung berapi. Biaya operasional PLTP juga lebih murah dibandingkan dengan PLTU, karena tidak perlu membeli bahan bakar, namun membutuhkan biaya investasi yang cukup besar untuk biaya eksplorasi dan pengeboran perut bumi.

Pengeboran dilakukan di atas permukaan kantong uap, hingga uap dalam akan menyembur keluar. Semburan uap dialirkan ke turbin Uap panas bumi didapatkan dari suatu kantong uap di perut bumi. Namun ada dampak yang tidak menguntungkan dari uap yang menyembur keluar ini. Uap yang keluar dari sumur sering mengandung berbagai unsur kimia yang terlarut dalam bahan-bahan padat sehingga uap itu tidak begitu murni. Zat-zat pengotor antara lain Fe, Cl, SiO_2, CO_2, H_2S dan NH_4. Pengotor ini akan mengurangi efisiensi PLTP, merusak sudu-sudu turbin dan mencemari lingkungan.

Setelah menggerakan turbin, uap akan diembunkan dalam kondensor menjadi air dan disuntikan kembali ke dalam perut bumi menuju kantong uap. Jumlah kandungan uap dalam kantong uap ini terbatas, karenanya daya PLTP yang sudah maupun akan dibangun harus disesuaikan dengan perkiraan jumlah kandungan tersebut. Melihat siklus dari PLTP ini maka PLTP termasuk pada pusat pembangkit yang menggunakan energi yang terbaharukan.

Untuk membangkitkan listrik dengan panas bumi dilakukan dengan mengebor tanah di daerah yang berpotensi panas bumi untuk membuat lubang gas panas yang akan dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin uap yang tersambung ke Generator. Panas bumi yang mempunyai tekanan tinggi dapat langsung memutar turbin generator, setelah uap yang keluar dibersihkan terlebih dahulu. Pembangkit listrik tenaga panas bumi termasuk sumber Energi terbaharui.

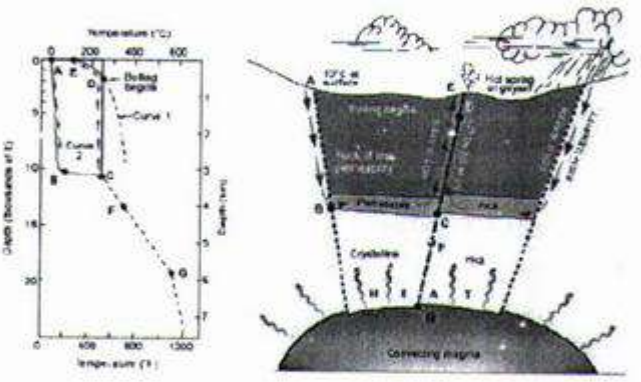


Gambar 4.1 Pembangkit Listrik Panas Bumi

4.2. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi

4.2.1. Reservoir Panas Bumi

Reservoir panas bumi biasanya diklasifikasikan ke dalam dua golongan yaitu yang ber-suhu rendah (low temperature) dengan suhu <1500>high tempera-ture) dengan suhu diatas 1500C. Yang paling baik untuk digunakan sebagai sumber pem-bangkit tenaga listrik adalah yang masuk kate-gori high temperature. Namun dengan perkembangan teknologi, sumber panas bumi dengan kategori low temperature juga dapat digunakan asalkan suhunya melebihi 500 C.



Gambar 4.2 Reservoir Panas Bumi

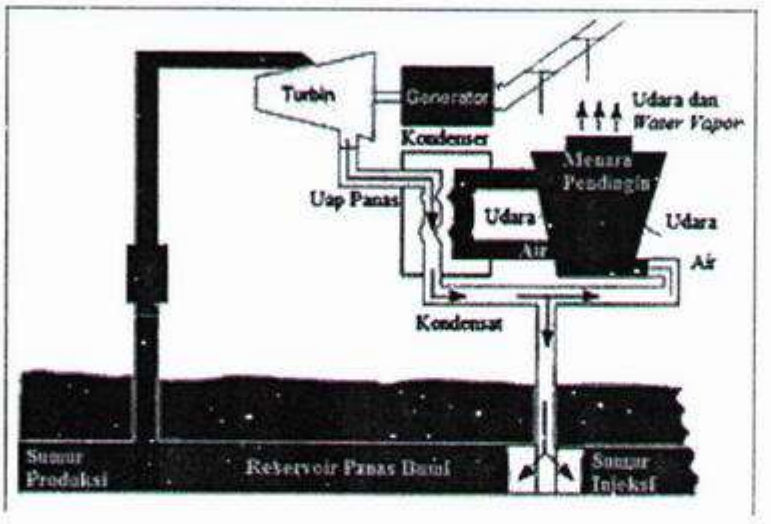
4.3. Pembangkit (Power Plants)

Pembangkit (power plants) untuk pembangkit listrik tenaga panas bumi dapat beroperasi pada suhu yang relatif rendah yaitu berkisar antara 122 s/d 4820 F (50 s/d 2500 C). Bandingkan dengan pembangkit pada PLTN yang akan beroperasi pada suhu sekitar 10220 F atau 5500 C. Pembangkit yang digunakan untuk mengkonversi fluida geothermal menjadi tenaga listrik secara umum mempunyai komponen yang sama dengan power plants lain yang bukan berbasis geothermal, yaitu terdiri dari generator, turbin sebagai penggerak generator, heat exchanger, chiller, pompa, dan sebagainya.

Saat ini terdapat tiga macam teknologi pembangkit panas bumi (geothermal power plants) yang dapat mengkonversi panas bumi menjadi sumber daya listrik, yaitu dry steam, flash steam, dan binary cycle. Ketiga macam teknologi ini pada dasarnya digunakan pada kondisi yang berbeda-beda.

4.3.1. Dry Steam Power Plants

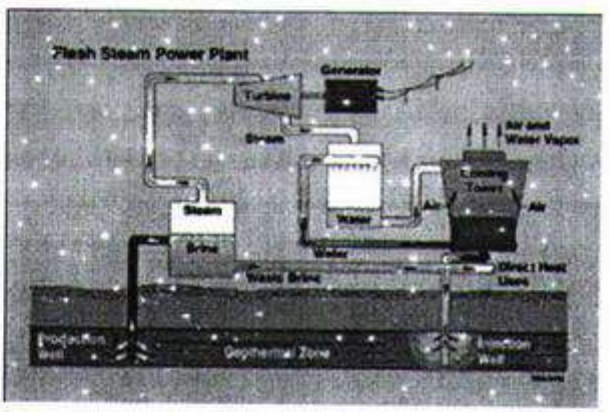
Pembangkit tipe ini adalah yang pertama kali ada. Pada tipe ini uap panas (steam) langsung diarahkan ke turbin dan mengaktifkan generator untuk bekerja menghasilkan listrik. Sisa panas yang datang dari production well dialirkan kembali ke dalam reservoir melalui injection well.. Sistem ini dipakai jika fluida yang dikeluarkan melalui sumur produksi berupa fasa uap. Uap tersebut yang langsung dimanfaatkan untuk memutar turbin dan kemudian turbin akan mengubah energi panas bumi menjadi energi gerak yang akan memutar generator untuk menghasilkan energi listrik.



Gambar 4.3 Steam Power Plants

4.3.2. Flash Steam Power Plants

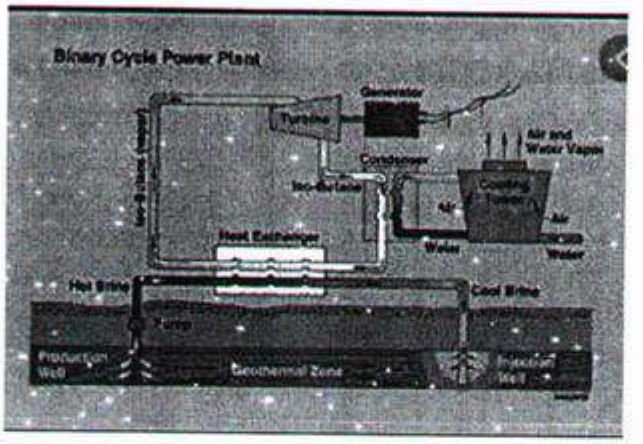
PLTP sistem Flash Steam merupakan PLTP yang paling umum digunakan. Pembangkit jenis ini memanfaatkan reservoir panas bumi yang berisi air dengan temperatur lebih besar dari 82°C. Air yang sangat panas ini dialirkan ke atas melalui pipa sumur produksi dengan tekanannya sendiri. Karena mengalir keatas, tekanannya menurun dan beberapa bagian dari air menjadi uap. Uap ini kemudian dipisahkan dari air dan dialirkan untuk memutar turbin. Sisa air dan uap yang terkondensasi kemudian disuntikkan kembali melalui sumur injeksi kedalam reservoir.



Gambar 4.4 Flash Steam Power Plants

4.3.3. Binary Cycle Power Plants (BCPP)

BCPP menggunakan teknologi yang berbeda dengan kedua teknologi sebelumnya yaitu dry steam dan flash steam. PLTP sistem Binary Cycle dioperasikan dengan air pada temperatur lebih rendah yaitu antara 107°-182°C.Pada BCPP air panas atau uap panas yang berasal dari sumur produksi (production well) tidak pernah menyentuh turbin. Air panas bumi digunakan untuk memanaskan apa yang disebut dengan working fluid (biasanya senyawa organik seperti isobutana, yang mempunyai titik didih rendah) pada heat exchanger. Working fluid kemudian menjadi panas dan menghasilkan uap berupa flash. Uap yang dihasilkan di heat exchanger tadi lalu dialirkan untuk memutar turbin dan selanjutnya menggerakkan generator untuk menghasilkan sumber daya listrik. Uap panas yang dihasilkan di heat exchanger inilah yang disebut sebagai secondary (binary) fluid.



Gambar 4.5 Binary Cycle Power Plants (BCPP)

5. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)

5.1. Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

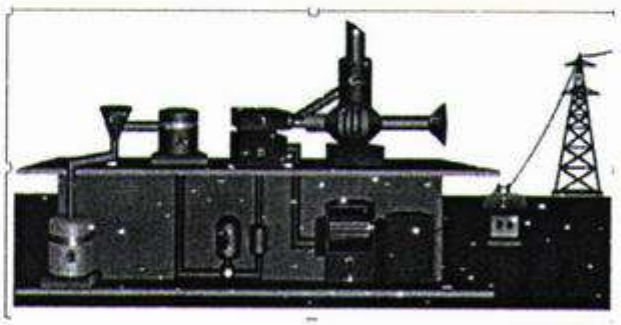
Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) ialah Pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak mula (prime mover). Prime mover merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator. Mesin diesel sebagai penggerak mula PLTD berfungsi menghasilkan tenaga mekanis yang dipergunakan untuk memutar rotor generator.

Motor diesel dinamai juga motor penyalaan kompresi (compression ignition engine) oleh karena cara penyalaan bahan bakarnya dilakukan dengan menyemprotkan bahan baker kedalam udara bertekanan dan temperature tinggi, sebagai akibat dari proses didalam ruang baker kepala silinder.

Jika dibandingkan dengan motor bensin, gas buang motor diesel tidak banyak mengandung komponen beracun yang dapat mencemari udara. Selain dari pada itu pemakaian bahan baker motor diesel lebih rendah (-/+ 25 %) dari pada motor bensin, sedangkan harganyapun lebih murah sehingga penggunaan motor diesel umumnya lebih hemat dari pada motor bensin sebagai penggerak mesin industri. Ditinjau dari sisi investasi harga, motor diesel umumnya lebih mahal dari motor bensin karena untuk kapasitas mesin yang sama motor diesel harus dibuat dengan konstruksi dan berat yang lebih besar

5.2. Bagian-bagian Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

Perhatikan gambar Dibawah ini :



Gambar 5.1 Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

Dari gambar di atas dapat kita lihat bagian-bagian dari Pembangkit Listrik Tenaga Diesel, yaitu :

a. Tangki penyimpanan bahan baker.
b. Penyaring bahan bakar.
c. Tangki penyimpanan bahan bakar sementara (bahan bakar yang disaring).
d. Pengabut (nozel)
e. Mesin diesel.
f. Turbo charger.
g. Penyaring gas pembuangan.
h. Tempat pembuangan gas (bahan bakar yang disaring).
i. Generator.
j. Trafo.
k. Saluran transmisi.

--oo0oo--

BAB II. GENERATOR

6. Prinsip Kerja Generator

Generator adalah sebuah mesin listrik yang dapat mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik (elektrik). Generator bekerja berdasarkan hukum faraday yakni apabila suatu penghantar mengalami perubahan medan magnet maka pada ujung penghantar tersebut akan timbul tegangan Induksi yang mempunyai satuan volt. Ditulis dalam bentuk matemtik :

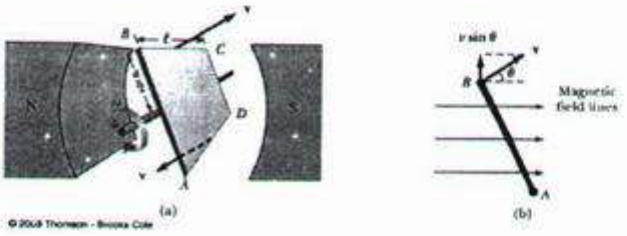
$E(t) = N.\frac{d\phi(t)}{dt}$ .....(2.1)

Dimana,

N = jumlah penghantar (kawt lilitan)

$\frac{d\phi(t)}{dt}$ = Perubahan medan magnet.

Persamaan (1.1) tersebut dapat diimplemantasikan pada konstruksi dasar generatorseperti gambar 1.1.

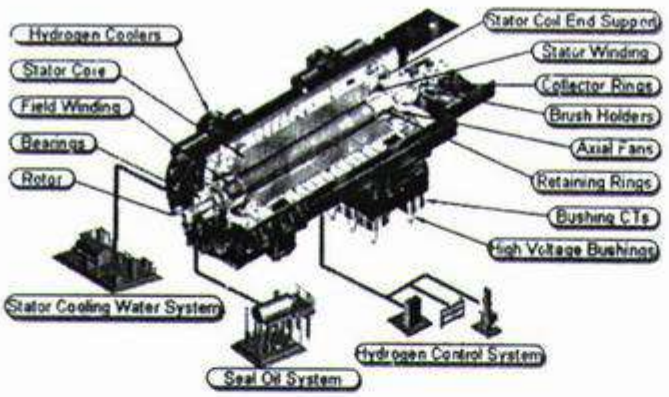


Gambar 6.1 Prinsip kerja Generator

Apabila kumparan (N) diputar searah jarum jam sehingga kumpran akan memotong medan magnet ø, sehingga terjadi perubahan medan magnet pada penghanter ($\frac{d\phi(t)}{dt}$), maka diujung kumparan akan dihasilkan tegangn Induksi E(t). Perpotongan medan magnet dengan kumparan yang menghasilkan tegangan adalah perpotongan tegak lurus, dimana nilainya proporsional dengan fungsi sinus, maka tegangan Induksi yang dibangkitkan E(t) = Em Sin ωt.

Bentuk fisik generator ini secara praktis ditunjukkan pada Gambar 6.2.

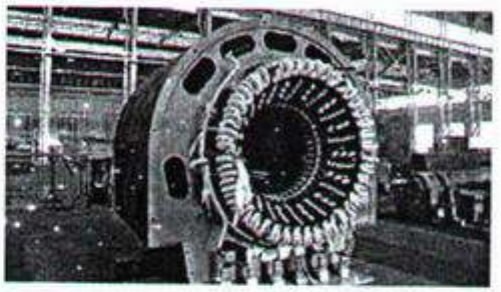
Gambar 6.2 Konstruksi Genset 10 MW



Gambar 6.3 Konstruksi Generator dengan kapasitas 250 MW

7. konstruksi Generator

Generator terdiri dari dua bagian dasar yaitu stator dan rotor. Stator adalah bagin yang tidak bergerak atau dalam keadan statis, seperti ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 7.1 Bagian Stator Generator

Statorr ini terdiri dari beberapa bagian, antara lain adalah :

7.1. Stator frame

merupakan merupakan casing dimana stator core, bearing bracket dan seal ring bracket terpasang, seperti ditunjukkan pada gambar 2.5. Desainnya ditujukan untuk menghasilkan konstruksi casing generator yang kedap udara dan mampu menahan tekanan gas sampai 10 kg/cm^2, dua kali lipat tekanan maksimum.

Gambar 7.2 Stator Frame

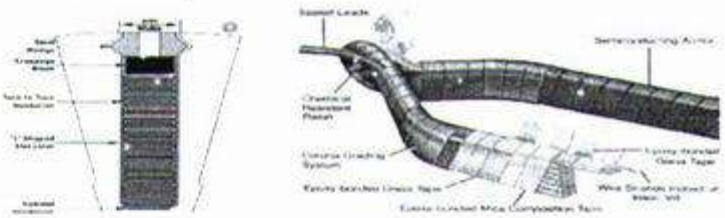
7.2. Stator Core Lamination

Merupakan bagian dimana terpasang stator coil dan lokasi dimana terjadinya aliran induksi medan magnet, seperti ditunjukkan pada gambar 2.5., terbentuk dari susunan plat-plat besi silikon magnetik tipis dengan ketebalan 0.35-0.5 mm yang membentuk suatu cakram, dimana dibagian sisi dalam dibentuk seperti gigi yang akan membentuk slot untuk lokasi pemasangan coil.

Gambar 7.3 Stator Core Lamination

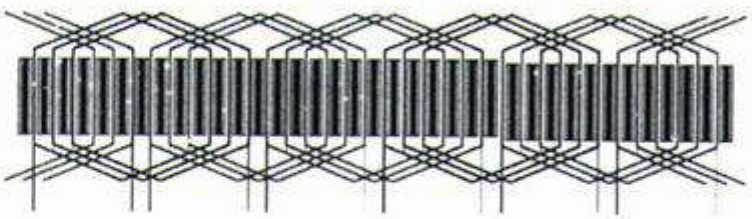
7.3. Stator Coil

Merupakan penghantar utama arus output generator. Terbuat dari material tembaga murni (copper) yang dilapisi oleh material isolasi, seperti ditunjukkan gambar 2.8. Terdapat lubang ventilasi yang memungkinkan gas pendingin masuk dan langsung menyerap panas yang dihasilkan oleh stator coil. Lubang ventilasi (ventilating duct for forced air cooling) tersebut terbuat dari tube metal yang memiliki nilai resistansi tinggi. Dipasang pada stator core slot, untuk Menahan agar tidak keluar dari slot akibat gaya magnetik. Pada bagian luar slot dipasang pasak (WEDGE) yang berbentuk trapesium dan terbuat dari material non-magnetik.



Gambar 7.4 Konstruksi Belitan stator dan pemasangannya

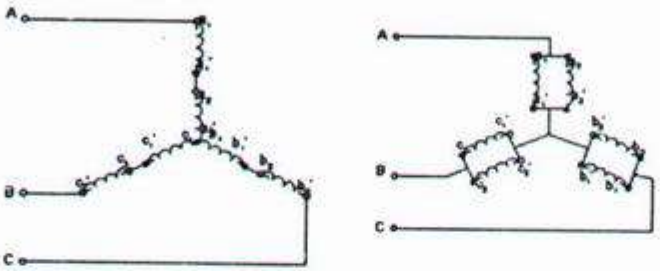
Coil atau belitan ini dipasang sedemikian rupa sehingga tegangan induksi yang dibangkitkan merupakan tegangan induksi iga fasa dengan beda antar fasa = 120°. Gambar 2.9 menunjukkan posisi belitan fasa 1, fasa 2 dan fasa 3 sebuah stator generator 3 fasa, 4 kutub dengan 35 Slot.



Gambar 7.5 Susunan belitan generator 3 fasa 4 kutub

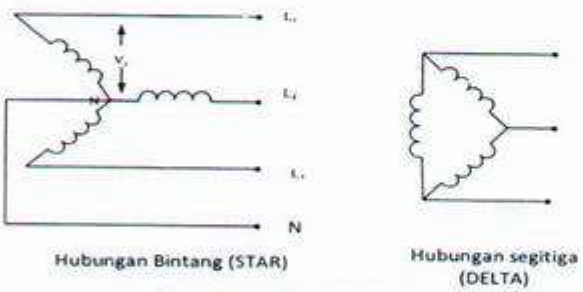
Belitan stator ini dapat disambung :

a. Sambungan belitan dalam fasa yang sama, dapat disambungkan seri atau paralel seperti ditunjukkan pada gambar 2.10



Gambar 7.6 Sambungn kumparan stator pada fasa yang sama

b. Sambungan kumparan stator antar fasa. Pada sambungan ini kumparan stator dapat dihubungkan bintang atau dihubungkn segitiga (Delta) seperti ditunjukkan pad gambar 2.11.



Gambar 7.7nSambungan belitan antar fasa

Pada hubungan bintang diperoleh sistem empat kawat, yaitu L1, L2, L3 dan N, sehingga berlaku :

Tegangan Fasa netral : VLN

Tegangan Fasa-fasa (Tegangan Line) : VLL

VLL = 1,73 x VLN

Arus Line IL = Arus fasa if

Pada Hubungan segitiga diperoleh sistem tiga kawat, yaitu L1, L2 dan L3 sehingga berlaku :

Tegangan Fasa netral = Tegangan Fasa-fasa VLN = VLL

Besarnya Arus Line : IL = 1,73 x If

7.4. Stator Coil Insulation

Merupakan material dielektrik yang melapisi *coil* konduktor stator sehingga secara dielektrik terpisah / tidak terhubung dengan bagian inti besinya (*ground*). Karakteristik yang diharapkan dari material:

a. Mampu menahan tegangan tinggi.
b. Padat secara merata (homogen), sehingga tahan terhadap penyerapan kelembaban, bahan kimia dan minyak.

Thermal-elastis, agar mampu mengakomodasi ekspansi dan kontraksi coil akibat kenaikan atau penurunan temperatur.

Standar sistem isolasi diklasifikasikan NEMA dengan mengacu kepada temperatur maksimum operasi dari motor dan generator. Berikut adalah tabel klasifikasi kelas temperature motor dan generator.

Tabel 7.1 Standar temperature kelas isolasi motor dan generator

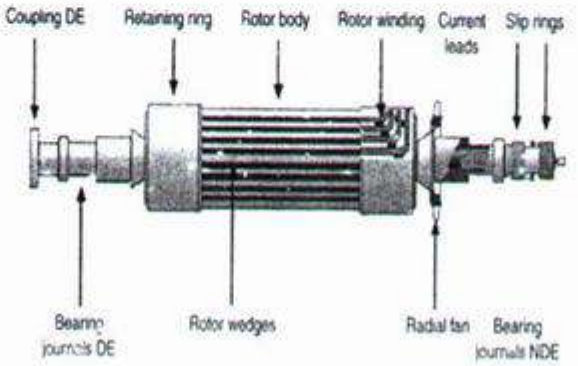
Temperature Tolerance Class	Maximum Operation Temperature Allowed	
	°C	°F
A	105	221
B	130	266
F	155	311
H	180	356

https://rakhman.net/activities/konstruksi-stator-generator/

7.5. Rotor

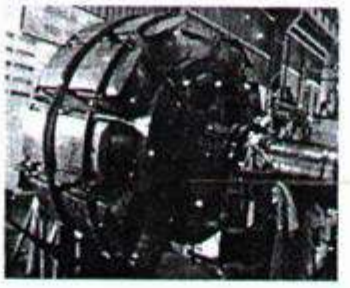
Rotor merupakan bagian yang berputar dari generator yang terbuat dari plat-plat besi yang terdiri dari shaft, winding, retaining ring, bearing dan fan. Rotor pada generator sinkron merupakan bagian untuk menempatkan kumparan medan magnet. Kumparan medan magnet disusun pada alur-alur inti besi rotor, sehingga apabila pada kumparan tersebut dialirkan arus searah (DC) maka akan membentuk kutub magnet utara dan selatan. Ada dua macam rotor, yaitu :

Rotor silenris atau rotary pole yang ditunjukkan pada gambar 2.12. digunakan untuk generator turbo dimana kecepatannya sangat tinggi dan menengah seperti pembangkit termal, kutub magnetnya berbentuk silindris dengan jumlah kutub magnet 2 ..



Gambar 7.8 Rotor Silendris

Kutub menonjol, yaitu tipe yang dipakai untuk generator dengan kecepatan rendah putaran rendah seperti pada pembangkit PLTA biasanya sebanyak 5 (enam) buah kutub magnit atau lebih yang berbentuk kutub menonjol. Rotor kutub menonjol atau Salient Pole, ditunjukkan pada Gambar 7.9.



Gambar 7.9 Rotor Kutub menonjol

Hubungan antara jumlah kutub magnet, frekuensi dan putaran dirumuskan seperti berikut :

$$n = \frac{120.f}{p} \quad \text{.....} \quad (2.2)$$

dimana :

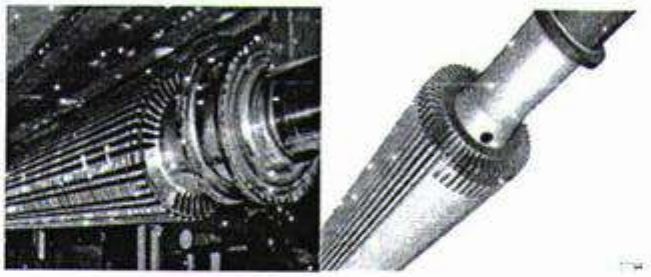
f = frekuensi (Hz)

p = jumlah kutub

n = putaran (rpm)

7.6. Rotor Shaft

Berbeda dengan stator core yang terdiri dari laminasi plat besi tipis, konstruksi rotor core merupakan satu kesatuan dengan shaft rotor seperti gambar 2.14 yang dibuat melalui proses penempaan secara utuh. Hal ini jelas akan memperkuat rotor untuk menahan tekanan mekanis saat berotasi. Bagian coil slot dibentuk pola trapezoid untuk memperbesar kapasitas eksitasi. Coil slot dibentuk pada rotor core secara simetris saling berlawanan dan disebar merata di 2/3 bagian lingkaran rotor. Sedangkan 1/3 bagian dari rotor yang lain tidak dibentuk coilslot.



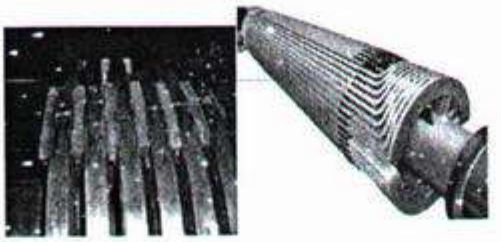
Gambar 7.10 Shaft Rotor

Sumber : Pengujian Performansi Generator Pembangkit Listrik Tenaga Biogas dari Limbah Cair PKS, Pryandi Siahaan, 2013

7.7. Kumparan Medan (*Rotor Coil*)

Rotor coil adalah susunan konduktor yang dipasang di rotor. Jika *coil* ini dialiri arus DC, maka akan timbul medan magnet yang saling berlawanan dipermukaan kutub *rotor*. Saat *rotor* diputar, maka medan magnet akan memotong *stator coil* sehingga akan timbul tegangan induksi di *stator coil*. *Rotor coil* dibuat dari material campuran tembaga dan perak.

Konstruksi *rotor coil* merupakan gabungan dari 2 buah serat konduktor berbentuk U, yang membentuk lubang ventilasi di tengahnya. Setiap 1 putaran *coil* dipasang dalam 2 bagian atau lebih. Sambungan dalam tiap *coil* dibuat pada bagian tengah atau sudut dari ujung *coil*. Lapisan isolasi yang terbuat dari material *fiberglass (slot-liner)* dipasang disekeliling *coil* memisahkan antara *coil* dengan *rotorcore*. Tiap-tiap putaran *coil (turns)* juga saling terisolasi dengan fiberglass. Sedangkan pada bagian ujung (*end*), tiap-tiap *coil* dipisahkan oleh *insulation block*.



Gambar 7.11 *Rotor Coil* (Kumparan *Rotor*)

Sumber : Pengujian Performansi Generator Pembangkit Listrik Tenaga Biogas dari Limbah Cair PKS, Pryandi Siahaan, 2013

7.8. Retaining Ring

Retaining ring adalah konstruksi penahan berbentuk silinder yang dipasang pada bagian luar *rotor coil end*, baik di sisi turbin maupun *exciter*. Fungsi utama *retaining ring* adalah menahan konstruksi *rotor coil* end terhadap gaya centrifugal (lempar keluar) akibat putaran rotor dan juga menyalurkan fluks yang berasal dari *rotor coil end*. *Retaining ring* dibuat dari material baja non magnetik dengan gaya regang (*tensile*) tinggi.

Gambar 7.12 Retaining Ring

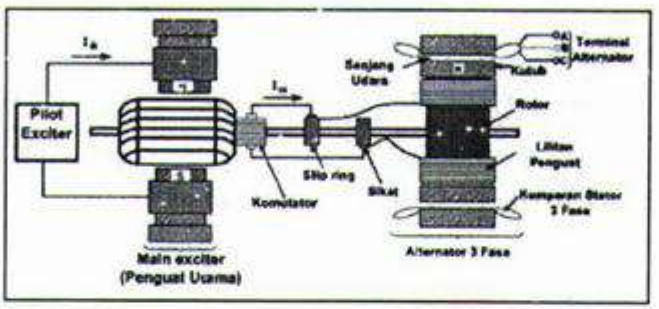
Sumber : Pengujian Performansi Generator Pembangkit Listrik Tenaga Biogas dari Limbah Cair PKS, Pryandi Siahaan, 2013

7.9. Sistem Eksitasi

Untuk membangkitkan medan magnit pada rotor, maka diperlukan arus searah (DC) yang umumnya disebut penguat. Perangkat yang berfungsi untuk mensupplai arus penguat ini disebut eksiter (Exciter) / sistem eksitasi. sistem Eksitasi pada generator listrik ini dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu:

a. Sistem Eksitasi dengan sikat (brush excitation)

Pada Sistem Eksitasi menggunakan sikat, sumber tenaga listriknya berasal dari generator arus searah (DC) seperti ditunjukkan pada Gambar 7.13.

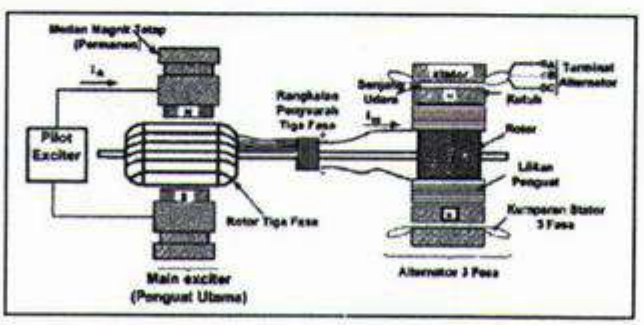


Gambar 7.13 Brush Eksitasi

Saat generator diputar, generator DC akan menghasilkan tegangan DC, dengan menggunakan komutator dan brush tegangan ini diumpankan ke rotor dari generator utama.

b. Sistem Eksitasi tanpa sikat (brushless excitation).

Penggunaan sikat atau slip ring untuk menyalurkan arus excitasi ke rotor generator mempunyai kelemahan karena besarnya arus yang mampu dialirkan pada sikat arang relatif kecil. Untuk mengatasi keterbatasan sikat arang, digunakan sistem eksitasi tanpa menggunakan sikat (brushless excitation) seperti ditunjukkan pada Gambar 7.14.



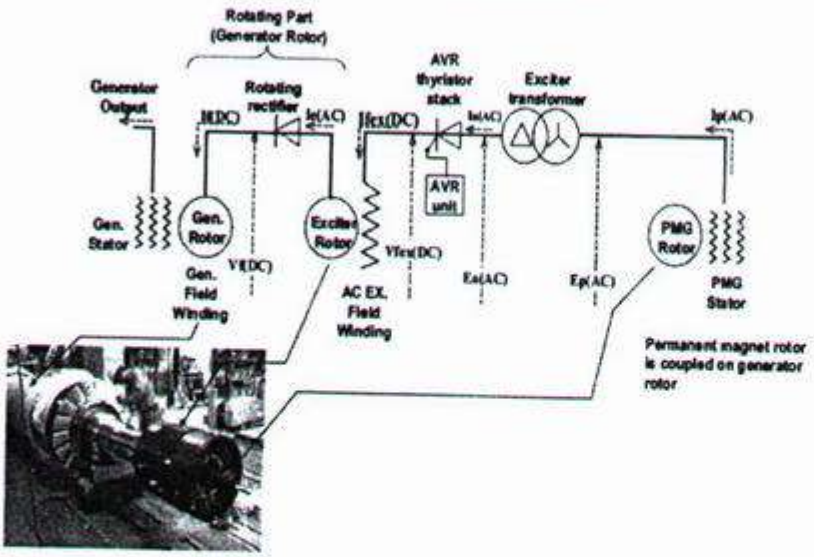
Gambar 7.14 Sistem Eksitasi tanpa sikat

Main exciter adalah generator arus bolak-balik dengan kutub pada statornya. Rotor menghasilkan arus bolak-balik disearahkan dengan dioda yang berputar pada poros main exciter (satu poros dengan generator utama). Arus searah yang dihasilkan oleh dioda berputar menjadi arus penguat generator utama.

Keuntungan sistem eksitasi tanpa menggunakan sikat (brushless excitation), antara lain adalah:

- Energi yang diperlukan untuk Eksitasi diperoleh dari poros utama (main shaft), sehingga keandalannya tinggi
- Biaya perawatan berkurang karena pada sistem Eksitasi tanpa sikat (brushless excitation) tidak terdapat sikat, komutator dan slip ring.
- Pada sistem Eksitasi tanpa sikat (brushless excitation) tidak terjadi kerusakan isolasi karena melekatnya debu karbon pada farnish akibat sikat arang.
- Mengurangi kerusakan (trouble) akibat udara buruk (bad atmosfere) sebab semua peralatan ditempatkan pada ruang tertutup
- Selama operasi tidak diperlukan pengganti sikat, sehingga meningkatkan keandalan operasi dapat berlangsung terus pada waktu yang lama.
- Pemutus medan generator (Generator field breaker), field generator dan bus exciter atau kabel tidak diperlukan lagi
- Biaya pondasi berkurang, sebab aluran udara dan bus exciter atau kabel tidak memerlukan pondasi

Sistem eksitasi lengkap suatu generator ditunjukkan pada gambar 2.19.

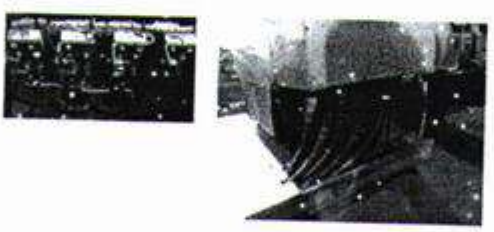


Gambar 7.15 Sistem eksitasi Generator

Saat generator diputar, Generator penguat pertama disebut pilot exciter dan generator penguat kedua disebut main exciter (penguat utama), akan menghasilkan tegangan. Pilot exciter pada generator arus bolak-balik dengan rotor berupa kutub magnet permanen yang berputar menginduksi pada lilitan stator. Tegangan ini selanjutnya dinaikkan menggunakan Transfomator eksiter. Sebelum Tegangan ini digunakan untuk menginjek stator generator main exiter, terlebih dahulu arusnya disearahkan dan dikendalikan menggunakan AVR (Automatic Voltage regulator). Dengan mengendalikan arus stator generator main exciter, maka tegangan keluaran generator ini juga akan dapat dikendalikan sehingga tegangan keluaran generator utama juga dapat dikendalikan.

7.10. Terminal Output dan spesifikasi Generato

Tegangan keluaran generator utama akan dikeluarkan pada terminal output Gener rator yng diunjukkan pada Gambar 7.16.



Gambar 7.16 Terminal Keluaran generator

Nampak bahwa Terdapat empat terminal keluaran, yaitu U, V, W, N yang menunjukkan bahwa pada umumnya belitan stator generator dihubungkan Bintang. Sementara itu spesifikasi generator dicantumkan pada name plate, seperti itunjukkan pada gambar 2.21.

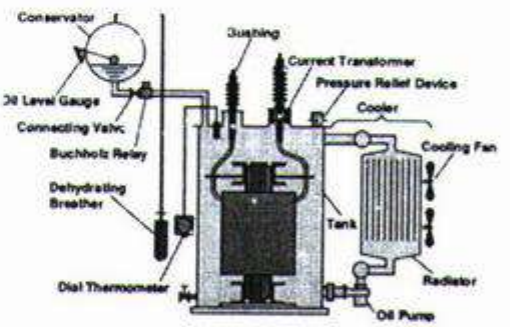
Gambar 7.17 Nameplate Generator.

--oo0oo--

BAB III : Transformator

8. Konstruksi transformator.

Transformator, merupakan suatu alart listrik yang digunakan untuk memindahkan (mentransfer) daya listrik dari suatu tegangan ke tegangan yang lain melalui suatu kopling magnet yang berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Penggunaan trafo dalam sistem tenaga memungkinkan pemilihan tegangan yang sesuai secara ekonomis dan teknis untuk kebutuhan beban atau permintaan konsumen, misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam proses transmisi daya listrik jarak jauh. Secara umum, trafo terdiri atas beberapa bagian, yaitu: bagian utama trafo, bagian supporting, dan juga peralatan proteksi. Penjelasan mengenai beberapa bagian trafo dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 8.1 Konstruksi Trafo beserta bagian-bagiannya

Sedangkan bagian utama trafo terdiri dari inti besi, kumparan primer dan kumparan sekunder:

Bagian-bagian Transformer

a. Inti Transformator

Inti Transformator berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi,magnetik yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Terbuat dari lapisan plat dinamo dari baja alloy atau baja silicon yang mempunyai sifat resistansi tinggi dan histerisis kecil. Tebal plat 0,35 - 0,5 mm, sepeti ditunjukkan pada gambar 3.2, Untuk mengurangi arus pusar (Eddy current), diantara plat diisolasi (vernish) yang tahan terhadap suhu tinggi.

Gambar 8.2 Inti Transformator 3 Fasa.

b. Kumparan Transformator

Kumparan transformator adalah beberapa lilitan kawat berisolasi yang membentuk suatu kumparan atau gulungan. Beberapa lilitan kawat yang berisolasi digunakan sebagai kumparan pada transformator daya. Kumparan tersebut diisolasi baik terhadap inti besi maupun kumparan lain dengan isolasi padat seperti pertinax dan lain-lain. Pada transformator ini terdapat dua jenis kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder, yang pemasangannya ditunjukkan pada Gambar 8.3.

Gambar 8.3 Kumparan Transormator

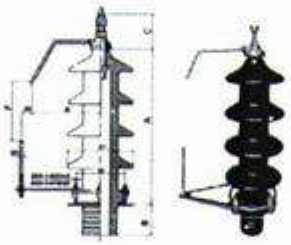
c. Tangki Konservator

Tangki Konservator berfungsi untuk menampung minyak cadangan dan uap/udara akibat pemanasan trafo karena arus beban. Diantara tangki dan trafo dipasangkan relai bucholzt yang akan meyerap gas produksi akibat kerusakan minyak . Untuk menjaga agar minyak tidak terkontaminasi dengan air, ujung masuk saluran udara melalui saluran pelepasan/venting dilengkapi media penyerap uap air pada udara, sering disebut dengan silica gel dan dia tidak keluar mencemari udara disekitarnya.

Gambar 8.4 Konservator

d. Bushing

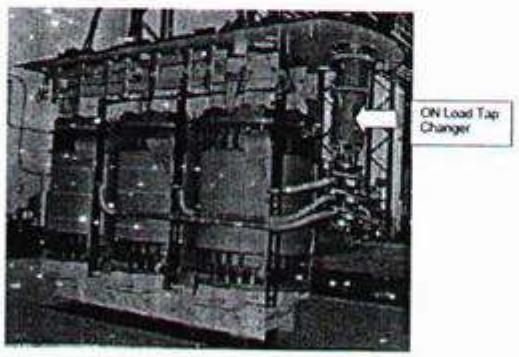
Hubungan antara kumparan transformator dengan jaringan luar melalui sebuah bushing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator. Bushing sekaligus berfungsi sebagai penyekat/isolator antara konduktor tersebut dengan tangki transformator. Pada bushing dilengkapi fasilitas untuk pengujian kondisi bushing yang sering disebut center tap. Bahan utama untuk bushing adalah dari bahan keramik. Dan pada bushing tegangan tinggi biasanya dilengkapi arcing horn. Bentuk isiknya ditunjukkan pada gmbar dibawah.



Gambar 8.5 Bushing yang dilengkapi Arching Horn

e. Tap Changer

Kualitas operasi tenaga listrik jika tegangan nominalnya sesuai ketentuan. tapi pada saat operasi dapat saja terjadi penurunan tegangan sehingga kualitasnya menurun, untuk itu perlu alat pengatur tegangan agar tegangan selau pada kondisi terbaik, konstan dan berkelanjutan. Untuk itu trafo dirancang sedemikian rupa sehingga perubahan tegangan pada sisi masuk/input tidak mengakibatkan perubahan tegangan pada sisi keluar/output, dengan kata lain tegangan di sisi keluar/output-nya tetap. Alat ini disebut sebagai sadapan pengatur tegangan tanpa terjadi pemutusan beban, biasa disebut On Load Tap Changer (OLTC). Pada umumnya OLTC tersambung pada sisi primer dan jumlahnya tergantung pada perancangan dan perubahan sistem tegangan pada jaringan.



Cambar 8.6 On Load tap changer

f. Alat pernapasan (Dehydrating Breather)

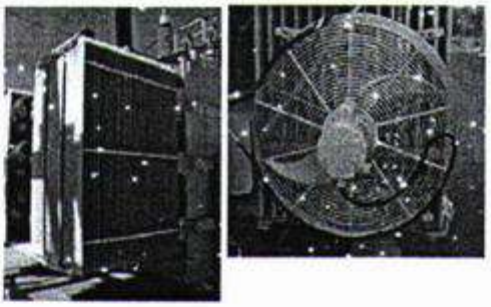
Sebagai tempat penampungan pemuaian minyak isolasi akibat panas yang timbul, maka minyak ditampung pada tangki yang sering disebut sebagai konservator. Pada konservator ini permukaan minyak diusahakan tidak boleh bersinggungan dengan udara, karena kelembaban udara yang mengandung uap air akan mengkontaminasi minyak walaupun proses pengkontaminasinya berlangsung cukup lama. Untuk mengatasi hal tersebut, udara yang masuk kedalam tangki konservator pada saat minyak menjadi dingin memerlukan suatu media penghisap kelembaban, yang digunakan biasanya adalah silica gel. Kebalikan jika trafo panas maka minyak akan memuai dan mendorong udara keluar dari konservator.

Gambar 8.7 Breather

g. Pendinginan Transformator

Pada inti besi dan kumparan – kumparan akan timbul panas akibat rugi-rugi tembaga. Maka panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan, ini akan merusak isolasi, maka untuk

mengurangi kenaikan suhu yang berlebihan tersebut transformator perlu dilengkapi dengan alat atau sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar transformator, media yang dipakai pada sistem pendingin dapat berupa: Udara/gas, Minyak dan Air. Sirkulasi media pendingin bisa secara alamiah, dimana pengaliran media sebagai akibat adanya perbedaan suhu media dan untuk mempercepat pendinginan dari media-media (minyak-udara/gas) dengan cara melengkapi transformator dengan sirip-sirip (radiator). Bila diinginkan penyaluran panas yang lebih cepat lagi, cara manual dapat dilengkapi dengan peralatan untuk mempercepat sirkulasi media pendingin dengan pompa pompa sirkulasi minyak, udara dan air, cara ini disebut pendingin paksa (Forced). ANSI dan IEEE memberikan klas pendingin pada masig-masing transformator yangdicantumkan pada nameplate trafo. Huruf-huruf kelas menunjukkan tipe-tipe pendingin. Huruf A menunjukkan "Air" (Udara), FA udara paksa (fans), "O" menunjukkan minyak. FO menunjukkan minyak paksa (pompa), sedang G menunjukkan Gas dan W menunjukkan Water/Oil heat exchanger.

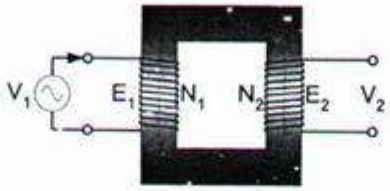


Gambar 8.8 Pendingin udara pada Trafo

9. Prinsip kerja Transformator

9.1. Transformator Tanpa Beban

Gambar 9.1 menunjukkan konstruksi dasar dari transformator 1 fasa, yang ter diri dari dua buah kumparan, yaitu primer dan sekunder yang dililitkan dalam sebuah inti. Ketika Belitan primer dihubungkan ke Sumber tegangan, arus eksitasi membangkitkan flux ▯ pada inti, kerena pada inti terdapat kumparan primer, maka sesuai Hukum Faraday pada kumparan tersebut akan timbul tegangan induksi E1, demikian pula pada belitan sekunder juga akan timbul tegangan induksi E2, yang dinyatakan dengan persamaan :



Gambar 9.1 Konstruksi Dasar transformator

$E1 = N1\frac{d\phi}{dt}$. ..... (pers.3.1)

Dan

$E1 = N2\frac{d\phi}{dt}$. ..... (pers.3.2)

Dimana,

$\phi = \phi m.\sin\omega t$, maka, $E1 = \omega.N1\ \varphi_m.\cos\omega t$

Nilai Efektif $E1 = 4{,}44.f.N1\ \varphi_m$ ..... (pers 3.3)

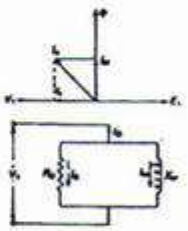
9.2. Arus Eksitasi

Arus primer Io yang mengalir pada saat kumparan sekunder tidak dibebani disebut arus eksitasi. Dalam kenyataannya arus primer Io bukanlah merupakan arus induktif murni, sehingga ia terdiri atas dua komponen, yaitu :

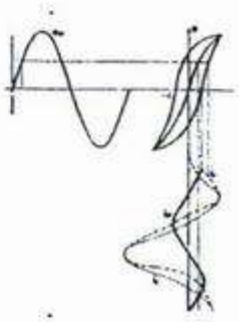
a. Komponen arus pemagnetan IM, yang menghasilkan fluks (Φ). Karena sifat besi yang non linear (ingat kurva B-H) , maka arus pemagnetan IM dan juga fluks (Φ) dalam kenyataannya tidak berbentuk sinusoid

b. Komponen arus rugi tembaga Ic, menyatakan daya yang hilang akibat adanya rugi histerisis dan arus 'eddy'. Ic sefasa dengan V1, dengan demikian hasil perkalian (Ic x V1) merupakan daya (watt) yang hilang.

Kkomponen arus ini dinyatakan dengan rangkaian X dan R yang terhubung paralel seperti ditunjukkan pada gambar 3.9 dan arus eksitasi ditunjukkan pada gambar 310



Gambar 9.2 Komponen Trafo tanpa beban



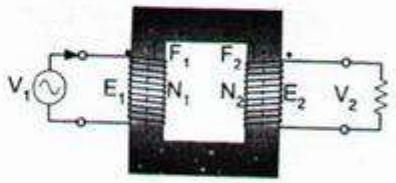
Gambar 9.3 Arus eksitasi

9.3. Transformator berbeban

Apabila belitan sekunder dihubungkan dengan beban, maka pada belitan sekunder akan mengalirkan arus. akibat dari arus sekunder ini kita asumsikan transformator ideal, dimana berlaku :

Resistansi Belitan primer dan sekunder diabaikan, sehingga rugi-rugi daya dan tegangan jatuh sama dengan nol. Tidak terdapat fluks bocor, sehingga semua fluks mengalir pada inti dan melingkupi kedua belitan, Permeabilitas inti tak terbatas., Rugi-rugi inti diabaikan.

Arus beban pada belitan sekunder akan menghasilkan mmf F2 sebesar I2.N2 yang arahnya berlawanan dengan fluks bersama ø yang mengakibatkan tegangan induksi E1 turun. Karena V1 nilainya tetap, maka arus pada belitan primer akan naik dan menimbulkan mmf F1 sebesar I1.N1 yang arahnya berlawanan dengan F2, sehingga fluks bersama dapat dipertahankan, kondisi ini ditunjukkn pada Gambar 9.4.



Gambar 9.4 Transformator bebeban

Sehingga berlaku : I1.N1 = I2.N2 ..... (3.4)

karena resistansi diabaikan sehingga V1 = E1 dan V2 = E2, dan diperoleh,

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \quad \text{..... (3.5)}$$

Nilai ini dikenal dengan nama rasio Tr ansformasi.

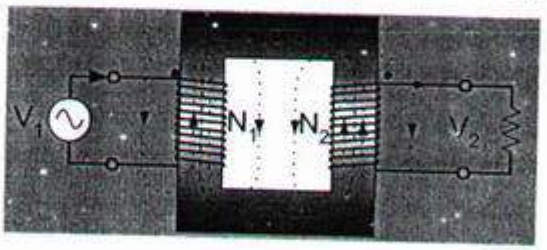
Dari persamaan-persamaan diatas kita dapatkan :

$$\frac{V_1/V_2}{I_1/I_2} = \frac{N_1/N_2}{N_2/N_1} \text{ dan } \frac{V_1}{I_1} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \frac{V_2}{I_2}\text{, sehingga :}$$

$Z_1 = a^2.Z_2$..... (3.5)

9.4. Rangkaian ekivalen Transformator

Gambar 9.5 menyatakan rangkaian transformator dalam keadan berbeban.



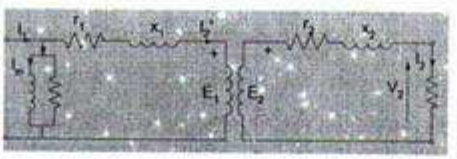
Gambar 9.5 ransformator dalam keadaan berbeban

Dalam kenyataannya belitan-belitan transformator memiliki nilai resistansi, yaitu r1 disisi primer dan r2 di sisi sekunder, demikian pula fluks yang dibangkitkan oleh arus pada lilitan primer maupun sekunder tidak seluruhnya mengalir melalui inti, namun sebagian bocor ke udara, mengakibatkan timbulnya reaktansi bocor pada masing-masing belitan. Dari kondisi nyata ini, dapat dibuat rangkaian ekivalen transformator sebagai berikut :

Arus eksitasi I0 yang memiliki komponen magnetisasi Im menghasilkan fkuks bersama ▯ dan komponen yang menimbulkan rugi inti P1.

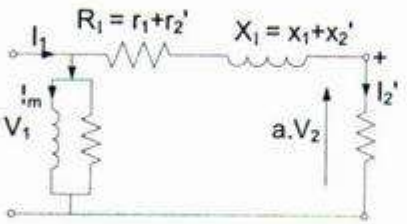
Komponen arus beban I2' menghasilkan mmf F2 yang melawan dan menyeimbangkan sehingga fluks bersama bertahan konstan dan tidak tergantung beban, dengan demikian :

I1 = I0 + I2', seperti ditunjukkan pada rangkaian ekivalen gambar diawah



Gambar 9.6 Rangkaian kivalen Transformator

Bila parameter belitan sekunder ditransfer ke sisi primer akan diperoleh rangkaian ekivalen seperti gambar di bawah, dimana r2' = a2.r2 dan x2' = a2.x2 , sehingga R1 = r1 + r2' dan X1 = x1 + x2', seperti ditunjukkan pada gambar 3.14.



Gambar 9.7 Rangkaian ekivalen Transformator ditinjau dari sisi primer.

Dari rangkaian di atas berlaku persamaan:

$V1 = a.V2 + I2'.(R1 + JX1)$ ..... (3.7)

9.5. Spesifikasi Transformator

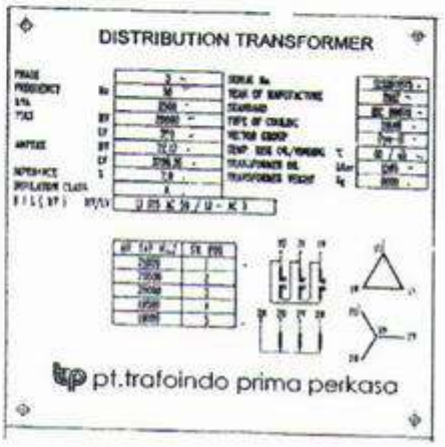
Spesifikasi menyatakan identitas dari transformator, dimana sepsifikasi Transformator ditunjukkan dalam name plate transformator. Pada Transformator daya 3 fasa seperi ditunjukkan pada gambar 3.15. memiliki spesifikasi dengan parameter sebagai berikut :

Gambar 9.8 Transformator 3 Fasa

- Daya : Menyatakan daya yang dapat ditransfer ke sistem tegangan sekunder, diukur dalam satuan KVA atau MVA
- Level Tegangan : Menyatakan level Tegngan belitan Tegangan Tinggi (HV) dan level tegangan rendah (LV)
- Frekuensi : Menyatakan bahwa Trafo tersebut harus disuply dengan sumbe tegangan yang frekuensinya sama dengan yang tertera pada name plate.
- Persentase Impedansi : Ada dua mkna, yaitu :
  a. Menyatakan Tegangan Hubung Singkat (Usc), yaitu tegangan yang di injeksikan pada belitan tegangan tinggi saat uji hubung singkat Transformator.
  b. Menyatakan persentase impedansi terhadap impedansi basenya, yang dapat ditinjau dari sisi tegangan Tinggi atau sisi tegangan Rendah.
- Vector Grup : Menyatakan Koneksi belitan Trafo untuk konenksi belitan teg angan Tinggi dan belitan tegangan Rendah. Huruf Kapital menyatakan koneksi belitan tegangan Tinggi, dan huruf kecil menyatakan koneksi belitan tegangan Rendah. Arah jarum jam menyatakan beda fasa.ansformator
- Basic Insulation Level (BIL) : menyatakan kekuatan isolasi menahan tegangan, ada 2 jenis, yaitu :
  a. Impulse Voltage : Kekuatan isolasi menahan tegangan impulse 1,2/50 ts.

b. Withstand Voltage : Menyatakan kekuatan isolasi menahan tegangan efektif sinus selama 1 menit.

- Insulation Class : Menyatakan kekuatan isolasi menahan Tempeatur.



Gambar 9.9 Name plate Transformator

--oo0oo--

Bab IV : Pemasangan Peralatan di pembangkitan

10. Pemasangan Generator

10.1. Instalasi Stator Generator

Generator yang umumnya digunakan generator sinkron tiga fasa. Ujung-ujung kumparan stator dari generator sinkron dinubungkan pada Terminal keluaran generator, Ujung kumparan U1 dan U2 merupakan ujung-ujung kumparan fasa satu, ujung kumparan V1 dan V2 merupakan ujung-ujung dari kumparan fasa dua, sedangkan dari kumparan fasa tiga adalah W1 dan W2, karena umumnya generator sinkron dihubungkan dalam sambungan Y maka ujung U1, V1 dan W1 dijumper sehingga menjadi titik bintang dan dikeluarkan sebagai terminl Netral. Ujung kumparan keluaran ditunjukkan pada Gambar 10.1.

Gambar 10.1 Terminal keluaran Generator

Tegangan generator maksimum saat ini adalah 23 kV. Tegangan generator yang lebih tinggi masih dalam taraf uji coba. Generator-generator dengan daya di atas 10 MVA umumnya mempunyai tranformator penaik tegangan yang merupakan satu kesatuan dengan generatonya. Energy listrik dibangkitkan generator setelah tegangannya dinaikkan oleh transformator penaik tegangan disalurkan melalui pemutus tegangan (PMT) ke rel (busbar). Penyaluran daya dari generator sampai ke transformator tersebut, energy disalurkan melalui konduktor dengan penampang sehingga Kemampuan Hantar Arus 125% Arus nominal atau Arus beban penuh generator yang dapat dilihat pada name plate generator atau dihitung menggunakan rumus Daya tiga fasa. Sedangkan PMT yang digunakan harus memiliki ratingor arus kontinyu diatas rating arus beban penuh generator.

Saluran tenaga listrik dari generator sampai dengan rel harus rapi dan bersih agar tidak menimbulkan gangguan. Gangguan di bagian ini akan menimbulkan kebocoan arus bahkan arus hubung singkat yang relative besar dan mempunyai resiko terganggunya pasokan tenaga listrik dari pusat listrik ke

system, bahkan apabila generator yang digunakan dalam system berukuran besar, maka ada kemungkinan seluruh system menjadi terganggu.

10.2. Instalasi Eksitasi Generator

Sistem eksitasi adalah sistem tegangan DC sebagai penguat pada generator utama atau eksitasi befungsi sebagai pembangkit medan magnet, sehingga suatu generator dapat menghasilkan energi listrik dengan besar tegangan keluaran generator bergantung pada besarnya arus eksitasinya.

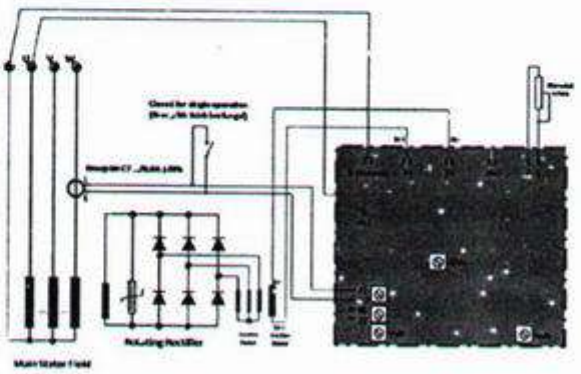
Sistem ini merupakan sistem yang vital pada proses pembangkitan listrik dan pada perkembangannya, sistem Eksitasi pada generator listrik ini dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu:

a. Sistem Eksitasi dengan menggunakan sikat (brush excitation)
b. Sistem Eksitasi tanpa sikat (brushless excitation).

Generator eksitasi dan generator Utama diletakkan dalam satu poros, bahkan umumnya dilengkapi pula dengan pilot exciter yang berupa generator magnet permanen. Pengaturan tegangan pada generator utama dilakukan dengan mengatur besarnya arus Eksitasi (arus penguatan) dengan cara mengatur potensiometer pada modul AVR. Potensiometer mengatur arus penguat generator eksitasi utama dan menghasilkan arus penguat ke rotor generator utama. Dengan cara ini arus penguat yang diatur tidak terlalu besar nilainya sehingga rugi daya pada potensiometer tidak terlalu besar. PMT arus penguat generator utama dilengkapi tahanan yang menampung energi medan magnet generator utama karena jika dilakukan pemutusan arus penguat generator utama harus dibuang ke dalam tahanan.

Sekarang banyak generator arus bolak-balik yang dilengkapi penyearah untuk menghasilkan arus searah yang dapat digunakan bagi penguatan generator utama sehingga penyaluran arus searah bagi penguatan generator utama, oleh generator eksitasi utama tidak memerlukan cincin geser karena. penyearah ikut berputar bersama poros generator. Cincin geser digunakan untuk menyalurkan arus dari generator penguat pertama ke medan penguat generator penguat kedua. Nilai arus penguatan kecil sehingga penggunaan cincin geser tidak menimbulkan masalah. Pengaturan besarnya arus penguatan generator utama dilakukan dengan pengatur tegangan otomatis supaya nilai tegangan terminal output generator konstan. Pengaturan tegangan otomatis pada awalnya berdasarkan prinsip mekanis, tetapi sekarang sudah menjadi elektronik, yang dikenal dengan nama AVR. Perkembangan sistem eksitasi pada generator sinkron dengan sistem eksitasi tanpa sikat, karena sikat dapat menimbulkan loncatan api pada putaran tinggi. Untuk menghilangkan sikat digunakan dioda berputar

yang dipasang pada jangkar. Instalasi atau wiring generator eksitasi AVR dan generator utama ditunjukkan pada Gambar 10.2.

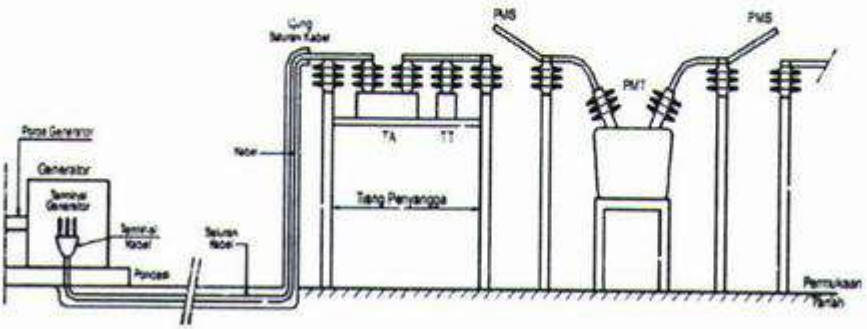


Gambar 10.2 Instalasi Generator eksitasi dan AVR pada gnerator utama

10.3. Saluran Kabel antara Generator dan Rel

Hubungan antara generator dengan rel umumnya dilakukan dengan menggunakan kabel yang diletakkan pada saluran khusus dalam tanah dan apabila berada di atas tanah diletakkan pada rak penyangga kabel yang melindungi kabel secara mekanis. Kabel ini, sebelum menuju ke rel terlebih dahulu melalui transformator penaik tegangan seperti umumnya terjadi pada generator yang dihubungkan dengan rel yang mempunyai tegangan diatas 5 kV. Perlindungan mekanis tersebut di atas dimaksudkan untuk mencegah kerusakan kabel yang dapat menimbulkan gangguan. Gangguan pada kabel antara generator dan rel dapat merusak generator. Kerusakan generator sangat tidak dikehendaki, karena kerusakan generator memerlukan biaya perbaikan yang mahal dan juga waktu perbaikannya lama sehingga dapat menimbulkan pemadaman pasokan daya listrik.

Gambar 10.3 menggambarkan bagaimana hubungan generator dilakukan, yaitu dengan menggunakan kabel. Pada bagian ini umumnya terdapat transformator arus (TA) dan transformator tegangan (TT) untuk keperluan pengukuran dan proteksi. Setelah TA dan TT, kabel dihubungkan pemutus tenaga (PMT) dan saklar pemisah (PMS) sebelum dihubungkan ke rel. Kabel yang digunakan sebaiknya kabel 1 fasa sehingga didapat 3 buah kabel untuk 3 fasa. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan pemasangan, terutama dengan adanya TA dan TT serta untuk memudahkan perbaikan apabila terjadi kerusakan pada kabel tersebut.



Gambar 10.3 Hubungan antara generator dan rel

Titik netral dari generator umumnya dihubungkan sehinggga terbentuk hubungan bintang. Untuk generator yang kecil dengan kapasitas di bawah 5 MVA, umumnya titik netral generator tidak ditanahkan. Untuk generator yang lebih dari 5 MVA, seringkali diinginkan mentanahkan titik netral generator melalui tahanan, kumparan, atau melalui Transformator(Potensial Transformer) dan Resistance, hal ini dilakukan untuk keperluan proteksi bila terjadi gangguan fasa ke tanah. Untuk melaksanakan pentanahan digunakan kabel serupa dengan kabel yang monghubungkan generator dengan rel. Dalam praktek khususnya pada generator besar (di atas 10 MVA), seringkali dilakukan pencabangan untuk memberi daya ke transformator pemakaian sendiri (lihat gambar 1.8c). Sesungguhnya melakukan pencabangan pada saluran antara generator dan rel harus dihindari, namun kalau memang diperlukan pelaksanaannya adalah dengan membuat rel kecil dalam ruang khusus. Pencabangan akan menambah resiko terjadinya gangguan, oleh karenanya hal ini sedapat mungkin harus dihindari. Gangguan di daerah ini akan menghasilkan arus gangguan yang besar mengingat letaknya yang dekat dengan generator. Apabila terjadi gangguan di daerah ini dan menimbulkan kerusakan, akibatnya fatal karena generator tidak bisa berproduksi.

10.4. Jenis Saklar

Saklar berfungsi memutus rangkaian listrik. Semakin tinggi tegangan yang digunakan, seemakin sulit proses pemutusan rangkaian listrik yang dihadapi. Hal ini disebabkan semakin tinggi tegangan yang digunakan, maka semakin tinggi tegangan transien yang terjadi sewaktu rangkaian diputus. Tegangan transien dapat menyalakan kembali arus listrik yang telah diputus.

Konstruksi saklar harus memperhitungkan hal ini. Semakin Kapasitif rangkaian listrik yang diputus, semakin besar pula kemungkinan terjadinya penyalaan kembali. Hal ini terjadi karena rangkaian yang kapasitif mempunyai kemampuan menyimpan muatan listrik yang besar yang dapat timbul kembali sewaktu rangkaian diputus. Pada waktu rangkaian listrik diputus oleh kontak-kontak saklar akan timbul

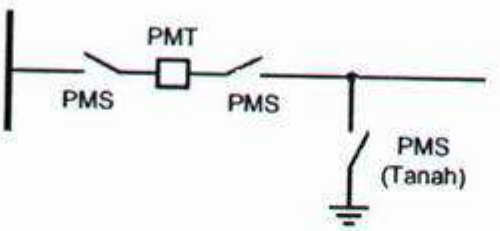
busur listrik. Busur listrik menyebabkan material kontak saklar teroksidasi sehingga daya hantarnya berkurang sewaktu kontak-kontak saklar menutup kembali. Untuk mengurangi pengaruh hasil oksidasi ini, gerakan kontak-kontak saklar harus bersifat membersihkan dirinya sendiri (self cleaning).

Dalam rangkaian listrik dengan tegangan di atas 1,5 kV, saklar dibedakan menjadi

tiga jenis:

a. Pemutus tenaga (PMT) / circuit breaker (CB) adalah saklar yang mampu memutus arus gangguan (hubung singkat).
b. Pemutus beban (PMB) / load break switch (LBS) adalah saklar yang hanya mampu memutus arus sebesar arus beban.
c. Pemisah (PMS) / insulating (disconnecting) switch hanya boleh dioperasikan tanpa arus/beban. Posisi pisau-pisau PMS harus dapat dilihat secara visual kedudukannya, baik dalam kondisi tertutup atau terbuka, hal ini diperlukan untuk keselamatan kerja.

Dalam praktek, sebuah PMT umumnya dikombinasikan dengan tiga PMS seperti terlihat pada Gambar 4.5 yaitu dua buah PMS masing-masing di depan dan di belakang PMT, dan sebuah PMS tanah yang digunakan untuk mentanahkan bagian instalasi yang akan dibebaskan dari tegangan untuk selanjutnya akan disentuh manusia untuk pelaksanaan pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan.



Gambar 10.4 Sebuah PMT dan tiga PMS

10.5. Instalasi Pemakaian Sendiri

Setiap pusat listrik memerlukan energi listrik untuk pemakaian (di dalam pusat listrik) sendiri, yaitu untuk:

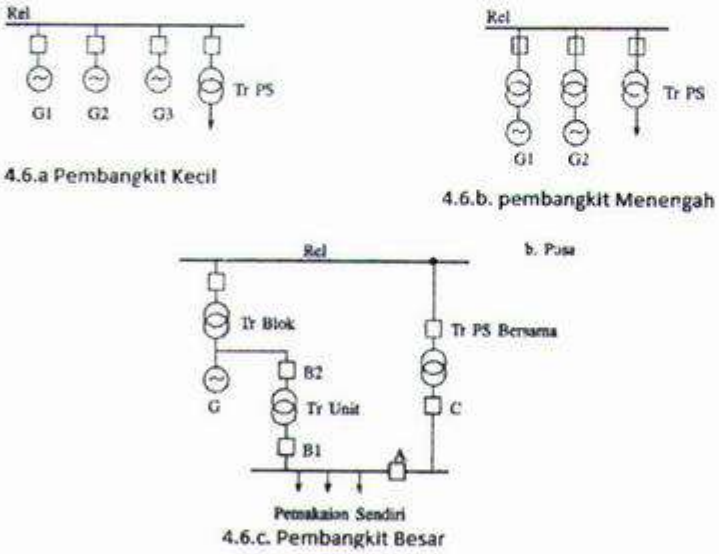
a. Lampu penerangan
b. Penyejuk udara (Air Conditioner)
c. Menjalankan alat-alat bantu unit pembangkit, seperti: pompa air pendingin, pompa minyak pelumas, pompa transfer bahan bakar minyak, mesin pengangkat, dan lain-lain.

d. Alat-alat dan mesin-mesin perbengkelan yang merupakan unsur pendukung pemeliharaan dan perbaikan pusat listrik.

e. Pengisian baterai aki yang merupakan sumber arus searah bagi pusat listrik.

Gambar 10.5 menggambarkan instalasi pemakaian sendiri dari pusat listrik. Gambar 4.5a menggambarkan instalasi pemakaian sendiri dari pusat listrik yang kapasitas unit pembangkitnya relatif kecil, misalnya di bawah 5 MW. Sedangkan Gambar 4.5b adalah pusat

listrik dengan kapasitas unit pembangkit antara 5 MW sampai 15 MW dan Gambar 4.5c adalah pusat listrik dengan kapasitas unit pembangkit di atas 15 MW. Batas-batas ini hanyalah perkiraan.



Gambar 10.5 Instalasi Pemakaian sendiri

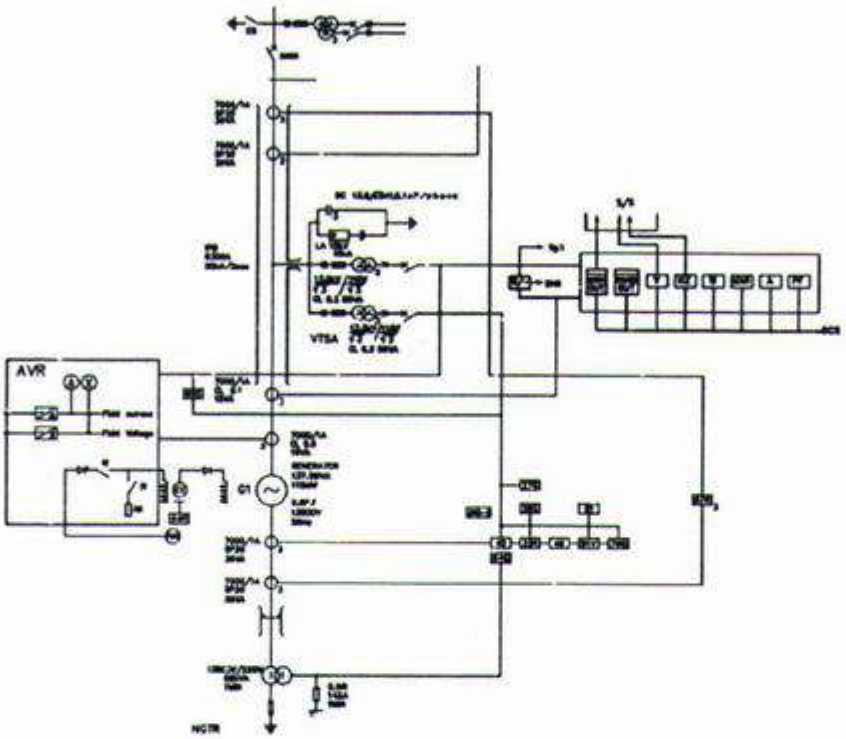
Pada unit pembangkit besar yang ditunjukkan oleh gambar 4.5.c, setiap unit pembangkit mempunyai Tr PS yang dipasok langsung oleh G. Tetapi pada saat start, G belum berputar sehingga belum menghasilkan tegangan. Sedangkan pada saat itu sudah diperlukan daya untuk menjalankan alat-alat bantu, maka daya terlebih dahulu diambilkan dari Tr PS bersama. Setelah G berputar dan menghasilkan tegangan, PMT B ditutup. Kemudian disusul dengan pembukaan PMT A sehingga pasokan daya alat-alat bantu berpindah ke G. Pada saat PMT B ditutup dan sebelum PMT A dibuka, terjadi penutupan rangkaian ring. Perlu diperhatikan bahwa transformator-transformator yang ada dalam ring ini tidak menimbulkan pergeseran fasa tegangan sehingga tidak timbul gangguan.

Besarnya energi yang diperlukan untuk pemakaian sendiri berkisar antara 1 – 10% dari produksi energi yang dihasilkan pusat listrik. Hal ini sangat tergantung kepada pusat listriknya, di mana yang paling kecil umumnya PLTA dan yang paling besar umumnya PLTU

yang menggunakan bahan bakar batu bara. Apabila terjadi gangguan besar dan semua unit pembangkit trip, maka tidak tersedia tegangan untuk menjalankan alat-alat bantu dalam rangka start kembali. Dalam keadaan demikian diperlukan pengiriman tegangan dari luar pusat listrik atau dalam pusat listrik, di mana seharusnya ada unit pembangkit yang dapat start sendiri (black start) tanpa adategangan dari luar. Umumnya yang bisa melakukan black start kebanyakan adalah unit pembangkit listrik tenaga air (PLTA) atau unit pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD).

10.6. Instalasi Penyaluran Energi Keluaran

Pusat listrik merupakan tempat membangkitkan tenaga listrik. Oleh karena itu, ada saluran keluar dari pusat listrik untuk menyalurkan tenaga listrik yang dibangkitkan. Besarnya tegangan ini tergantung pada besarnya Daya listrik yang akan disalurkan serta jarak penyaluranuya. Pemasangan Instalasi generator ini harus dilengkapi dengan beberapa perlengkapan untuk kebutuhan metering dan proteksi. pemasanganya harus mengacu pada Single Line Diagram yang telah disyahkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.6.



Gambar 10.6 Gambar Single Line Daigram pembangkitan

Seperti nampak pada SLD bahwa Instalasi generator ini dilengkapi dengan peralatan lain seperti Transformator Instrumen untuk keperiuan metering dan proteksi. Penggunaan Transformator instrumen seperti CT dan PT diperlukan karena pembangkit listrik ini bekerja dengan tegangan dan arus tinggi dimana meter-meter standard batas ukurnya kecil. Instalasi metering pd pembngkit diperlukan untuk kebutuhan pengawasan operasi pembangkit.

Selain peralatan metering instalasi generator pembangkit juga dilengkapi dengan instalasi relay-relay proteksi, yang dalam pemasangannya juga dilakukan dengan menggunkan CT maupun PT, tergantung jenis relaynya. Sistem proteksi dalam pusat listrik harus menjaga selektivitas proteksi yang artinya gangguan yang banyak terjadi pada saluran keluar jangan sampai men-trip PMT Generator, etapi juga harus dijaga agar gangguan ini tidak merusak generator. Gangguan pada saluran keluar harus men-trip PMT dari saluran keluar yang terganggu saja. Jenis Relay yang dipakai pada proteksi generator berdasarkan IEEE C37.102 tergantung pada sistem tegangan dan Daya yang dibangkitkan. Untuk

Generator teggangan rendah (0,4 KV) dan daya sampai dengan 1 MW, hanya menggunakan CB tegangan rendah yang hanya dilengpai dengan rely proteksi arus. Sedangkan untuk generator dengan tegangangan Tinggi (>500V) minimal Relay yang digunakan adalah Relay Arus Lebih, Relay Reverse Power, Relay Differential, Relay Hubung Tanah dan Relay Loss of Excitation.

10.7. Instalasi Genset

Pemasangan genset melalui rangkaian otomatis Relay tujuannya yaitu memindahkan sumber aliran listrik untuk menyambung mesin generator saat listrik PLN kembali menyala secara otomatis akan berpindah menuju saluran PLN. Jika demikian maka Anda tidak perlu khawatir jika lupa untuk mematikan genset saat listrik PLN sudah kembali menyala.

Untuk merangkai sistem otomatis pada generator ini memerlukan beberapa bahan seperti sikring otomatis, boz sikring, ujung kumparan kabel, relay, dan kabel serta soket relay. Untuk memudahkan dalam sistem pengkabelannya, berikan nama masing-masing ujung kumparan. Diperlukan 2 buah relay, di mana relay ke dua (R2) merupakan relay yang digunakan untuk membantu switch S1 (R1) agar dapat memutuskan hubungan accu (aki) saat genset sudah dalam keadaan menyala kembali.

Pastikan jika rangkaian yang dipasangan sudah sesuai atau belum, periksa dengan cara mematikan sumber aliran listrik dari PLN lewat MBC, setelah itu hidupkan genset dan lihat listrik yang menyala pada sumber aliran listriknya, lalu hidupkan kembali sakelar pada MCB PLN. Jika rangkaiannya sudah tepat, maka generator atau genset pun akan mati secara otomatis dan aliran listrik pun berpindah menuju PLN.

Jika Anda tidak terlalu yakin, Anda bisa mencari bantuan dengan orang yang ahli untuk melakukan penginstalan pada genset.

11. Cara Aman Menggunakan Genset

Di samping Anda mengetahui cara pasang genset, ketahui juga cara menggunakan genset yang tepat dan juga aman. Berikut beberapa tips atau cara aman menggunakan genset:

a. Hindari memasang generator portable di stopkontak

Memasukan generator di stopkontak dapat memudahkan matinya jaringan listrik serta dapat melukai pekerja utilitas atau pun tetangga di rumah Anda. Sebaiknya hubungkan peralatan pada kabel luar menuju outlet tempat generator.

b. Hindari menghubungkan generator secara langsung pada kabel rumah

Generator yang terhubung langsung pada rumah dapat memberikan umpan balik menuju saluran listrik menuju rumah Anda. Selain itu juga dapat mengakibatkan kerusakan yang fatal pada peralatan utilitas listrik maupun generator Anda. Untuk lebih aman, miliki kontraktor listrik yang berlisensi memasang saklar transfer.

c. Hindari membebani mesin genset

Jangan mengoperasikan berbagai macam peralatan yang melebihi daya output genset Anda. Pemakaian genset yang overloading bisa merusak berbagai peralatan atau pun elektronik berharga Anda di rumah, sehingga prioritaskan keperluan Anda saja.

d. Hindari menyimpan genset di ruangan yang terdapat bahan bakar

Simpanlah genset di tempat yang aman dan hindari menyimpannya di area yang terdapat bahan bakar. Ketika Anda mengisii bahan bakar untuk genset, hindari dari sumber api atau pun rokok. Pastikan juga Anda memiliki alat pemadam kebakaran untuk berjaga-jaga.

e. Baca segala aturan dan petunjuk yang ada

Patuhi segala tata cara dan aturan pemasangan genset yang ada. Ikuti segala instruksi cara pasang genset yang dimiliki, dengan begitu Anda dan keluarga dapat terhindari dari bahaya pemasangan genset yang salah.

Itulah cara pasang genset yang benar dan juga trik dalam menggunakan atau mengoperasikan genset secara aman. Jika Anda ingin berkonsultasi mengenai spesifikasi, instalansi, rekomendasi, dan genset bergaransi, Anda bisa menghubungi product specialist ABC Power yang berpengalaman dan ahli di bidangnya. ABC Power juga telah tersertifikasi ISO 9001:2015 dengan ribuan produk yang telah digunakan oleh berbagai macam industri mulai dari pertambangan, migas, telekomunikasi, perbankan dan masih banyak lagi. ABC Power menyediakan genset berbagai merek seperti genset Perkins, Cummins, Deutz, MTU, Foton, Lovol, Yanmar, Doosan dan Primero.

Distributor genset ABC Power jual genset dengan ketersediaan spare part dengan tingkat coverage part hingga 95%. Selain itu Anda juga bisa sewa genset baik secara harian, mingguan, atau pun bulanan dengan pilihan kapasitas yang Anda butuhkan. Tunggu apalagi? Cek segera berbagai produknya di www.abcpowergenset.com atau dengan menghubungi melalui telepon ke 021-2255-7715 atau email ke sales@abcpowergenset.com sekarang juga!

12. Instalasi Transformator

Dalam pusat listrik yang besar (di atas 100 MW) biasanya terdapat banyak transformator. Macam-macam transformator ini adalah:

a. Transformator penaik tegangan generator.

Karena teknologi membuat kumparan generator sinkron 3 fasa sampai saat ini paling tinggi baru mencapai 23 kV, apabila rel dalam pusat listrik menggunakan tegangan di atas tegangan generator, maka tegangan generaor perlu dinaikkan terlebih dahulu melalui transformator penaik tegangan sebelum dihubungkan ke rel tersebut. Trasformator penaik tegangan generator umumnya dianggap merupakan satu kesatuan dengan generator terutama dari segi proteksi. Transformator ini umumnya menggunakan koneksi Y/d. Dimana belitan delta dihubungkan ke terminal output generator.

b. Transformator unit pembangkit.

Setiap unit pembangkit yang besar (di atas 10 MW) umumnya mempunyai transformator unit pembangkit, yaitu transformator yang mengambil daya langsung dari generator untuk memasok alat-alat bantu unit pembangkit yang bersangkutan, seperti: motor pompa pendingin, motor pompa minyak pelumas, dan lain-lain.

c. Transformator pemakaian sendiri.

Transformator pemakaian sendiri mendapat pasokan daya dari rel pusat listrik kemudian memasok daya ke rel pemakaian sendiri. Rel pemakaian sendiri digunakan untuk memasok instalasi penerangan, baterai aki, mesin-mesin bengkel, mesin pengangkat, dan alat-alat bantu unit pembangkit pada periode start

Dalam Instalasinya Transformator harus dapat dibuat bebas tegangan secara tersendiri pada semua kutub atau fasenya, dengan baik dan tepat. Jika transformator dapat menerima tegangan dari beberapa sisi, maka masing-masing sisi harus diberi gawai yang memenuhi maksud ini.

Setiap transformator berisolasi 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 berisolasi minyak boleh mempunyai gawai proteksi arus lebih pada sambungan sekunder, dengan kemampuan gawai proteksi arus lebih pada sambungan sekunder sama dengan pengenal transformator.

--oo0oo--

BAB V : Potensi Bahaya Operasi Peralatan Pembangkit Dan Pencegahannya.

13. Kurva Kapabilitas Generator

Generator menghasilkan daya aktif yang dinyatakan dalam MW dan daya reaktif yang dinyatakan dalam MVAR. Kapasitas generator dinyatakan dalam MVA dinyatakan dalam persamaan :

$$\mathrm{MVA} = \sqrt{MW^2 - \mathrm{MVAR}^2} \quad \text{..... (5.1)}$$

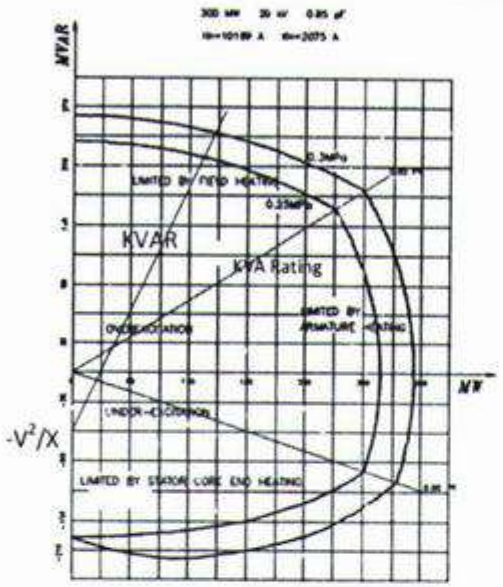
komponen daya aktif MW diatur dengan mengatur kopel penggerak/pemutar generator,sedangkan komponen daya reaktif diatur dengan mengatur arus penguat generator. pengaturan kopel penggerak generator untuk mengatur komponen MW ini dilakukan dengan mengatur kopel yang dihasilkan oleh mesin. pada mesin penggerak generator yang berupa turbin Uap/air atau mesin Diesel. pengaturannya dilakukan

dengan mengatur banyaknya air/uap penggerak turbin.sedangkan pada mesin penggerak generator yang berupa mesin Diesel/Gas,pengaturan kopel ini dilakukan dengan mengatur banyaknya BBM/Gas yang masuk ke mesin.

Daya reaktif, daya penyeimbang untuk mempertahankan batas-batas tegangan keluaran (pada generator), atau sebagai daya peredam karena reaktans beban atau saluran. Sekalipun daya ini tidak bisa diubah menjadi energi kerja, tetapi keberadaannya pada generator sangat diperlukan untuk men-stabilkan tegangan, khususnya pada masa peralihan saat terjadi perubahan beban, sementara itu belum diikuti oleh perubahan daya riil. Peran daya reaktif men-stabilkan tegangan agar tegangan tersebut mampu mendorong arus ke beban. Pengubahan daya reaktif pada generator dilakukan dengan mengubah arus eksitasi belitan medannya. Oleh karena itu fenomena perubahan daya reaktif atau pengaturan daya reaktif dapat dipandang sebagai fenomena pengaturan fluks medan atau pengaturan arus eksitasi medan.

pengaturan daya reaktif dilakukan dengan mengatur arus penguat generator,Hal ini dilakukan dengan mengatur tahanan pengatur dalam sirkuit arus penguat. Yang membatasi penyediaan daya aktif adalah masalah-masalah mekanis yang berkaitan dengan mesin penggerak, sedangkan yang membatasi daya reaktif adalah kemampuan sirkuit eksitasi menyediakan arus penguat yang dipengaruhi antara lain oleh sistem pendinginan generator.

Kurva Kapabillitas Generator adalah Kurva yang menjelaskan pola Operasi Generator dilihat dari sisi Beban yang diterima Jaringan dari grafik ini dapat ditentukan titik operasi terbaik atau operasi yang aman. Generator akan beroperasi dengan aman selam titik kerja generator ada di dalam kurva kapabilitasnya. Ada tiga batasan operasi generator, yaitu Batas panas belitan stator yaitu suatu tembereng lingkaran dengan jari-jari Rating KVA generator. Batas kedua adalah tembereng lingkaran dengan jari- jari rating KVAR generator, dengan titik pusat lingkaran di –V2/X, dan batas ke tiga adalah batas panas pada ujung-ujung mesin. Luas daerah kurva kapabilitas dapat diextend dengan menambah tekanan gas hydrogen, makin besar tekanan gas hidrogen ,makin besar efek pendinginannya sehingga kapabilitas generator dapat ditingkatkan seperti ditunjukkan pada Gambar 13.1.



Gambar 13.1 Kurva kapabilitas generator 300 MW yang didinginkan dengan gas hidrogen.

14. Potensi bahaya Operasi Generator dan Pengendaiannya

Potensi bahaya pada generator akan muncul ketika terjadi gangguan pada generator, meskipun gangguan ini relatif jarang terjadi karena:

a. Instalasi Listrik tidak terbuka terhadap lingkungan, terlindung terhadap petir dan tanaman.

b. Ada Transformator Blok dengan hubungan Wye-Delta, sehingga mencegah arus (gangguan) urutan nol dari Saluran Transmisi masuk ke Generator.

c. Instalasi Listrik dari Generator ke Rel umumnya memakai Cable Duct yang kemungkinannya mengalami gangguan kecil.

d. Tripnya PMT Generator sebagian besar (lebih dari 50%) disebabkan oleh gangguan mesin penggerak generator

Potensi Bahaya/gangguan pada generator dapat dikelompokkan pada :

a. Kondisi operasi abnormal : Beban Lebih,, over eksitasi ,Under Eksitasi, Beban tidak seimbang dan Reverse Power

b. Kondisi Kegagalan Isolasi : Hubung singkat Satu fasa ke tanah, Hubung singkat Fasa ke Fasa

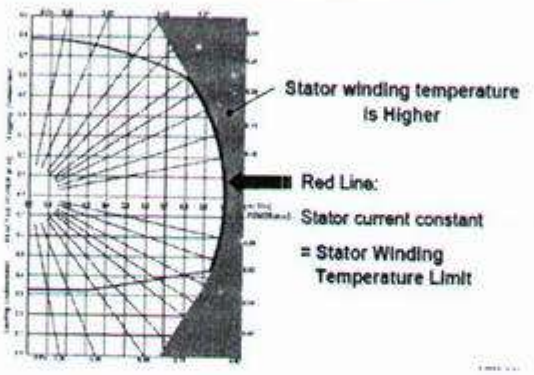
Untuk mengendalikan potensi bahaya ini pada instalasi generator, di saluran keluarnya harus dipasang Circuit Breaker, yang jenis Circuit breakernya disesuaikan dengan sistem tegangan generatornya. Sebagai sumber energi listrik dalam suatu sistem tenaga, tripnya PMT/CB generator sangat tidak dikehendaki karena sangat mengganggu sistem, terutama generator yang berdaya besar. Dan juga karena letaknya di hulu, PMT/CB generator tidak boleh mudah trip tetapi juga harus aman bagi generator, walaupun didalam sistem terjadi gangguan

Untuk menjaga keandalan maupun keamanan dari operasi generator, maka dilengkapilah generator dengan peralatan-peralatan proteksi. Peralatan proteksi generator harus betul-betul mencegah kerusakan generator, karena kerusakan generator selain akan menelan biaya perbaikan yang mahal juga sangat mengganggu operasi sistem. Proteksi generator juga harus mempertimbangkan pula proteksi bagi mesin penggeraknya, karena generator digerakkan oleh mesin penggerak.

15. Pencegahan Bahaya pada Operasi abnormal

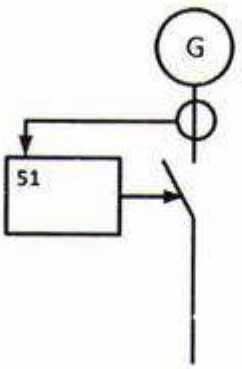
15.1. Bahaya beban lebih dan Pencegahannya

Gangguan beban lebih ialah gangguan yang di sebabkan akibat pemaikan Daya yang berlebihan yang melampaui Kapasitas Generator pembangkit. Biasanya beban lebih memiliki ciri KVA beban lebih tinggi dari KVA generatorsehingga terjadinya arus berlebih pada komponen, arus yang berlebih dapat menimbulkan pemanasan yang berlebih pada lilitan stator yang mengakibatkan kerusakan pada komponen isolasi. Titik kerja generator pada kondisi ini ditunjukkan pada daerah yang berwrna merah dari kurva kapabilitas generator seperti ditunjukkan pada gambar 5.1.



Gambar 15.1 Titik kerja generator pada kondisi beban lebih.

Agar generator tidak bekerja pad daerah ini, pada generator tegangan rendah dapat digunakan Sekering atau CB dengan setting tidak lebih dari rating arus nominal generator (PUIL 2011, 5.10.5.5), sedng pada generator tegangan tinggi digunakan Power CB yang dilengkapi dengan Relay Over Current yang dikodekan oleh ANSI dengan angka 51, seperti nampak pada gambar 5.2. Setting pick up relay berdasarkn IEEE C37.102 adalah 75% sampai dengan 100% Arus beban penuh.

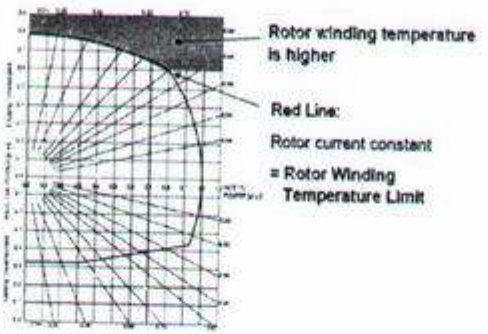


Gambar 15.2 Pemasangan proteksi beban lebih Generator

15.2. Bahaya Over Eksitasi dan Pencegahannya

Bahaya dari over eksitasi adalah terjadinya panas pada belitan Rotor. Generator akan mengalami kondisi over eksitasi, ketika titik kerj generator berada di daerah yang berwarna merah seperti ditunjukkan pada gambar 5.3. Kenaikan nilai penguatan (eksitasi) dapat disebabkan oleh beberapa hal, yaitu :

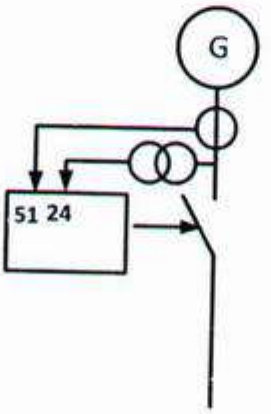
a. Tegangan pada sistem naik
b. Lepasnya beban generator
c. Frekuensi sistem turun
d. Eksitasi generator pada putaran rendah



Gambar 15.3 Daerah kerja generator Over eksitasi

Sesuai dengan hukum faraday bahwa bilamfluksi naik, maka tegangan induksi juga akan naik, demikian pula bila putaran naik, tagangan juga akan naik, sehingga untuk mendeteksi kenaikan penguatan dilakukan dengan mendeteksi kenaikan tegangan pada frekuensi yang tetap. Parameter Volt/Hz merupakan parameter yang dideteksi oleh relay over eksitasi atau dalam kode ANSI dinyatakan dengan angka kode 24. Pemasangan relay ini ditunjukkan pada gambar 5.4. Setting pick-up relay ini adalah:

a. Alarm : 1,1 pu
b. Trip : 1,2 pu

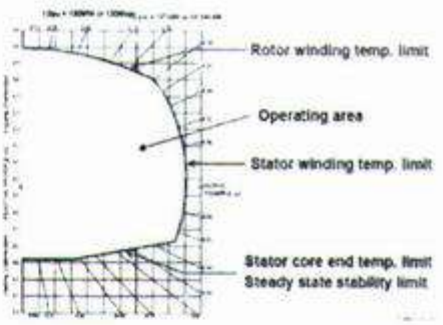


Gambar 15.4 Pemasangan proteksi over eksitasi Generator

15.3. Bahaya Under Eksitasi dan Pencegahannya

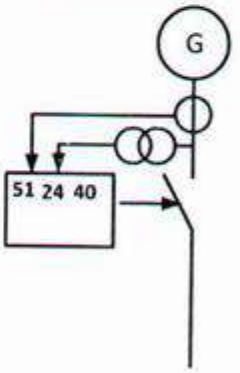
Kondisi Under eksitasi atau berkurangnya/hilangnya penguatan medan pada rotor ditunjukkan pada gambar 5.5. Ada beberapa hal yang dapat menyebabkan berkurangnya/hilangnya medan penguat, yaitu :

a. Tripnya saklar penguat
b. Hubung singkat pada lilitan
c. Kerusakan pada kontak sikat
d. Kelainan pada saklar penguat
e. Hilangnya suplai tegangan AC pada sistem penguat



Gambar 15.5 Batas daerah operasi Generator

Kondisi under eksitasi dapat menyebabkan panas diujung-ujung, hal ini terjadi karena pada saat under eksitasi fluks pada rotor akan melemah yang berakibat pada bocornya fluks stator keudara yang menginduksi komponen ststor maupun rotor yang ada di ujung mesin seperti Retaining Ring, Kepala kumparan stator yang menggantung dan laminasi-laminasi inti stator yang ada diujung, sehingga bagian-bagian ini menjadi panas. Ketika generator tersebut kehilangan eksitasi, generator sinkron ini cenderung akan berubah menjadi sebuah generator induksi. Kegagalan medan menyebabkan generator menarik arus reaktif yang besar dari sistem. Hal tersebut dapat dihindari apabila kumparan stator tidak overloaded oleh arus reaktif ini, dan sistem cukup besar untuk memberikan daya reaktif ini, maka resiko ketidak-stabilan sistem tidak ada. Tetapi, karena generator sinkron tidak didesain untuk bekerja sebagai generator induksi, maka akan terjadi pemanasan pada stator dan rotor. Untuk mengamankan generator dari kondisi ini dipasanglah relay under eksitasi (40) seperti ditunjukkan pada Gambar 15.6.



Gambar 15.6 Pemasangan proteksi Under eksitasi Generator

15.4. Bahaya Ketidak seimbangan beban dan Pencegahannya

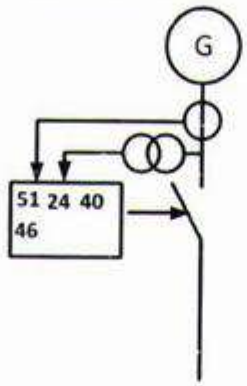
Ciri dari ketidakseimbangan beban adalah munculnya arus dikawat netral yang merupakan penjumlahan arus urutan nol. Setiap beban yang tidak seimbng akan menghadirkan arus urutan positif, arus urutan negatif dan arus urutan nol. Rele arus urutan negatif berfungsi untuk mendeteksi besaran arus urutan negatif

yang terjadi pada saat beban tidak seimbang. Hal tersebut dapat menyebabkan

gangguan-gangguan pada generator, sebagai berikut :

a. Kontra rotasi medan magnet
b. Menginduksi arus frekuensi pada permukaan rotor
c. Timbulnya eddy currents sehingga menyebabkan suhu meningkat pada rotor

Arus urutan negatif timbul pada generator karena berbagai kondisi yang tegangan tidak seimbang, seperti beban tidak simetris atau gangguan satu fasa. Arus ini akan menyebabkan pemanasan yang berlebihan pada rotor generator. Untuk mengamankan generator dari kondisi ini, maka dipasanglah relay arus urutan negatif (Relay 45). Pemasangan relay ini ditunjukkan pada gambar Gambar 15.7.

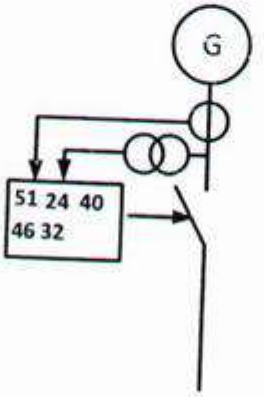


Gambar 15.7 Pemasangan proteksi Ketidak seimbangan beban Generator

15.5. Bahaya Reserve Power (Daya balik) dan Pencegahannya

Reserve power atau lebih dikenala dengan daya balik merupakan jenis gangguan dimana generator akan berubah menjadi motor (beban) dalam sistem pembangkit. Gangguan daya balik ini terjadi dalam sistem tenaga lsitrik yang terintegrasi (interconnected system). Hal ini akan mengakibatkan sebagian dari generator menjadi motor. Kondisi ini bisa terjdi apabila tergapat gangguan pada penggerak mula, misalnya pada penggerak mula kehilangan energinya. Untuk menamankan gangguan tersebut biasanya pada generator telah dilengkapi dengan rele daya balik (reserve power relay) yang oleh ANSI dikodekan dengan angka 32. Seperti ditunjukkan pada gambar 5.8. Setting pick upnya tergantung pada jenis penggerak mulanya, diantaranya adalah :

a. Gas Engine : 50% rated power; time < 50 s
b. Diesel : 25% rated power; time < 50 s
c. Hydro turbines : 0.2% - 2% rated power; time < 50 s
d. Steam turbines : 0.5% - 3% rated power; time < 30 s



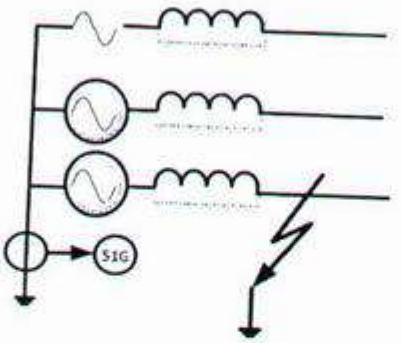
Gambar 15.8 Pemasangan proteksi Daya balik Generator

16. Pencegahan Bahaya Kegagalan Isolasi

16.1. Bahaya dan proteksi Hubung singkat Fasa ke Ground

Pencegahan bahaya Hubung singkat Fasa ke Ground pada generator, dipengaruhi oleh sistem pentanahannya. Sistem pentanahan pada generator dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

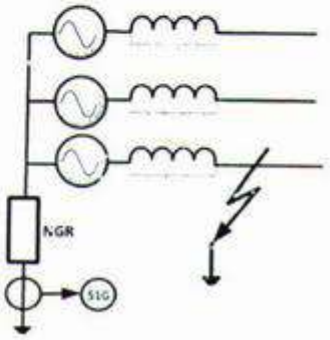
a. Solid grounding, pada sistem grounding ini arus gangguan dapat mencapai nilai yang sangat membahayakan dan menimbulkan spark, karena arus gangguannya yang besar, oleh karena itu harus dipasang CT dan dihubungkan ke relay 51G seperti ditunjukkan pada gambar 5.9.



Gambar 16.1 Pencegahan bahaya hubung singkat fasa ke ground pada sistem solid grounding

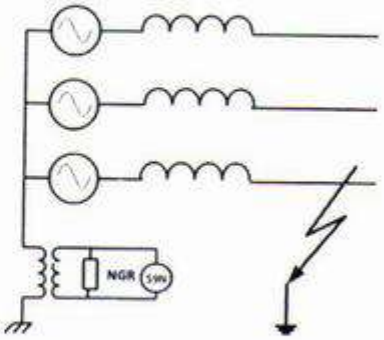
b. Low Resistance Grounding, karena pada Solid grounding arus gangguan sangat besar, maka sistem ini tidak direkomendasikan pada generator tegangan tinggi. Pada generator tegangan

tinggi (> 500 Volt), minimal harus menggunakan Low Resistance grounding, dimana menurut IEEE Std. 142 arus gangguan dibatasi maksimum 1000A, dan direkomendasikan 100A. Oleh karena itu pada sistem grounding ini harus dipasang NGR. CT dan relay 51G dipasang seperti ditunjukkan pada gambar 5.10.



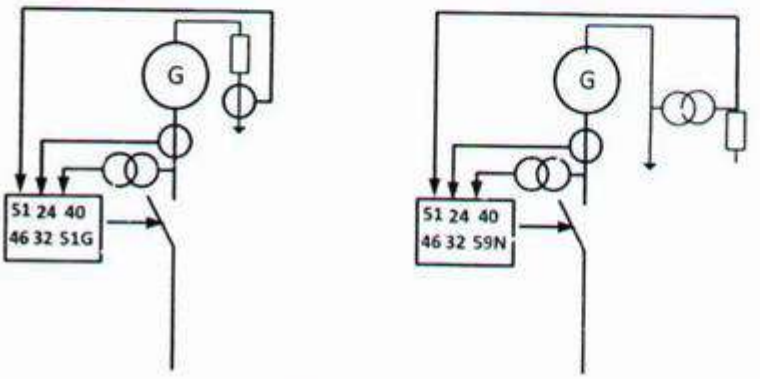
Gambar 16.2 Pencegahan bahaya hubung singkat fasa ke ground pada sistem Low Resistance grounding

c. High Resistance Grounding. High Resistance Grounding digunakan pada generator tegangan tinggi yang tegangan kerjanya diatas 15 KV. Namun secara praktis generator tinggi, dengan tegangan 11 KV pun juga menggunakan sistem grounding resistansi tinggi, yang menurut IEEE Std. 142 arus gangguan dibatasi maksimum 1000A. Untukmendapatkan resistansi tinggi ini digunakan potensial transformer yang sisi sekundernya dipasang NGR, sehingga nilai resistansi gangguan disisi primer merupakan perkalian kwadrat rasio PT dengan resistansi NGRnya. Pemasangan relay diunjukkan pada gambar 5.11, yatu menggunakan relay over voltage yang dikodekan dengan angka 59N.



Gambar 16.3 Pencegahan bahaya hubung singkat fasa ke ground pada sistem High Resistance grounding

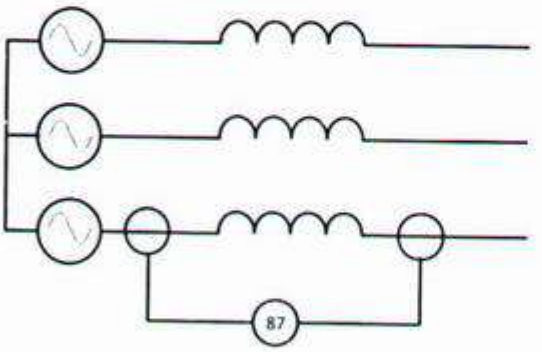
Dengan demikian pemasangan relay sebagai Pencegahan bahaya pada generator dapat ditunjukkan pada Gambar 16.4.



Gambar 16.4 Pemasangan proteksi GFR pada Generator

16.2. Bahaya dan proteksi Hubung singkat Fasa ke Fasa

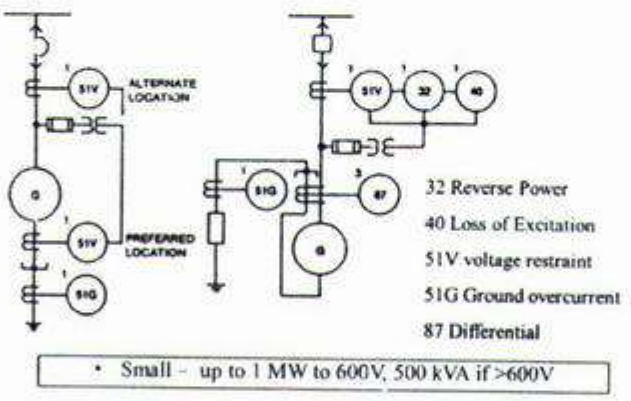
Bahaya hubung singkat fasa ke fasa akan mengakibatkankerusakan belitan stator generator, untuk memproteksinya di gunakan relay Differensial. Rele diferensial merupakan pengaman utama pada generator maupun trafogenerator untuk gangguan singkat antar fasa dan fasa ke tanah untuk generatordengan pentanahan langsung. Prinsip kerja proteksi rele differensial berdasarkan pada keseimbangan (balance), yaitu membandingkan arus – arus sekunder dari trafo arus (CT) yang terpasang pada terminal peralatan proteksi



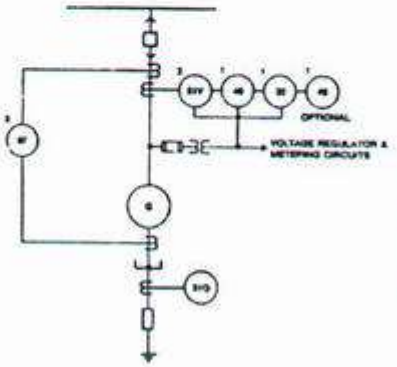
Gambar 16.5 Pencegahan bahaya hubung singkat fasa ke ground Fasa

17. **Skema proteksi generator.**

Skema proteksi enerator tergantung pada daya serta tegangan kerja generaor. Pada generator tegngn endah digunakan CB tegangan rendah dan pada generator tegangan tinggi digunakan CB tegangan tinggiyang dilegkapi dengn beberapa relay. Gambar 5.14 menunjukkan skema proteksi generator tegngan rendah dan generator tegngan ünggi dengan kapasitas 500 KVA.



Gambar 17.1 skema proteksi generator tegngan rendah dan generator tegngan tinggi dengan kapasitas 500 KVA



32 Reverse Power

40 Loss of Excitation

46 Negative Sequence

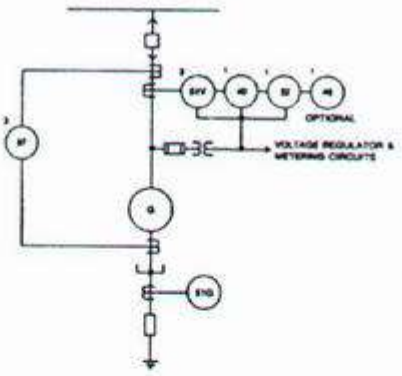
51V voltage restraint

51G Ground overcurrent

87 Differential

• Medium – up to 12.5 MW

Gambar 17.2 Skema proteksi generator tegngan tinggi dengan kapasitas 12,5 MW



32 Reverse Power

40 Loss of Excitation

46 Negative Sequence

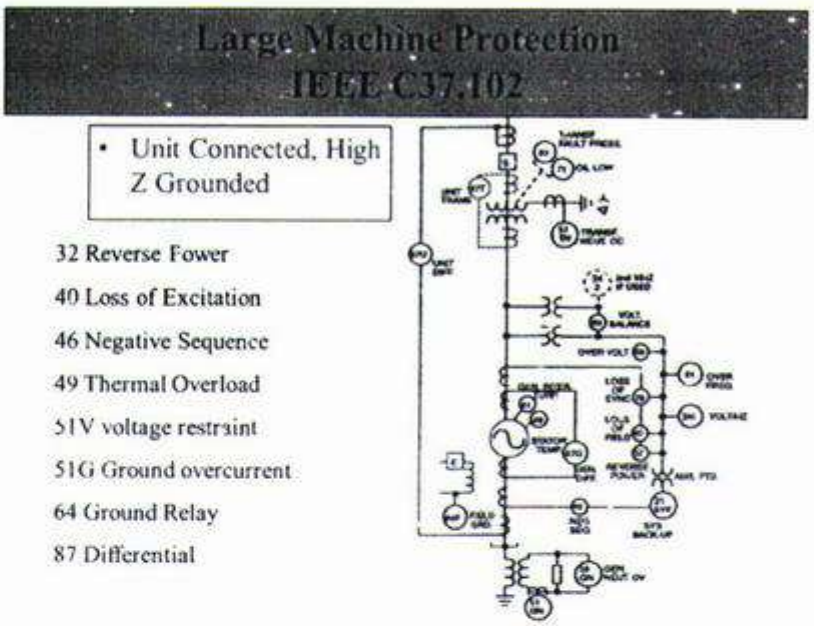
51V voltage restraint

51G Ground overcurrent

87 Differential

• Medium – up to 12.5 MW

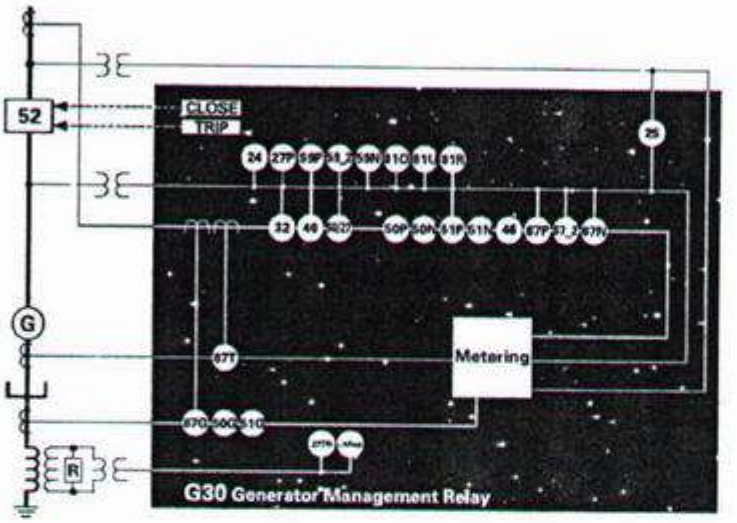
Gambar 17.3 skema proteksi generator tegngan tinggi dengan kapasitas 50 MW



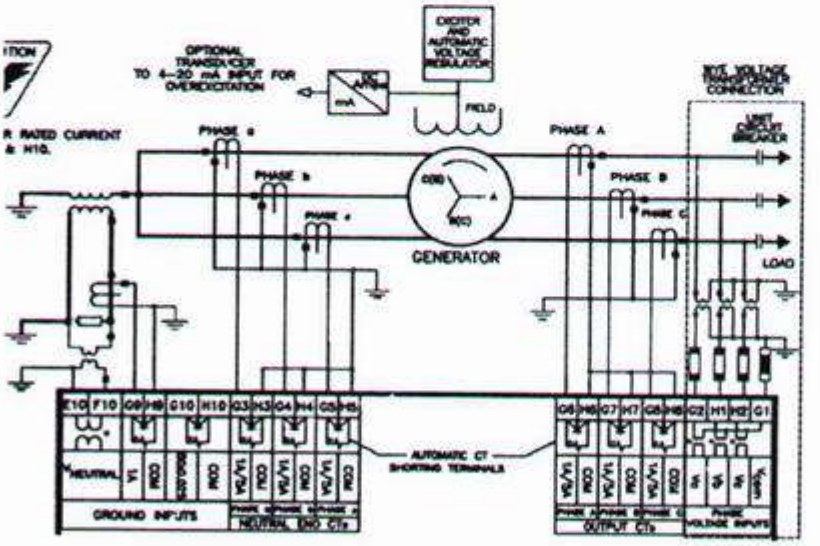
Gambar 17.4 Skema proteksi generator tegngan tinggi dengan kapasitas diatas 50 MW

18. Wiring Relay Proteksi

Untuk relay-relay universal dimana dalam satu unit relay terdapat beberapa relay, maka pengawatannya/wiringnya harus mengacu pada manual relay tersebut yang ditunjukkan contohnya pada Gambar 18.1.



Gambar 18.1 Wiring Relay



Gambar 18.2 Belum Ada Judul

Commented [I1]: Tambahkan Ju

19. **Potensi bahaya terhadap operasi Trafo Pembangkit**

Yang dimaksud transformator pembangkit ni adalah :

a. Transformator Generator (Generator Transformer) / Transformator Utama (Main Transformer)
b. Transformator bantu utama (Main Auxiliary Transformer) / Transformator Pemakaian Sendiri
c. Transformator bantu cadangan (Reserve Auxiliary Transformer) / Transformer start (Starting Transformer)
d. Transformator lainnya yang digunakan untuk pemakaian motor-motor bertegangan rendah

Macam-macam gangguan transformator pembangkit dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Proteksi terhadap besaran Listrik

- Beban lebih
- Hubung Pendek
- Over Voltage

Proteksi terhadap besaran non elektrik

- Sistem Pendingin
- Tekanan

19.1. Bahaya Beban lebih/over load.

Pembebanan yang melampaui kapasitas Transformator menyebabkan pemanasan yang berlebihan akibat kenaikan suhu. Suhu yang tinggi dapat mengakibatkan :

a. Memperpendek umur transformator/lifetime
b. Merusak isolasi dan material belitan

19.2. Bahaya Hubung singkat di sisi luar/external short circuit

Terjadinya hubung singkat phasa ke phasa atau phasa ke tanah di luar daerah pengaman transformator itu sendiri dapat merusak bagian-bagian transformer.

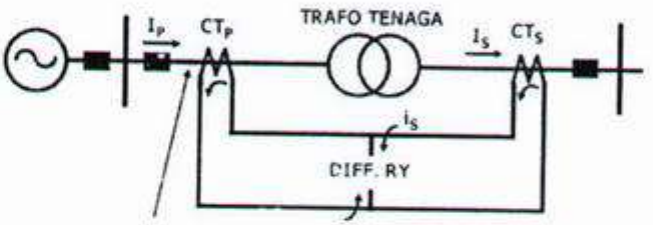
Pencegahan bahaya menggunakan Circuit Breaker yang diaktifkan oleh relay over current dengan karakteristik Instant

19.3. Bahaya Hubung singkat di dalam daesrah pengamanan Trafo

Yang dimaksud daerah pengamanan trafo adalah daerah diantara 2 buah CT yang memberi input ke relai differensial. Relai ini berfungsi untuk mengamankan transformator terhadap gangguan hubung

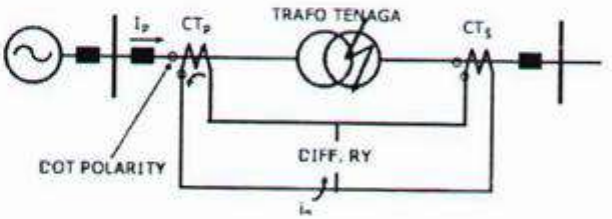
singkat yang terjadi di dalam daerah pengamanan transformator. Misalnya Hubung singkat diantara gulungan belitan tegangan tinggi atau rendah (interturn fault) yang disebabkan karena kerusakan laminasi di dalam gulungan. Bahaya dari hubung singkat ini adalah rusaknya belitan dalam trafo.

Pencegahannya, dipasang cicuit Breaker yang di tripkan oleh relay differential. elay ini bekerja dengan cara membandingkan arus yang masuk dan arus yang keluar. sepperti ditunjukkan pada Gambar 19.1.



Gambar 19.1 Pemasangan relai Differensial

Dari Gambar diatas di atas dapat dilihat bahwa dalam kondisi arah arus Ip dan Is adalah berlawanan dan mempunyai besar yang sama maka relay differensial tidak dialiri arus. Relay ini bekerja apabila terjadi perbedaan arus antara sisi primer dan sisi sekunder. Perbedaan arus tersebu disebabkan oleh gangguan yang terdapat didaerah pengamanan trafo, seperti ditunjukkan pada Gambar 19.2



Gambar 19.2 Cara kerja relai Differensial

19.4. Bahaya terhadap gangguan sistem pendingin

Gangguan di sistem pendingin, seperti kerusakan pada pompa sirkulasi minyak, kipas pendingin dan bagian-bagian dari sistem pendingin lainnya yang dapat menyebabkan kenaikan suhu operasi yang tinggi sementara transformator masih beroperasi di bawah beban penuh. Adanya kemungkinan pengentalan minyak atau kebuntuan pada bagian-bagian tertentu, sehingga sirkulasi minyak menjadi terganggu yang dapat mengakibatkan pemanasan setempat atau lokal hot spot pada sebagian belitan.

Gangguan atau tidak berfungsinya bagian-bagian mekanik dari tap perubahan pembebanan atau load

tap changer akibat pemasangan yang kurang sempurna (loss contact, getaran, dsb). Keadaan gangguan seperti ini tidak dapat terdeteksi oleh relai-relai arus dan tegangan. Gangguan tersebut antara lain :

a. Kendornya baut-baut / ring pada terminal konduktor
b. Gangguan pada inti besi akibat kerusakan laminasi isolasi yang menimbulkan percikan bunga api di bawah minyak
c. Kebocoran minyak dari bagian las-lasan, perapat packing, dsb.
d. Gangguan pada terminal bushing akibat adanya kontaminasi, keretakan, penuaan, binatang, dsb.

Pencegahan menggunakan Circuit breaker yang diaktifkan oleh relay suhu. Relai ini adalah relai mekanis yang berfungsi mendeteksi suhu minyak dan kumparan secara langsung yang akan membunyikan alarm serta mengeluarkan/mentripkan PMT. Relai suhu ini dipasang pada semua transformator

19.5. Bahaya Tekanan lebih

Bagi transformator tanpa konservator, dipasang relai tekanan mendadak (sudden pressure relay) yang dipasang pada tangki, dan bekerja dengan pertolongan membran. kenaikan tekanan yang tiba-tiba disebabkan oleh timbulnya gas. Tekanan gas dibangkitkan oleh busur api, yang menghasilkan dekomposisi minyak menjadi gas. Relai ini dipasang pada semua transformator.

Pencegahan Bahaya : Dipasang Relai sudden Pressure, yang outputnya akn mentripkan Circuit breaker. Terdapat 2 jenis yaitu :

Type Membran, Berupa plat tipis yang di desain sedemikian rupa yang akan pecah apabila menerima tekanan melebiihi desainnya. Membrane ini hanya sekali pakai sehingga jika pecah harus diganti yang baru.

Type Valve, Berupa suatu katup yang ditekan oleh sebuah pegas yang di desain sedemikian rupa sehingga apabila terjadi tekanan di dalam trafo melebihi tekanan pegas maka akan membuka dan membuang tekanan keluar bersama sama sebagian minyak.

Apabila tekanan di dalam trafo sudah turun atau lebih kecil dari tekanan pegas maka valve akan menutup kembali.

19.6. Skema Pencegahan Bahaya

Sama halnya dengan generator, bahwa skema pencegahan bahaya tergantung dari kapasitas trafonya, seperti ditunjukkan pada tabel 5.1. Tanda +", berarti relay yang harus dipasang.

Tabel 19.1Pencegahan bahaya operasi Trafo

No	Jenis Proteksi	Kapasitas (MVA)		
		≤ 10	10<+<30	≥ 30
1	Rele Suhu	+	+	+
2	Rele Bucholz	+	+	+
3	Rele Jansen	+	+	+
4	Rele Tekanan Lebih	+	+	+
5	Rele Differensial	-	-	+
6	Rele Tangki Tanah	-	+	-
7	Rele Hubung Tanah Terbatas (REF)	-	-	+
8	Rele Beban Lebih (OLR)	-	+	+
9	Rele Arus Lebih (OCR)	+	+	+
10	Rele Hubung Tanah (GFR)	+	+	+
11	Pelebur (Fuse)	+	-	-

--oo0oo--

LAMPIRAN :

FORM PEMERIKSAAN K3
PEMASANGAN INSTALASI PEMBANGKIT LISTRIK

Nomor :.....

Tanggal :.....

Informasi Umum :

Lokasi Pembangkit : .....

Nama :.....

Alamat :.....

Telepone :.....

Nama Pemilik :.....

Alamat :.....

Telepone :.....

Nama Penguji :.....

Alamat :.....

Telepone :.....

Type Pemeriksaan

- **Pemeriksaan Selama pembangunan**
- **Pemeriksaan Saat serah terima**
- **Pemeriksaan (Maiutenance)**

A. UNIT POWER GENERATOR

I. DATA TEKNIS UNIT POWER GENERATOR

URAIAN	Unit Power Generator	Penggerak Utama
No. item		
Jenis		
Pabrik Pembuat		
Tipe / Model		
No Seri		
Tahun Pembuatan		
No. Sertifikat Pabrik		
Tegangan (Volt)	380 Volt	
Kapasitas (KVA)	300 KVA	
Faktor Daya	0,8	
Arus (Amp)	455 A	
Putaran	1500	
Frekuensi	50	
Kelas Isolasi	H	
Temperatur Ambient	40	
Tegangan Eksiter	40	
Arus Eksiter	2,2	
Proteksi Selungkup	23	

PEMERIKSAAN VISUAL

No.	Item Pemeriksaan	Hasil	Keterangan	Interpretasi Hasil
1	**Gedung – Ruang** a. Pintu keluar/masuk b. Penerangan c. Sirkulasi Udara/ventilasi d. Alat pemadam	 Ada/Tidak Ada Ada/Tidak Ada Ada/Tidak Ada Ada/Tidak Ada		
3	Dudukan pembangkit /Generator	Ada/Tidak Ada		
4	Verifikasi plat nama	Ada/Tidak Ada		
5	Lampu indicator	Baik/Tidak Baik		

6	Alarm	Baik/Tidak Baik		
7	Fasilitas keselamatan & tanda bahaya	Ada/Tidak Ada		
8	Perlengkapan start	Ada/Tidak Ada		
9	Kelengkapan CTdan PT	Ada/Tidak Ada		
10	Sistem pendinginan generator	Ada/Tidak Ada		
11	Catu daya AC dan DC			
12	Perlengkapan stop	Ada/Tidak Ada		
13	Instrumen Ukur a. Volt Meter b. Ampere Meter c. Cos phi Meter d.	 Ada/Tidak Ada Ada/Tidak Ada Ada/Tidak Ada		
14	Peralatan pengaman a. Circuit Breaker (MCCB/ ACB/HV-CB) b. Over Current Relay c. Ground Fault Relay d. Reverse Power Relay e. Loss of Excitation Rel f. Over Excitation Relay g Negative Phase Seq h. O/U Frequency	 ..... Amp Ada/Tidak Ada Ada/Tidak Ada Ada/Tidak Ada Ada/Tidak Ada Ada/Tidak Ada Ada/Tidak Ada Ada/Tidak Ada		
12	Penghantar Keluar	Sesuai/tidak sesuai		
13	Kabel BC pentanahan	Ada/Tidak Ada		

A. PENGUKURAN UNIT POWER GENERATOR

Belitan Stator				
1. Tahanan Isolasi				
No	Titik Ukur	Hasil Ukur (MΩ)	Nilai Rujukan (MΩ)	Interpretasi Hasil
1.1	Fasa U – ground			
1.2	Fasa V – ground			
1.3	Fasa W – ground			
2. Polaritation Index Ratio				
2.1	Fasa U – ground	R_{1min} = ... MΩ R_{10min} = ... MΩ PI = ...		
2.2	Fasa V – ground	R_{1min} = ... MΩ R_{10min} = ... MΩ		

		PI = ...		
2.3	Fasa W – ground	R_{1min} = ... MΩ R_{10min} = ... MΩ PI = ...		
Belitan Exciter				
3. Tahanan Isolasi				
No	Titik Ukur	Hasil Ukur (MΩ)	Nilai Rujukan (MΩ)	Interpretasi Hasil
1.1	Fasa F1 – ground			
4. Polaritation Index Ratio				
2.1	Fasa F1 – ground	R_{1min} = ... MΩ R_{10min} = ... MΩ PI = ...		

B. UNIT POWER TRANSFORMER

I. DATA TEKNIS UNIT POWER TRANSFORMER

Daya : ..... KVA
Tegangan HV : ..... KV
LV : ..... KV
Arus HV : ..... Amp.
LV : ..... Amp.
Frekuensi : ..... Hz.
Vektor Grup : .....

C. PENGUKURAN RESISTAS PEMBUMIAN

No.	Uraian	Nilairesistans
1	Resistanspembumiantransformatortenaga	.....Ω
2	Resistanspembumian generator	.....Ω
3	Resistanspembumian bangunanpembangkit	.....Ω
4	Resistanspembumian serandanghubung	.....Ω

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Di periksa oleh			
Pengawas			
Rekomendasi			

--oo0oo--

N a m a :

.....

E-mail :

.....

Perusahaan : .....

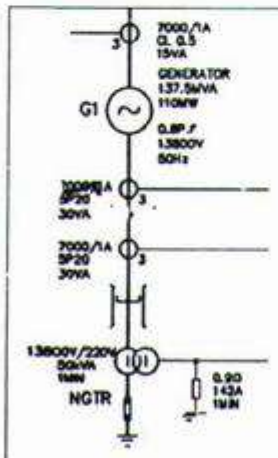
Pre/Post Test Persyaratan K3
Pemasangan Instalasi Peralatan dan Perlengkapan di Pembangkitan

1. Bahaya SHOCK adalah :

a. Terperanjat dan terjatuh saat bekerja pada pemeliharaan listrik
b. Serangan jantung akibat melihat orang mengalami kecelakaan listrik.
c. Kulitnya terbakar karena mnyentuh peralatan-peralatan yang tidak dioperasikan oleh listrik.
d. Tersengat listrik atau Kesetrum yaitu Stimulasi fisik atau trauma yang terjadi sebagai akibat dari mengalirnya arus listrik lewat melalui tubuh.

2. Dalam PUIL 2011 (Persyaratan Umum Instalasi Listrik tahun 2011), bahaya kejut listrik terbagi menjadi dua yaitu :

a. Terperanjat dan Terjatuh
b. Sentuh langsung dan Sentuh tidak langsung
c. Tidak terlihat dan terlihat
d. Sentuh benda padat dan Sentuh benda cair



3. Pada Single Line diagram disamping, Grounding titik netral lebih ditujukan pada mengamankan :
A. Personal B. Peralatan
C. Lingkungan D. Semuanya benar

4. Bila terjadi hubung singkat Fasa ke Ground, nilai arus gangguan yang akan terjadi adalah adalah :
A. 142 Amp B. 14,2 Amp. C. 10,5 Amp
D. 2,2 Amp

5. Pada SLD disamping, Jenis system grounding pada titik netral adalah :
Jawab : .....

5. Single Line Diagram Pembangkit disamping adalah untuk PLT Panas Bumi, maka setting proteksi Daya Balik maksimum, mengacu pada IEEE C37.102 adalah :
A. 11MW B. 8 MW C. 5 MW D. 3 MW

Berikut adalah Data danhasil pengujian Power Transformer

Test Report of Power Transformer

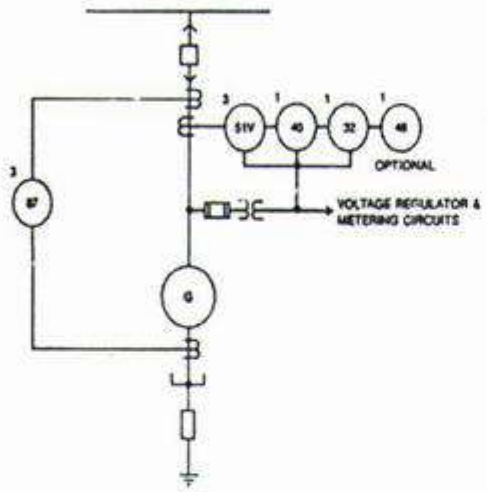
Parameter :
Rated Power : 40000/40000 KVA
Rated Voltage :165 / 6,3KV
Rated Current : 160 / 3665,7 A
Rated Frequency : 50
Phase : 3
Connection Symbol : YNd1
Tap range : 165±4x2,5%/6,3 KV
Insulation Level :

- HV Line Terminal LI / AC :950 / 395KV
- LV Line TerminalLI / AC:60 / 25KV

Measurement of Insulation Resistance and Absorption Index

Measurement Position	Insulation Resistance GΩ			Absorption	Index Polaritation
	R15	R60	R600	R60/R15	R600/R60
HV, LV & E	9,9	10,4	15,7	1,05	1,51
LV, HV & E	7,29	9,55	18,05	1,31	1,89

6. Apabila trafo digunakan pada pembangkit, dengan rating tegangan transmisi 150 KV, maka residual Voltage dari Arrester yang dipasang maksimum adalah :
   A. 750 KV B. 950 KV C 395 KV D. Antara 395-950 KV
7. Jelaskan apa yang dimaksud dengan connection symbol YNd1 :
   .....
8. Pada Insulation Level, tertulis : "HV Line Terminal LI / AC : 950 / 395 KV", apamaksud dari parameter tersebut : .....
   .....
9. Dari instalasiproteksi generator di bawah:



Sebutkan macam-macam relay yang digunakan beserta fungsinya :

Relay	Jenis Relay	Fungsi Relay
51V		
51G		
87		
40		
32		
46		

10. Apabila pada skema tersebut diatas, generator memiliki spesifikasi 10 MW; 3,3 KV, Apakah skema proteksi tersebut telah memenuhi standard (IEEE C37.102) :

Jawab : .....

--oo0oo--

PT. Mandiri Maha Daya
Health & Safety Environment
Training Provider

MODUL
PELATIHAN K3 LISTRIK
PERSYARATAN K3 PEMELIHARAAN INSTALASI PERALATAN DAN PERLENGKAPAN DI PEMBANGKITAN

PERSYARATAN K3 PEMELIHARAAN INSTALASI PERALATAN DAN PERLENGKAPAN DI PEMBANGKITAN

KATA PENGANTAR

Modul ini disusun untuk digunakan sebagai bahan ajar pembinaan K3 Listrik dalam melakukan pemeliharaan, Instalasi Peralatan dan Perlengkapan di Pembangkitan Listrik, sehingga setelah mempelajari modul ini peserta dapat mengetahui dan memahami persyaratan K3 dalam pemeliharaan, Instalasi Peralatan dan Perlengkapan di Pembangkitan Listrik sesuai dengan standrd.yang berlaku.

Modul Persyaratan K3 pemeliharaan, Instalasi Peralatan dan Perlengkapan di Pembangkitan Listrik, ini disusun dengan mengacu pada kurikulum pembinaan K3 yang tertuang dalam Kepdirjen no.48 tahun 2015. Pemeliharaan Instalasi peralatan dan perlengkapan listrik ini disusun berdasarkan beberapa standard IEEE, antara lain Untuk pemeliharaan steamTurbin Generator mengacu pada standard IEEE 67-2005, serta beberapa standard IEEE yang lain atau SNI (PUIL) sesuai dengan kebutuhan pemeliharaan peralatan listrik., Sehngga diharapkan setelah mengikuti pembinaan ini, teknisi akan memiliki pengetahuan dan wawasan tentang persyaratan K3 pemeliharaan Instalasi Peralatan dan Perlengkapan di Pembangkitan Listrik sesuai dengan standar

Penyusun

Juni, 2020

DAFTAR ISI

1. **Pengertian Dan Tujuan Pemeliharaan** 7
2. **Jenis Jenis Pemeliharaan** 7
   - 2.1. Pemeliharaan Preventif (Maintenance) 7
   - 2.2. Predictive Maintenance 8
   - 2.3. Corrective Maintenance 9
3. **Pemeliharaan Generator** 9
4. **Pengukuran Generator** 12
   - 4.1. Pengukuran Rotor dan Stator 12
   - 4.2. Proof Test 12
   - 4.3. Analytical Test 13
   - 4.4. High Potensial Test 13
     - 4.4.1. AC High Potensial Test 14
     - 4.4.2. Very-Low-Frequency Test Voltage 14
     - 4.4.3. DC High Potensial Test 15
   - 4.5. Insulation Resistance Test / Meger Test 16
   - 4.6. DC Leakage 18
   - 4.7. Dissipation Faktor 19
   - 4.8. Balancing Voltage Rotor Test 21
   - 4.9. Pengukuran Tahanan Dalam 23
   - 4.10. Partial Discharge Test 24
5. **Contoh format Hasil Uji** 26
   - 5.1. Pemeliharaan Transformator 28
   - 5.2. Pemeriksaan Dan Pengukuran Trafo Step Up 34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Maximum Contact Resistance 10
Gambar 4.1 Gambar Pengukuran Hipot Test 15
Gambar 4.2 Rangkaian ekivalen sistem Isolasi 19
Gambar 4.3 Phasor Diagram sistem Isolasi 20
Gambar 4.4 Kurva power factor dielektrikum vs Tegangan pengukuran 20
Gambar 4.5 Rangkaian Pengukuran Kesetimbangan teg. Rotor 22

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Contoh Cek list Pemeriksaan Generator 10
Tabel 4.1 Tegangan DC yang diterapkan untuk Pengukuran Tahanan Isolasi 17

1. Pengertian Dan Tujuan Pemeliharaan

Pemeliharaan peralatan listrik adalah serangkaian tindakan atau proses kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan meyakinkan bahwa peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga dapat dicegah terjadinya gangguan yang menyebabkan kerusakan.

Tujuan pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi adalah untuk menjamin kontinyunitas penyaluran tenaga listrik dan menjamin keandalan, antara lain :

Untuk meningkatkan reliability, availability dan effiency.

a. Untuk memperpanjang umur peralatan.
b. Mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan.
c. Meningkatkan Safety operator dan peralatan.
d. Mencegah pemadaman yang tak diencanakan
e. Mengurangi lama waktu padam akibat sering gangguan.

Faktor yang paling dominan dalam pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi adalah pada sistem isolasi. Isolasi disini meliputi isolasi keras (padat) dan isolasi minyak (cair). Suatu peralatan akan sangat mahal bila isolasinya sangat bagus, dari demikian isolasi merupakan bagian yang terpenting dan sangat menentukan umur dari peralatan. Untuk itu kita harus memperhatikan / memelihara sistem isolasi sebaik mungkin, baik terhadap isolasinya maupun penyebab kerusakan isolasi.

Dalam pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi kita membedakan antara pemeriksaan / monitoring (melihat, mencatat, meraba serta mendengar) dalam keadaan operasi dan memelihara (kalibrasi / Pengukuran, koreksi / resetting serta memperbaiki / membersihkan) dalam keadaan padam.

Pemeriksaan atau monitoring dapat dilaksanakan oleh operator atau petugas patroli setiap hari dengan sistem check list atau catatan saja. Sedangkan pemeliharaan harus dilaksanakan oleh regu pemeliharaan

2. Jenis Jenis Pemeliharaan

2.1. Pemeliharaan Preventif (Maintenance)

merupakan suatu pengamatan secara sistematik yang disertai dengan analis teknis – ekonomis untuk menjamin berfungsinya suatu peralatan produksi dan memperpanjang umur peralatan industri. Tujuan dari Preventive Maintenance

adalah untuk mencapai suatu tingkat pemeliharaan terhadap seluruh pralatan produksi agar memperoleh suatu kualitas produk yang optimum, kegiatan pada Preventive biasanya meliputi :

a. Inspeksi, Inspeksi adalah kegiatan pemeliharaan periodik untuk memeriksa kondisi komponen peralatan produksi.
b. Pemeliharaan berjalan / sering disebut Running maintenance, merupakan kegiatan pemeliharaan tanpa menghentikan peralatan yang sedang beroperasi.
c. Penggantian komponen yang kecil, merupakan pemeliharaan yang menggantikan komponen kecil saja.
d. Shutdown Maintenance, adalah pemeliharaan yang dilakukan ketika mesin produksi sedang offline / sedang berhenti memproduksi.

2.2. Predictive Maintenance

Predictive Maintenance (PdM) atau Pemeliharaan Prediktif adalah teknik yang dirancang untuk membantu menentukan kondisi peralatan untuk memprediksi kapan pemeliharaan harus dilakukan. Perawatan ini menjanjikan penghematan biaya lebih dari pemeliharaan pencegahan rutin atau berbasis waktu, karena tugas dilakukan hanya bila diperlukan. Keuntungan utama pemeliharaan prediktif adalah untuk memungkinkan penjadwalan pemeliharaan korektif, dan untuk mencegah kegagalan peralatan yang tak terduga. Kuncinya adalah "informasi yang tepat di waktu yang tepat". Dengan mengetahui peralatan kebutuhan pemeliharaan, pekerjaan pemeliharaan dapat lebih terencana (suku cadang, orang, dll) sehingga meningkatkan ketersediaan industri. Keuntungan potensial lainnya termasuk peningkatan umur hidup penggunaan peralatan, peningkatan keselamatan instalasi, lebih sedikit kecelakaan dengan dampak negatif terhadap lingkungan, dan penanganan suku cadang dapat dioptimalkan.

PdM mengevaluasi kondisi peralatan dengan online, pemantauan kondisi peralatan secara periodik atau terus menerus. Tujuan akhir dari PdM adalah untuk melakukan perawatan sesuai dengan yang dijadwalkan dalam waktu tertentu, pemeliharaan ini merupakan yang paling hemat biaya dan dapat mencegah peralatan kehilangan kinerja mesin produksi itu sendiri. Hal ini berbeda dengan waktu dan operasi pemeliharaan berdasarkan hitungan di mana sebuah peralatan akan dipertahankan apakah itu dibutuhkan atau tidak. Pemeliharaan berdasarkan waktu kurang efektif

dalam mengidentifikasi masalah yang berkembang antara inspeksi yang dijadwalkan, dan tidak hemat biaya

2.3. Corrective Maintenance

Pemeliharaan secara korektif (corrective maintenance) adalah pemeliharaan yang dilakukan secara berulang atau pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki suatu bagian (termasuk penyetelan dan reparasi) yang telah terhenti untuk memenuhi suatu kondisi yang bisa diterima. (Corder, Antony, K. Hadi, 1992). Pemeliharaan ini meliputi reparasi minor, terutama untuk rencana jangka pendek, yang mungkin timbul diantara pemeriksaan, juga overhaul terencana.

Menurut Dhillon B.S, (2006) Biasanya, pemeliharaan korektif (Corrective Maintenance) adalah pemeliharaan yang tidak direncanakan, tindakan yang memerlukan perhatian lebih yang harus ditambahkan, terintegrasi, atau menggantikan pekerjaan telah dijadwalkan sebelumnya. Dengan demikian, dalam pemeliharaan terencana yang harus diperhatikan adalah jadwal operasi pabrik, perencanaan pemeliharaan, sasaran perencanaan pemeliharaan, faktor-faktor yang diperhatikan dalam perencanaan pekerjaan pemeliharaan, sistem organisasi untuk perencanaan yang efektif, dan estimasi pekerjaan.

3. Pemeliharaan Generator

Beberapa yang harus menjadi pertimbangan dalam pemeliharaan adalah :

a. Enclousure

Enclousure atau Rumah mesin digunakan melindungi person terhadap bagian bertegangan dan perlindungan bagian bertegngan dari peralatan terhadap masuknya benda asing dan impak mekanis. Encousure juga harus dilindungi terhadap kontaminasi agar mampu membuang panas dengan cepat. Akumulasi uap air dapat terjadi pada permukaan enclousure, sumbernya adalah terjadinya kondensasi, sehingga hal ini juga harus dicegah

b. Isolasi

Isolasi cenderung mengalami degradasi karena faktor usia. Isolsi juga dapat mengalami kerusakan karena Uap air dan kontaminant, kelembaban pada isolasi

menyebabkan terjadinya losses yang berubah bentuk menjadi panas yang menyebabkan isolasi semakin memburuk. Demikian pula stress elektrik, korona, thermal juga akan menyebabkan memburuknya kualitas isolasi. Oleh kren itu isolasi harus diperiksa secara periodik.

c. Sambungan-sambungan

Sambungan elektrik yang tidak baik dapat menimbulkan panas. Sambungan yang tidak baik bisa disebabkan oleh oksidasi,karena pada wku sistem kontak memutus rangkaian akan timbul percikan bunga api, sehingga udara diantarra kontak menjadi terbakar serta menyisakan oksidasi antar kontak. Berikut ini contoh resistani kontak pada brbagai macam Power Circuit Breaker.

Maximum Contact Resistance

Air circuit breakers			Oil circuit breakers		
kV	Amperes	Microhms	kV	Amperes	Microhms
5-15	600	100	7.2-15	600	300
	1200	50		1200	150
	2000	50		2000	75
				4000	40
			23-24	All	500
			46	All	700
			69	600	500
				1200	500
				2000	100
			115-230	All	800

Gambar 3.1 Maximum Contact Resistance

Dari uraian di atas, maka kegiatan pemeliharaan dapat dikelompokkan menjadi:

- Pemeriksaan
- Pengukuran

Tabel 3.1 Contoh Ceklis pemeriksaan Generator

NO	OBYEK	HASIL	NILAI	METODE
1	Kontruksi unit pembangkit tenaga	Baik	Standard pabrik	Penilaian
2	Dudukan pembangkit tenaga	Baik	Standard pabrik	Penilaian
3	Verifikasi name plat	Ada	Standard pabrik	Penilaian
4	Perlengkapan start	Ada	Standard pabrik/PUIL	Penilaian

5	Perlengkapan stop	Ada	Standard pabrik/PUIL	Penilaian
6	Area klasifikasi	Ada	PUIL Bab 8	Penilaian
7	Peralatan pengaman	Ada	Standard pabrik/PUIL	Penilaian
8	Instrument volt meter	Ada	Standard pabrik/PUIL	Penilaian
9	Instrument ampere meter	Ada	Standard pabrik/PUIL	Penilaian
10	Instrument pengukur lain	Ada	Standard pabrik/PUIL	Penilaian
11	Lampu indikator	Ada	PUIL	Penilaian
12	Fasilitas keselamatan dan tanda bahaya	Tidak Ada	PUIL, UU NO.1 th 1970	Penilaian
13	Terminal kabel utama dan penetralan	Ada	Standard pabrik/PUIL	Penilaian
14	Kondisi battery (dengan start battery)	Baik	PUIL	Penilaian
15	Minyak lumas penggerak mula	Baik	Standard pabrik	Penilaian
16	Terminal battery	Baik	PUIL	Penilaian
17	Penempatan battery	Baik	PUIL	Penilaian
18	Kabel masuk ke terminal box	Baik	PUIL	Penilaian
19	Kabel keluar terminal box	Baik	PUIL	Penilaian
20	Air pendingin penggerak mula	Baik	PUIL	Penilaian
21	Ukuran kabel BC pentanahan	Sesuai	BC 35mm²	Penilaian
22	Gedung / ruang		PUIL Bab 8	Penilaian
	a. generator	Baik		

	b. penerangan sirkulasi udara	Baik		
	c. pintu keluar / masuk	Baik		
	d. pintu darurat	Baik		
	e. alat pemadam kebakaran	Baik		

4. Pengukuran Generator

4.1. Pengukuran Rotor dan Stator

Ada beberapa Pengukuran pada sistem isolasi untuk mengevaluasi kekuatan dielektrik untuk menjamin keandalan. Dari semuanya tanpa kecuali, melibatkan tegangan yang melewati dinding/permukaan isolasi. Perbedaan dari satu Pengukuran ke Pengukuran yang lain adalah perbedaan level tegangan yang diterapkan, pengukuran dan penunjukkan hasil.

Secara garis besar Pengukuran rotor dan stator pada generator dibagi atas dua kategori:

4.2. Proof Test

Proof test yaitu Pengukuran yang menggunakan level tegangan yang lebih tinggi dripada tegangan kerja. Argumen yang sering digunakan dalam Pengukuran tegangan lebih adalah mungkin akan menimbulkan breakdown pada lilitan. Biaya dari waktu outage mesin sangat bervariasi diantara outage yang direncanakan, pada saat beberapa waktu perawatan dilakukan, dan outage selama kondisi beban puncak. Breakdown biasanya mengalir selama kondisi beban puncak. Jika generator mempunyai isolasi tipis, dimana dapat memungkinkan breakdown selama transient atau surja dalam sistem, Pengukuran tegangan ini umumnya umumnya lebih ekonomis diperbaiki selama outage yang direncanakan. Jika satu atau lebih titik lemah pada lilitan mengalir gangguan, ini kemudian akan menjadi titik grounding dari lilitan, menggantikan netral dan kemudian menerapkan tegangan yang besar ke

bagian lain lilitan. Breakdown susulan dapat mengalir kemudian, dimana dapat menghasilkan arus sirkulasi yang

tinggi seperti gangguan fasa ke fasa (seperti gambar 5.3). Ini akan menghasilkan kerusakan inti, yang mengharuskan inti diperbaiki dan kemungkinan seluruhnya diganti lilitannnya. Tujuan dari Pengukuran ini adalah untuk mencari kelemahan, dan kemungkinan breakdown.

4.3. Analytical Test

Analytical test yaitu Pengukuran dengan menggunakan level tegangan yang biasanya dibawah tegangan kerja. Beberapa diantaranya jenis – jenis analytical test adalah sebagai berikut :

a. Insulation Resistance Test / Meger Test
b. DC Leakage
c. Dissipation Factor
d. Balancing Voltage Rotor Test
e. Tahanan Dalam (Rd) Rotor
f. Partial Discharge Test (PD Test)

Pengukuran pada peralatan baru pada perusahaan berdasarkan standar ANSI (American National Standards Institute) dan dilakukan oleh perusahaan sebelum pengiriman. Jika pengguna memilih menggunakan Pengukuran tambahan pada peralatan, ini juga harus berdasarkan standar yang dipublikasikan oleh ANSI.

4.4. High Potensial Test

High Potensial Test atau biasa disebut dengan Hi-Pot Test adalah cara terbaik dalam menentukan jaminan apakah iya atau tidak isolasi pada lilitan sesuai untuk suatu level tegangan khusus. Hi-Pot Test paling umum diterapkan pada lilitan stator generator untuk mencari kerusakan pada lilitan. Pengukuran ini merupakan Pengukuran yang dimaksudkan untuk memperkirakan kekuatan dielektrik isolasi dari lilitan stator generator.

Prinsip kerja Pengukuran ini adalah jika ada kerusakan isolasi yang cukup besar, tegangan yang cukup besar diterapkan pada lilitan maka akan mengakibatkan breakdown pada isolasi tersebut, Pengukuran ini jarang dilakukan karena sifatnya

merusak sehingga perlu melilit ulang rotor atau stator jika terjadi breakdown. Selama Pengukuran masing – masing fasa terpisah, salah satu fasa dites sedangkan dua fasa lainnya digroundkan.

High Potensial Test dapat diklasifikasikan dalam tiga kategori utama yaitu sebagai berikut :

4.4.1. AC High Potensial Test

AC High Potensial Test /AC Hi-Pot Test atau biasa disebut Pengukuran tegangan 50/60 hertz adalah Pengukuran dengan menggunakan tegangan Pengukuran normal 50/60 hertz untuk memenuhi standar pengiriman dari perusahaan. Tegangan Pengukuran 50/60 hertz digunakan diperusahaan karena pada simulasi stress yang dijumpai pada isolasi lilitan stator selama generator beroperasi secara normal. Pada masa dahulu peralatan Pengukuran AC Hi-Pot Test relatif berat, dan sehingga ukuran generator meningkat, kemampuan perlengkapan Pengukuran telah meningkat juga. Peralatan portabel resonant test telah dikembangkan yang menghasilkan arus yang diperlukan tanpa menjadi lebih berat. Banyak generator telah dibuat sekarang dengan

perlengkapan Pengukuran yang dibutuhkan 300 kva atau lebih untuk Pengukuran AC HiPot Test pada lilitan stator. Tegangan yang diterapkan dalam Pengukuran AC Hi-Pot Test adalah sebesar satu setengah kali dari tegangan line-to-line RMS generator (1,5E) untuk keserasian dengan peralatan dan setelah penggantian kumparan atau bar dipasang, sedangkan pada saat sebelum penggantian kumparan dipasang adalah sebesar 1,5 E + 2000.

4.4.2. Very-Low-Frequency Test Voltage

Very-Low-Frequency Test Voltage atau VLF Test Voltage adalah Pengukuran dengan menggunakan tegangan frekuensi 0.1 hertz. Peningkatan reaktansi kapasitif pada range frekuensi sangat rendah mengurangi arus pengosongan pada Pengukuran. Sehingga peralatan Pengukuran tegangan tinggi 0,1 hertz lebih ringan dan lebih mudah untuk dibawa daripada peralatan konvensional AC Hi-Pot Test dan sebanding dengan ukuran peralatan resonat test 50/60 hertz. Peralatan Pengukuran 0,1 hertz mempunyai kemampuan untuk mencari perkiraan kerusakan seperti peralatan Pengukuran AC HiPot Test. Tegangan pada Pengukuran 0,1 hertz adalah harus 15% lebih besar daripada nilai RMS

tegangan pada Pengukuran AC Hi-Pot Test supaya mempunyai kemampuan yang sama untuk mencari kerusakan.

4.4.3. DC High Potensial Test

Pada Hi-Pot Test selain dengan menggunakan tegangan AC juga dapat dengan menggunakan tegangan DC atau biasa disebut dengan DC Hi-Pot Test. Peralatan yang digunakan pada Pengukuran DC adalah lebih kecil daripada peralatan Pengukuran AC Hi-Pot Test disebabkan oleh KVA yang dibutuhkan lilitan sangat kecil selama Pengukuran. Besarnya tegangan Pengukuran DC seharusnya 70 % lebih besar daripada tegangan RMS Pengukuran AC Hi-Pot Test untuk mendapatkan kemampuan yang sama untuk mencari kerusakan

Interpretation

The dc, 0.1 Hz, 50 Hz and 60 Hz overvoltage proof tests are pass/fail tests

Tegangan yang digunakan pada Hi-Pot Test

Pengujian	Tegangan Pengujian 50/60-Hertz AC (RMS)	Tegangan Pengujian 0,1-Hertz AC (puncak)	Tegangan Pengujian DC
Sebelum penggantian kumparan/bar dipasang	1,5 E + 2000	$\sqrt{2}x1{,}15x(1{,}5E + 2000)$	1.7 x (1,5E) = 2,25E
Keserasian/kecocokan dengan peralatan	1,5 E	$\sqrt{2}x1{,}15x(1{,}5E)$	1.7 x (1,5E) = 2,25E
Setelah penggantian kumparan/bar dipasang	1,5 E	$\sqrt{2}x1{,}15x(1{,}5E)$	1.7 x (1,5E) = 2,25E

Gambar 4.1 Gambar Pengukuran Hipo Test

Persyartan K3 pada uji Hipot Test

- Tes dilakuan setelah semua resistansi isolasi belitan memiliki PI minium 2
- Sebelum dignakan probe tester harus di ground untuk menghlangkan muatan sisa
- Lokasi Pengukuran harus di barikade

- Tegangan yang diberikan sekitar tegangan Line to ground Mesin
- Langkah-langkah yang berhasil tidak boleh melebihi 3% dari tingkat tes akhir dibulatkan ke kilovolt terdekat dan harus ditahan selama periode satu menit sebelum melanjutkan ke langkah berikutnya
- Tegangan step minimum yang direkomendasikan adalah 1 kV

4.5. Insulation Resistance Test / Meger Test

Insulation Resistance Test atau Megger Test merupakan Pengukuran yang paling mudah dan sederhana untuk menentukan kemampuan isolasi. Meger test ini dilakukan pada rotor dan stator generator, selain itu juga dapat diterapkan pada semua mesin atau lilitan. Peralatan yang digunakan untuk Pengukuran ini disebut Mega Ohm Meter atau biasa disebut Meger Tester atau Meger saja. Peralatan ini membangkitkan tegangan internal tetap dan mempunyai resistansi internal yang tinggi. Pengukuran sesungguhnya adalah mensensing tegangan terminal, jadi arus yang mengalir menghasilkn pembacaan skala yang dikalibrasi dalam Mega ohm. indeks yang biasa digunakan dalam menunjukkan pembacaan megger dikenal sebagai dielectric absorbtion, yang diperoleh dengan pembacaan yang berkelanjutan untuk periode waktu satu menit. Jika Pengukuran berkelanjutan untuk periode selama 10 menit, meger akan mempunyai kemampuan untuk mempolarisasikan atau mencharge kapasitansi tinggi ke isolasi stator, dan pembacaan resistansi akan meningkat jika isolasi bersih dan kering. Rasio pembacaan 10 menit dibandingkan pembacaan 1 menit dikenal sebagai Polarization Index atau Indeks Polarisasi (IP). Jika IP terlalu rendah ini mengindikasikan bahwa lilitan mungkin terkontaminasi oli, kotoran, serangga, atau terbasahi oleh air.

Besarnya Polarization Index atau Indeks polarisasi (IP) dapat dirumuskan

sebagai berikut :

$$PI = \frac{R10mnt}{R1mnt}$$

Dimana,

R10 menit : Resistansi pengukuran pada menit ke-10 (MΩ)

R1 menit : Resistansi pengukuran pada menit pertama (MΩ)

Pembacaan megger yang sangat rendah dan juga indeks polarisasi yang kecil biasanya mengindikasikan adanya kelembaban dan pengeringan harus segera dilakukan. Jika lilitan dipanaskan untuk menghilangkan kelembaban, pembacaan resistansi akan bervariasi. Secara garis besar megger pada generator dibagi menjadi dua yaitu megger stator dan megger rotor, yang membedakan adalah tegangan yang diterapkan untuk masing – masing Pengukuran.

Tegangan yang digunakan pada Pengukuran Insulation Resistance masih dibawah tegangan puncak kerja line-to-ground lilitan sehingga test ini bukan merupakan Hi-pot test. Berdasarkan standar IEEE no 43-2000 besarnya tegangan yang diterapkan untuk Pengukuran berdasarkan tegangan kerja pada lilitan generator dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.1 Tegangan DC yang diterapkan untuk Pengukuran Resistansi Isolasi

$V_{AC\ (L-L)}$ (tegangan kerja lilitan (line-to-line))	V_{DC} (tegangan DC yang diterapkan)
<100	500
1000 – 2500	500 – 1000
2501 – 5000	1000 – 2500
5001 – 12000	2500 – 5000
>12000	5000 -10000

Selain dengan menggunakan acuan indeks polarisasi sebagai penentu apakah lilitan generator dalam keadaan lembab atau mengalami hubung singkat juga dapat digunakan acuan berdasarkan nilai resistansi minimum dengan syarat besarnya nilai resistansinya adalah sebesar tegangan operasi dalam KV ditambah 1 untuk kemudian dikalikan dengan 100 Mö yang dapat dirumuskan sbb :

Rmin = (Vrms + 1)x1.M

Dimana : Rmin = resistansi minimum lilitan dalam M

Vrms = tegangan rms dalam KV (line-to-line)

4.6. DC Leakage

DC Leakage adalah tipe pengukuran lain untuk menentukan resistansi isolasi. Ini diperoleh dengan Pengukuran dengan set tegangan yang berubah ubah dimana tegangan yang diterapkan pada isolasi dinaikkan secara bertahap dan arus bocor yang melewati isolasi diukur pada masing – masing tegangan. Ini membutuhkan peralatan yang lebih kompleks dan besar daripada megger tetapi memberikan ketepatan lebih, seperti dasar level isolasi. Ini mempunyai kemampuan lebih tinggi dan dapat menjaga tegangan yang dipilih konstan saat sementara arus bocor diukur pada point tegangan yang diinginkan. Pengukuran ini telah digunakan secara ekstensif dalam peralatan elektris yang sudah tua, terutama menyangkut sistem isolasi, yang

didasarkan kepada penyerapan kelembaban. Mesin berpendingin udara berdasarkan perubahan kelembaban dalam udara pendingin. Pada mesin berpendingin hidrogen, lingkungan sekitar sungguh kering dan lilitan terhindar dari kelembaban. Bahkan jika gangguan tidak ada pada isolasi dalam lapisan udara yang sangat kering, sepanjang gangguan pada saat kering dan bersih, tidak cukup besar arus bocor dc yang didapatkan. Ini kemudian memungkinkan bahwa Pengukuran dc leakage akan gagal / tidak sesuai untuk mengindikasikan gangguan pada generator berpendingin hidrogen. Sementara sistem epoxy-mica tidak menyerap kelembaban dalam kondisi normal. Tegangan dc yang diterapkan secara bertahap pada Pengukuran dc leakage

tegangan maksimumnya dibatasi sampai dua kali nilai RMS tegangan kerja ac dari generator.

V maksimum xV rms

DC = 2 AC

Dimana,

VDC maksimum : Tegangan dc maksimum pada Pengukuran dc leakage

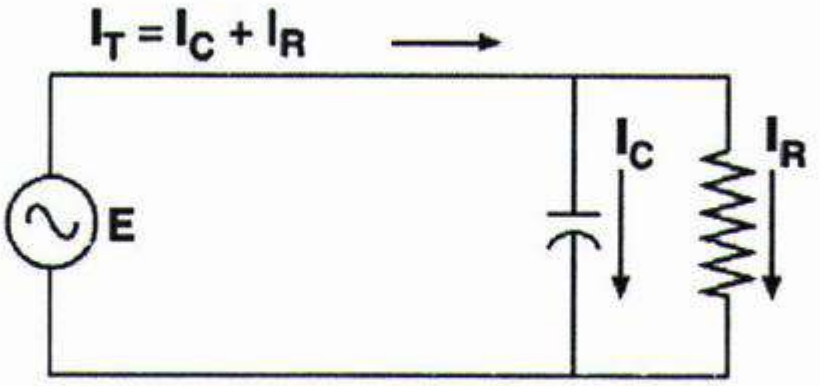
VAC rms : Tegangan RMS generator

4.7. Dissipation Faktor

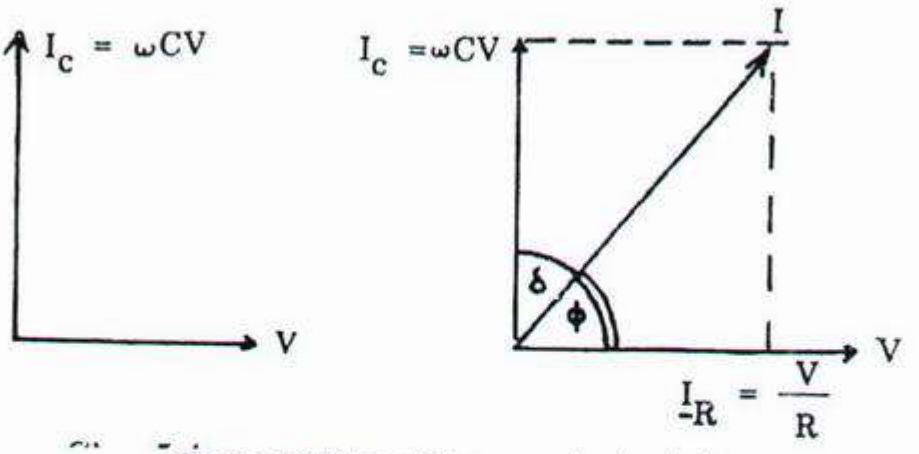
Dissipation faktor atau faktor disipasi isolasi diukur sebagai bagian dari Keseluruhan rencana evaluasi untuk menentukan kondisi isolasi. Pengukuran ini juga biasa disebut power factor atau tan delta dan merupakan parameter untuk memperlihatkan efisiensi isolasi. Pengukuran tan delta dilakukan pada lilitan stator. Pengukuran ini efektif untuk mendeteksi kontaminasi isolasi, kualitas semikonduktor, jumlah kandungan kehampaan, kerusakan parsial discharge, delamination isolasi

Isolasi yang sempurna adalah mempunyai PF 0 dan tidak mempunyai rugi – rugi internal. Peningkatan faktor disipasi sebagai fungsi tegangan mengindikasikan angka peningkataan ionisasi, rugi – rugi internal dan pemanasan. Angka perubahan dalam slope pada kurva, kurva ini menyediakan nilai dalam menentukan kualitas isolasi. Pengukuran ini merupakan Pengukuran AC yang menggunakan frekuensi kerja peralatan. Pada saat tegangan dengan frekuensi kerja diterapkan pada isolasi stator, jumlah arus yang mengalir terdiri dari dua komponen arus kapasitif yang relatif besar (ic), yang mendahului tegangan 90°, dan arus resistif yang lebih kecil (ir) yang sefasa dengan tegangan. Dielektrik kapasitor yang disimulasikan adalah sistem

isolasi yang meliputi dua elektroda, konduktor tembaga tegangan tinggi dan inti besi stator. Faktor daya adalah cos φ, sudut antara tegangan yang diterapkan dan total arus.

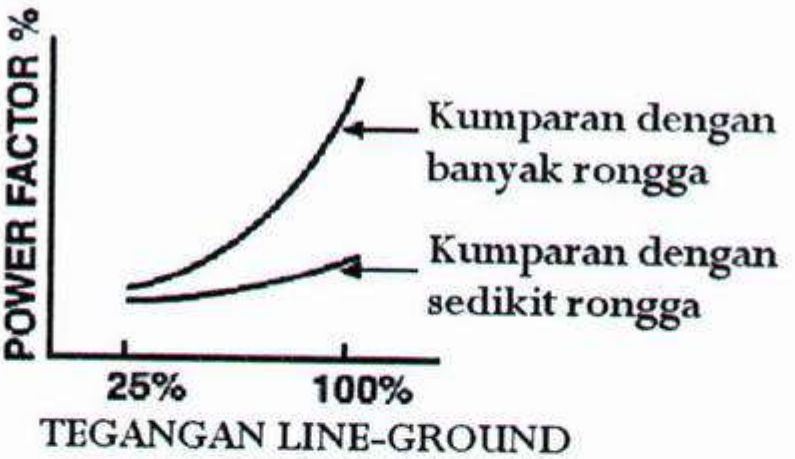


Gambar 4.2 Rangkaian ekivalen system Isolasi



Gambar 4.3 Phasor Diagram system Isolasi

Pengukuran ini merupakan pengukuran rugi – rugi dielektrik isolasi dan memberikan informasi yang sesuai tentang kualitas isolasi. Faktor daya diterapkan per fasa pada tegangan yang meningkat, dimulai dibawah tegangan permulaan korona timbul dan berlanjut sampai rating tegangan fasa ke netral generator dan mungkin 25 % ke atas. *Tip-up faktor daya* adalah faktor daya yang diukur pada tegangan line-netral di kurangi faktor daya tegangan rendah (umumnya diterapkan 100 % dan 25 % dari tegangan line – netral).



Gambar 4.4 Kurva power factor dielektrikum vs Tegangan pengukuran

Selama semua tipe isolasi kering mengandung kehampaan, faktor daya akan meningkat dengan peningkatan tegangan Pengukuran. Peningkatan faktor daya sebagai fungsi tegangan dikarenakan oleh ionisasi gas pada kehampaan sistem isolasi. Pada sistem isolasi dengan kehampaan yang berlebihan akan mempunyai tipup faktor daya yang lebih tinggi (lihat gambar di atas). Kehampaan yang berlebihan mungkin dikarenakan penuaan kertas pengikat isolasi atau material

pengikat/penyusun sistem isolasi. Penuaan material ini menimbulkan pengurangan kekuatan fisik dan dapat menghasilkan kehampaan/rongga. Sekali kehampaan yang berlebihan terjadi, parsial discharge akan terjadi yang juga akan merusak material penyusun isolasi. Degradasi sistem isolasi mungkin akan terjadi secara internal maupun pada permukaan koil/bar diantara slot.

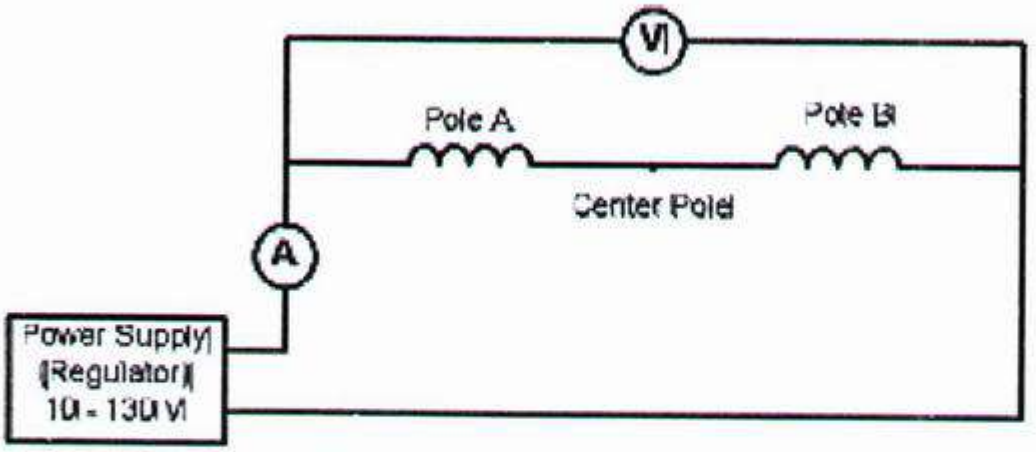
Lilitan stator harus diisolasi dan netral terpisah sehingga masing – masing fasa diuji secara terpisah. Masing – masing fasa diuji pada fasa ke ground. Pengukuran faktor daya pada lilitan stator dilakukan pada saat tidak beroperasi dan pada saat rotor dikeluarkan.

Prosedur : Tegangan diberikan mula-mula 20% tegangan nominal Line to Ground, dan nilai Tan delta dicatat, selanjutnya tegangan dinaikkan hingga tegangan nominal Line to Ground

Interpretasi : < 0,5%

4.8. Balancing Voltage Rotor Test

Sebelum melakukan balancing voltage rotor test maka dilakukan dahulu pengukuran Impedansi Karakteristik Rotor untuk menentukan kelinearan impedansi rotor apabila diterapkan tegangan baik dengan Pengukuran tegangan naik maupun tegangan turun dengan tegangan AC sampai dengan tegangan yang akan diterapkan pada Pengukuran balancing tegangan rotor. Dalam balancing voltage rotor ini dibutuhkan alat – alat antara lain adalah supply tegangan yang dapat divariasi berupa voltage regulator, tang Amperemeter dan AVO meter. Berikut adalah rangkaian pengukuran impedansi karakteristik :



Gambar 4.5 Rangkaian Pengukuran Kesetimbangan teg. Rotor

Balancing voltage rotor test adalah mengukur ketidakseimbangan tegangan (unbalance voltage) antara kutup A dan kutup B terhadap center pole pada rotor. Caranya adalah dengan cara menginjeksi tegangan AC sebesar 130 Volt AC pada kedua ujung kutup rotor kemudian mengukur besarnya tegangan kutup A terhadap center pole kemudian mengukur kutup yang lain (kutup B) sehingga akan didapatkan tegangan masing masing tegangan kutup A terhadap center pole (VA) dan

tegangan kutup B terhadap center pole (VB). Besarnya tegangan yang diinjeksikan pada lilitan rotor adalah sebesar 130 Volt AC yang dinjeksikan pada ujung lilitan rotor. Dari hasil pengukuran didapatkan hasil percobaan untuk masing masing kutup terhadap center pole adalah sebagai berikut :

V kutup A - center pole = 68,8 V

V kutup B - center pole = 59,4 V

Syarat seimbang adalah tegangan diantara kutup terhadap center pole adalah harus sama atau masih dalam batas toleransi yaitu maksimal drop tegangannya (ΔV) adalah tidak boleh lebih dari 10 % dari total tegangan yang diinjeksikan ke rotor.

Dimana drop tegangannya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\Delta V = \left| \frac{V_{A-c} - V_{B-c}}{V_R} \right| x100 persen$$

Dimana :

ΔV = drop tegangan dalam %

VR = tegangan yang diinjeksikan ke lilitan rotor

VA-C = tegangan hasil pengukuran kutup A terhadap center pole

VB-C = tegangan hasil pengukuran kutup B terhadap center pole

Dari Pengukuran diatas total tegangan yang diinjeksikan adalah 130 Volt. Jadi dalam perhitungan drop tegangan adalah sebesar :

$$\Delta V = \frac{68,6 - 59,4}{130} x100\,persen = 7,076\,persen$$

Jadi besarnya drop tegangan masih dalam toleransi yaitu sebesar 7,076 % jadi dapat disimpulkan bahwa rotor tersebut masih sesuai dengan ketetapan yang ditentukan

4.9. Pengukuran Tahanan Dalam

Pengukuran tahanan dalam atau coil resistance test adalah Pengukuran untuk mengetahui kesetidaktimbangan antar fasa/kutup, kesesuaian antara nilai tahanan dalam lilitan yang diukur, pengukuran sebelumnya dan dengan nilai pada nameplate. Jika terjadi masalah, rotor seharusnya diperiksa untuk mencari penyebab ketidaksesuaian tersebut. Masalah yang timbul biasanya adalah hubung singkat dengan rotor, hubung singkat diantara lilitan baik antara fasa yang sama atau berbeda, dan lepas atau rusaknya koneksi lilitan. Sebenarnya lebih jauh Hi-pot atau Surge test tidak perlu dilakukan selama hasil pengukuran tahanan dalam telah sesuai. Pada pengukuran tahanan dalam rotor (Rd) hanya dapat dilakukan pada saat Retaining Ring (R-R) dilepas karena center pole terletak disebelah sisi dalam dari Retaining Ring. Pelepasan retaining ring ini membutuhkan waktu yang lama karena proses pelepasannya harus dengan pemanasan yang sangat tinggi (sekitar 300° C) secara merata sehingga retaining ring dapat memuai sehingga retaining ring dapat didorong keluar. Pemanasan ini dengan media arus yang besar yang dialirkan melalui keramik. Peralatan yang digunakan untuk mengukur tahanan dalam

adalah Winding Resistance Meter atau mikro Ohm meter.

Dari hasil pengukuran didapatkan besarnya tahanan dalam masing – masing lilitan dari kedua kutup adalah sebagai berikut :

R1 : 118,6 miliohm

R2 : 119,4 miliohm

Dimana R1 adalah besarnya tahanan dalam kutup A terhadap center pole, sedangkan R2 adalah besarnya tahanan dalam kutup B terhadap center pole.

Besarnya batas maksimum perbedaan tahanan dalam adalah tidak boleh melebihi dua persen (2 %) dari total tahanan dalam.(IEEE Std.67.2)

$$\Delta R_{max} = \left| \frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2} \right| x100 persen$$

$$\Delta R_{max} = \left| \frac{118,6 - 119,4}{118,6 + 119,4} \right| x100 persen$$

$$= \left| \frac{0,8}{238} \right| x100 persen$$

$$= 0.3361 persen$$

4.10. Partial Discharge Test

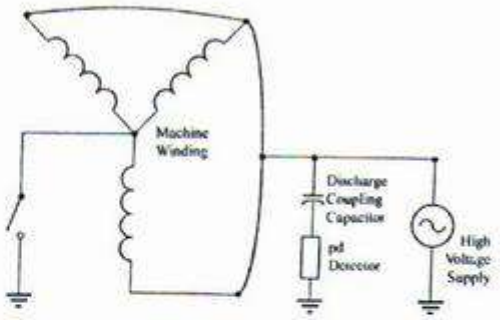
Partial Discharge Test atau PD test telah dipakai lebih dari 50 tahun untuk mengukur kualitas isolasi, dan kadang – kadang untuk mendeteksi penurunan isolasi yang terjadi pada peralatan tegangan tinggi. Untuk beberapa tipe peralatan, tujuan pengukuran PD adalah untuk mencari masalah pembuatan dalam peralatan baru, sementara beberapa pengguna juga menggunakan PD test untuk mendeteksi kemunduran saat peralatan saat sedang digunakan. Partial Discharge Test atau PD

test dapat dilakukan pada saat generator beroperasi (on-line PD test) dan pada saat generator berhenti operasi atau mengenergize peralatan tegangan tegangan tinggi dengan trafo eksternal (off-line PD test). Pengukuran partial discharge secara langsung mengukur pulsa arus yang dihasilkan dari PD pada lilitan. Jadi proses kegagalan yang dihasilkan PD sebagai gejala dapat dideteksi dengan metode ini. Pengukuran ini relevan/sesuai untuk lilitan stator dengan rating tegangan 2300 volt atau diatasnya. Metode umum PD test terbagai menjadi beberapa klasifikasi yang meliputi :

1. Off-line PD test pada stator untuk mengukur aktifitas PD
2. TVA (corona) probe test untuk menentukan lokasi PD
3. Ultrasonic probe test untuk menentukan lokasi PD
4. Blackout or ultraviolet test untuk menentukan lokasi PD
5. On-line PD test untuk mengukur aktifitas PD selama kondisi normal operasi.

Prosedur :

Belitan stator harus terisolasi dari peralatan lain, Pengukuran dapat dilakukan per fasa atau semua fasa. Bila dilakukan per fasa, fasa yang tidak diuji harus diground Dapat digunakan tegangan suply dengan frekuensi 0,1 – 1 Hz



Patial Discharge Test

Interpretation: tidak ada standar konsensus Akibatnya, pengalaman yang cukup sering diperlukan untuk menafsirkan data PD dengan benar

5. **Contoh format Hasil Uji**

KAN
Komite Akreditasi Nasional
LEMBAGA INSPEKSI
LI-026-IDN

HASIL INSPEKSI DAN PENGUKURAN SISTEM GENERATOR AC

Lokasi pembangkit:.....

Tanggal Uji :.....

Data teknis :

Pabrik :

Tipe :

Daya Pengenal: Tegangan pengenal:

Arus Pengenal: Faktor Daya : :

Arus dan teg.Eksitasi:

No.seri :

Pemeriksaanvisual:

No	JenisPengukuran	Hasil	Keterangan
1.	- Papan nama generator		
2.	- Konstruksi dan pemasangan		
3.	- Kelengkapan dan kekencangan baut pengikat		
4.	- Pengecatan		
5.	- Kelengkapan CTdan PT terpasang		
6.	- Hubungan titik netral generator		
7.	- Kelengkapan instrumentasi		
8.	- Pengawatan kabel tenaga dan kontrol		
9.	- Terminal kabel dan system terminasi		
10.	- Bantalangenerator		
11.	- Sistem pendinginan generator		
12.	- Catu daya AC dan DC		
13.	- Brush pada porosuntukpembumian		
14.	- Brush pada porosuntukeksitasi		
15.	- Pengawatan kabel pembumian		
16.	- Kebersihan		

Pengukuran resistans isolasi belitan

Titikukur		Resistansisolasi(MΩ)
Stator	U-bumi	
	V-bumi	
	W-bumi	

Pengukuran Indeks Polarisasi

Titikukur	Resistansisolasi(MΩ)		IP
	Menitke1	Menitke10	
Belitan stator (U –G)			
Belitan stator (V –G)			
Belitan stator (W –G)			

Pengukuran Urutan Fasa

Hasil ukur :RSTsearah jarumjam/RSTberlawanan arah jarumjam

PengukuranKenaikanTemperatur

Hasil ukur kenaikan temperature maksimum: .....°C

Kondisi : -Beban:.....kW

-Faktordaya:.....

Catatan :

Disaksikan oleh :	Diinspeksioleh:

5.1. Pemeliharaan Transformator

Pemeliharaan transformator yang berupa monitoring dan dilakukan oleh petugas operator setiap hari dan dilaksanakan setiap minggu (Jadwal Mingguan) dalam keadaan operasi.

No	Peralatan/Komponen Yang Diperiksa			Cara Pelaksanaan
	Trafo Besar	Trafo Sedang	Trafo Kecil	
1.	Tangki, radiator, pompa-pompa minyak, pipa-pipa, katup-katup, sumbat-sumbat.	Tangki, radiator, pompa-pompa minyak, pipa-pipa, katup-katup, sumbat-sumbat.	Tangki, radiator, pompa-pompa minyak, pipa- pipa, katup-katup, sumbat-sumbat.	Periksa apakah ada kebocoran minyak
2.	Kipas-kipas pendingin	Kipas-kipas pendingin	Kipas-kipas pendingin,	Periksa kipas kipas apakah ada karat pada sirip dan berputar dengan baik serta stabil,
3.	Terminal utama, rel, terminasi kabel, jumper-wire, lemari kontrol	Terminal utama, rel, terminasi kabel, jumper-wire, lemari kontrol	Terminal utama, rel, terminasi kabel, jumper-wire, lemari kontrol	Periksa dari kotoran / bangkai binatang atau binatang serta benda asing lainnya
4.	Indikator tinggi minyak	Indikator tinggi minyak	Indikator tinggi minyak	Periksa tinggi permukaan minyak pada indikator tangki, konservator.
5.	Bushing	Bushing	Bushing	Periksa apakah ada yang retak, kotor, pecah dan kebocoran minyak

6.	Indikator Pompa sikulasi	Indikator Pompa sikulasi	Indikator Pompa sikulasi	Periksa indikator pompa sirkulasi apakah masih menunjukkan aliran minyak dengan sempurna

7.	Sumber arus searah (DC)	Sumber arus searah (DC)	Sumber arus searah (DC)	Periksa sumber arus AC/DC apakah sakelar dalam keadaan tertutup dan MCB nya keadaan ON dengan sempurna.
8.	Pemadam kebakaran	Pemadam kebakaran	Pemadam kebakaran	Periksa tekanan air dalam tangki pemadam,botol botol CO2 , BCF dan sistim alarmnya
9.	Suhu/ temperatur minyak dan kumparan transformator	Suhu/ temperatur minyak dan kumparan transformator	Suhu/ temperatur minyak dan kumparan transformator	Periksa temperatur minyak dan kumparan transformator.
10.	Beban transformator	Beban transformator	Beban transformator	Periksa beban transformator
11.	Lemari kontrol dan Proteksi	Lemari kontrol dan Proteksi	Lemari kontrol dan Proteksi	Periksa pintu apakah sudah menutup dengan sempurna , bila perlu tutup kembali dan bersihkan bila kotor.
12.	Tekanan gas Nitrogen (untuk transformator tanpa konservator)	Tekanan gas Nitrogen (untuk transformator tanpa konservator)	Tekanan gas Nitrogen (untuk transformator tanpa konservator)	Periksa tekanan gas Nitrogen,

No.	Peralatan /Komponen Yang Diperiksa			Cara Pelaksanaan
	Trafo Besar	Trafo Sedang	Trafo Kecil	
1.	Diafragma	Diafragma	-	Periksa diapragma apakah masih menutup sempurna /rapat , Pada diaphragma tipe tidak hancur (non shaterring type diaphragm) , periksa tertutup oleh karat atau cat.
2.	Tahanan isolasi pentanahan dan tahanan tanah	Tahanan isolasi pentanahan dan tahanan tanah	Tahanan isolasi pentanahan dan tahanan tanah	Periksa tahanan isolasi dengan megger antara belitan dan belitan ketanah serta tahanan tanahnya. Apabila ada yang kendor kencangkan dan nilai tahanan tanah pentanahan berubah, kembalikan ke nilainyanya.
3.	Ratio	Ratio	Ratio	Ukur ratio transformator apakah terjadi perubahan.
4.	Dielektrik minyak	Dielektrik minyak	Dielektrik minyak	Uji dielectrik minyak, apakah masih sesuai standar yang dipergunakan
5.	Kadar asam minyak	Kadar asam minyak	Kadar asam minyak	Uji dielectrik minyak, apakah masih sesuai standar yang dipergunakan
6.	Kadar air dalam minyak	Kadar air dalam minyak	Kadar air dalam minyak	Uji kadar air dalam minyak, apakah masih sesuai standar yang dipergunakan
7.	Kadar viscositas minyak	Kadar viscositas minyak	Kadar viscositas minyak	Uji viscositas minyak, apakah masih sesuai standar yang dipergunakan.
8.	Warna minyak	Warna minyak	Warna minyak	Uji warna minyak, apakah masih sesuai standar yang dipergunakan.

9.	Kandungan gas dalam minyak	Kandungan gas dalam minyak	Kandungan gas dalam minyak	Uji kandungan gas dalam minyak menggunakan DGA, apakah masih sesuai standar yang dipergunakan.

a. Pemeliharaan transformator yang berupa monitoring dan dilakukan oleh petugas

Pemeliharaan transformator yang berupa monitoring dan dilakukan oleh petugas

Pemeliharaan setiap bulan

No.	Peralatan /Komponen Yang Diperiksa			Cara Pelaksanaan
	Trafo Besar	Trafo Sedang	Trafo Kecil	
1.	Lemari kontrol/ Proteksi dan box kontrol serta Marshaling kios.	Lemari kontrol/ Proteksi dan box kontrol serta Marshaling kios.	Lemari kontrol/ Proteksi dan box kontrol serta Marshaling kios.	Periksa Lemari kotrol/ Proteksi dan box kontrol serta Marshaling kios dari kotoran / bangkai binatang atau binatang serta benda asing lainnya.
2	Selicagel dan sistem pernapasan.	Selicagel dan sistem pernapasan.	Selicagel dan sistem pernapasan.	Periksa warna selicagel pada sistem pernapasan transformator apakah masih biru dan apakah mulut pernapasannya masih kerendam minyak
3.	Kerja OLTC	Kerja OLTC	Kerja OLTC	Periksa jumlah kerja OLTC apakah sudah melampaui jumlah kerja untuk penggantian minyaknya atau minyaknya sudah kotor.

b. Pemeliharaan transformator yang berupa pemeriksaan, pengukuran dan Pengukuran dan dilakukan oleh petugas Pemeliharaan setiap tahun untuk Gardu Induk yang dijaga maupun Gardu Induk yang tidak dijaga

10.	Peralatan pengaman transformator (Bucholz, Sudden Pressure, rele temperatur.)	Peralatan pengaman transformator (Bucholz, Sudden Pressure, rele temperatur.)	Peralatan pengaman transformator (Bucholz, Sudden Pressure, rele temperatur.)	Bersihkan terminal dari debu. Periksa seal pada tempat masuk kabel tripping dan alaram bila rusak ganti. Bersihkan rongga tempat sambungan kabel dari socket Sudden Pressure dari bangkai binatang kecil dan periksa seal pada tempat masuk kabel tripping dan alarm bila rusak ganti. Uji seluruh alarm dan trippingnya. Bersihkan dari debu dan
11.	Bushing transformator	Bushing transformator	Bushing transformator	Bersihkan porselin dengan air atau sakapen Periksa dan keraskan bila terdapat mur baut yang kendor Periksa perapat/paking,dan bila bocor diganti yang baru
12	Roda gigi OLTC	Roda gigi OLTC	Roda gigi OLTC	Periksa dan kencangkan serta bersihkan roda gigi dan beri pelumas.
13.	Baut terminal, baut bushing, baut body dan baut pentanahan.	Baut terminal, baut bushing, baut body dan baut pentanahan.	Baut terminal, baut bushing, baut body dan baut pentanahan.	Periksa dan kencangkan bila terdapat baut-baut sambungan yang kendor Keraskan semua baut penghubung.
14.	Spark gap bushing primer maupun sekunder.	Spark gap bushing primer maupun sekunder.	Spark gap bushing primer maupun sekunder.	Periksa Spark gap bushing apakah masih memenuhi syarat (lihat lampiran IV .4 buku O&M SE 032) standard VDE 0111/12.
15.	Baut terminal pada panel kontrol dan proteksi.	Baut terminal pada panel kontrol dan proteksi.	Baut terminal pada panel kontrol dan proteksi.	Periksa dan kencangkan dan bila terdapat baut-baut yang kendor pada panel kontrol dan proteksi.
16.	Kontrol mekanik, limit switch, indikator dari OLTC.	Kontrol mekanik, limit switch, indikator dari OLTC.	Kontrol mekanik, limit switch, indikator dari OLTC.	Uji kontrol, limit switch apakah bekerja sesuai fungsinya dan periksa indikator OLTC apakah sesuai dengan posisinya.

17.	Tegangan tembus minyak	Tegangan tembus minyak	Tegangan tembus minyak	Uji tegangan tembus minyak apakah masih sesuai standar yang berlaku.
18.	Pondasi	Pondasi	Pondasi	Periksa pondasi apakah ada keretakkan-keretakkan dan perubahan kedudukan. Periksa penahan roda apakah masih tetap kokoh pada
19	Motor Pompa sirkulasi dan Motor Kipas	Motor Pompa sirkulasi dan Motor Kipas	Motor Pompa sirkulasi dan Motor Kipas	Periksa arus beban motor dan bandingkan dengan arus nominal motor tersebut. Periksa bantalan motor dan pelumasnya bila perlu
19	Motor Pompa sirkulasi dan Motor Kipas	Motor Pompa sirkulasi dan Motor Kipas	Motor Pompa sirkulasi dan Motor Kipas	Periksa arus beban motor dan bandingkan dengan arus nominal motor tersebut. Periksa bantalan motor dan pelumasnya bila perlu

5.2. Pemeriksaan Dan Pengukuran Trafo Step Up

NO	OBYEK		HASIL	NILAI RUJUKAN	METODA
1.	Name Plate	a. Nama pabrik, tempat dan pembuatan b. Jenis dan No. Seri c. Kapasitas / Daya / Frequency d. Primary Voltage / Secondary Voltage e. Primary Current / Secondary Current f. Vector Group g. Impedance h. Insulation level / Kelas Isolasi i. Cooling system	Sesuai/tidak sesuai	Manufacture Standar dan SNI	Penilaian dokumen
2.	Bushing	a. Memeriksa kebersihan body bushing b. Memeriksa fisik body yang berkarat/gompal c. Memeriksa kekencangan mur baut klem terminal utama d. Memeriksa kebocoran gasket e. Memeriksa kesesuaian Spark gap bushing primer f. Memeriksa kesesuaian Spark gap bushing skunder	Baik / Tidak baik	Manufacture Standar dan SNI	Penilaian
3.	Sistem pendingin	a. Memeriksa kebersihan sirip-sirip radiator b. Memeriksa kebocoran minyak trafo c. Memeriksa level minyak trafo d. Memeriksa kondisi minyak trafo	Baik / Tidak baik	Manufacture Standar dan SNI	Penilaian
4.	Alat	a. Memeriksa level konservator	Baik / Tidak baik	Manufacture	Penilaian

	Pernafasan (Breather)	main tank b. Memeriksa level konservator tap canger c. Memeriksa wana silica gel		Standar dan SNI	
5.	Sistem Kontrol dan Proteksi				
	5.1. Panel Kontrol	a. Memeriksa kekencangan mur baut terminal kontrol b. Memeriksa kebersihan kontaktor c. Memeriksa kebersihan limit switch d. Memeriksa sumber tegangan AC/DC	Baik / Tidak baik	Manufacture Standar dan SNI	Penilaian
	5.2. Relay Bucholz	a. Memeriksa kebersihan terminal b. Memeriksa kondisi seal	Baik / Tidak baik	Manufacture Standar dan SNI	Penilaian
	5.3. Relay Jansen	a. Memeriksa kebersihan terminal b. Memeriksa kondisi seal	Baik / Tidak baik	Manufacture Standar dan SNI	Penilaian
	5.4. Relay Sudden pressure	a. Memeriksa kebersihan terminal b. Memeriksa kondisi seal c. Memeriksa kebersihan thermo couple d. Memeriksa kabel-kabel kontrol dan pipa-pipa kapiler	Baik / Tidak baik	Manufacture Standar dan SNI	Penilaian
6.	OLTC	a. Memeriksa kesesuaian indikator posisi tap b. Memeriksa pelumasan gigi penggerak c. Memeriksa kebersihan	Baik / Tidak baik	Manufacture Standar dan SNI	Penilaian

		kontaktor d. Memeriksa kebersihan limit switch e. Memeriksa kesesuaian sumber tegangan AC/DC f. Menguji posisi lokal dan remote g. Memeriksa kondisi minyak diverter switch OLTC			
7.	Sistem Grounding	a. Memeriksa kawat pentanahan pada titik netral primer / skunder b. Memeriksa kawat pentanahan pada body/enclousure/BKT trafo c. Memeriksa kawat pentanahan pada Arrester d. Memeriksa kawat pentanahan pada BKE (Bagian konduktif ekstra) e. Memeriksa kekencangan mur baut terminal pentanahan f. Mengukur/menguji nilai pentanahan	Baik / Tidak baik	Manufacture Standar dan SNI	Penilaian
8.	Maintank	a. Memeriksa kebersihan body dan bushing b. Memeriksa karat/gompal fisik body c. Memeriksa kondisi gasket	Baik / Tidak baik	Manufacture Standar dan SNI	Peniiaian
9.	Kontruksi/ struktur mekanik	a. Memeriksa kondisi konstruksi bangunan, pondasi dan baut pengikat b. Memeriksa kebersihan lingkungan gardu c. Memeriksa sirkulasi udara d. Memeriksa penerangan e. Memeriksa pembatas/halang rintang f. Memeriksa Tanda Peringatan	Baik / Tidak baik	Manufacture Standar dan SNI	Penilaian

10.	Fire protection	a. Memeriksa tekanan gas N2 b. Memeriksa alarm kebakaran c. Memeriksa sensor detector d. Memeriksa APAR	Baik / Tidak baik	Manufacture Standar dan SNI	Penilaian

Diperiksa /Diuji oleh
Pengawas/Ahli K3 Spesialis Listrik

(..... .....)

N a m a : ..... E-mail : .....

Perusahaan : .....

PRE/POST TEST (60 menit)

Persyaratan K3 Pemeliharaan Instalasi Peralatan dan perlengkapan di Pembangkitan Listrik

1. Pemeliharaan listrik terdiri dari :

a. Preventive Maintenance (PM) yaitu pemeliharaan berkala; Breakdown maintenance (BM) yaitu perbaikan peralatan listrik sehingga bisa dipertahankan ketersediaan, keandalan, dan efisiensinya untuk menjamin pasokan listrik.

b. Tindakan perbaikan peralatan listrik yang terus menerus dengan metode PDCA (Plan, Do, Check, Action) dan Pengujian tahanan isolasi, sehingga bisa dipertahankan ketersediaan, keandalan, dan efisiensinya untuk menjamin pasokan listrik kepada pelanggan internal maupun eksternal.

c. Preventive Maintenance (PM) yaitu pemeliharaan berkala; Predictive Maintenance (PdM) yaitu pemeliharaan berdasarkan kondisi perlatan; dan Corrective Maintenance (CM) yaitu pemeliharaan berupa koreksi yang direncanakan maupun yang tidak direncanakan (breakdown maintenance).

d. Tindakan perbaikan peralatan listrik yang terus menerus dengan metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) dan RCA (Root Cause Analysis) sehingga bisa dipertahankan ketersediaan, keandalan, dan efisiensinya untuk menjamin pasokan listrik kepada pelanggan internal maupun eksternal.

2. Manajemen Pemeliharaan di Pembangkitan listrik meliputi :

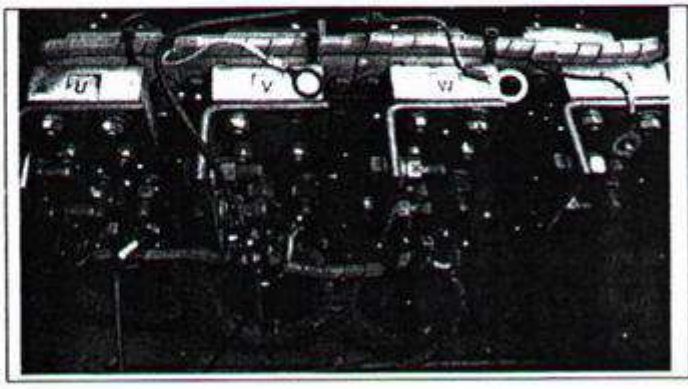
a. P.O.A.C (Planning, Organizing, Actuating, Controlling) terhadap 5 M (Man, Machine, Money, Material, Method).

b. P.D.C.A (Plan, Do, Check, Action) terhadap 5 M (Man, Machine, Money, Material, Method).

c. F.M.E.A (Failure Mode and Effect Analysis) terhadap 5 M (Man, Machine, Money, Material, Method).

d. R.C.A (Root Cause Analysis) terhadap 5 M (Man, Machine, Money, Material, Method).

3.



Disamping ini adalah gambar terminal belitan stator generator. Apabila belitan ini akan dimeger, pada terminal mana meger harus dihubungkan :

.....

.....

.....

4. Generator dengan name plate seperti di bawah,

a. Berapakah nilai tegangan keluaran generator ? .....

b. Berapakah nilai tegangan maksimum pada pengukuran tahanan isolasi yang diijinkan ? .....

5. Pengukuran kekuatan isolasi menahan tegangan lebih diebut :

   A. HIPOT Test B. Partial Discharge Test. C. MEGER Test D. Tan Delta Test

6. Berikut adalah Data dan hasil pengukuran parameter Power Transformer

Test Report of Power Transformer

Parameter :
Rated Powe : 40000/40000 KVA
Rated Voltage :165 / 6,3KV
Rated Current : 160 / 3665,7 A
Rated Frequency : 50
Phase : 3
Connection Symbol : Dyn11
Tap range : 165±4x2,5%/6,3 KV
Insulation Level :

- HV Line Terminal LI / AC :950 / 395KV
- LV Line TerminalLI / AC:60 / 25KV

Measurement of Insulation Resistance and Absorption Index

Measurement Position	Insulation Resistance GΩ			Absorption	Index Polaritation
	R15	R60	R600	R60/R15	R600/R60
HV, LV & E	9,9	10,4	15,7	1,05	1,51
LV, HV & E	7,29	9,55	18,05	1,31	1,89

a. Apakah yang dimaksud dengan Index Polarisasi ?:

   JAWAB : .....

b. Ditinjau dari hasil pengukuran tahanan isolasi, apakah Index Polarisasi sistemIsolasi tersebut memenuhi syarat?, berikan penjelasan anda : JAWAB : .....

.....

7. Pada pengukuran parameter Transformator seperti gambar di bawah, dimana Trafomemiliki level tegangan 20/0,4 KV. Bila nilai tegangan yang ditunjukkan oleh Volt meter adalah diatas 20 KV, maka berarti koneksi Trafoadalah

A. YNd1 B. YNd5 C. Dyn11 D. Dyn5

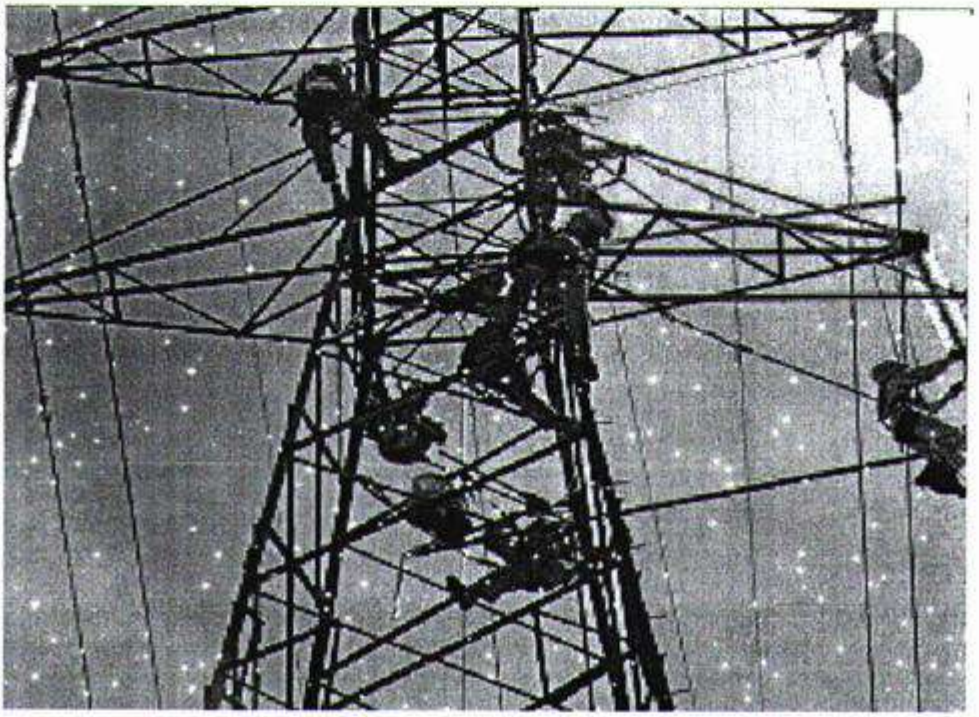
8. Pemeriksaan Temperatur Operasi pada Trafo, sebaiknya dilakukan :
   A. Tiap hari B. Seminggu sekali C. Sebulan sekali D, minimal 2 tahun sekali
9. Sebuah Trafo Daya dengan leveltegangan 150/6 KV, inti trafo direndam dalam minyak. Maka tegangan tembus minyak trafo minimal yang memenuhi syarat adalah :
   A. 30 KV/2,5 mm B. 35 KV/2,5 mm C. 40 KV/2,5mm D. Semua salah
10. Pengukuran Tegangan Tembus minyak Trafo, nilainya diambil dari nilai rata-rata pengukuran sebanyak :
   A. 3 kali B. 4 kali C. 5 kali D. 6 kali

--oo0oo--

PT. Mandiri Maha Daya
Health & Safety Environment
Training Provider

MODUL
PELATIHAN K3 LISTRIK
PERSYARATAN K3 PEMASANGAN INSTALASI PERLENGKAPAN DAN PERALATAN DI TRANSMISI

MATERI PEMBINAAN & SERTIFIKASI KOMPETENSI K3
TEKNISI LISTRIK



PERSYARATAN K3 PEMASANGAN INSTALASI PERLENGKAPAN DAN PERALATAN DI TRANSMISI

JUNI - 2020

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas limpahan rahmat-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan revisi Materi Pembinaan dan Sertifikasi K3 Teknisi Listrik dengan topik bahasan **"Persyaratan K3 pemasangan instalasi perlengkapan dan peralatan listrik di transmisi listrik".** Modul ini merupakan materi kelompok inti yang disusun berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Pembinaan Pengawasan Ketenagalistrikan Dan K3 No: KEP.48/PPK&K3/VIII/2015 Tentang Pembinaan Teknisi Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Listrik dan isi dari modul ini berdasarkan standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) SNI 0225:2011 serta standar internasional IEC.

Isi modul menjelaskan tentang ruang lingkup Menjelaskan dasar hukum dan standar pemasangan transmisi, memeriksa kelengkapan dokumen gambar, memeriksa kondisi lingkungan, memeriksa prosedur kerja dan APD, memeriksa dan menguji perlengkapan dan peraltan transmisi, memeriksa lay out instalasi pemasangan, membuat laporan pemasangan transmisi.

Kami menyadari materi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan kesempurnaan modul ini dimasa yang akan datang.

Kami mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah membantu proses penyelesaian revisi modul ini, terutama kepada rekan-rekan Tim narasumber K3 Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung yang telah berdiskusi dalam peyusunan isi materi, Direktur Jenderal Pembinaan Pengawasan Ketenagakerjaan dan K3 RI yang telah memberikan kepercayaan kepada kami untuk membuat revisi modul pembinaan dan sertifikasi K3 Listrik serta PT.Upaya Riksa Patra sebagai perusahaan jasa K3 pembinaan yang telah

memberikan dukungan dan bantuannya sehingga revisi materi ini bisa terealisasi. Semoga materi ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya para peserta training maupun peserta didik.

Bandung, Juni 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	vi
2.1. Latar Belakang	1
2.2. Tujuan Pembelajaran	3
2.2.1. Tujuan pembelajaran umum	3
2.2.2. Tujan pembelajaran khusus	3
2.3. Sistem tlnaga Listrik	3
2.3.1. Ruang lingkup pemasagan perlengkapan dan peralatan transmisi	3
2.3.1.1. Kapasitas tegangan	13
2.3.1.2. Konduktor	13
2.3.1.3. Tower	14
2.3.1.4. Proteksi Petir	16
2.3.1.5. Grounding	22
2.3.1.6. Isolator	24
2.3.1.7.Asesoris	26
2.4. Cheklist pekerjaan pemasangan di transmisi tenaga listrik	30
2.5.Prosedur kerja standar yang aman di transmisi	31
2.6. Teknik analisis potensi bahaya pada kegiatan pemasangan intalasi listrik di sistem transmisi listrik (JSA)	47 47
2.7. Format analisis potensi bahaya pada ketinggian pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di sistem tenagan listrik.	47 48
2.8. Latihan dan jawaban evaluasi	53

Kesimpulam 64
Penutup 64
Daftar Pustaka 64
Lampiran vii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sistem tenaga listrik 4
Gambar 2. Klem penegang 15
Gambar 3. Tower tiang pole beton 18
Gambar 4. Traves 20
Gambar 5. Aplikasi pemasangan Traves Lurus 20
Gambar 6. Tiang Delta dan Zig-Zag tower 20
Gambar 7. Tiang Piramida 21
Gambar 8. Konduktor tanah 23
Gambar 9. Konduktor penghubung konduktor tanah 24
Gambar 10. Jenis pentanahan tiang 25
Gambar 11. Jenis-jenis isolator 28
Gambar 12. Isolator Piring 29
Gambar 13. Gambar isolator tipe I dan V 29
Gambar 14. Single dan Double isolator 29
Gambar 15. Armour rod 30
Gambar 16. Asesoris transmisi 31
Gambar 17. Full body Harness 32
Gambar 18. Layard 33
Gambar 19. Safety Helmet 33
Gambar 20. Safety Shooes 34
Gambar 21. Sarung Tangan 34
Gambar 22. Kacamata 34
Gambar 23. Teropong 35
Gambar 24. Peralatan komunikasi 35
Gambar 25. Pemanjatan tower melalui rangka diagonal 37
Gambar 26. Metode Hot Stick 38
Gambar 27 Metode Barehand 39
Gambar 28 Peralatan kerja pemasangan transmisi tenaga listrik 40
Gambar 29. Penampang ruang bebas SUTET 500 Kv 43

Gambar 30. Ruang Bebas SUTET 500 kV Sirkit Ganda 44

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Keuntungan dan permasalahan jenis kapasitasn tegangan pada sistem transmisi 14

Tabel 2. Jenis penghantar transmisi 15

Tabel 3. Chek list pekerjaan pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan transmisi listrik 31

Tabel 4. Jarak bebas minimum vertikal dari konduktor pada SUTET 44

MATERI INTI 2

Persyaratan K3 Pemasangan Instalasi Perlengkapan dan Peralatan Listrik di Tramsmisi Listrik

2.1. LATAR BELAKANG

Listrik merupakan sumber energi yang dapat menimbulkan atau mempunyai potensi bahaya bahkan bencana yang merugikan, apabila perancangan, pemasangan, pemanfaatan sistem tenaga listrik tidak mematuhi kaidah-kaidah ataupun peraturan-peraturan bidang kelistrikan. Dari hasil identifikasi kecelakaan akibat listrik pada umumnya disebabkan oleh instalasi listrik yang dipakai tidak memenuhi syarat-syarat keselamatan dan kesehatan kerja (k3) atau standar yang berlaku. Upaya pengendalian diperlukan agar setiap peralatan dan pesawat yang menggunakan energi listrik, memerlukan pengamanan dan perlindungan yang memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

Keselamatan yang berhubungan dengan ketenagalistrikan (*electrical safety*) pada dasarnya adalah segala upaya atau langkah-langkah pengamanan terhadap instalasi tenaga listrik, peralatan serta pemanfaat listrik untuk mewujudkan kondisi andal dan aman, baik bagi pekerja maupun masyarakat umum.

Kita menyadari benar bahwa belum seluruh anggota masyarakat mengerti atau menyadari adanya potensi bahaya dari penggunaan listrik.

Sebagian sudah menyadari, tetapi belum mengetahui bagaimana prosedur untuk menangani pemanfaat listrik dengan benar. Untuk itu, perlu sosialisasi yang intensif untuk mencegah terjadinya bahaya dari listrik, baik terhadap jiwa manusia maupun harta benda.

Resiko atas suhu yang berlebihan pada instalasi listrik adalah;

(1) Bahaya api,

(2) Api dapat menyebabkan hilangnya nyawa,

Kematian karena kejut listrik biasanya hanya menimpa pada satu orang saja.

Kematian karena kebakaran yang terjadi pada tempat dengan orang banyak, seperti tempat-tempat hiburan, pertokoan dan industri, dapat menimpa pada banyak orang pada satu kali kejadian.

Penyebab timbulnya api/kebakaran pada instalasi adalah;

(1) Peralatan listrik dibawah standard,

(2) bencana alam,

(3) manusia sebagai konsumen,

(4) karena keawaman,

(5) salah penggunaan,

(6) kelalaian,

(7) kesengajaan.

Manusia sebagai pemasang (instalatir), karena penyimpangan dari peraturan, kelalaian, dan kesengajaan. Manusia sebagai pemeriksa karena kurang teliti, kelalaian, kesengajaan, dan kegagalan pengamanan atau sistem. Untuk menangkal bahaya api listrik adalah dengan;

(1) Perlengkapan listrik dipilih yang memenuhi standard teknik (IEC Standard) dan sesuai dengan lingkungan instalasinya, agar tidak terjadi percikan api,

(2) Dimontase dengan ketentuan instalasi yang benar, atau sesuai dengan instruksi manual dari pembuatnya, kalaupun ada, dan semua sambungan dan hubungan dilakukan dengan erat,

(3) Instalasi sebaiknya diperiksa dan diuji secara periodik untuk mengetahui kemungkinan kerusakan, termasuk longgarnya sambungan/hubungan,

(4) Dengan melengkapi gawai proteksi arus sisa yang tepat, dapat menghindari kegagalan pengamanan atau sistem,

(5) Kelima, hindari kelebihan beban pada konduktor agar tidak timbul panas pada instalasi.

Untuk mencegah timbulnya api disarankan agar: Dilakukan penertiban mutu perlengkapan listrik yang ada dipasaran, Penyuluhan secara terus menerus lewat berbagai kesempatan, seminar, media massa, media elektronik dan sebagainya.

2.2. TUJUAN PEMBELAJARAN

2.2.1. Tujuan Pembelajaran Umum

Melalui pembelajaran dan pelatihan dalam materi ini diharapkan peserta memahami dengan baik pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan Listrik di tramsmisi listrik sesuai dengan standar yang berlaku.

2.2.2. Tujuan Pembelajaran Khusus

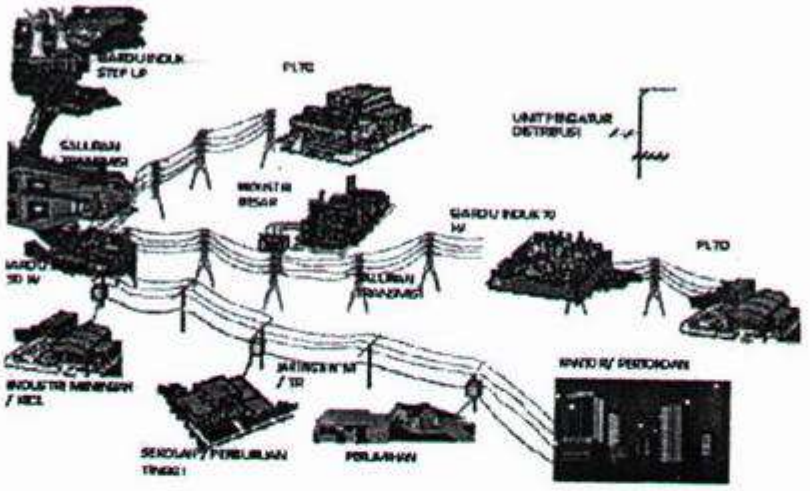
Melalui program pembelajaran ini peserta diharapkan dapat :

a. Menjelaskan dasar hukum dan standar pemasangan transmisi
b. Memeriksa kelengkapan dokumen gambar
c. Memeriksa kondisi lingkungan
d. Memeriksa prosedur kerja dan APD
e. Memeriksa dan menguji perlengkapan dan peraltan transmisi
f. Memeriksa lay out instalasi pemasangan
g. Membuat laporan pemasangan

2.3. Sistem tenaga listrik

Dalam sepuluh tahun terakhir ini, masalah listrik menjadi polemik yang berkepanjangan dan telah memunculkan multi implikasi yang sangat kompleks di berbagai aspek kehidupan, antara lain : keuangan, ekonomi, sosial, budaya, politik, danlain-lain. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa listrik telah menjadi bagian yang sangat penting bagi umat manusia. Oleh karenanya tak berlebihan bahwa listrik bisa dikatakan sebagai salah satu kebutuhan utama bagi penunjang dan pemenuhan kebutuhan hidup umat manusia. Beberapa tantangan besar yang dihadapi dunia pada masa kini, antara lain, bagaimana menemukan sumber energi baru, mendapatkan sumber energi yang pada dasarnya tidak akan pernah habis untuk masa mendatang, menyediakan energi di mana saja diperlukan, dan mengubah energi dari satu ke lain bentuk, serta memanfaatkannya tanpa menimbulkan pencemaran yang dapat merusak lingkungan hidup kita. Dibanding dengan bentuk energi yang lain, listrik merupakan salah satu bentuk energi yang praktis dan sederhana. Di samping itu listrik juga mudah disalurkan dari dan ke pada jarak yang berjauhan, mudah

didistribusikan untuk area yang luas, mudah diubah ke dalam bentuk energi lain, dan bersih (ramah lingkungan). Oleh karena itu, manfaat listrik telah dirasakan oleh masyarakat, baik pada kelompok perumahan, sosial, bisnis atau perdagangan, industri dan publik. Tenaga listrik sebagai bagian dari bentuk energi dan cabang produksi yang penting bagi negara sangat menunjang upaya dalam memajukan dan mencerdaskan bangsa. Sebagai salah satu hasil pemanfaatan kekayaan alam yang menguasai hajat hidup orang banyak, tenaga listrik perlu dipergunakan untuk kesejahteraan dan kemakmuran rakyat. Yang dimaksud dengan sistem tenaga listrik adalah sekumpulan pusat listrik dan gardu induk (pusat beban) yang satu dengan yang lain dihubungkan oleh jaringan transmisi dan distribusi sehingga merupakan sebuah satu kesatuan yang terinterkoneksi. Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama, yaitu: pusat pembangkit listrik, saluran transmisi, dan sistem distribusi. Suatu sistem distribusi menghubungkan semua beban yang terpisah satu dengan yang lain kepada saluran transmisi. Hal ini terjadi pada gardu-gardu induk (*substation*) di mana juga dilakukan transformasi tegangan dan fungsi-fungsi pemutusan (*breaker*) dan penghubung beban (*switching*). Gambar 1 memperlihatkan sistem tenaga listrik mulai dari pembangkit sampai ke pengguna/pelanggan.



Gambar 1. Sistem tenaga listrik

Tegangan pada generator besar biasanya berkisar di antara 13,8 kV dan 24 kV. Tetapi generator besar yang modern dibuat dengan tegangan bervariasi antara

18kV dan 24 kV. Tegangan generator dinaikkan ke tingkat yang dipakai untuk transmisi, yaitu 115 kV dan 765 kV. Tegangan tinggi standar (*high voltage, HV standard*) di luar negeri adalah 70 kV, 150 kV, dan 220 kV. Tegangan tinggi-ekstra standar (*extra high voltage, HV standard*) adalah 500 kV dan 700 kV.

Keuntungan transmisi (*transmission capability*) dengan tegangan lebih tinggi akan menjadi jelas jika kita melihat pada kemampuan transmisi (*transmission capability*) suatu saluran transmisi. Kemampuan ini biasanya dinyatakan dalam Mega-Volt-Ampere (MVA). Tetapi kemampuan transmisi dari suatu saluran dengan tegangan tertentu tidak dapat diterapkan dengan pasti, karena kemampuan ini masih tergantung lagi pada batasan-batasan termal dari penghantar, jatuh tegangan (*drop voltage*) yang diperbolehkan, keandalan, dan persyaratan kestabilan sistem.

Penurunan tegangan dari tingkat transmisi pertama-tama terjadi pada gardu induk bertenaga besar, di mana tegangan diturunkan ke daerah antara 70 kV dan 150 kV, sesuai dengan tegangan saluran transmisinya. Beberapa pelanggan yang memakai tenaga untuk keperluan industri sudah dapat dicatu dengan tegangan ini. Penurunan tegangan berikutnya terjadi pada gardu distribusi primer, di mana tegangan diturunkan lagi menjadi 1 sampai 30 kV. Tegangan yang lazim digunakan pada gardu-distribusi adalah 20.000 V antar-fasa atau 11.500 V antara fasa ke tanah. Tegangan ini biasanya dinyatakan sebagai 20.000 V/11.500 V. Sebagian besar beban untuk industri dicatu dengan sistem distribusi primer, yang mencatu transformator distribusi. Transformator-transformator ini menyediakan tegangan sekunder pada jaringan tegangan rendah tiga-fasa empat-kawat untuk pemakaian di rumah-rumah tempat tinggal. Standar tegangan rendah yang digunakan adalah 380 V antara antar fasa dan 220V di antara masing-masing fasa dengan tanah, yang dinyatakan dengan 220/380 V.

Dalam rangka meningkatkan pembangunan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan di sektor ketenagalistrikan, diperlukan upaya untuk secara optimal dan efisien memanfaatkan sumber energi domestik serta energi yang bersih dan ramah lingkungan, dan teknologi yang efisien guna menghasilkan nilai tambah untuk pembangkitan tenaga listrik sehingga menjamin tersedianya tenaga listrik

yang diperlukan. Demikian juga dalam upaya memenuhi kebutuhan tenaga listrik lebih merata, adil, dan untuk lebih meningkatkan kemampuan negara dalam hal penyediaan listrik, dapat diberikan kesempatan yang seluas-luasnya kepada semua pihak, baik Badan Usaha Milik Negara, Badan Usaha Milik Daerah, Koperasi atau Swasta untuk menyediakan tenaga listrik.

Kompetisi usaha penyediaan tenaga listrik dalam tahap awal diterapkan pada sisi pembangkitan dan di kemudian hari sesuai dengan kesiapan perangkat keras dan perangkat lunaknya akan diterapkan di sisi penjualan. Hal ini dimaksudkan agar konsumen listrik memiliki pilihan dalam menentukan pasokan tenaga listriknya yang menawarkan harga paling bersaing dengan mutu dan pelayanan lebih baik. Demikian juga kewajiban pengusaha dan masyarakat yang menggunakan tenaga listrik, juga diatur sanksi terhadap tindak pidana yang menyangkut ketenagalistrikan mengingat sifat bahaya dari tenaga listrik dan akibat yang ditimbulkannya. Di samping itu, untuk menjamin keselamatan manusia di sekitar instalasi, keselamatan pekerja, keamanan instalansi dan kelestarian fungsi lingkungan, usaha penyediaan tenaga listrik dan pemanfaatan tenaga listrik harus memenuhi ketentuan mengenai keselamatan ketenagalistrikan.

Beberapa permasalahan di bidang ketenagalistrikan bila dilihat dari sisi pemanfaatan listrik juga banyak ditemukan instalasi tenaga listrik yang digunakan masih banyak yang belum memenuhi standar dan peralatan listrik yang beredar di masyarakat banyak yang sub-standar. Di sisi lainnya, perancangan, pembangunan, pemasangan, pengujian, pengoperasian dan pemeliharaan instalasi tenaga listrik dilakukan oleh tenaga teknik yang belum bersertifikat. Oleh karena itu, kebijakan-kebijakan menyangkut sektor ketenagalistrikan (restrukturisasi) seharusnya menjadi perhatian dan memperoleh dukungan semua pihak baik pemerintah maupun masyarakat.

Agar sektor ketenagalistrikan dapat menyediakan tenaga listrik yang andal, aman, memperhatikan lingkungan, efisien dan tetap menjaga nilai aset milik negara, maka dilakukan regulasi. Kerangka Regulasi meliputi;

1) aspek keteknikan,
2) peraturan keselamatan ketenagalistrikan,

3) persiapan penataan struktural,
4) persiapan pemenuhan standar lingkungan,
5) standar teknis untuk keandalan dan efisiensi sistem,
6) aturan operasi sistem, dan
7) program nasional.

Regulasi aspek keteknikan, ***pertama*** pada sisi instalasi tenaga listrik meliputi;

1) semua fasilitas yang dipergunakan untuk pembangkitan, transmisi, distribusi dan pemanfaat tenaga listrik,
2) rancangan,konstruksi,pengujian, pemeliharaan,pengoperasian, *repower* instalasi tenaga listrik atau bagian-bagianya harus mengacu standar dan peraturan,

kedua, dari sisi peralatan dan pemanfaat tenaga listrik, meliputi: 1) Peralatan listrik yang dijual dan instalasi tenaga listrik yang dibangun pada atau setelah tahun 2005 harus memenuhi spesifikasi teknik, standar kinerja dan keselamatan. 2) Setelah tahun 2010 (termasuk yang dibangun sebelum tahun 2005) wajib memenuhi standar, dan 3) Peralatan pemakai tenaga listrik yang terhubung ke jaringan wajib memenuhi persyaratan untuk menjaga faktor daya.

Persyaratan Umum Instalasi Listrik harus mengacu pada PUIL-2010, sebagai acuan dalam perancangan, pemasangan, pengamanan dan pemeliharaan instalasi di dalam bangunan. Peraturan Instalasi Ketenagalistrikan untuk perancangan instalasi mengacu SNI, IEC, PUIL atau Standar lain berdasarkan "*the best engineering practies*" dan dilakukan oleh Perusahaan Jasa Perancangan Teknik yang telah disertifikasi. Peraturan Instalasi ketenagalistrikan untuk bidang konstruksi, dilaksanakan oleh perusahaan jasa konstruksi bidang ketenagalistrikan yang telah di sertifikasi. Hasil konstruksi/pemasangan perlu diinspeksi oleh inspektur (perorangan) atau perusahaan jasa inspeksi teknik. Testing atau pengujian dilakukan untuk memastikan dan menjamin instalasi tenaga listrik telah memenuhi standar keselamatan dan standar unjuk kerja. Testing ini dilakukan oleh lembaga/perusahaan jasa inspeksi teknik yang telah diakreditasi.

Operasi dan Pemeliharaan Instalasi, merupakan tanggung jawab setiap pemilik dan perusahaan O & M, dan dilakukan oleh tenaga teknik yang memenuhi persyaratan sesuai peraturan yang ada, diinspeksi secara berkala sesuai dengan persyaratan pelaporan operasi dan pemeliharaan.

Pelarangan memproduksi, mengimpor atau mengedarkan peralatan/pemanfaat listrik yang tidak memiliki "label keselamatan dan/atau label efisien". Penerapan sanksi yang jelas dan tegas terhadap pelanggaran. Peraturan Tenaga Teknik Sektor Ketenagalistrikan. Tujuan sertifikasi tenaga teknik :

a. Klasifikasi tenaga teknik sesuai kualifikasi.
b. Memastikan pekerjaan dilaksanakan oleh tenaga teknik yang kompeten.
c. Memastikan tenaga teknik yang bekerja di dalam negeri bersertifikasi.
d. Menjamin tersediannya tenaga teknik
e. Tenaga Teknik untuk Usaha Penunjang Tenaga Listrik.
f. Kualifikasinya ditentukan menurut standar kompetensi.
g. Sertifikasi dilakukan oleh Organisasi Profesi yang berakreditasi.

Organisasi Profesi Tenaga Teknik dibentuk untuk membantu membuat atau menetapkan, mengimplementasikan dan mengevaluasi program akreditasi dan sertifikasi personil atau pengembangan kurikulum dan program pendidikan dan pelatihan. Jasa Pendidikan dan Pelatihan mencakup usaha menciptakan sumber daya manusia yang berkualifikasi, menyiapkan SDM agar lulus sertifikasi, yang dilakukan oleh lembaga diklat yang terakreditasi.

Liberalisasi perdagangan telah mengubah tatanan dunia kerja menjadi baru. Dunia kerja yang baru tidak lagi dibatasi oleh pagar-pagar geografis atau ideologi bahkan telah tercipta suatu keadaan di mana barang dan jasa sejenis akan mengacu pada suatu standar yang secara umum sama tetapi mempunyai kekhususan tertentu dari setiap produsen. Daya saing suatu bangsa ditentukan oleh kualitas sumber daya manusianya dan sangat erat kaitannya dengan kompetensi kerja. Sertifikasi kompetensi membuka peluang lebih besar bagi pekerja untuk mendapatkan pekerjaan sesuai dengan kompetensinya dan menjadi kompetitif baik di pasar tenaga kerja dalam maupun luar negeri.

Tujuan sertifikasi kompetensi adalah untuk memberi kerangka pembangunan kompetensi tenaga kerja Indonesia yang harmonis dan digunakan sebagai acuan bagi seluruh sektor, untuk menghasilkan tenaga kerja Indonesia yang kompeten, profesional dan kompetitif. Terciptanya sistem standarisasi dan sertifikasi kompetensi kerja nasional yang efisien dan efektif diharapkan dapat menghasilkan:

a. Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) yang bermutu serta selaras dengan Standar Internasional untuk kebutuhan jaminan mutu internal dan kesepakatan perdagangan dalam usaha manufaktur maupun jasa.
b. Sistem penerapan standar yang dapat menunjang peningkatan efisiensi dan produktivitas.
c. Keunggulan kompetitif tenaga kerja Indonesia di pasar global
d. Informasi standarisasi kompetensi yang diperlukan oleh pelaku usaha, pemerintah dan konsumen dalam rangka meningkatkan daya saing perdagangan domestik maupun internasional.
e. Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) yang bermutu serta selaras dengan Standar Internasional untuk kebutuhan jaminan mutu internal dan kesepakatan perdagangan dalam usaha manufaktur maupun jasa.
f. Sistem penerapan standar yang dapat menunjang peningkatan efisiensi dan produktivitas.
g. Keunggulan kompetitif tenaga kerja Indonesia di pasar global
h. Informasi standarisasi kompetensi yang diperlukan oleh pelaku usaha, pemerintah dan konsumen dalam rangka meningkatkan daya saing perdagangan domestik maupun internasional.

Undang-undang No. 15 Tahun 1985, pasal 15, ayat (1) menyatakan bahwa pemegang kuasa usaha ketenagalistrikan dan pemegang izin usaha ketenagalistrikan untuk kepentingan umum wajib: (1) menyediakan tenaga listrik, (2) memberikan pelayanan yang sebaik-baiknya kepada masyarakat, dan (3) memperhatikan keselamatan kerja dan keselamatan umum. Pada pasal 17 disebutkan bahwa syarat-syarat penyediaan, pengusahaan, pemanfaatan instalasi, dan standarisasi ketenagalistrikan diatur oleh Pemerintah. Tugas

Pemerintah seperti disebutkan dalam pasal 18 antara lain, (1) melakukan pembinaan dan pengawasan umum terhadap pekerjaan dan pelaksanaan usaha ketenagalistrikan, dan (2) pembinaan dan pengawasan umum tersebut meliputi keselamatan kerja, keselamatan umum, pengembangan usaha, dan terciptanya standarisasi dalam bidang ketenagalistrikan.

Dalam Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 3 tahun 2005 sebagai perubahan PP No. 10 Tahun 1989 tentang penyediaan dan pemanfaatan tenaga listrik, khususnya pada pasal 21 disebutkan bahwa:

(a) Setiap usaha penyediaan tenaga listrik wajib memenuhi ketentuan keselamatan ketenagalistrikan,

(b) Ketentuan keselamatan ketenagalistrikan meliputi standarisasi, pengamanan instalasi tenaga listrik dan pengamanan pemanfaat tenaga listrik,

(c) Pekerjaan instalasi ketenagalistrikan untuk penyediaan dan pemanfaatan tenaga listrik harus dikerjakan oleh Badan Usaha Penunjang Tenaga Listrik yang disertifikasi oleh lembaga sertifikasi yang terakreditasi,

(d) Dalam hal di suatu daerah belum terdapat Badan Usaha Penunjang Tenaga Listrik yang telah disertifikasi, Menteri, Gubernur atau Bupati/Walikota sesuai kewenangannya dapat menunjuk Bada Usaha Penunjang Tenaga Listrik.

Sedangkan terkait dengan pemeriksaan instalasi, pada pasal 21 disebut-kan bahwa,

(a) Pemeriksaan dan pengujian instalasi penyediaan dan instalasi pemanfaatan tegangan tinggi (TT) dan tegangan menengah (TM) dilaksanakan oleh lembaga inspeksi teknik yang terakreditasi,

(b) Pemeriksaan instalasi pemanfaatan tegangan rendah (TR) oleh lembaga inspeksi independen yang sifat usahanya nirlaba,

(c) Pemeriksaan instalasi TR yang dimiliki oleh konsumen TT dan atau TM dilakukan oleh lembaga inspeksi teknik yang diakreditasi, dan

(d) Setiap lembaga teknik yang bekerja dalam usaha ketenagalistrikan wajib

memiliki sertifikat kompetensi.

Lingkup regulasi teknik mencakup dua aspek yaitu aspek insfrastruktur teknologi dan aspek keselamatan.

Aspek infrastruktur teknologi mengatur antara lain;

(a) persyaratan akreditasi dan sertifikasi,

(b) standardisasi sistem, instalasi, peralatan, lengkapan dan pemanfaat listrik serta lingkungan dan tenaga teknik,

(c) peningkatan komponen dalam negeri,

(d) peningkatan kualitas dan kuantitas,

(e) percepatan alih teknologi.

Sedangkan aspek keselamatan mengatur antara lain,

(a) penetapan standar dan pemberlakuannya,

(b) kelaikan instalasi tenaga listrik,

(c) kelaikan peralatan dan pemanfaatan listrik,

(d) kompetensi tenaga listrik, dan

(e) perlindungan lingkungan.

Acuan yang melandasi regulasi keteknikan sektor ketenagalistrikan antara lain peraturan perundang-undangan, standar peralatan dan pemanfaat tenaga listrik, standar kompetensi, baku mutu lingkungan, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011, inspeksi ketenagalistrikan dan sanksi-sanksi.

Pengembangan sumber daya manusia berbasis kompetensi sebagai suatu kebutuhan yang harus segera dipenuhi dalam mengikuti kemajuan teknologi yang semakin pesat. Tuntutan atas spesialisasi pekerjaan, dan persaingan global yang makin tajam yang memerlukan ketangguhan perusahaan dan kompetensi profesi. Dengan globalisasi yang bercirikan keterbukaan dan persaingan, membawa akibat, suatu ancaman dan sekaligus peluang bagi tenaga kerja di semua negara. Bagaimana mewujudkan tenaga kerja yang kompeten harus melalui proses sertifikasi profesi berdasarkan standar kompetensi yang berlaku secara internasional. Implikasinya lembaga penyedia tenaga kerja baik sekolah, politeknik, akademi, perguruan tinggi, maupun lembaga pendidikan dan latihan dituntut menyelenggarakan pendidikan profesi berbasis kompetensi.

Peraturan yang telah diberlakukan mengenai standarisasi kompetensi tenaga teknik ketenagalistrikan adalah Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) nomor 2052.K/40/MEM/ 2001 tanggal 28 Agustus 2001 tentang Standardisasi Kompetensi Tenaga Teknik Ketenagalistrikan, meliputi;

(1) Perumusan Standar Kompetensi,

(2) Akreditasi dan Sertifikasi Kompetensi,

(3) Pembinaan dan Pengawasan,

(4) Sanksi Administrasi, dan

(5) Ketentuan Peralihan.

Tujuan standardisasi kompetensi tenaga teknik adalah untuk:

(a) Menunjang usaha ketenagalistrikan dalam mewujudkan penyediaan tenaga listrik yang aman, andal dan akrab lingkungan,

(b) Mewujudkan peningkatan kompetensi tenaga teknik, dan

(c) Mewujudkan tertib penyelenggaraan pekerjaan pada usaha ketenaga-listrikan. Hampir semua Pembangkit Listrik yang dibangun diperuntukan untuk menghasilkan energi listrik, walaupun ada sebagian kasus dimana turbin pembangkitan listrik digunakan langsung untuk menggerakan mesin, seperti mesin penggilingan, maupun pompa air *(water supply system)*. Oleh karena itu perencanaan untuk aspek kelistrikan berperan sangat penting dalam sebuah proyek pembangkitan. Selain itu survey lapangan ke penduduk (konsumen) perlu dilakukan dengan akurat terutama mengenai peruntukan penggunaan listrik. Untuk keperluan produktif dimana akan digunakan motor listrik (beban induktif) misalnya, dibutuhkan generator dengan kemampuan menahan *starting current* yang besar. Topografi dan penyebaran penduduk berperan penting dalam menentukan panjangnya jaringan transmisi. Hal hal seperti itu diperlukan pengetahuan yang memadai sehingga perencanaan dan pelaksanaan dapat dilakukan dengan sesuai.

Penguasaan dasar-dasar kelistrikan, instalasi dan peraturan keselamatan merupakan hal pokok yang harus dimiliki oleh seorang perencana dan teknisi yang terlibat dalam implementasi kelistrikan sebuah pembangkitan.

Pada umumnya lokasi *power house* sebuah pembangkit listrik terletak cukup jauh dari pusat beban (konsumen). Oleh karena itu kebutuhan akan sistem transmisi dan distriubsi dalam hal ini akan diperlukan. Sistem transmisi perlu direncanakan dengan baik untuk memenuhi kriteria teknis, keamanan dan aspek ekonomi. Adapun beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan sistem distribusi adalah sebagai berikut;

- Maksimum variasi tegangan yang diijinkan dari tegangan tanpa beban dan beban penuh
- Maksimum kehilangan daya yang diijinkan
- Proteksi dari petir dan kerusakan lain
- Stabilitas struktur dalam keadaan angin kencang (atau dalam temperatur yang ekstrim; panas, dan hujan)
- Keamanan untuk manusia dan pekerjaan dekat dengan jaringan

2.3.1. Ruang lingkup pemasagan perlengkapan dan peralatan transmisi

Transmisi Merupakan suatu media yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga listrik dari *Generator Station*/Pembangkit Listrik sampai *Distribution Station (GI.*

2.3.1.1. Kapasitas tegangan

Kapasitas tegangan yang disalurkan transmisi adalah sebagai berikut:

SUTET (Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi) 200 – 500 Kv.

SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi) 30-150 kV

SKTT (Saluran Kabel Tegangan Tinggi) 30-150 kV

Tabel 1 mempelihatkan keuntungan dan permasalahan dari jenis kapasitas tegangan pada istem transmisi tenaga listrik.

Tabel 1. Keuntungan dan permasalahan jenis kapasitasn tegangan pada sistem transmisi

Jenis Tegangan	Keuntungan	Permasalahan
SUTET	Operasional efektif & Efisien (Penampang kawat direduksi)	Biaya tinggi (memerlukan lahan yang besar untuk pemasangan tower, masalah sosial)
SUTT	1 sirkuit terdiri dari sistem 3 atau 4 kawat, kawat netral diganti dengan tanah	Perawatan dan perbaikan di penghantar netral sulit
SKTT	Di pusat kota (Tidak mengganggu keindahan kota), karena ditanam dalam tanah	Mahal dalam instalasi & investasi, sulitnya melacak titik gangguan & perbaikannya

Pertimbangan penggunaan kabel bawah tanah:

a. Ditengah kota tidak mungkin kabel SUTT dipasang(sulit mendapatkan tanah untuk pemasangan tower)
b. Untuk ruang bebas karena padat bangunan.
c. Pertimbangan keamanan dan estetika.
d. Adanya permintaan dan pertumbuhan beban yang sangat tinggi.

2.3.1.2. Konduktor

- *Konduktor* penghubung

Konduktor penghubung digunakan sebagai penghubung konduktor pada tiang *tension*. Besar penampang, jenis bahan, dan jumlah konduktor pada *konduktor penghubung* disesuaikan dengan konduktor yang terpasang pada SUTT / SUTET tersebut.

Jarak konduktor penghubung dengan tiang diatur sesuai tegangan operasi dari SUTT / SUTET konduktor pada tiang *tension* SUTET umumnya dipasang *counter weight* sebagai pemberat agar posisi dan bentuk *konduktor penghubung* tidak berubah. Pada tiang tertentu perlu dipasang insulator *support* untuk menjaga agar jarak antara *konduktor penghubung* dengan tiang tetap terpenuhi.

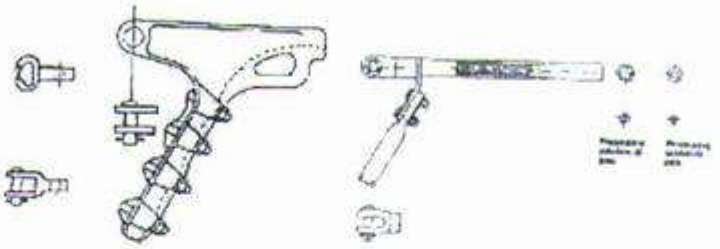
Untuk menjaga jarak dan pemisah antar konduktor konduktor penghubung pada konfigurasi 2 konduktor atau 4 konduktor perlu dipasang *twin spacer* ataupun *quad spacer*.

Klem konduktor penghantar digunakan untuk memegang konduktor penghantar terhadap insulator.

Umumnya terbuat dari campuran aluminium atau tembaga sesuai dengan kebutuhannya, dipergunakan untuk pengikat konduktor fasa pada insulator penegang pada tiang penegang.

Ada 2 (dua) macam klem penegang konduktor penghantar yang umumnya dipergunakan, yaitu :

- Klem penegang dengan mur baut (*strain clamp)*
- Klem penegang dengan *press*



Gambar 2. Klem penegang

Tabel 2, memperlihatkan jenis-jenis penghantar untuk transmisi tenaga listrik.

Tabel 2. Jenis penghantar transmisi

AAC	All – Alumunium Conductor, kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari Alumunium)
AAC	(All – Alumunium - Alloy Conductor, kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari campuran Alumunium).
ACSR	Alumunium Conductor , Steel-Reinforced, kawat penghantar Alumunium berisi kawat baja).
ACAR	(Alumunium Conductor-Alloy Reinforced, kawat penghantar Alumunium yang diperkuat dengan logam campuran)

2.3.1.3. Tower

- Tiang penegang (*tension tower*)

Tiang penegang disamping menahan gaya berat juga menahan gaya tarik dari konduktor-konduktor saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Ekstra Tinggi (SUTET). Tiang penegang terdiri dari : 2. Tiang sudut (*angle tower*)

- Tiang sudut adalah tiang penegang yang berfungsi menerima gaya tarik akibat perubahan arah Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Ekstra Tinggi (SUTET).
- Tiang khir (*dead end tower*)

Tiang akhir adalah tiang penegang yang direncanakan sedemikian rupa sehingga kuat untuk menahan gaya tarik konduktor-konduktor dari satu arah saja. Tiang akhir ditempatkan di ujung Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Ekstra Tinggi (SUTET) yang akan masuk ke *switch yard* Gardu Induk.

- Tiang penyangga (*suspension tower*)

Tiang penyangga untuk mendukung / menyangga dan harus kuat terhadap gaya berat dari peralatan listrik yang ada pada tiang tersebut.

- Tiang penyekat (*section tower*)

Yaitu tiang penyekat antara sejumlah *tower* penyangga dengan sejumlah *tower*

penyangga lainnya karena alasan kemudahan saat pembangunan (penarikan konduktor), umumnya mempunyai sudut belokan yang kecil.

- Tiang Transposisi

Adalah tiang penegang yang berfungsi sebagai tempat perpindahan letak susunan phasa konduktor-konduktor Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET).

- Tiang Portal (*gantry tower*)

Yaitu *tower* berbentuk portal digunakan pada persilangan antara dua saluran transmisi yang membutuhkan ketinggian yang lebih rendah untuk alasan tertentu (bandara, tiang *crossing*). Tiang ini dibangun di bawah saluran transmisi eksisting.

- Tiang Kombinasi (*combined tower*)

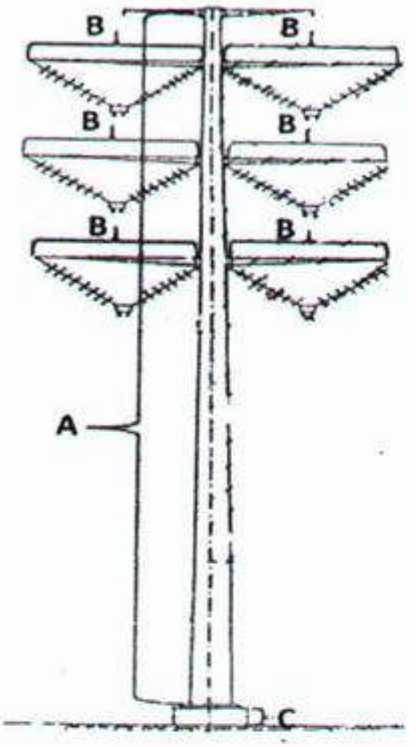
Yaitu *tower* yang digunakan oleh dua buah saluran transmisi yang berbeda tegangan operasinya.

- Tiang pole

Konstruksi SUTT dengan tiang beton atau tiang baja, pemanfaatannya digunakan pada perluasan SUTT dalam kota yang padat penduduk dan memerlukan lahan relatif sempit.

Berdasarkan materialnya, terbagi menjadi :

- Tiang pole baja
- Tiang pole beton



Gambar 3. Tower tiang pole beton

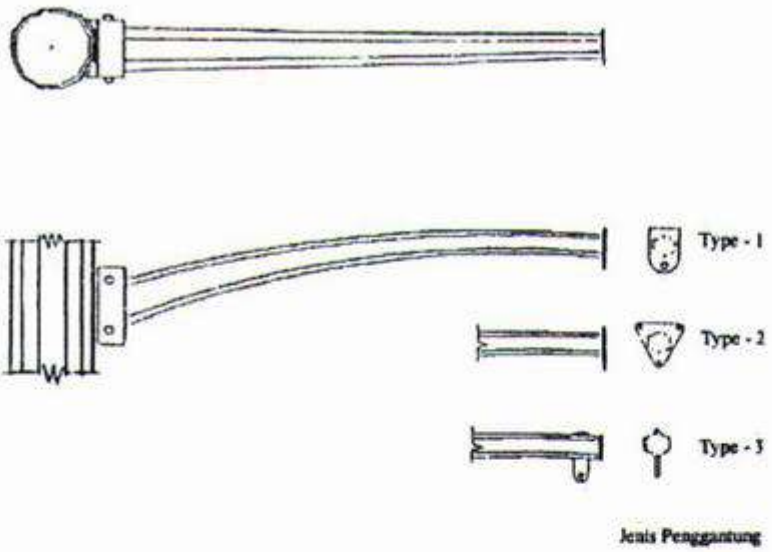
Bagian utama dari tiang *pole* yang berfungsi sebagai penopang dari palang dan insulator. Untuk pemakaian pada saluran dengan jarak rentang yang panjang (menyeberang sungai, lembah dan sebagainya), digunakan tiang khusus yang konstruksi dan dimensinya dibuat lebih besar serta lebih kuat dari pada jenis tiang yang standar.

Tiang baja terbuat dari *high steel* yang berpenampang poligonal atau bulat, sedangkan tiang beton terbuat dari beton pra-tekan berpenampang bulat.

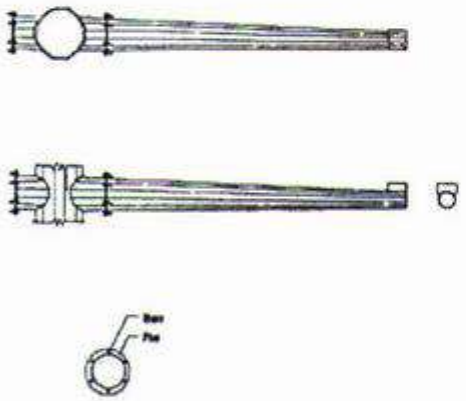
- **Palang (*travers*)**

Jenis palang yang digunakan :

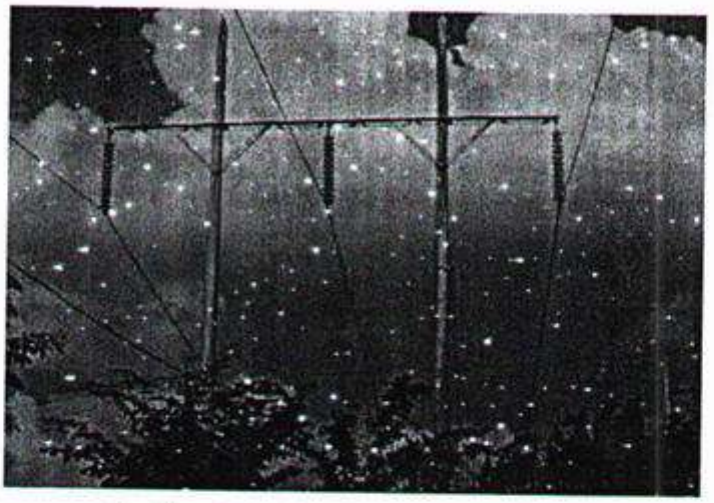
- palang poligonal lengkung (davit)



Palang poligonal lurus Traverse davit dan Traverse poligonal lurus dipergunakan untuk SUTT tiang tunggal. Sedangkan untuk SUTT tiang ganda menggunakan traverse lurus.



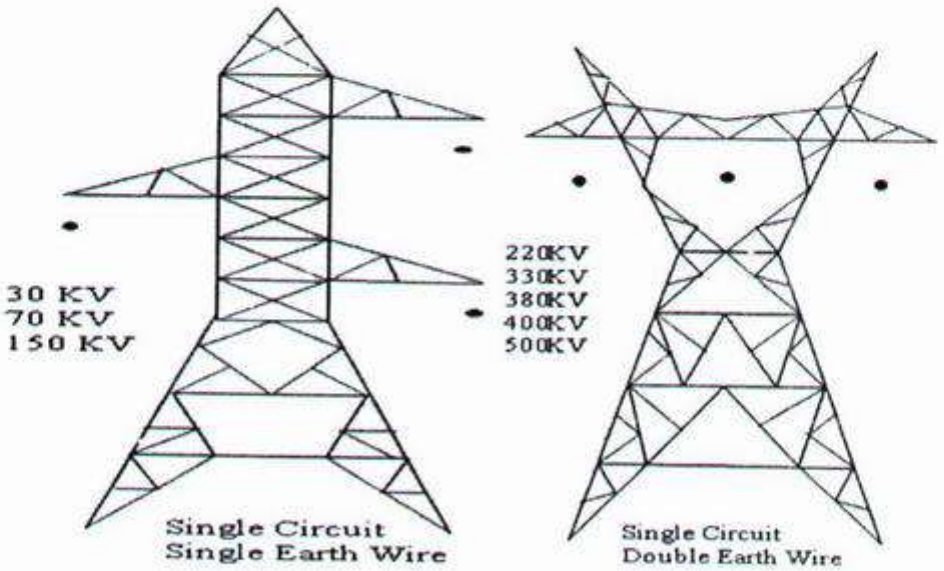
Gambar 4. Traves



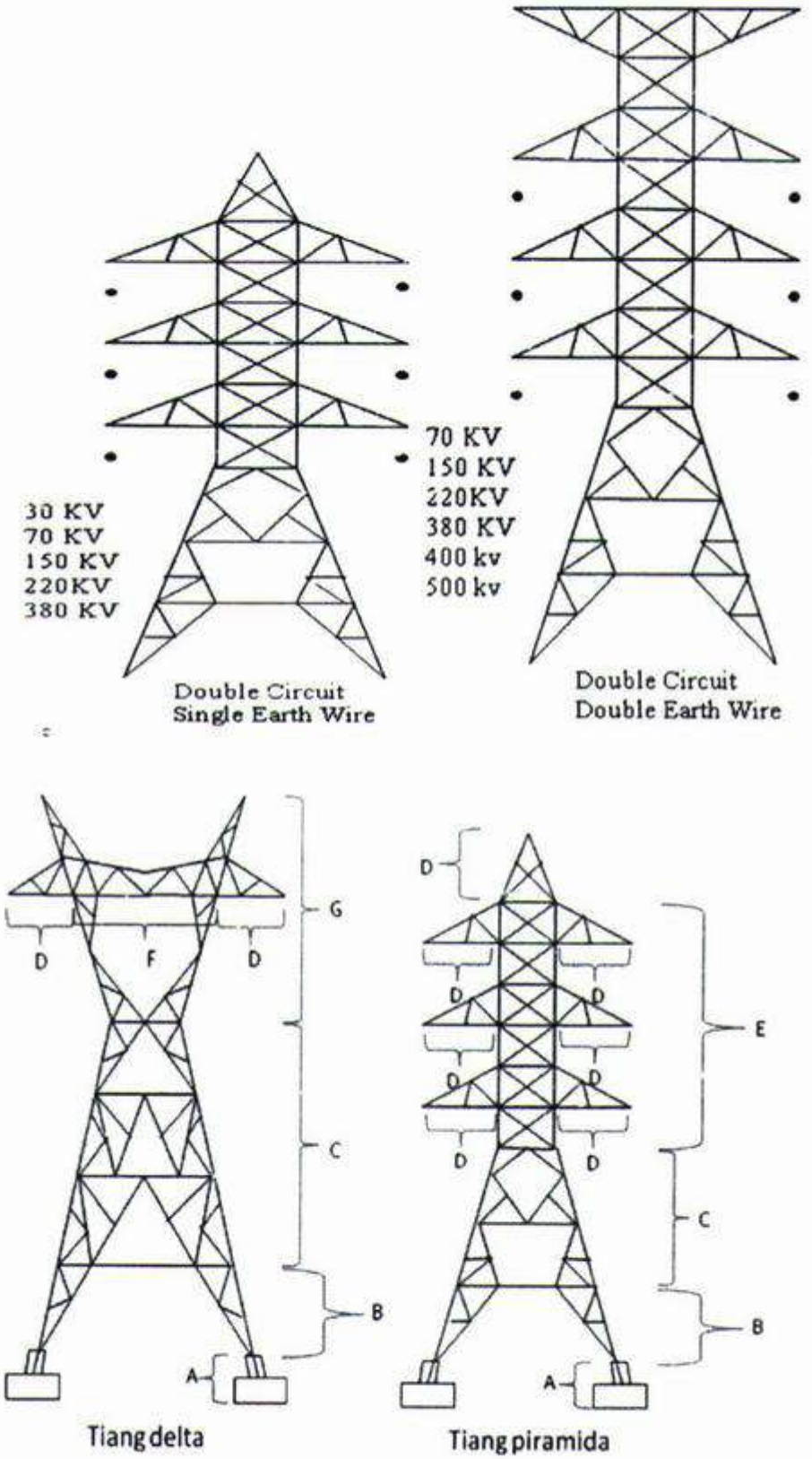
Gambar 5. Aplikasi pemasangan Traves Lurus

- Tiang kisi-kisi (*lattice tower)*

Terbuat dari baja profil, disusun sedemikian rupa sehingga merupakan suatu menara yang telah diperhitungkan kekuatannya disesuaikan dengan kebutuhannya. Berdasarkan susunan / konfigurasi penghantarnya dibedakan menjadi 3 (tiga) kelompok besar, yaitu :



Gambar 6. Tiang Delta dan Zig-Zag tower



Gambar 7. Tiang Piramida

2.3.1.4. Proteksi Petir

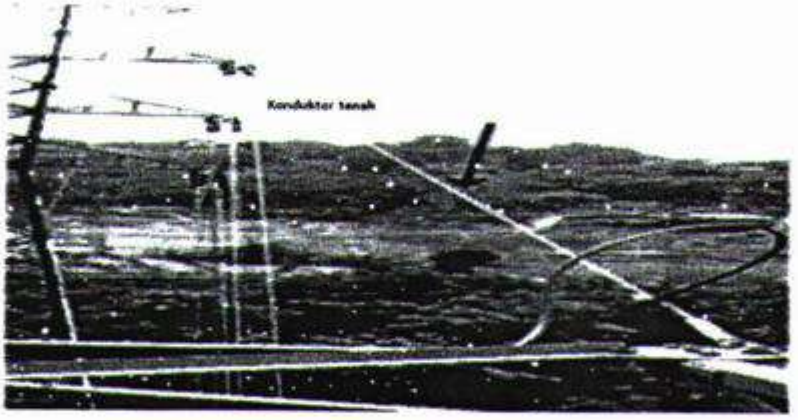
SUTET merupakan instalasi penting yang menjadi target mudah (*easy target*) bagi sambaran petir karena strukturnya yang tinggi dan berada pada lokasi yang terbuka. Sambaran petir pada SUTT / SUTET merupakan suntikan muatan listrik. Suntikan muatan ini menimbulkan kenaikan tegangan pada SUTT / SUTET, sehingga pada SUTT / SUTET timbul tegangan lebih berbentuk gelombang impuls dan merambat ke ujung-ujung SUTT / SUTET. Tegangan lebih akibat sambaran petir sering disebut surja petir. Jika tega ngan lebih surja petir tiba di GI, maka tegangan lebih tersebut akan merusak isolasi peralatan GI. Oleh karena itu, perlu dibuat alat pelindung agar tegangan surja yang tiba di GI tidak melebihi kekuatan isolasi peralatan GI.

- **Komponen proteksi petir**

- Konduktor Tanah (*Earth Wire*)

Media untuk melindungi konduktor fasa dari sambaran petir. Konduktor ini dipasang di atas konduktor fasa dengan sudut perlindungan yang sekecil mungkin, dengan anggapan petir menyambar dari atas konduktor. Namun, jika petir menyambar dari samping maka dapat mengakibatkan konduktor fasa tersambar dan dapat mengakibatkan terjadinya gangguan.

Konduktor tanah terbuat dari baja yang sudah digalvanis, maupun sudah dilapisi dengan aluminium. Pada SUTET yang dibangun mulai tahun 1990an, di dalam *ground wire* difungsikan *fiber optic* untuk keperluan telemetri, teleproteksi maupun telekomunikasi yang dikenal dengan OPGW (*Optic Ground Wire*), sehingga mempunyai beberapa fungsi.



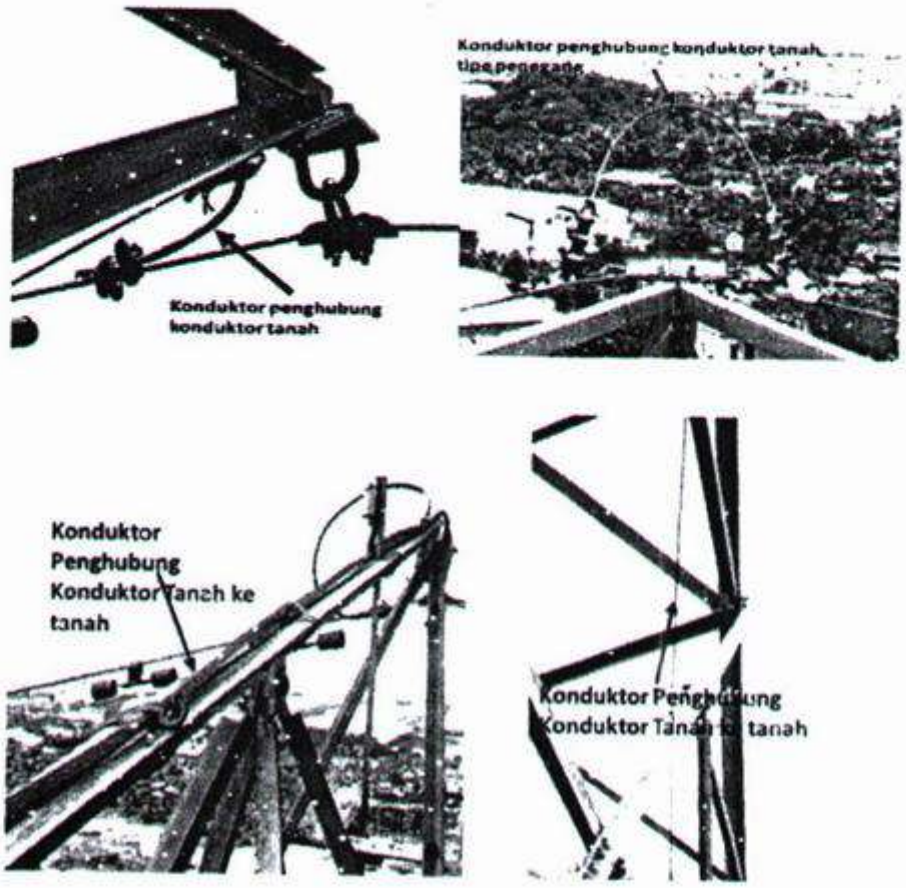
Gambar 8. Konduktor tanah

Jumlah konduktor tanah pada SUTT maupun SUTET paling sedikit ada satu buah di atas konduktor fasa, namun umumnya dipasang dua buah. Pemasangan satu buah konduktor tanah untuk dua penghantar akan membuat sudut perlindungan menjadi besar sehingga konduktor fasa mudah tersambar petir.

Pada tipe penegang, pemasangan konduktor tanah dapat menggunakan klem penegang dengan *press* dan klem penegang dengan mur baut. Sedangkan pada tipe penyangga digunakan *suspension clamp* untuk memegang konduktor tanah.

Untuk menjaga hubungan konduktor tanah dengan tiang, maka pada ujung travers konduktor tanah dipasang konduktor penghubung yang dihubungkan ke konduktor tanah. Konduktor penghubung terbuat dari konduktor tanah yang dipotong dengan panjang yang disesuaikan dengan kebutuhan.

Konduktor penghubung pada tipe penegang dipasang antara tiang dan konduktor tanah serta antar klem penegang konduktor tanah. Hal ini dimaksudkan agar arus gangguan petir dapat mengalir langsung ke tiang maupun antar konduktor tanah. Sedangkan pada tipe penyangga, konduktor penghubung dipasang pada tiang dan disambungkan ke konduktor tanah dengan klem jembatan ataupun dengan memasangnya pada *suspension clamp* konduktor tanah.



Gambar 9. Konduktor penghubung konduktor tanah

Ujung bagian atas konduktor ini dihubungkan langsung dengan konduktor tanah menggunakan klem jembatan atau dihubungkan dengan batang penangkap petir yang dipasang di atas tiang. Sedangkan ujung bagian bawahnya dihubungkan dengan pentanahan tiang. Dengan pemasangan konduktor penghubung diharapkan tidak terjadi arus balik yang nilainya lebih besar daripada arus sambaran petir yang sesungguhnya, sehingga gangguan pada transmisi dapat berkurang.

2.3.1.5. Grounding

Pentanahan tower adalah perlengkapan pembumian sistem transmisi yang berfungsi untuk meneruskan arus listrik dari tiang SUTT maupun SUTET ke tanah. Pentanahan tiang terdiri dari konduktor tembaga atau konduktor baja yang diklem pada pipa pentanahan yang ditanam di dekat pondasi tiang, atau

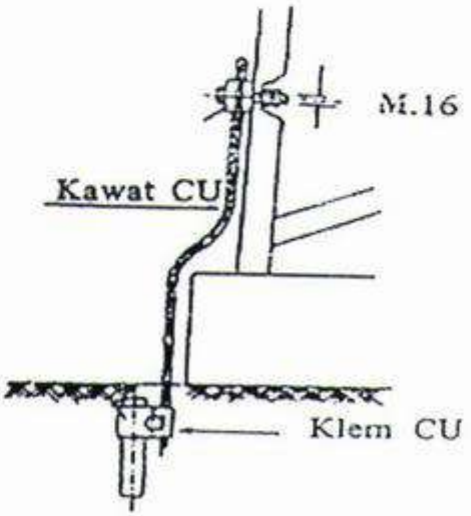
dengan menanam plat aluminium / tembaga disekitar pondasi tiang yang berfungsi untuk mengalirkan arus dari konduktor tanah akibat sambaran petir.

Jenis-jenis pentanahan tiang pada SUTT & SUTET :

- ***Electroda bar***, yaitu suatu rel logam yang ditanam di dalam tanah. Pentanahan ini paling sederhana dan efektif, dimana nilai tahanan tanah adalah rendah.
- ***Electroda plat***, yaitu plat logam yang ditanam di dalam tanah secara horisontal atau vertikal. Pentanahan ini umumnya untuk pengamanan terhadap petir.
- ***Counter poise electrode***, yaitu suatu konduktor yang digelar secara horisontal di dalam tanah. Pentanahan ini dibuat pada daerah yang nilai tahanan tanahnya tinggi atau untuk memperbaiki nilai tahanan pentanahan.
- ***Mesh electrode***, yaitu sejumlah konduktor yang digelar secara horisontal di tanah yang umumnya cocok untuk daerah kemiringan.

Komponen-komponen pentanahan tiang :

- Konduktor pentanahan, terbuat dari bahan yang konduktifitasnya besar.
- Klem pentanahan atau sepatu kabel.
- Batang pentanahan.
- Klem sambungan konduktor pentanahan.



Gambar 10. Jenis pentanahan tiang

2.3.1.6. Isolator

Isolator mempunyai peranan penting untuk mencegah terjadinya aliran arus dari konduktor phasa ke bumi melalui menara pendukung. Dengan demikian, isolator merupakan bagian penting dalam sistem transmisi energi listrik. Isolator yang dihasilkan harus keras, permukaannya halus/licin dan bebas dari sifat perembesan.

Isolator pada sistem transmisi tenaga listrik disni berfungsi untuk penahan bagian konduktor terhadap ground. Isolator disini bisanya terbuat dari bahan porseline, tetapi bahan gelas dan bahan isolasi sintetik juga sering digunakan disini. Bahan isolator harus memiiki resistansi yang tinggi untuk melindungi kebocoran arus dan memiliki ketebalan yang secukupnya (sesuai standar) untuk mencegah breakdown pada tekanan listrik tegangan tinggi sebagai pertahanan fungsi isolasi tersebut. Kondisi nya harus kuat terhadap goncangan apapun dan beban konduktor.

Insulator mempunyai ketahanan tegangan impuls petir pengenal dan tegangan kerja, tegangan tembus minimum sesuai tegangan kerja dan merupakan bahan isolasi yang diapit oleh logam sehingga merupakan kapasitor.

Kapasitansinya diperbesar oleh polutan maupun kelembaban udara di permukaannya. Apabila nilai isolasi menurun akibat dari polutan maupun kerusakan pada insulator, maka akan tejadi kegagalan isolasi yang akhirnya dapat menimbulkan gangguan.

Insulator harus mempunyai kuat mekanik guna menanggung beban tarik konduktor penghantar maupun beban berat insulator dan konduktor penghantar.

- Insulator Menurut Material
  1. Insulator keramik (porselen & gelas)
  2. Insulator porselen

Insulator porselen mempunyai keunggulan tidak mudah pecah, tahan terhadap cuaca. Dalam penggunaannya insulator ini harus di *glasur*. Warna *glasur* biasanya coklat, dengan warna lebih tua atau lebih muda. Hal itu juga berlaku untuk daerah dimana *glasur* lebih tipis dan lebih terang, sebagai contoh pada

bagian tepi dengan radius kecil.

Digunakan hanya untuk insulator jenis piring. Bagian gelas harus bebas dari lubang atau cacat lain termasuk adanya gelembung dalam gelas. Warna gelas biasanya hijau, dengan warna lebih tua atau lebih muda. Jika terjadi kerusakan insulator gelas mudah dideteksi.

Insulator non-keramik (kompcsit) terbuat dari bahan polimer. Insulator komposit dilengkapi dengan *mechanical load-bearing fiberglass rod*, yang diselimuti oleh *weather shed* polimer untuk mendapatkan nilai kekuatan eletrik yang tinggi.

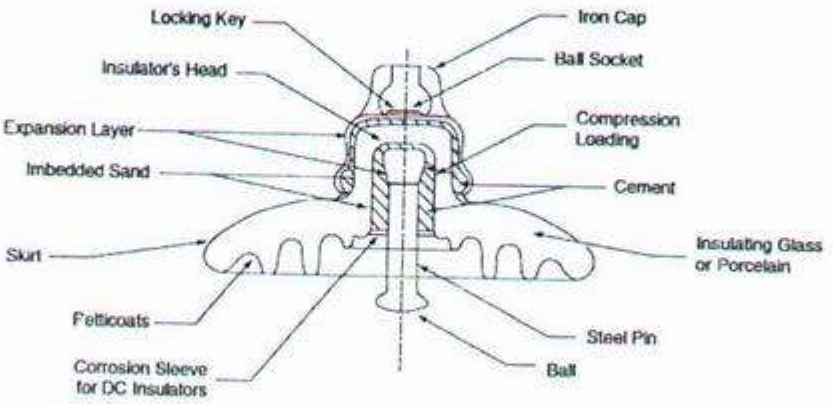
Jenis isolator yang sering digunakan pada saluran transmisi adalah jenis porselin atau gelas. Menurut penggunaan dan konstruksinya, isolator diklasifikasikan menjadi:

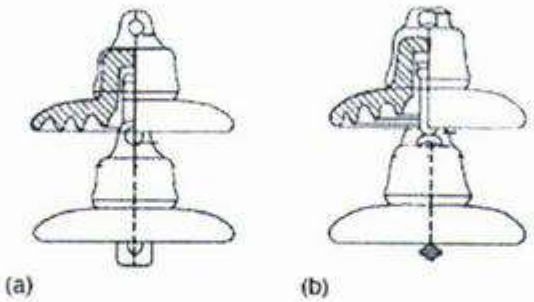
- isolator jenis pasak
- isolator jenis pos-saluran
- isolator jenis gantung

Gambar 11. Jenis-jenis isolator

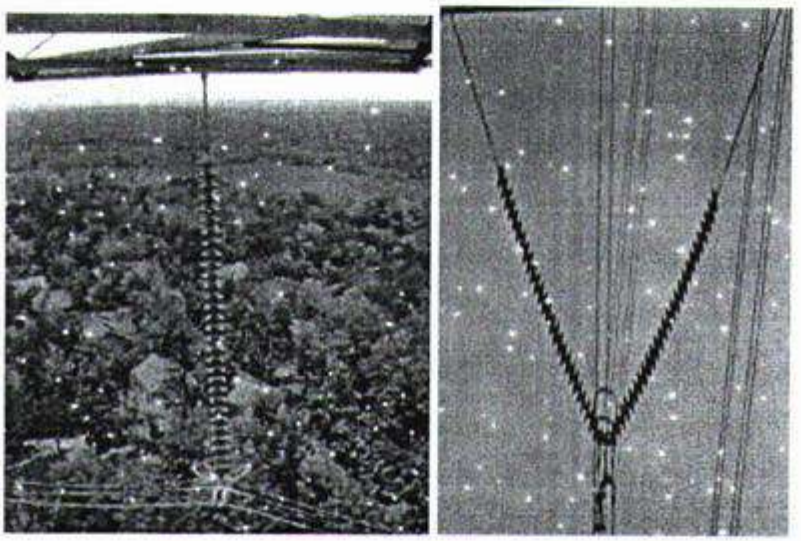
- **Isolator piring**

Dipergunakan untuk insulator penegang dan insulator gantung, dimana jumlah piringan insulator disesuaikan dengan tegangan sistem.

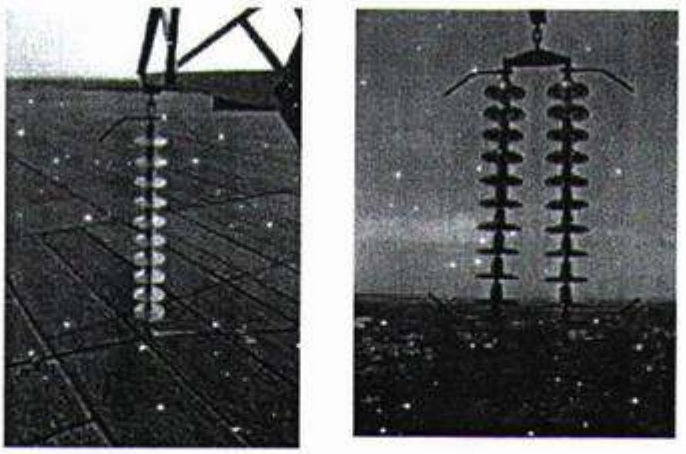




Gambar 12. Isolator Piring



Gambar 13. Gambar isolator tipe I dan V

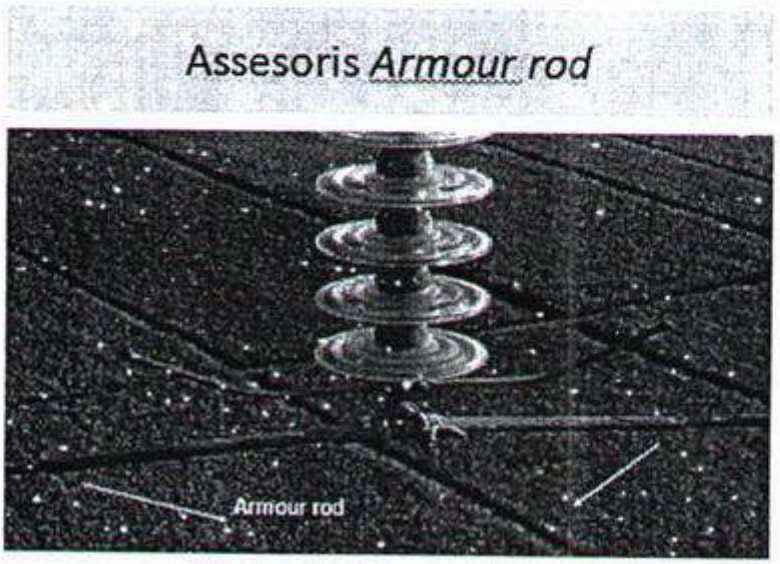


Gambar 14. Single dan Double isolator

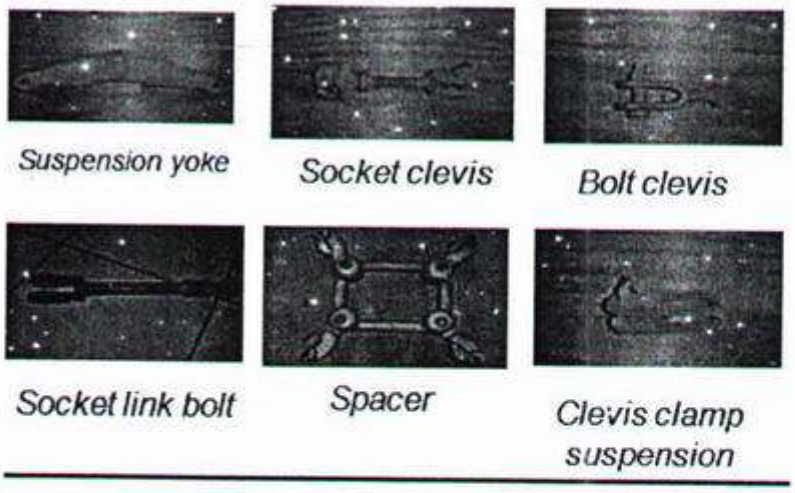
Isolasi udara berfungsi untuk mengisolasi antara bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan / ground dan antar fasa yang bertegangan

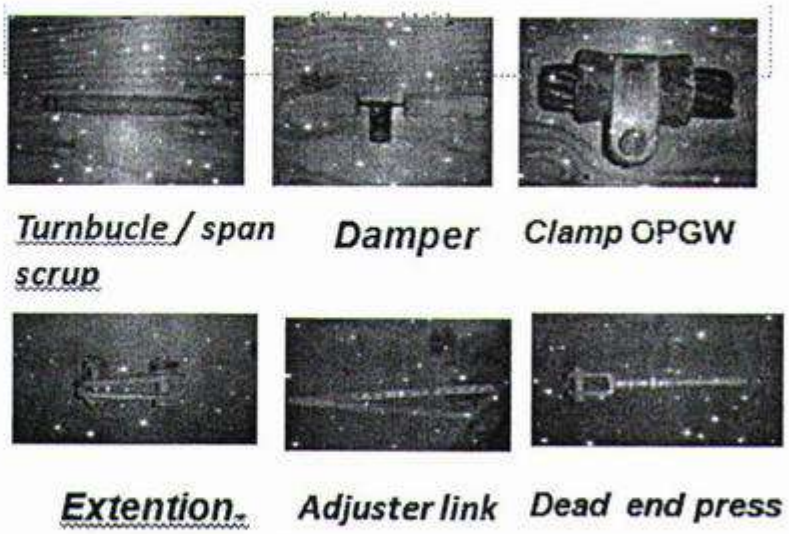
secara elektrik. Kegagalan fungsi isolasi udara disebabkan karena *breakdown voltage* yang terlampaui (jarak yang tidak sesuai, perubahan nilai tahanan udara, tegangan lebih).

2.3.1.7. Asesoris



Gambar 15. Armour rod





Gambar 16. Asesoris transmisi

2..4. **Cheklist pekerjaan pemasangan di transmisi tenaga listrik**

Pekerjaan pemasangan instalasi perlengkapan dan peralatan transmisi tenaga listrik meliputi :

- Instalasi listrik
- Perlengkapan listrik
- Peralatan listrik

Tabel 3 memperlihatkan daftar chek list untuk pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan transmisi tenaga listrik.

Tabel 3. Chek list pekerjaan pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan transmisi listrik

No.	Jenis Pekerjaan	Ya	Tidak
1.	Persiapan APD		
2.	Persiapan peralatan kerja		
3.	Pemasangan menara / tower		
4.	Penarikan kawat penghantar		
5.	Pemasangan gronding		
6.	Uji coba		

- Peralatan K3 dan APD (Alat Pelindung Diri)

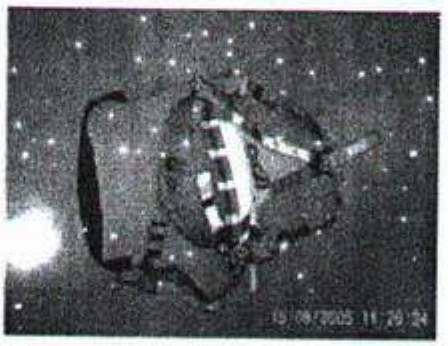
Fungsi APD adalah mengurangi akibat / resiko dari suatu kecelakaan APD bukan untuk mencegah kecelakaan, pemakaian apd tidak menjamin pemakaian bebas dari kecelakaan, karena :

- Kecelakaan ada sebabnya, pencegahan kecelakaan hanya bisa dilaksanakan jika sebab-sebab kecelakaan dihilangkan.
- Adanya gerakan tak sadar / reflek dari pemakainya.
- APD mempunyai kemampuan terbatas.

Peralatan-peralatan APD yang digunakan untuk pekerjaan pada tiang/transmisi antara lain:

1. Full body harness

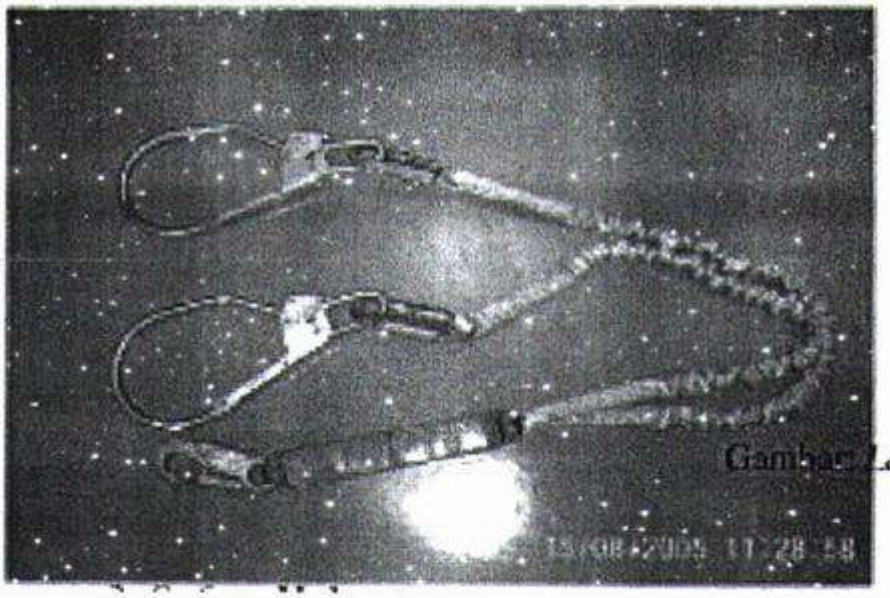
Berfungsi sebagai pengaman personil dari bahaya jatuh.



Gambar 17. Full body Harness

2. Layard

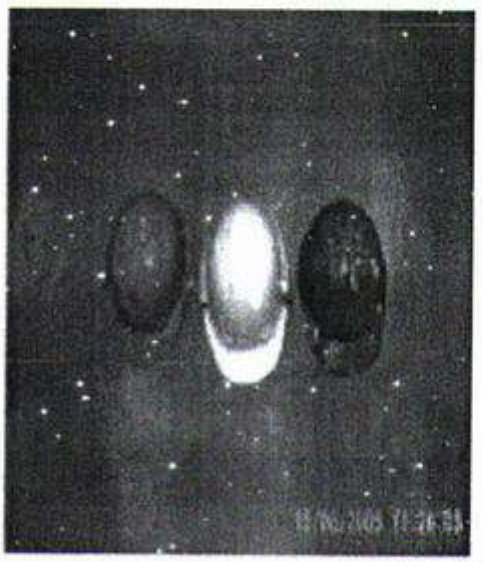
Berfungsi sebagai pengaman personil saat memanjat & menuruni tower.



Gambar 18. Layard

3. Safety Helmet

Berfungsi sebagai pelindung kepala dari benturan pada bagian keras dan benda jatuh.



Gambar 19. Safety Helmet

3. Safety Shoes

Berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya terbentur serta tertimpa material tajam.

Gambar 20. Safety Shooes

5. Sarung tangan kulit/katun

Berfungsi untuk melindungi tangan.

Gambar 21. Sarung tangan

6. Kacamata

Berfungsi untuk melindungi mata dari bahaya sinar ultraviolet langsung serta material kecil (debu).

Gambar 22. Kacamata

7. Keyker/Teropong

Berfungsi sebagai alat bantu visual untuk memeriksa bagian-bagian tower yang kurang jelas dari posisi jarak tertentu.

Gambar 23. Teropong

8. Peralatan komunikasi

Berfungsi sebagai alat komunikasi 2 (dua) arah.

Gambar 24. Peralatan komunikasi

Peralatan kerja yang dibutuhkan untuk pekerjaan pada tiang/transmisi menyesuaikan dengan jenis pekerjaan yang akan dilakukan. Pada praktek transmisi yang dilakukan oleh praktikan dilokasi praktek hanya melakukan simulasi memanjat tower/menara transmisi saja tanpa melakukan pekerjaan pemeliharaan ataupun penggantian komponen di tower. Apabila suatu saat dilakukan pekerjaan misalnya penggantian isolator suspense 150kV dengan metode Hot Stick dalam keadaan bertegangan maka langkah-langkah dan prosedur kerja serta hal penting yang harus diketahui adalah sebagai berikut:

- Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB)

Penggantian Isolator Suspensi pada SUTT 150 kV dengan Metode Hot Stick dalam keadaan bertegangan ini termasuk Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB). Dengan adanya PDKB ini, maka proses penggantian isolator pada SUTT tidak perlu dalam keadaan padam listrik. Sehingga kerugian material yang ditanggung PT.PLN dapat diminimalisir.

- Teknik Memanjat Tower Lattice

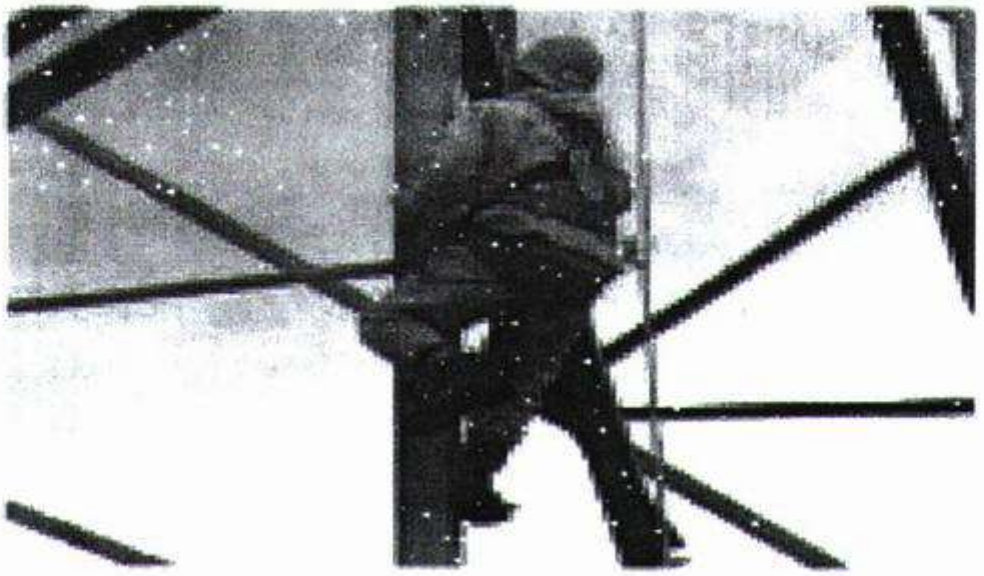
Untuk mengganti isolator suspensi pada suatu Tower Lattice, dibutuhkan kemampuan yang mumpuni dalam hal memanjat. Terdapat teknik tertentu untuk melakukan suatu pemanjatan. Petugas yang berwenang biasanya memanjat dengan menggunakan 2 (dua) cara yaitu :

- Pemanjatan tower melalui step bolt

Step bolt adalah salah satu peralatan tower yang berbentuk mur baut yang terpasang teratur mulai dari kaki tower sampai puncak tower untuk keperluan pemanjatan petugas ke tower bagian atas baik ke puncak tower, cross arm atau pada tempat lainnya.

- Pemanjatan tower melalui rangka diagonal

Dengan menggunakan lanyard petugas pemanjatan tower tidak harus melalui step bolt, dengan cara ini pemanjatan tower transmisi dapat dilakukan melalui rangka-rangka tower yaitu melalui diagonal dan leveler sampai ke tempat yang ditentukan untuk bekerja. Cara ini utamanya diperlukan apabila besi-besi step bolt yang mestinya terpasang tidak ada pada tempatnya sehingga pemanjatan melalui step bolt tidak dapat dilakukan dengan aman dan nyaman.



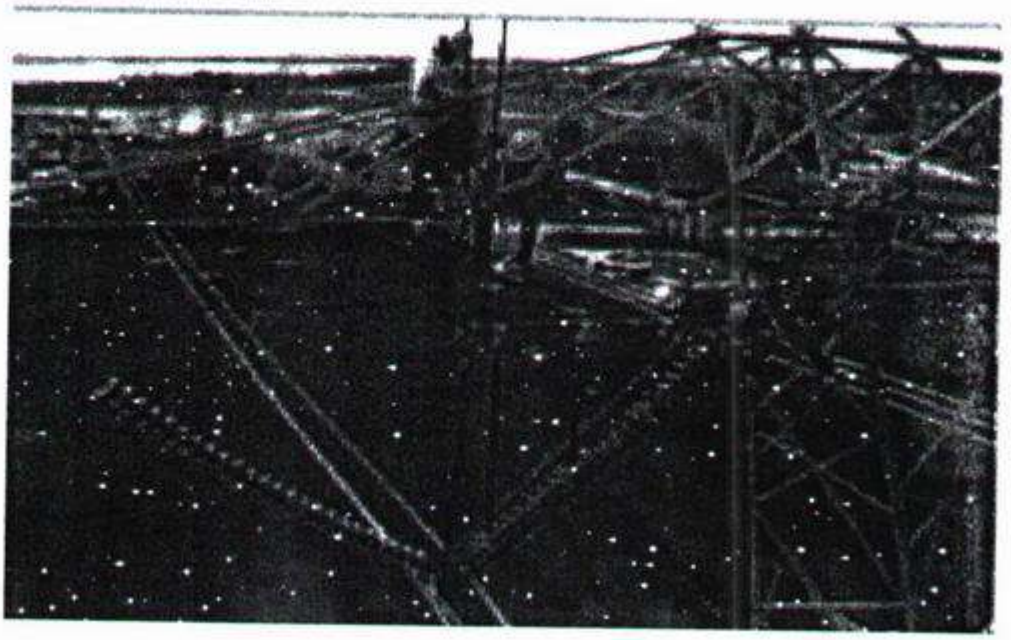
Gambar 25. Pemanjatan tower melalui rangka diagonal

Metode Penggantian Isolator

Secara umum, penggantian isolator pada SUTT dalam keadaan bertegangan dapat dilakukan dengan menggunakan 2 metode, yaitu metode Hot Stick dan metode Barehand. Keduanya akan dijelaskan pada subbab berikut.

- Metode Hot Stick

Metode ini merupakan metode yang pertama kali dilakukan untuk penggantian isolator dalam keadaan bertegangan. Pada metode ini, pekerja (linesman) tidak menyentuh peralatan yang bertegangan secara langsung dengan tangan. Melainkan dengan menggunakan peralatan-peralatan yang bersifat isolatif. Peralatan ini sengaja dibuat bersifat isolatif karena digunakan untuk memisahkan dua tegangan yang berbeda, yaitu tegangan kawat fasa dan tegangan orang yang mengganti isolator (ground). Dengan adanya peralatan ini dan jika melakukannya dalam jarak aman, maka dapat dipastikan orang yang melakukan pekerjaan penggantian isolator ini dalam keadaan aman.



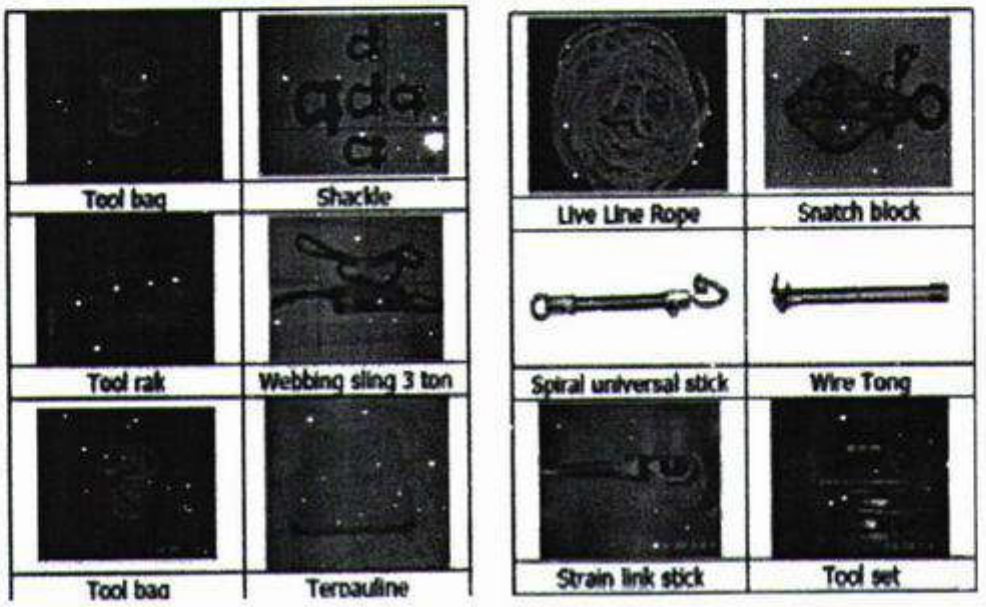
Gambar 26. Metode Hot Stick

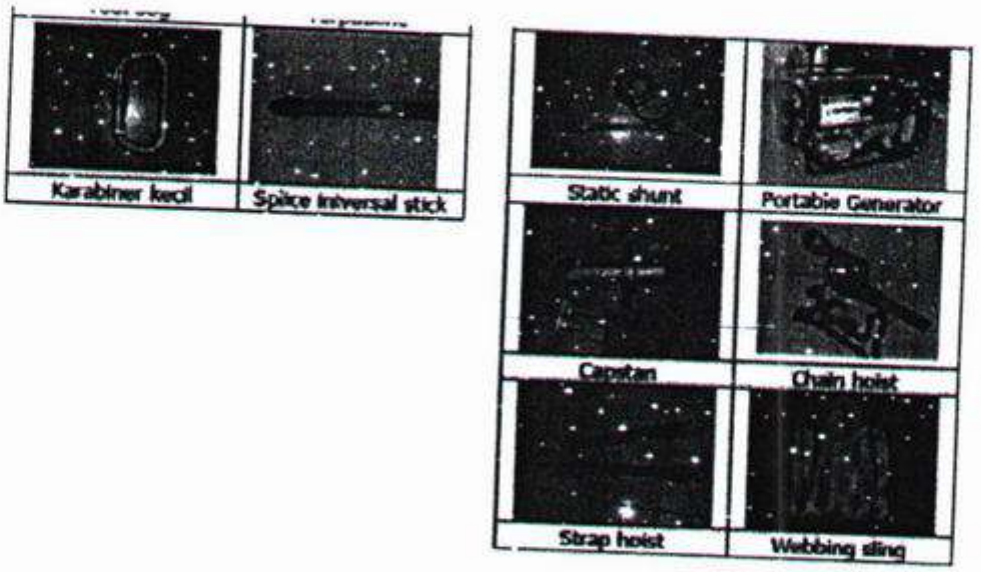
- Metode Barehand

Metode ini merupakan pengembangan dari metode Hot Stick. Digunakannya metode ini adalah karena penggunaan dari metode Hot Stick tidak efektif lagi untuk sistem transmisi dengan tegangan ekstra tinggi. Hal ini dikarenakan, semakin tinggi tegangan maka sistem isolasi juga akan semakin tebal. Semakin tebalnya sistem isolasi suatu peralatan, maka akan semakin berat pula peralatan tersebut untuk dibawa. Oleh karenanya, dikembangkanlah metode Barehand. Pada metode ini, pekerja (linesman) akan dialiri tegangan yang sama dengan tegangan kawat fasa. Samanya tegangan pada tubuh si pekerja dengan kawat fasa ini dikarenakan pekerja (linesman) ini menggunakan pakaian yang konduktif yang dapat mengalirkan tegangan.

Gambar 27 Metode Barehand

Metode ini didasari oleh konsep yang sederhana, yaitu merpati yang tidak mati walaupun hinggap di kawat transmisi. Merpati yang tidak tersengat listrik ini disebabkan karena kedua kaki dari merpati tersebut hanya berpijak pada satu kawat saja. Berbeda jika satu kaki merpati berpijak pada kawat fasa, dan kaki lainnya berpijak pada kawat ground, maka dapat dipastikan mati.





Gambar 28. Peralatan kerja pemasangan transmisi tenaga listrik

A. Pendirian Menara

Pendirian menara atau menara erection dilaksanakan setelah pondasi menara dinyatakan benar-benar mengeras. Biasanya jika pengecoran dalam keadaan normal (tidak menggunakan campuran adittive/untuk mempercepat pengerasan beton), pekerjaan pendirian menara baru dilaksanakan setelah umur pondasi mencapai 20 (dua puluh) hari sejak pengecoran selesai. Tahapan pelaksanaan pendirian menara adalah sebagai berikut : - Pemasangan stub (kaki menara) secara bertahap seksi demi seksi; - Pemasangan silang-silang (diagonal) menara; - Pemasangan travers dan pucuk menara.

Secara umum menara listrik terdiri dari :

- Stub, bagian paling bawah dari kaki menara, dipasang– bersamaan dengan pemasangan pondasi dan diikat menyatu dengan pondasi;
- Leg, kaki menara yang terhubung antara stub dengan badan– menara. Pada tanah yang tidak rata perlu dilakukan penambahan atau pengurangan tinggi leg, sedangkan body harus tetap sama tinggi permukaannya;
- Common Body, badan menara bagian bawah yang terhubung– antara leg dengan badan menara bagian atas (super structure). Kebutuhan tinggi menara dapat dilakukan dengan pengaturan tinggi common body

dengan cara penambahan atau pengurangan;

- Super structure, badan menara bagian atas yang terhubung– dengan common body dan cross arm kawat fasa maupun kawat petir. Pada menara jenis delta tidak dikenal istilah super structure namun digantikan dengan "K" frame dan bridge.
- Cross arm, bagian menara yang berfungsi untuk tempat– menggantungkan atau mengaitkan isolator kawat fasa serta clamp kawat petir. Pada umumnya cross arm berbentuk segitiga kecuali menara jenis tension yang mempunyai sudut belokan besar berbentuk segi empat. "K" frame, bagian menara yang terhubung antara common body– dengan bridge maupun cross arm.
- "K" frame terdiri atas sisi kiri dan kanan yang simetri. "K" frame tidak dikenal di menara jenis piramid.
- Bridge, penghubung antara cross arm kiri dan cross arm– tengah. Pada tengah-tengah bridge terdapat kawat penghantar fasa tengah. Bridge tidak dikenal di menara jenis piramida.

B. Penarikan Kawat Penghantar

Kegiatan penarikan kawat penghantar dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

- Pemasangan isolator dan peralatannya;
- Penarikan kawat konduktor, kawat penahan petir, dan kawat tanah;
- Penyetelan andongan dan tegangan tarik

Penarikan kawat penghantar (stringing) akan dilakukan dengan menggunakan alat pulling winches. Setelah itu kawat disetel agar kawat konduktor memiliki tegangan tarik sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 18 Tahun 2015 tentang Ruang Bebas dan Jarak Bebas Minimum Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi, Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi dan Saluran Udara Tegangan Tinggi Arus Searah Semua dikerjakan setelah seluruh menara didirikan dan insulator-insulator dipasang ditempatnya. Untuk pemasangan isolator pada cross arm menara dilakukan

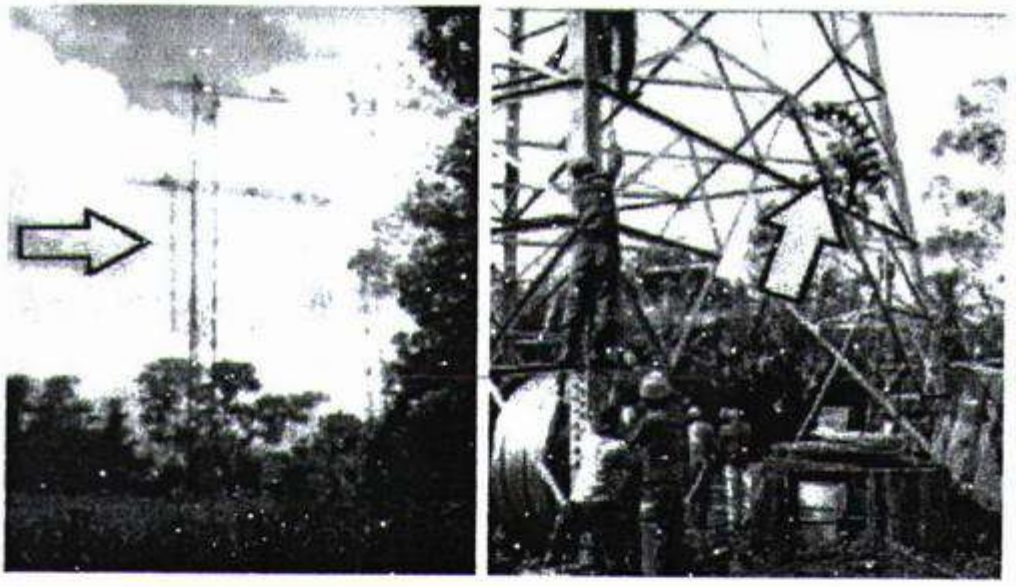
dengan memanjat menara menggunakan ikat pinggang pengaman.

Untuk pemasangan isolator pada cross arm menara dilakukan dengan memanjat menara menggunakan ikat pinggang pengaman.

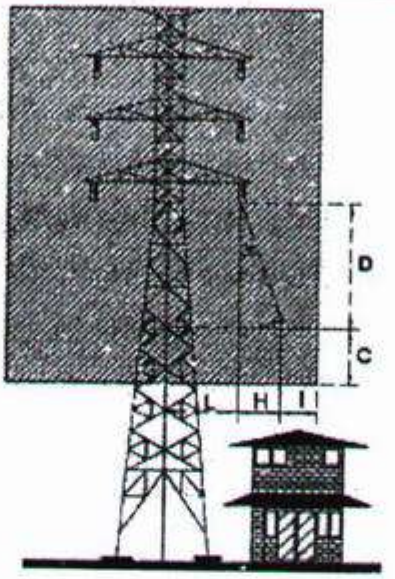
Pada cross arm paling atas dari masing-masing menara dipasang snatch block, yang berfungsi untuk alat menaikkan (kerekan) insulator strings. Untuk melindungi bangunan dan fasilitas umum yang ada di bawah lintasan SUTET 500 kV dari kerusakan yang mungkin ditimbulkan akibat kegiatan penarikan kawat konduktor, kawat penahan petir dan kawat tanah, didirikan penyangga pelindung dari bambu (stegger) di atas bangunan dan fasilitas umum sepanjang lintasan SUTET 500 kV yang dikerjakan.

Bangunan dan fasilitas umum tersebut antara lain jalan raya, rel kereta api, jaringan kawat telepon, jaringan distribusi (TM & TR) serta bangunan-bangunan lain yang dianggap perlu. Penampang ruang bebas SUTET 500 kV disajikan pada Gambar 28. Penarikan dan penyetelan kawat dilakukan dengan menggunakan alat pulling winches machine, conductor tension dan tension winch machine. Tegangan tarik kawat tanah dibuat sedemikian rupa hingga diperoleh ukuran andongannya 85% dari andongan penghantar, guna menghindari loncatan muatan di tengah-tengah gawang (span). Jarak bebas (vertical clearance) untuk penghantar terendah dengan tanah atau benda lain disesuaikan dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 18 Tahun 2015 tentang Ruang Bebas dan Jarak Bebas Minimum Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi, Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi dan Saluran Udara Tegangan Tinggi Arus Searah Untuk Penyaluran Tenaga Listrik. Pemasangan dan penarikan (stringing) kawat penghantar dilakukan setelah semua menara berdiri dan asesoris (insulator) terpasang dengan benar. Penarikan konduktor (kawat penghantar) dilakukan per phasa, untuk setiap bundle konduktor terdapat 2 (dua) kawat konduktor per phasa. Setiap penarikan dilakukan untuk 2 (dua) konduktor sekaligus. Penarikan dilakukan dengan menggunakan alat pulling winches machine dan diperlukan peralatan penunjang/sementara seperti template, stegger/scaffolding untuk pengaman di daerah persimpangan jalan dan daerah-daerah strategis. Karena konduktor tidak

boleh menyentuh tanah, maka diperlukan tension (tarikan agar konduktor selalu tegang), oleh karena itu selain mesin penarik (winch machine), diperlukan alat pengereman (brake machine) yang menjaga agar konduktor tdak melorot. Untuk mendapatkan tarikan yang diinginkan dilakukan dengan menarik konduktor secara perlahan-lahan sambil melepas angker skur sementara secara perlahan. Cara penarikan untuk 3.000 meter berikutnya sama seperti sebelumnya, dan waktu pelaksanaan pelaksanaan penyambungan (jointing) dilakukan apabila penarikan tersebut telah selesai dilakukan yang selanjutnya dengan melepas angker sementara. Tahapan pemasangan kawat penghantar (konduktor) dilakukan dengan mengikuti SOP.



Gambar 29. Penampang ruang bebas SUTET 500 kV



Gambar 30. Ruang Bebas SUTET 500 kV Sirkit Ganda

Keterangan :

Gambar arsisr : Penampang melintang ruang bebas 500 kV Sirkit Ganda pada tengah gawang

L : Jarak dari sumbu vertikal menara/tiang ke konduktor (7,3 m)

H : Jarak horizontal akibat ayunan konduktor (6,16 m)

I : Jarak bebas impuls switsing (3,10 m)

C : Jarak bebas minimum vertikal

D : Jarak andongan terendah di tengah gawang (antar dua menara)

Sumber : Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 18 Tahun 2015, tanggal 26 Juni 2015

Tabel 4. Jarak bebas minimum vertikal dari konduktor pada SUTET

No.	Lokasi	Jarak (m)
1.	Lapangan terbuka atau daerah terbuka	**12,5**
2.	Daerah dengan keadaan tertentu :	
	Bangunan, jembatan	9
	Tanaman/tumbuhan, hutan, perkebunan	9
	Jalan/jalan raya/rel kereta api	15

	Lapangan umum	18
	SUTT lain, Saluran Udara Tegangan Rendah♣ (SUTR), Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), saluran udara komunikasi, antena dan kereta gantung	8,5
	Titik tertinggi tiang kapal pada kedudukan air pasang tertinggi pada lalulintas air	8,5

Kegiatan penarikan kawat penghantar yang melintasi jalan tol, jalan raya, rel kereta api, pemrakarsa akan melakukan perizinan sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku ke instansi terkait. Kegiatan penarikan kawat penghantar pada tahap konstruksi berpotensi menimbulkan dampak terhadap gangguan transportasi dan lalulintas, timbulnya keresahan masyarakat dan gangguan K3.

C. Uji Coba

Pekerjaan instalasi listrik yang telah selesai dikerjakan dan akan dioperasikan akan dilakukan uji coba sebelum dioperasikan. Sebelum dan pada saat akan dioperasikan harus diyakini terlebih dahulu bahwa instalasi listrik tersebut benar-benar aman untuk dioperasikan dan memenuhi persyaratan serta ketentuan yang berlaku. Ruang lingkup kegiatan uji coba adalah sebagai berikut :

a. Pemeriksaan sifat tampak (Visual Check) :

- Memeriksa kondisi menara, apakah semuanya dalam– keadaan baik dan tidak ada bagian yang berkarat, termasuk bolt & nut-nya;
- Memeriksa kondisi isolator, apakah semuanya dalam– keadaan baik dan bersih, tidak ada yang pecah atau retak dan tidak ada kotoran yang menempel;
- Memeriksa kelengkapan isolator, apakah dalam keadaan– baik dan tidak cacat;

- Memeriksa kondisi konduktor, kabel tanah dan joint sleeve,– tidak boleh ada yang cacat (rantas) dan pengepresan harus baik (tidak longgar dan tidak terlalu kuat);
- Memeriksa semua perlengkapan/material barang lainnya– yang terpasang pada SUTET, yang pada prinsipnya semua dalam kondisi baik, secara fisik tidak ada kelainan, tidak cacat fisik, tidak rusak dan tidak kotor.

b. Pemeriksaan pemasangan (konstruksi) :

- Memeriksa semua komponen SUTET yang terpasang– dengan spesifikasi dan ketentuan yang berlaku;
- Pada pemeriksaan konstruksi ini, yang diperiksa adalah– rangkaiannya, yaitu rangkaian semua komponen dalam satu kesatuan (sistem) SUTET;

c. Untuk item pekerjaan tertentu yang tidak bisa dilihat secara kasat mata (tidak bisa dilihat secara kasat mata), maka dilakukan pengujian dengan menggunakan alat uji atau alat ukur;

d. Pengujian transmisi relatif lebih sederhana dan tidak serumit pengujian instalasi pembangkit tenaga listrik maupun gardu induk;

e. Pada transmisi yang diuji antara lain :

- Tahanan isolasi isolator, tahanan isolasi antara phasa– dengan phasa dan tahanan isolasi antara phasa dengan kawat netral. Alat uji atau alat ukur yang digunakan adalah Mega Ohm Meter/ Megger/ Insulation Resistance Tester.
- Tahanan pembumian, dengan menggunakan alat uji atau– alat ukur Earth Resistance Tester.

Setelah kegiatan tersebut, dilakukan kegiatan energizing (pemberian tegangan). Kegiatan uji coba pada tahap konstruksi berpotensi menimbulkan dampak terhadap timbulnya paparan medan listrik dan medan magnet, gangguan kesehatan, timbulnya keresahan masyarakat dan gangguan K3.

2.5.. Prosedur kerja standar yang aman di transmisi

Prosedur kerja standar yang aman di transmisi secara umum adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan dan merangkai alat
2. Pekerja (linesman) mulai memanjat tower dengan bantuan live line rope
3. Alat yang telah dipersiapkan dan dirangkai didasar tower tadi, dinaikkan ke puncak tower dengan menggunakan handline
4. Memasang alat-alat tersebut sesuai posisinya sehingga mampu menggantikan isolator untuk menopang konduktor yang ditopangnya.
5. Mengaitkan sisi hot end dari isolator dengan handline
6. Melepaskan salah satu sisi (hot end) dari isolator
7. Melepaskan sisi isolator yang lain (cold end) dari tower sehingga isolator terlepas
8. Menurunkan isolator dari puncak tower ke dasar tower dengan bantuan handline
9. Setelah sampai didasar, isolator diganti dengan isolator yang baru
10. Setelah itu, isolator baru tersebut dinaikkan menuju ke puncak tower lagi dengan menggunakan bantuan handline
11. Begitu sampai dipuncak tower, memasang sisi cold end pada tower
12. Memasang sisi hot end pada isolator
13. Melepas handline dari isolator
14. Menurunkan alat-alat yang digunakan untuk menopang isolator dengan handline
15. Para pekerja turun dari puncak tower dan melakukan evaluasi

2.6. **Teknik analisis potensi bahaya pada kegiatan pemasangan intalasi listrik di sistem transmisi listrik (JSA)**

Bertujuan mencari/ menemukan adanya sumber bahaya dan usaha menghilangkannya dari suatu rangkaian proses pekerjaan pada Instalasi

peralatan Transmisi.

Langkah-langkah JSO ada lima langkah yang harus dilakukan :

1. Memilih pekerjaan yang diamati,
2. Melaksanakan pengamatan,
3. Mencatat hasil-hasil pengamatan,
4. Membahas hasil-hasil pengamatan bersama pekerja yang diamati,
5. Memberikan tindak lanjut bagi sikap bekerja yang aman.

   Ada 4 aspek yang membantu dalam JSA :

   1) Manusia, orang yang terkait : operator, supervisor,
   2) Metode Praktek kerja dan prosedur kerja dari perkerjaan yang dianalisis,
   3) Peralatan dan mesin yang digunakan,
   4) Material (Bahan),Lingkungan kerja.

2.7. Format analisis potensi bahaya pada ketinggian pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di sistem tenagan listrik.

Beberapa bahaya yang ada pada saat bekerja pada ketinggian pada saat pekerjaan pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan transmisi antara lain terjatuh (falling down), terpeleset (slips), tersandung (trips), dan kejatuhan material dari atas (falling object). Dari keempat bahaya yang ada, yang merupakan faktor penyebab terbesar cidera berat adalah terjatuh dari ketinggian.

Menurut Permenaker 09 Tahun 2016, Bekerja pada ketinggian adalah kegiatan atau aktifitas pekerjaan yang dilakukan oleh tenaga kerja pada tempat kerja di permukaan tanah atau perairan yang terdapat perbedaan ketinggian dan memiliki potensi jatuh yang menyebabkan Tenaga Kerja atau Orang Lain yang berada di tempat kerja Cidera atau Meninggal dunia atau menyebabkan kerusakan harta benda.

Kegiatan /aktifitas ini juga merupakan kegiatan yang dikategorikan sebagai "*Class 1 Risk Activities*", Berdasarkan laporan *Labour Force Survey (LFS2) UK*, Salah satu penyebab terjadinya kecelakaan kerja yang berdampak pada

cidera serius dan kematian adalah terjatuh dari atas ketinggian (31%) dan sebagian besar terjadi pada pekerja bidang konstruksi (11%).

Tempat tersebut dapat berada di atas atau dibawah suatu level dasar atau pekerja untuk naik maupun turun mendapatkan jalan masuk ke (access to) atau jalan keluar dari (egress from) suatu tempat ketika bekerja, dengan tidak menggunakan tangga jalan (staircase) yang ada pada bangunan permanen.

Mungkin sebagian dari anda sudah pernah memiliki pengalaman bekerja di ketinggian, atau sebagain lain belum sama sekali. Memiliki pengalaman atau tidak, tentunya kita harus kembali mengetahui terkait potensi bahaya bekerja di ketinggian untuk menjadi bekal kewaspadaan kita ketika kita bekerja di ketinggian.

Oleh karena itu, dalam melakukan pekerjaan diatas ketinggian ada beberapa hal yang harus perlu diperhatikan, yaitu:

- Fasilitas tempat kerja
- Alat pelindung diri yang diperlukan
- Kondisi aman pada lokasi kerja
- Kondisi kesehatan Pekerja

Fasilitas tempat kerja, harus aman dari:

- Bahaya jatuh, baik pekerja itu sendiri atau bahaya jatuh material/alat yang akandigunakan.
- Bahaya jatunya seperti kekuatan angin yang berada diatas.
- Kenyamananh percikan bara api, baik aktifitas pemotongan atau pengelasan/gouging
- Dan faktor lain

Proteksi dari bahaya tersebut adalah:

- Jika tempat kerja menggunakan scaffolding platform harus terlebih dahulu diperiksa oleh orang yang kompeten
- Pekerja yang akan beraktifitas diatas harus memperlengkapi diri dengan alat pelindung diri serta pelindung jatuh (body harness) dan dipergunakan dengan benar

- Jika pekerja akan naik/turun dan pekerja terasa lelah ingin sejenak istirahat maka hook body harness dicantolkan pada handrail atau pipa scaffolding yang terpasang
- Lantai kerja harus diproteksi dengan fire blangket (jika ada pemotongan atau pengelasan)
- Lantai kerja harus dipastikan terikat dengan kuat & tidak ada celah / lubang yang dapat pekerja terperosok.
- Perlengkapan alat disimpan didalam box atau jika pada saat tidak digunakan serta material yang tidak terpakai sebaiknya disimpan didalam box
- Jika pekerja membutuhkan peralatan tambahan, sebaiknya peralatan tersebut dikerek menggunakan tambang dan katrol
- Di-barikade lokasi tersebut atau pasang signboard dilarang melintas ada perkerjaan diatas ketinggian
- Jika pekerja bekerja diatas ketinggian dan menggunakan sarana personal basket atau Man Box dipastikan pekerja memasang body harness pada Safety Line yang sudah disediakan
- Kesehatan pekerja diperiksa tekanan darahnya terlebih dahulu oleh orang kompeten dalam hal ini nurse

Keharusan menggunakan alat pelindung jatuh (Body Harness) tidak hanya ditujukan kepada pekerja yang melakukan pekerjaan diatas ketinggian saja akan tetapi juga diberlakukan kepada semua orang yang berkepentingan diatas ketinggian.

Apa yang boleh dilakukan dan tidak boleh dilakukan saat bekerja di ketinggian

Boleh dilakukan

- Melakukan pekerjaan sebanyak mungkin dari bawah (tidak bekerja di ketinggian kecuali terpaksa)
- Memastikan pekerja bisa mendapatkan kondisi aman ke dan dari tempat mereka bekerja di ketinggian
- Memastikan peralatan cocok, stabil dan cukup kuat untuk pekerjaan,

dipelihara dan diperiksa secara teratur

- Mengambil tindakan pencegahan ketika bekerja pada atau dekat permukaan rapuh
- Memberikan perlindungan dari benda yang jatuh
- Mempertimbangkan evakuasi darurat dan penyelamatan prosedur

Tidak boleh dilakukan :

- Beristirahat pada tangga terhadap permukaan atas yang lemah, misalnya kaca atau talang plastik
- Penggunaan tangga atau stepladders untuk tugas-tugas berat atau berat, karena seharusnya peralatan tersebut hanya digunakan untuk pekerjaan ringan durasi pendek (maksimum 30 menit pada satu waktu)
- membiarkan siapa pun yang tidak kompeten (yang tidak memiliki keterampilan, pengetahuan dan pengalaman untuk melakukan pekerjaan itu) bekerja di ketinggian

Untuk meminimalkan potensi risiko dari bekerja di ketinggian perhatikan dan lakukanlah langkah-langkah berikut:

1. Cari alternatif lain selain bekerja di ketinggian

   Pertanyaan pertama yang harus kita ajukan adalah apakah kita perlu melakukan pekerjaan di ketinggian tersebut? Apakah pekerjaan tersebut bisa dilakukan di ground level (permukaan tanah) dan kemudian dipasang atau diangkat ke posisinya setelah selesai? Jika sudah tidak ada pilihan lagi dan terpaksa harus dilakukan bekerja di ketinggian maka prioritas selanjutnya adalah bagaimana melindungi pekerja agar tidak terjatuh dari ketinggian.

2. Lakukan perencanaan terkait bahaya

   Sebelum mulai bekerja di ketinggian, perencanaan atau risk assessment harus dibuat dan tindakan pengendalian bahaya harus masuk perencanaan untuk melindungi pekerja dari resiko terjatuh dari ketinggian. Beberapa hal yang harus masuk perencanaan terkait bekerja di ketinggian diantaranya:

   - izin kerja apa saja yang diperlukan, ingat banyak pekerjaan di ketinggian tergolong dalam jenis pekerjaan yang berisiko tinggi

contohnya pekerjaan di ketinggian yang memerlukan scaffold. Pekerjaan yang berisiko tinggi seperti ini pasti memerlukan alur perizinan khusus.

- Apakah ada saluran listrik di sekitar area kerja tersebut, jika ada rencanakan jarak amannya
- Berapa kapasitas beban maksimum dari struktur dimana pekerja melakukan pekerjaan
- Apakah ada kemungkinan benda jatuh
- Apa saja alat pengaman dan pelindung diri yang diperlukan atau sistem fall protection apa yang diperlukan, berapa panjang lanyard yang diperlukan dsb. Apakah alat pengaman dan pelindung diri ini dalam kondisi yang baik dan diinspkesi secara rutin
- Apakah perlu menggunakan halangan jatuh, misalnya menggunakan jaring (safety net)
- Apa saja yang diperlukan jika kejadian jatuh benar-benar terjadi, misalnya siapa yang akan standby di lokasi menunggui pekerjaan tersebut, siapa yang telah terlatih menjadi emergency responder, apakah peralatan penyelamatan tersedia, apa yang harus dilakukan jika pekerja mengalami suspension trauma atau harness hang syndrome (biasanya diakibatkan karena tergantung diharness setelah jatuh).
- Jika menggunakan scaffold atau perancah, apakah scaffold tersebut rutin diinspeksi, apakah scaffold tersebut rusak atau ada cacat
- Perhatikan jika ada lubang atau pijakan yang tidak kuat di tempat bekerja di ketinggian, misalnya atap tempat masuk cahaya yang biasanya rapuh dan tidak boleh diinjak. Buat penanda atau barikade jika diperlukan.
- Usahakan hindari sebisa mungkin bekerja menggunakan tangga.
- Jika menggunakan Mobile Elevated Work Platforms (MEWP), alat ini harus dioperasikan oleh orang yang berkompeten

3. Lakukan pekerjaan sesuai perencanaan dan gunakan fall protection

Setelah melakukan perencanaan, kini saatnya mengeksekusi pekerjaan dan lakukan semua yang sudah direncanakan. Yang paling utama adalah gunakan

fall protection seperti yang telah direncanakan. Ada dua jenis fall protection yakni collective dan individual fall protection. ***Collective fall protection*** adalah perangkat yang mencegah pekerja terjatuh seperti pagar/guardrail, platform kerja, scaffold, dll. Tambahan peralatan lain seperti: jaring (safety net), air bags atau crash decking. Saat memasang collective fall protection harus sesuai dengan aturan yang berlaku dan selalu perhatikan informasi dari produsennya. ***Individual fall protection*** adalah perangkat yang melindungi pekerja jika pekerja terjatuh seperti fall arrest system. Untuk individual fall protection dapat menggunakan full body harness dan line sebagai persyaratan minimumnya. Saat menggunakan individual fall protection, pastikan titik tambat (anchorage point) telah dipilih dah diuji sesuai aturan yang berlaku.

4. Hentikan pekerjaan jika diperlukan

Jangan ragu untuk menghentikan pekerjaan jika ditemui hal-hal yang membahayakan seperti personil memakai perlindungan jatuh tidak 100% terikat, fall protection rusak atau cacat atau hal-hal lain yang kurang meyakinkan untuk melanjutkan pekerjaan. Solusi harus dicarikan sebelum pekerjaan di ketinggian dapat dimulai kembali.

2.8. Latihan dan jawaban evaluasi

Petunjuk khusus:

- Pertanyaan teridiri dari 10 soal dan berbentuk Essay
- Jawablah dengan jelas

Perrtanyaan:

1. A. Jelakan apa yang dimaksud dengan transmisi tenaga listrik.

   B. Sebutkan komponen utama dari transmisi tenaga listrik..

   Jawaban :

   1. Merupakan proses penyaluaran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (Power Plant) hingga Saluran distribusi listrik (substation distribution) sehingga dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna listrik.
   2. Komponen utama transmisi

- Menara transmisi termasuk pondasinya (Tower)
- Penghantar (konduktor)
- Isolator
- Kawat tanah / grounding

2. Jelaskan dari nomen klatur jenis penghantar di bawah ini:
   - ACAR
   - AAAC

   Jawaban :
   - ACAR (Alumunium Conductor, Alloy-Reinforced), yaitu kawat penghantar alumunium yang diperkuat dengan logam campuran
   - AAAC (All-Alumunium-Alloy Conductor), yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari campuran alumunium.
3. Jelaskan fungsi Isolator, Traves dan Spacer.

   Jawaban:
   - Insulator, berfungsi sebagai isolasi antara konduktor terhadap tower.
   - Travers berfungi sebagai penyangga pada tower tempat Insulator Strings digantungkan.
   - Spacer berfungsi sebagai pengatur jarak (pemisah) antara dua konduktor padatiap-tiap phasa konduktor yang memakai konduktor lebih dari satu buah,misalnya dua (twin) konduktor atau empat (quartet) konduktor.
4. Jelaskan perbedaan isolator type piring dengan isolator tipe post

   Jawaban :
   - Isolator type piring yaitu isolator yang dirancang meliliki permukaan yang licin sehingga polutan lebih sulit menempel pada permukaannya. Isolator ini biasa digunakan pada daerah gurun. Untuk jaringan hantaran udara bertegangan menengah dan tinggi, beberapa isolator piring disambung satu dengan yang lainnya sehingga berbentuk rentengan. Kemudian rentengan ini digantungkan pada lengan menara transmisi. Dilihat dari bentuk

sambungannya, isolator piring dibagi dua, yaitu isolator dengan kopling bola-sendi dan isolator dengan kopling clevis-tongue.

- Isolator type post merupakan isolator jenis pos saluran (line post type insulator), digunakan pada tiang-tiang lurus (tangent pole) dan tiang sudut (angle pole) untuk sudut 5° sampai 15°. Dibandingkan dengan isolator jenis pasak, isolator jenis pos ini lebih sederhana perencanaannya. Diameternya lebih kecil dan tak menggunakan kepingan-kepingan seperti isolator jenis pasak. Terdapat lekukan-lekukan pada permukaannya untuk mengurangi hantaran yang terjadi pada isolator. Makin tinggi tegangan isolasinya makin banyak lekukan-lekukan tersebut.

5. Sebutkan beberapa jenis pekerjaan utama dalam pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan ttransmisi

   Jawaban :

   - Persiapan APD
   - Persiapan peralatan kerja
   - Pemasangan menara / tower
   - Penarikan kawat penghantar
   - Pemasangan gronding
   - Uji coba

6. Sebutkan 5 (lima) isi dari JSO untuk pekerjaan instalasi, perlengkapan dan peralatan ttransmisi tenaga listrik.

   Jawaban :

   - Memilih pekerjaan yang diamati,
   - Melaksanakan pengamatan,
   - Mencatat hasil-hasil pengamatan,
   - Membahas hasil-hasil pengamatan bersama pekerja yang diamati,
   - Memberikan tindak lanjut bagi sikap bekerja yang aman.

7. Sebutkan apa saja yang dilarang tidak boleh dilakukan pada pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan ttransmisi tenaga listrik.

   Jawaban :

- beristirahat pada tangga terhadap permukaan atas yang lemah, misalnya kaca atau talang plastik
- penggunaan tangga atau stepladders untuk tugas-tugas berat atau berat, karena seharusnya peralatan tersebut hanya digunakan untuk pekerjaan ringan durasi pendek (maksimum 30 menit pada satu waktu)
- membiarkan siapa pun yang tidak kompeten (yang tidak memiliki keterampilan, pengetahuan dan pengalaman untuk melakukan pekerjaan itu) bekerja di ketinggian

8. A. Berapa jarak aman kalau transmisi dipasang di atas bangunan dan jembatan.

   B. Sebutkan beberap jenis APD untuk pekerjaan pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan transmisi tenaga listrik

   Jawaban :

   A. Jarak aman kalau transmisi dipasang di atas bangunan dan jembatan adalah 9 meter.

   B. Beberap jenis APD untuk pekerjaan pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan transmisi tenaga listrik yaitu : Baju kerja, Helmet, kaca mata, sarung tangan, safety shooes, alat komunikasi.

9. Sebutkan prosedur kerja yang aman pada pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan transmisi tenaga listrik.

   Jawaban :

   - Menyiapkan pekerjaan yang terdiri terdiri dari suarat perintah kerja, Instruksi kerja, lokasi pekerjaan, gambar kerja, alat kerja, Alat Pelindung Diri (APD), material kerja dan alat bantu.
   - Melaksanakan pekerjaan mulai dari penggunaan peralatan kerja, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dan peralatan komunikasi digunakan, membantu pekerjaan tukang dilaksanakan sesuai tahapan IK.
   - Membuat laporan hasil pekerjaan dibuat sesuai prosedur dan standar yang ditetapkan perusahaan.

10. Sebutkan beberapa potensi bahaya yang terjadi pada pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan transmisi tenaga listrik.

    Jawaban :

    - melakukan pekerjaan sebanyak mungkin dari bawah (tidak bekerja di ketinggian kecuali terpaksa
    - memastikan pekerja bisa mendapatkan kondisi aman ke dan dari tempat mereka bekerja di ketinggian
    - memastikan peralatan cocok, stabil dan cukup kuat untuk pekerjaan, dipelihara dan diperiksa secara teratur
    - mengambil tindakan pencegahan ketika bekerja pada atau dekat permukaan rapuh
    - memberikan perlindungan dari benda yang jatuh
    - mempertimbangkan evakuasi darurat dan penyelamatan prosedur

Petunjuk khusus:

- Pertanyaan teridiri dari 20 soal dan pilihan ganda
- Pilih jawaban yang paling tepat.

Pertanyaan:

1. Merupakan proses penyaluaran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (Power Plant) hingga Saluran distribusi listrik (substation distribution) sehingga dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna listrik.

   a. Pembangkit
   b. Transmisi
   c. Distribusi
   d. Pemanfaatan
   e. Jawaban a,b, c dan d salah

   Jawaban:

   b. Transmisi

2. Penyaluran listrik dari gardu distribusi sampai ke konsumen

   a. Pembangkit

b. Transmisi

c. Distribusi

d. Pemanfaatan

e. Jawaban a,b, c dan d salah

Jawaban:

d. Pemanfaan

3. Jenis konduktor ACSR adalah

a. kawat penghantar alumunium yang diperkuat dengan logam campuran

b. kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari campuran alumunium

c. kawat penghantar alumunium berinti kawat baja.

d. kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari alumunium.

e. Jawaban a,b, c dan d salah

Jawaban:

c. kawat penghantar alumunium berinti kawat baja.

1. kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari alumunium.

a. AAC

b. AAAC

c. ACAR

d. ACSR

e. NYFGbY

Jawaban:

a. AAC

5. Jenis isolator yang digunakan pada tiang-tiang lurus (tangent pole) dan tiang sudut (angle pole) untuk sudut 5° sampai 15°.

a. Piring

b. Post

c. V

d. I

e. Jawaban a,b, c dan d salah

Jawaban:

b. Post

6. Jenis isolator dengan kopling bola-sendi dan isolator dengan kopling clevis-tongue dengan permukaannya dirancang licin.
   a. Piring
   b. Post
   c. V
   d. I
   f. Jawaban a,b, c dan d salah

   Jawaban:

   a. Post
7. Komponen yang berfungsi sebagai pembatas antara konduktor terhadap tower.
   a. Tower
   b. Traves
   c. Specer
   d. Isolator
   e. Grounding

   Jawaban :

   d. Isolator
8. Tower merupakan peralatan dari transmisi yang berfungsi sebagai
   a. sebagai pembatas antara konduktor terhadap tower.
   b. Sebagai penghubung kawat ke tanah
   c. Pembatas antara kawat fasa dengan fasa
   d. Tiang yang berfungsi sebagai penyangga penghantar transmisi yang dipasang pada isolatoyang dipasang pada traves
   e. Jawaban a, b, c dan d salah

   Jawaban :

   d. Tiang yang berfungsi sebagai penyangga penghantar transmisi yang dipasang pada isolatoyang dipasang pada traves
9. Persiapan APD, persiapan peralatan kerja, pemasangan menara / tower, Penarikan kawat penghantar, pemasangan groundi dan uji coba
   a. Prosedur kerja pemasangan

b. Prosedur kerja pemeliharaan

c. Prosedur kerja pemeriksaan

d. Prosedur kerja pengujian

e. Jawaban a, b, s dan d salah

Jawaban :

a. Prosedur kerja pemasangan

10. Jenis pekerjaan dalam pemasangan transmisi untuk memasang kawat ke tanah

a. Pemasangan tower

b. Pemasangan isolator

c. Pemasangan traves

d. Pemasangan Isolator boia

e. Pemasangan grounding

Jawaban :

e. Pemasangan grounding

11. Beberapa kegiatan yang mencakup memilih pekerjaan yang diamati, melaksanakan pengamatan, mencatat hasil-hasil pengamatan, membahas hasil-hasil pengamatan bersama pekerja yang diamati, dan memberikan tindak lanjut bagi sikap bekerja yang aman.

a. SOP pemsangan

b. SOP pemeliharaan

c. JSA

d. JSO

e. Jawaban a, b, c dan d salah

Jawaban :

d. JSO

12. Teknik analisis potensi bahaya pada kegiatan pemasangan intalasi listrik di sistem transmisi listrik

a. SOP pemsangan

b. SOP pemeliharaan

c. JSA

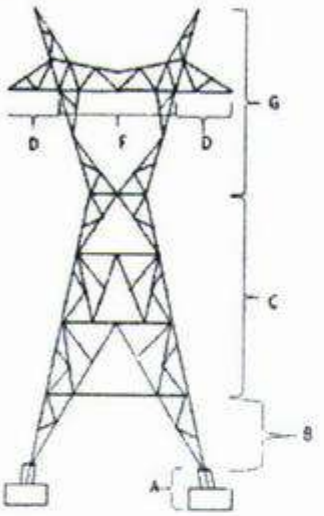
d. JSO

e. Jawaban a, b, c dan d salah

Jawaban :

c. JSA

13. Dari gambar di bawah ini adalah:



a. Delta

b. Piramida

c. Zig-zag

d. Latis

e. Jawaban a,b c dan d salah

Jawaban:

a. Delta

14. Gambar di bawah ini:

a. Suspension Yoke

b. Spacer

c. Socket clevis

d. Traves

e. Bolt clevis

Jawaban :

b. Spacer

15. Jarak bebas minimum vertikal dari konduktor pada SUTET daerah terbuka dan jalanan terbuka

    a. 12,5 m

    b. 9 m

    c. 8,5

    d. 10 m

    e. 7,5 m

    Jawaban :

    a. 12,5 m

16. Ruang lingkup pekerjaan pemasangan transmisi tenaga listrik

    a. Periapan

    b. Pelaksanan

    c. Pelaporan

    d. Jawaban a,b dan c benar

    e. Jawaban a,b dan c salah

    Jawaban :

    d. Jawaban a,b dan c benar

17. Apa yang boleh dilakukan dilakukan saat bekerja di ketinggian untuk pemasangan tower transmisi

    a. Melakukan pekerjaan sebanyak mungkin dari bawah (tidak bekerja di ketinggian kecuali terpaksa)

    b. Memastikan pekerja bisa mendapatkan kondisi aman ke dan dari tempat mereka bekerja di ketinggian

    c. Memastikan peralatan cocok, stabil dan cukup kuat untuk pekerjaan, dipelihara dan diperiksa secara teratur

    d. Mengambil tindakan pencegahan ketika bekerja pada atau dekat permukaan rapuh

    e. Jawaban a,b, c dan d benar

    Jawaban :

    e. Jawaban a,b, c dan d benar

18. Potensi bahaya yang terjadi pada pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan transmisi tenaga listrik.
    a. melakukan pekerjaan sebanyak mungkin dari bawah (tidak bekerja di ketinggian kecuali terpaksa
    b. memastikan pekerja bisa mendapatkan kondisi aman ke dan dari tempat mereka bekerja di ketinggian
    c. memastikan peralatan cocok, stabil dan cukup kuat untuk pekerjaan, dipelihara dan diperiksa secara teratur
    d. mengambil tindakan pencegahan ketika bekerja pada atau dekat permukaan rapuh, memberikan perlindungan dari benda yang jatuh, mempertimbangkan evakuasi darurat dan penyelamatan prosedur
    e. Jawaban a,b, c dan d benar

    Jawaban :

    e. Jawaban a,b, c dan d benar

19. Kegiatan penarikan kawat penghantar dilakukan dengan urutan sebagai berikut :
    a. Pemasangan isolator dan peralatannya
    b. Penarikan kawat konduktor
    c. Penarikan kawat penahan petir, dan kawat tanah
    d. Penyetelan andongan dan tegangan tarik
    e. Jawaban a,b, c dan d benar

    Jawaban :

    e. Jawaban a,b, c dan d benar

20. Bagian menara yang berfungsi untuk tempat– menggantungkan atau mengaitkan isolator kawat fasa serta clamp kawat petir.
    a. Cross Arm
    b. Suspension Yoke
    c. Spacer
    d. Socket clevis
    e. Traves

KESIMPULAN

Dalam pekerjaan pemasangan instalasi, perlengkapan dan peralatan transmisi tenaga listrik diperlukan standar operasi prosedur (SOP) yang baik dan benar dan instruksi kerja karena pekerjaan ini mengandung resiko yang besar.

PENUTUP

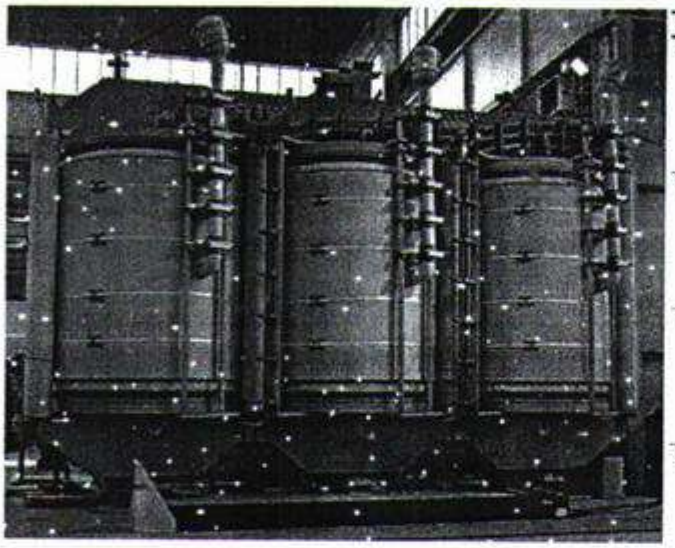
Instalasi listrik beserta perlengkapannya dapat dipasang di semua jenis tempat kerja. Yang harus diperhatikan adalah menyesuaikan instalasi dan peralatan sesuai dengan jenis ruang kerja. Hal ini untuk menjaga agar tidak terjadi kerusakan maupun kecelakaan.

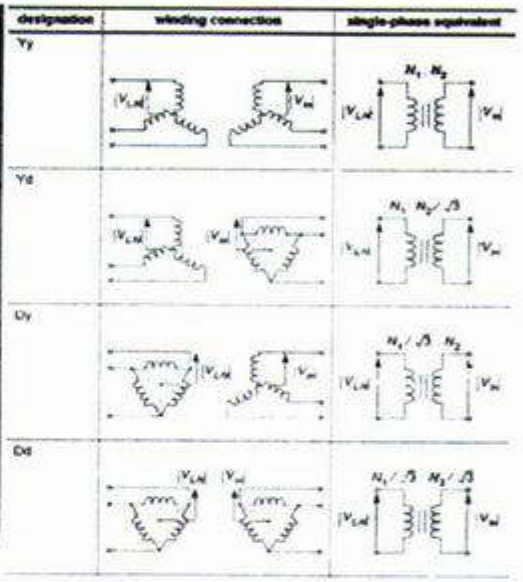
DAFTAR PUSTAKA

1. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 1977 dan 1987
2. Standar Nasional Indonesia. 2011. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011. Jakarta: Yayasan PUIL 2011 (SNI 04-0225-2011)
3. Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) nomor 2052.K/40/MEM/ 2001 tanggal 28 Agustus 2001 tentang Standardisasi Kompetensi Tenaga Teknik Ketenagalistrikan,
4. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2004. Sosialisasi Standar Latih Kompetensi (SLK) Tenaga Teknik Ketenagalistrikan Bidang Distribusi Tenaga Listrik. Jakarta: Pusat Diklat Energi dan Ketenagalistrikan.
5. Gupta. J. B, *Electrical Power*, Katson Publishing House, Ludhiana, 1991
6. Narang. K. L, *Electrical Technology*, Satya Prakashan Publications, New Delhi, 1989
7. Uppal. S.L, *A Course in Electrical Power*, Khanna Publisher, New Delhi, 1990
8. IEC

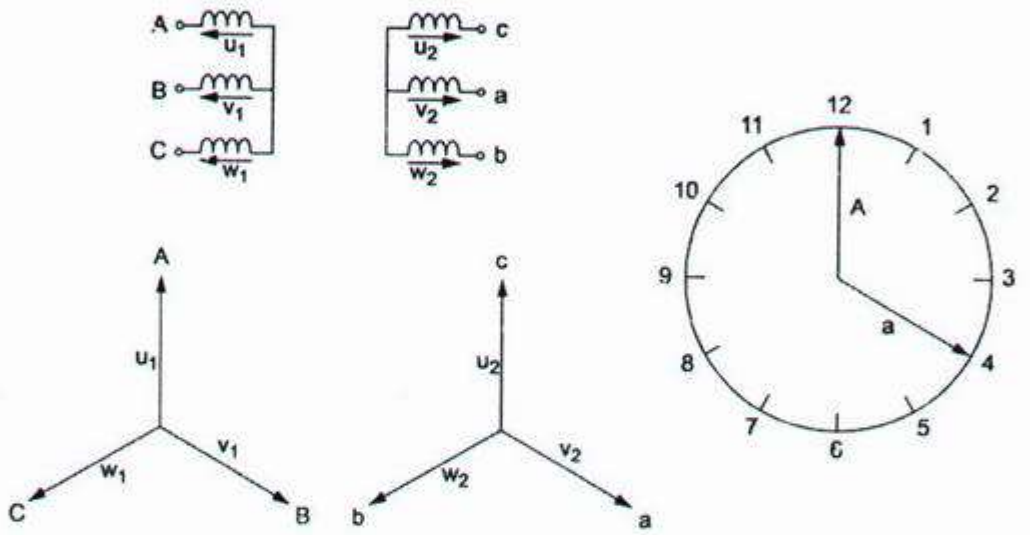
LAMPIRAN

Transformator

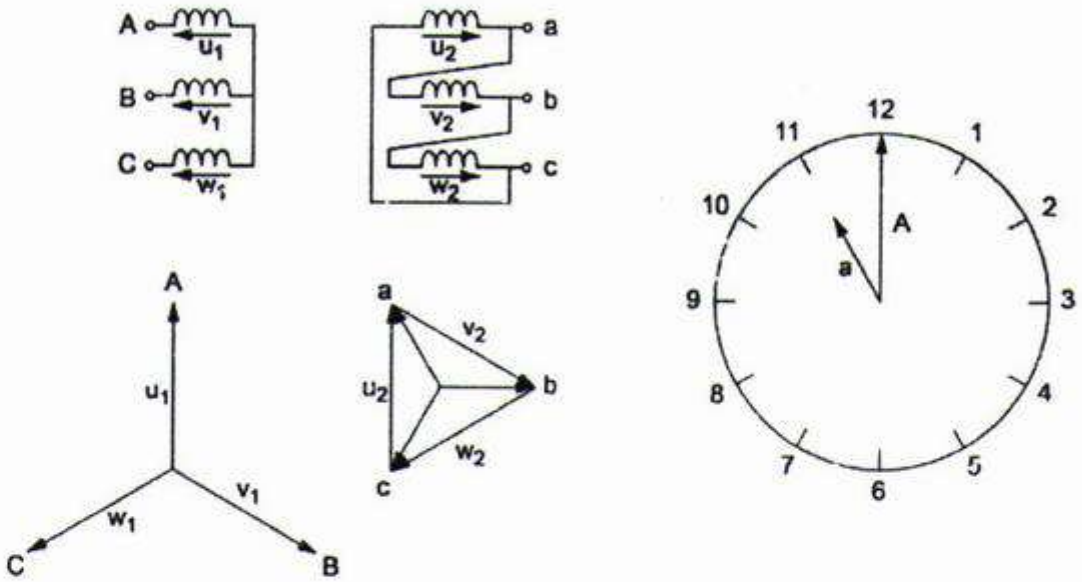




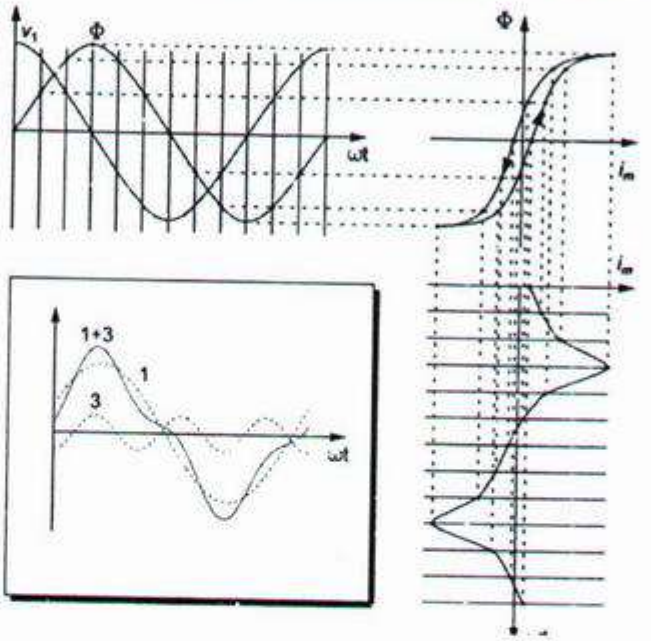
Vektor group Yy4

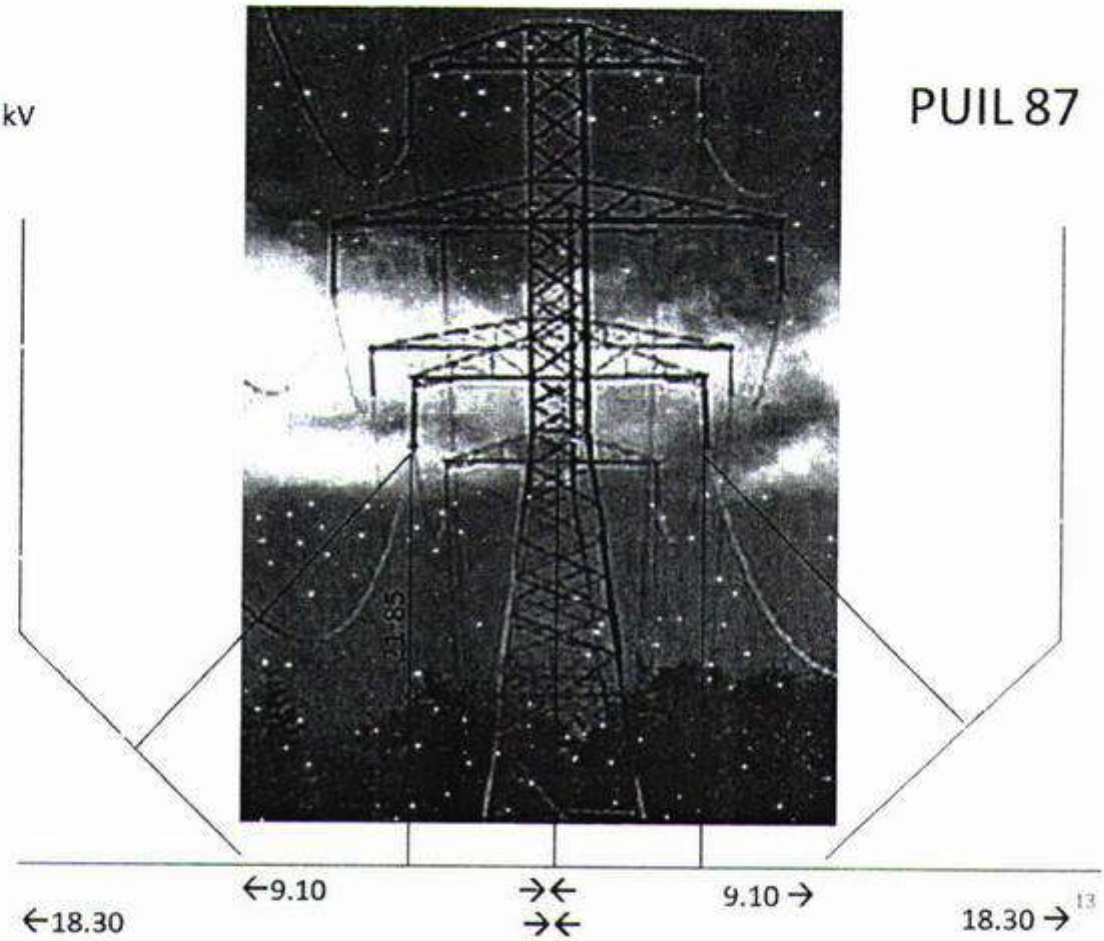


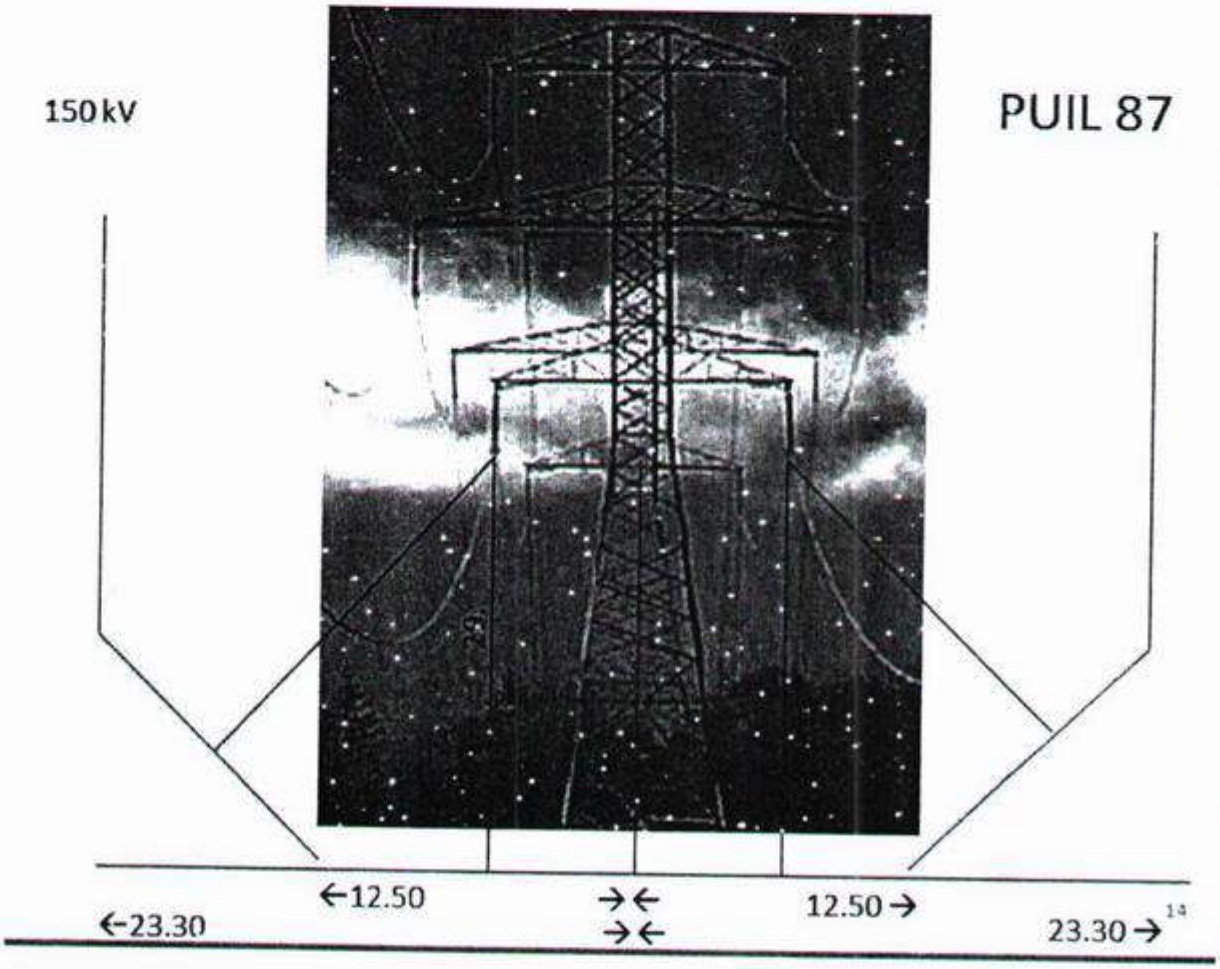
Vektor group Yd11

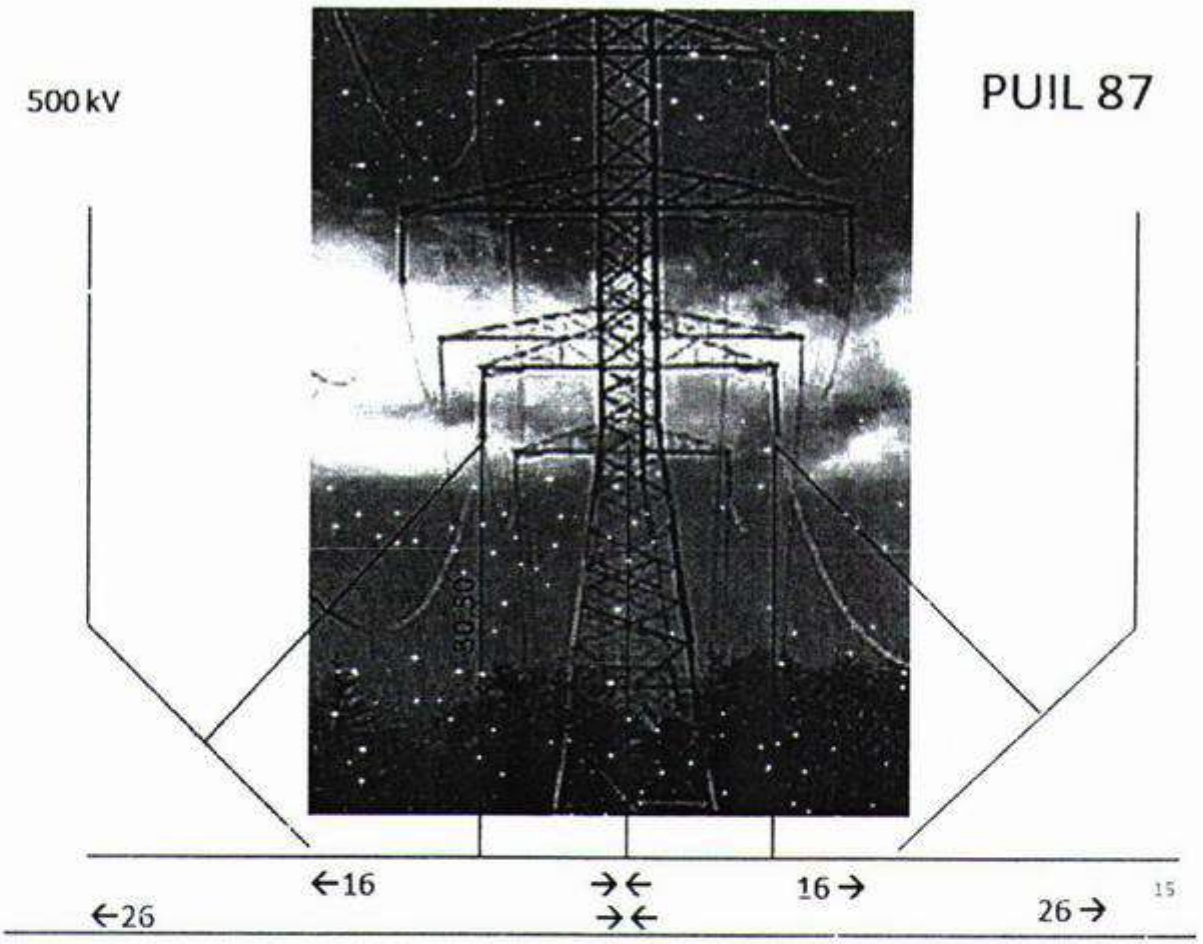


Arus magnetisasi mengandung Harmonisa ketiga



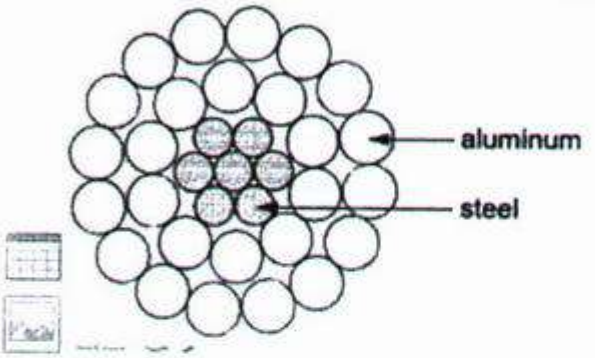

66 kV
PUIL 87
21.85
←9.10
9.10 →
←18.30
18.30 →


150 kV
PUIL 87
←12.50
→←
→←
12.50→
←23.30
23.30→


500 kV
PUIL 87
30-30
←16
→←
16→
←26
→←
26→
15

Kawat Penghantar Transmisi

- Click to add text



Material

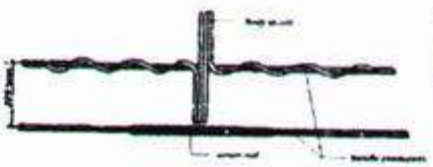
Al

Cu

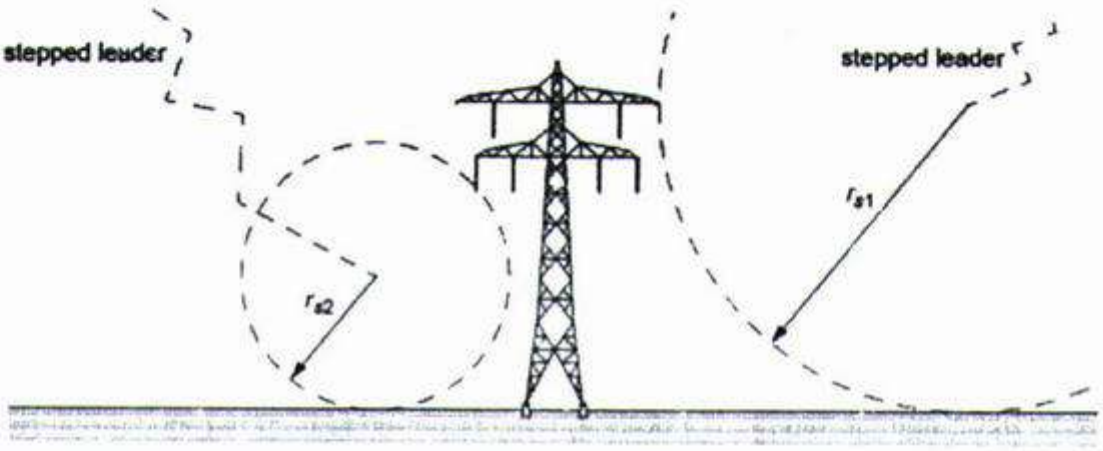
ACSR (Aluminum Conductor Steel Reinforced)

Isolator Transmisi

Galloping Lines

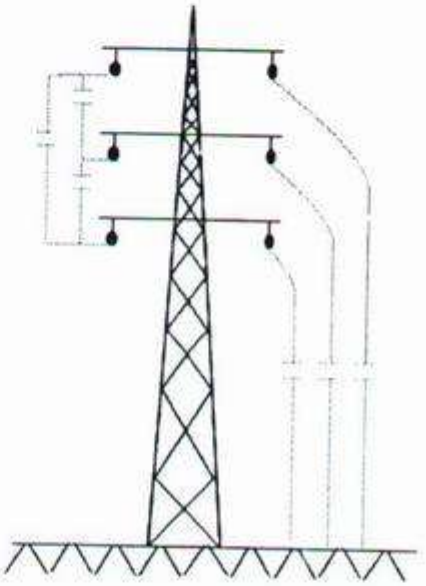


Shield Wires (Kabel perisai)

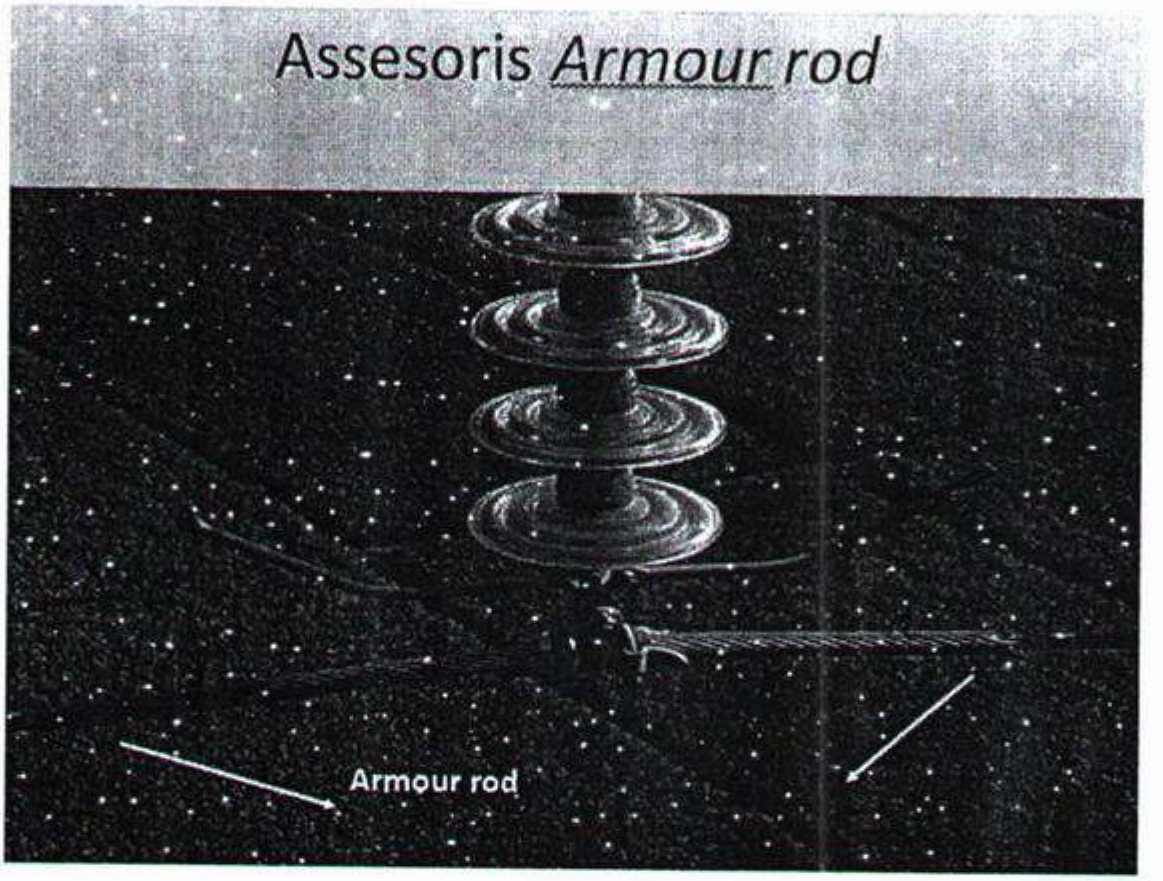


Transposition

- Tujuan untuk menghindari terjadinya beban tidak seimbang

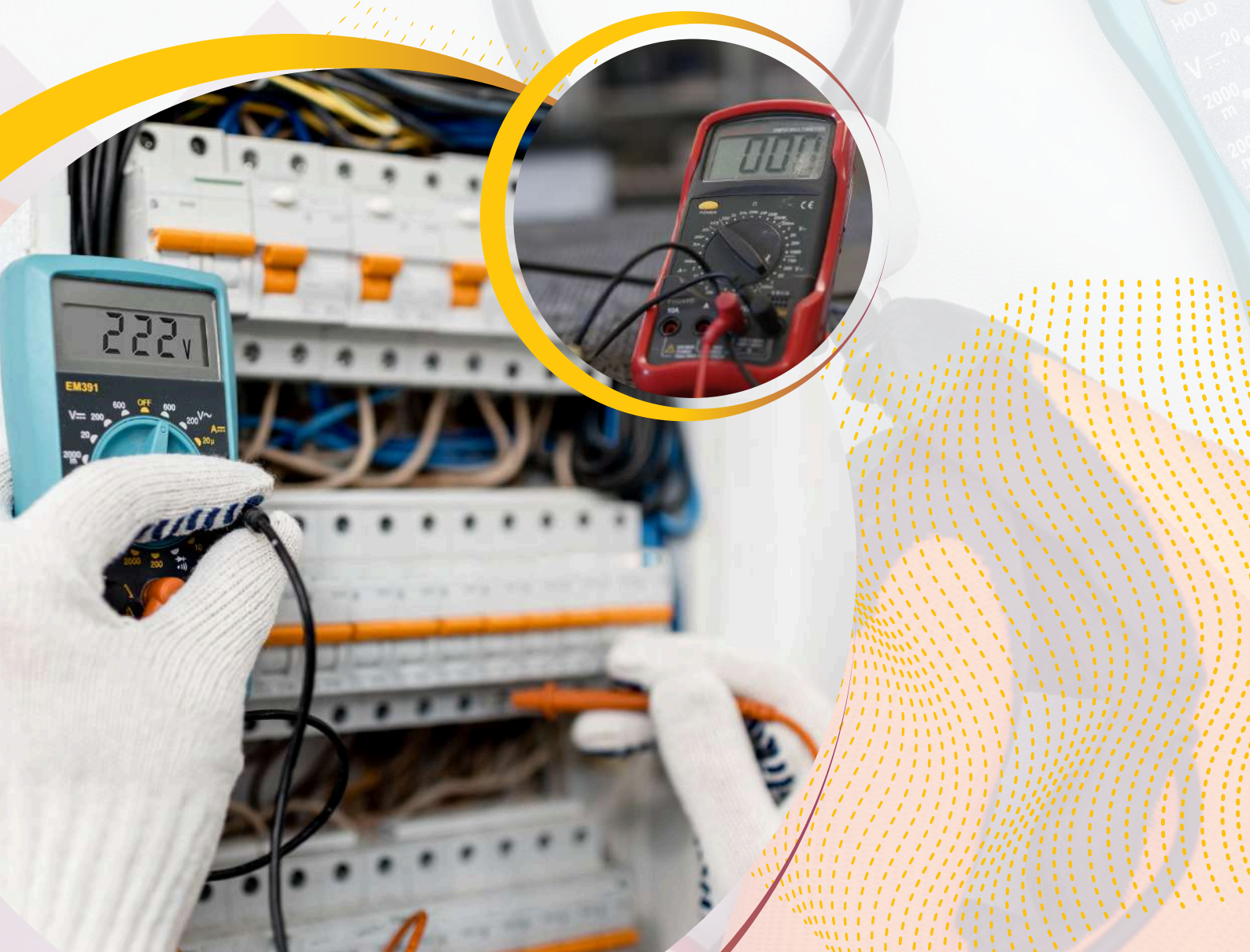


Transposition

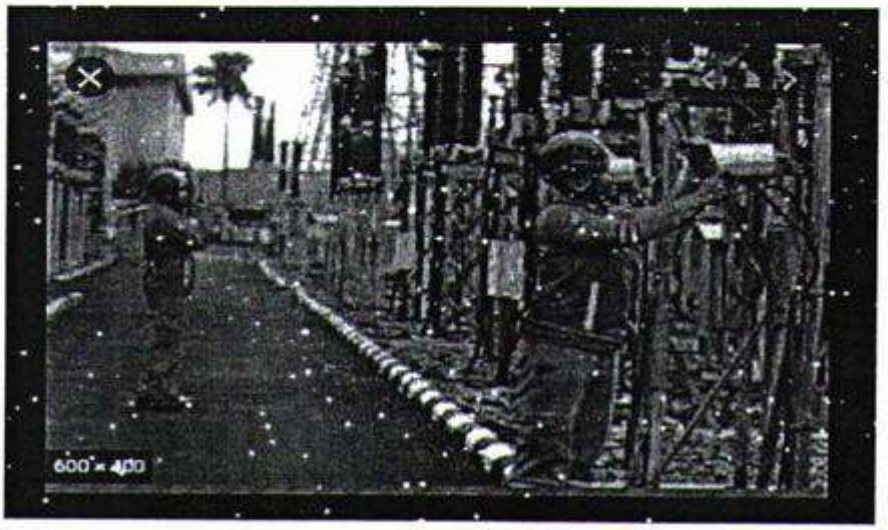

Assesoris Armour rod
Armour rod

PT. Mandiri Maha Daya
Health & Safety Environment
Training Provider

MODUL
PELATIHAN K3 LISTRIK
PERSYARATAN K3 PEMELIHARAAN INSTALASI PERLENGKAPAN DAN PERALATAN DI TRANSMISI



MATERI PEMBINAAN & SERTIFIKASI KOMPETENSI K3
TEKNISI LISTRIK



PERSYARATAN K3 PEMELIHARAAN INSTALASI PERLENGKAPAN DAN PERALATAN DI TRANSMISI

JUNI - 2020

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas limpahan rahmat-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan revisi Materi Pembinaan dan Sertifikasi K3 Teknisi Listrik dengan topik bahasan **"Persyaratan K3 pemeliharaan instalasi perlengkapan dan peralatan listrik di transmisi listrik".** Modul ini merupakan materi kelompok inti yang disusun berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Pembinaan Pengawasan Ketenagalistrikan Dan K3 No: KEP.48/PPK&K3/VIII/2015 Tentang Pembinaan Teknisi Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Listrik dan isi dari modul ini berdasarkan standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) SNI 0225:2011 serta standar internasional IEC.

Isi modul menjelaskan tentang ruang lingkup Menjelaskan dasar hukum dan standar pemasangan transmisi, memeriksa kelengkapan dokumen gambar, memeriksa kondisi lingkungan, memeriksa prosedur kerja dan APD, memeriksa dan menguji perlengkapan dan peraltan transmisi, memeriksa lay out instalasi pemasangan, membuat laporan pemasangan transmisi.

Kami menyadari materi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan kesempurnaan modul ini dimasa yang akan datang.

Kami mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah membantu proses penyelesaian revisi modul ini, terutama kepada rekan-rekan Tim narasumber K3 Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung yang telah berdiskusi dalam peyusunan isi materi, Direktur Jenderal Pembinaan Pengawasan Ketenagakerjaan dan K3 RI yang telah memberikan

kepercayaan kepada kami untuk membuat revisi modul pembinaan dan sertifikasi K3 Listrik serta PT.Upaya Riksa Patra sebagai perusahaan jasa K3 pembinaan yang telah memberikan dukungan dan bantuannya sehingga revisi materi ini bisa terealisasi. Semoga materi ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya para peserta training maupun peserta didik.

Bandung, Juni 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	vi
6.1. Latar Belakang	1
6.2. Tujuan Pembelajaran	1
6.2.1. Tujuan Pembelajaran Umum	3
6.2.1. Tujuan pembelajaran Khusus	3
6.3. Pendahuluan	3
6.4. Ruang lingkup pemeliharaan perlengkapan dan peralatan transmisi	5
6.4.1. Pengertian dan Tujuan pemeliharaan	5
6.4.2. Jenis pemeliharaan	5
6.5. Jenis potensi bahaya listrik (Shock, Arc, Blast dan bahaya lainnya) pada instalasi perlengkapan dan peralatan transmisi	25
6.6. Checklist pemeriksaan dan pengawasan Jenis pemeliharaan (Preventive Maintenance, Predictive Maintenance dan dan Corrective Maintenance)	47
6.7. Pemeriksaan	51
6.8. Latihan evaluasi dan jawaban	61
PENUTUP	70
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	vii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pemeliharaan transmisi listrik 10

Gambar 2. Contoh tranformator untuk transmisi listrik 11

Gambar 3. Daigaram satu garis instalasi tenaga listrik 15

Gambar 4. MCB 17

Gambar 5. MCCB 18

Gambar 6. ACB 19

Gambar 7. OCB 19

Gambar 8. VCB 20

Gambar 9. SF6CB (Sulfur Hexafluoride Circuit Break 20

Gambar 10. CB dilengkapi dengan rele proteksi 21

Gambar 11. Fuse 21

Gambar 12. CB dan Fuse sebagai peralatan 23

Gambar 13. Kombinasi Fuse dan CB sebagai pengaman peralatan 23

23

Gambar 14. Sentuhan langsung dan tidak langsung 29

Gambar 15. Karakteristik potensi bahaya listrik terhadap tubuh manusia 29

Gambar 16. Pakaian kerja pemeliharaan jaringan listri 32

Gambar 17. PPE yang benar 33

Gambar 18. Saluran Tanah dan Netral disatukan (TN-C 34

Gambar 19. Saluran Tanah dan Netral disatukan pada sebagian sistem (TN-C-S) 34

Gambar 20. Saluran Tanah dan Netral dipisah (TN-S) 35

Gambar 21. Saluran Tanah dan Tanah (TT= Terra Terr 35

Gambar 22. Saluran Tanah Melalui Impedansi (IT) 36

Gambar 23,. Jenis pentanahan dengan elektroda Batan 36

Gambar 24. Jenis elektroda Pita 37

Gambar 25. Jenis elektroda Plat 37

Gambar 26. Pengukuran nilaia pembumian dengan Eart Tester 38

Gambar 27. Penggunaan LOTO 38
Gambar 28. Pertolongan pertama pada kecelakaan listrik 39
Gambar 29. Terjadinya Arc Flash 39
Gambar 30.Electric arc damage caused by 240 volt arc. (Courtesy Brosz and Associates.) 40
Gambar 31. Penggunaan APD untuk Arc Flash 40
Gambar 32. Kebakaran diakibatkan terjadinya Arc 41
Gambar 33. Alat ukur Micro ohm meter 41
Gambar 34. Terjadinya Blast akibat perawatannya buruk 41
Gambar 35. Terjadinya Blast diakibatkan pengaman CB dan Fuse tidak kerja 42
Gambar 36. Contoh form JSA 46
Gambar 37. Insulation Tester 48
Gambar 38. Alat ukur Tegangan Tinggi 50

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Hubung Singkat sisi sumber PLN 20 KV/400V 42

Tabel 2. Cheklist identifikasi bahaya listrik 43

Tabel 3, Cheklist jenis pemeriksaan dan pngawan pemeliharaan 47

Tabe l4.Checklist pemeriksaan dan pengawasan persyaratan administrasi K3 pemeliharaan instakasi 48

Tabel 5. Contoh laporan pemeliharaan periodik 58

MATERI INTI 6

Fersyaratan K3 Pemeliharaan Instalasi Perlengkapan dan Peralatan Listrik di Tramsmisi Listrik

6..1. LATAR BELAKANG

Listrik merupakan sumber energi yang dapat menimbulkan atau mempunyai potensi bahaya bahkan bencana yang merugikan, apabila perancangan, pemasangan, pemanfaatan sistem tenaga listrik tidak mematuhi kaidah-kaidah ataupun peraturan-peraturan bidang kelistrikan. Dari hasil identifikasi kecelakaan akibat listrik pada umumnya disebabkan oleh instalasi listrik yang dipakai tidak memenuhi syarat-syarat keselamatan dan kesehatan kerja (k3) atau standar yang berlaku. Upaya pengendalian diperlukan agar setiap peralatan dan pesawat yang menggunakan energi listrik, memerlukan pengamanan dan perlindungan yang memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

Keselamatan yang berhubungan dengan ketenagalistrikan (*electrical safety*) pada dasarnya adalah segala upaya atau langkah-langkah pengamanan terhadap instalasi tenaga listrik, peralatan serta pemanfaat listrik untuk mewujudkan kondisi andal dan aman, baik bagi pekerja maupun masyarakat umum.

Kita menyadari benar bahwa belum seluruh anggota masyarakat mengerti atau menyadari adanya potensi bahaya dari penggunaan listrik.

Sebagian sudah menyadari, tetapi belum mengetahui bagaimana prosedur untuk menangani pemanfaat listrik dengan benar. Untuk itu, perlu sosialisasi yang intensif untuk mencegah terjadinya bahaya dari listrik, baik terhadap jiwa manusia maupun harta benda.

Resiko atas suhu yang berlebihan pada instalasi listrik adalah;

(1) Bahaya api,

(2) Api dapat menyebabkan hilangnya nyawa,

Kematian karena kejut listrik biasanya hanya menimpa pada satu orang saja.

Kematian karena kebakaran yang terjadi pada tempat dengan orang banyak, seperti tempat-tempat hiburan, pertokoan dan industri, dapat menimpa pada banyak orang pada satu kali kejadian.

Penyebab timbulnya api/kebakaran pada instalasi adalah;

(1) Peralatan listrik dibawah standard,

(2) bencana alam,

(3) manusia sebagai konsumen,

(4) karena keawaman,

(5) salah penggunaan,

(6) kelalaian,

(7) kesengajaan.

Manusia sebagai pemasang(instalatir), karena penyimpangan dari peraturan, kelalaian, dan kesengajaan. Manusia sebagai pemeriksa karena kurang teliti, kelalaian, kesengajaan, dan kegagalan pengamanan atau sistem. Untuk menangkal bahaya api listrik adalah dengan;

(1) Perlengkapan listrik dipilih yang memenuhi standard teknik (IEC Standard) dan sesuai dengan lingkungan instalasinya, agar tidak terjadi percikan api,

(2) Dimontase dengan ketentuan instalasi yang benar, atau sesuai dengan instruksi manual dari pembuatnya, kalaupun ada, dan semua sambungan dan hubungan dilakukan dengan erat,

(3) Instalasi sebaiknya diperiksa dan diuji secara periodik untuk mengetahui kemungkinan kerusakan, termasuk longgarnya sambungan/hubungan,

(4) Dengan melengkapi gawai proteksi arus sisa yang tepat, dapat menghindari kegagalan pengamanan atau sistem,

(5) Kelima, hindari kelebihan beban pada konduktor agar tidak timbul panas pada instalasi.

Untuk mencegah timbulnya api disarankan agar: Dilakukan penertiban mutu perlengkapan listrik yang ada dipasaran, Penyuluhan secara terus menerus lewat berbagai kesempatan, seminar, media massa, media elektronik dan sebagainya.

6.2. TUJUAN PEMBELAJARAN

6.2.1. Tujuan Pembelajaran Umum

Melalui pembelajaran dan pelatihan dalam materi ini diharapkan peserta memahami dengan baik pemeliharaan instalasi perlengkapan dan peralatan listrik di tramsmisi tenaga listrik

6.2.2. Tujuan Pembelajaran Khusus

Melalui program pembelajaran ini peserta diharapkan dapat :

a. Menjelaskan dasar hukum dan standar pemeliharaan
b. Memeriksa kelengkapan dokumen gambar
c. Memeriksa kondisi lingkungan
d. Memeriksa prosedur kerja dan APD
e. Memeriksa dan menguji perlengkapan dan peralatan transmisi
f. Memeriksa lay out instalasi transmisi
g. Melakukan pemeliharaan transmisi
h. Membuat laporan pemeliharaan transmisi

3.26.3. Pendahuluan

Pemeliharaan saluran transmisi memegang peranan sangat penting dalam menunjang kualitas dan keandalan penyediaan tenaga listrik kepada konsumen. Pemeliharaan ini bertujuan untuk mempertahankan atau menjaga kondisi transmisi sehingga dalam pengoperasiannya dapat selalu berfungi sesuai dengan karakteristik desainnya dan mencegah terjadinya gangguan yang merusak.

Komponen-komponen utama saluran transmisi adalah struktur pendukung, konduktor sebagai penghantar tenaga listrik dan isolator. Struktur pendukung terdiri atas tiang atau menara listrik yang harus memikul konduktor dan isolator pada ketinggian tertentu dari permukaan tanah.

Kendala utama saat melaksanakan pemeliharaan transmisi adalah panjang jaringan dan letak tower yang dilalui jaringan transmisi tersebut.

Tujuan utama dari pemeliharaan saluran transmisi adalah agar dimungkinkan penyaluran tenaga listrik secara kontinyu; tujuan ini dicapai dengan memperbaiki, memulihkan dan menyempurnakan keaadaan peralatan yang rusak atau terkena gangguan yang diketahui dari patroli dan ispeksi.

Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) dan saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) adalah sarana instalasi listrik diatas tanah untuk menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit ke gardu induk (GI) atau dari GI ke GI lainnya (antar GI).

SUTT atau SUTET merupakan peralatan buatan manusia. Peralatan ini pada dasarnya bisa rusak baik karena salah pengoperasian, kesalahan pada saat pelaksanaan konstruksi maupun telah melampaui masa kerjanya (*life time*).

Pengertian pemeliharaan adalah kegiatan yang meliputi:

- Pemeriksaan
- Perbaikan
- Penggantian
- Pengujian

Tujuan pemeliharaan:

- Calon Teknisi K3 Listrik mampu memahami dan melakukan pembinaan, pengawasan, dan penanggulangan K3 Listrik (pencegahan bahaya listrik dan mitigasinya) pada Pemeliharaan Instalasi, Perlengkapan dan Peralatan di Transmisi Listrik
- Mempertahankan kemampuan kerja peralatan
- Memperpanjang *live time* peralatan
- Menghilangkan, mengurangi resiko kerusakan
- Mengembalikan kemampuan kerja peralatan
- Mengurangi kerugian secara ekonomis
- Memberi keyakinan keandalan operasinya

6..4. Ruang lingkup pemeliharaan pada Instalasi, Perlengkapan

dan Peralatan Transmisi

6.4.1. Pengertian dan Tujuan Pemeliharaan

Pemeliharaan peralatan listrik adalah serangkaian tindakan atau proses kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan meyakinkan bahwa peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga dapat dicegah terjadinya gangguan yang menyebabkan kerusakan.

Ada pula yang mengatakan bahwa Pemeliharaan itu merupakan kegiatan yang meliputi program pemeriksaan, perawatan, perbaikan dan uji ulang (unjuk kerja) dengan tujuan utama untuk mempertahankan peralatan tersebut beroperasi secara optimum.

Sedangkan menurut John Moubray dalam bukunya RCM II, mengatakan pemeliharaan : pemastian bahwa aset fisik melanjutkan memenuhi fungsi yang diinginkannya.

(Maintenance : Ensuring that physical assets continue to fulfil their intended functions)

Tujuan pemeliharaan peralatan listrik adalah untuk menjamin kontinuitas penyaluran tenaga listrik dan menjamin keandalan, antara lain :

- Untuk meningkatkan reliability, availability dan effiency.
- Untuk memperpanjang umur peralatan.
- Mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan.
- Meningkatkan Safety peralatan.
- Mengurangi lama waktu padam akibat sering gangguan.

6.4.2. Jenis Pemeliharaan

Banyak metoda pemeliharaan yang dilakukan mulai dari yang paling sederhana sampai dengan yang paling rumit. Beberap jenis pemeliharaan antara lain:

- Pemeliharaan rutin (*Preventive Maintenance*)
- Pemeliharaan korektif (*Corrective Maintenance*)
- Pemeliharaan darurat (*Emergency Maintenance*)

  Pemeliharaan yang berdasarkan kondisi / karakter peralatan

(*Condition Base Maintenance*)

Introduction to Reliability-centred Maintenance 5

Figure 1.3 shows how the classical emphasis on overhauls and administrative systems has grown to include many new developments in a number of different fields.

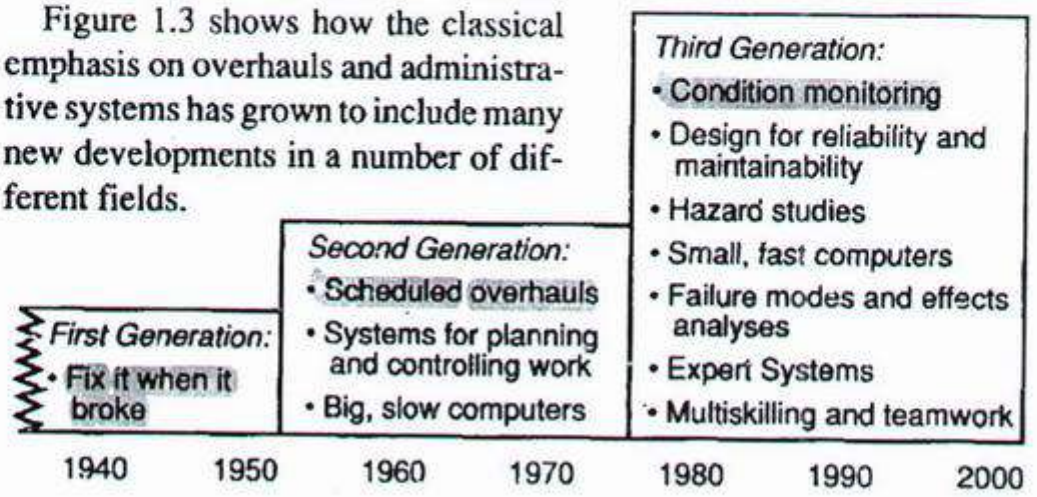


Figure 1.3: *Changing maintenance techniques*

☐ **Jenis-jenis pemeliharaan transmisi tenaga listrik**

- **Pemeliharaan Preventif**

Pemeliharaan preventif ini bertujuan selain untuk mempertahankan unjuk kerja peralatan transmisi juga untuk mencegah terjadinya kerusakan secara tiba-tiba. Hal ini bisa dilakukan dengan cara melakukan inspeksi secara periodik dan pengujian pengukuran untuk menganalisa kondisi peralatan.

Kegiatan ini harus dilaksanakan dengan berpedoman kepada aturan standart atau berdasarkan dari buku manual pabrikan.

Kegiatan ini dilaksanakan secara berkala dengan berpedoman kepada : Instruction Manual dari pabrik, standar-standar yang ada (IEC, CIGRE, dll) dan pengalaman operasi di lapangan.

Pemeliharaan ini disebut juga dengan pemeliharaan berdasarkan waktu (Time Base Maintenance).

Dalam pemeliharaan preventif ini dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

- **Pemeliharaan Rutin**

Kegiatan pemeliharaan dengan melaksanakan inspeksi dan pengujian fungsi secara periodik untuk mendeteksi adanya potensi kelainan atau kegagalan pada peralatan dan untuk mempertahankan unjuk kerjanya. Diantara kegiatan yang dilakukan adalah :

- **Pemeliharaan mingguan** :

Mandor line atau biasa juga disebut dengan istilah ground patrol yaitu jenis pekerjaan pemantauan / pemeriksaan secara berkala / periodik terhadap jalur transmisi tanpa memanjat tower. Hasil pemeriksaan ini merupakan input yang dijadikan acuan tindak lanjut untuk pemeliharaan korektif.

- **Pemeliharaan lima tahunan**

Yaitu climb up inspection dimana kita melakukan pemeriksaan secara berkala terhadap tower berikut aksesorisnya dengan cara memanjat tower yang dalam keadaan bertegangan. Hasil pemeriksaan ini merupakan input yang dijadikan acuan tindak lanjut untuk pemeliharaan korektif.

- **Pemeliharaan Prediktif**

Pemeliharaan prediktif ini dilakukan dengan cara melakukan monitor dan membuat analisa trend terhadap hasil pemeliharaan untuk memprediksi kondisi dan gejala kerusakan secara dini. Hasil monitor dan analisa trend dari pemeliharaan ini dijadikan masukan untuk ditindaklnjuti pada pemeliharaan korektif.

Kegiatan yang dilakukan pada pemeliharaan ini:

Pengukuran/pengujian peralatan pada saat bertegangan, diantaranya pengujian thermovisi, korona, resistansi pentanahan tower.

Pengukuran/pengujian yang dilakukan pada saat tidak beroperasi /padam untuk dapat memperdiksi kondisi dan gejala kerusakan peralatan secara dini. Khususnya pada transmisi yang sudah habis masa manfaatnya.

Cara yang biasa dipakai adalah memonitor kondisi secara online baik

pada saat peralatan beroperasi atau tidak beroperasi.

Untuk ini diperlukan peralatan dan personil khusus untuk analisa.

Pemeliharaan ini disebut juga pemeliharaan berdasarkan kondisi (Condition Base Maintenance).

- **Pemeliharaan Pasca Gangguan**

Adalah pemeliharaan yang dilaksanakan setelah peralatan mengalami gangguan dengan kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan meliputi in service visual inspection, yaitu melakukan pengecekan jalur setelah transmisi trip akibat gangguan eksternal, dilanjutkan climp up inspection untuk memastikan sumber gangguan.

Bila diketahui kondisi peralatan masih baik, maka peralatan dapat diooperasikan kembali. Namun bila diketahui telah terjadi kerusakan yang memerlukan perbaikan, maka perlu ditindaklanjuti dengan pemeliharaan korektif.

- **Pemeliharaan Korektif**

Pemeliharaan korektif ini adalah pemeliharaan yang dilakukan ketika peralatan mengalami kelainan / unjuk kerja rendah pada saat menjalankan fungsinya atau kerusakan dengan tujuan untuk mengembalikan pada kondisi semula melalui perbaikan ataupun penggantian peralatan tersebut.

Pemeliharaan ini disebut juga *Curative Maintenance*, yang bisa berupa *Trouble Shooting* atau penggantian part/bagian yang rusak atau kurang berfungsi yang dilaksanakan dengan terencana.

Sedangkan istilah *Breakdown Maintenance* diartikan sebagai pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan mendadak yang waktunya tidak tertentu dan sifatnya darurat.

Di dalam pelaksanaannya, pemeliharaan krektif ini dapat dipecah menjadi dua bagian yaitu : Planned dan Unplanned.

Planned

Adalah pemeliharaan yang dilakukan ketika peralatan mengalami kelainan / unjuk kerja rendah pada saat menjalankan fungsinya, dengan

tujuan untuk mengembalikan pada kondisi semula melalui perbaikan ataupun penggantian secara terencana. Acuan tindak lanjut yang digunakan pada planned corrective maintenance berdasarkan hasil pemeriksaan dan pengujian pada pemeliharaan prediktif.

Unplanned

Biasa disebut juga dengan pemeliharaan breakdown. Yaitu pemeliharaan yang dilakukan ketika peralatan mengalami kerusakan secara tiba-tiba sehingga menyebabkan pemadaman. Untuk mengembalikan pada kondisi semula perlu dilakukan perbaikan besar atau penggantian.

- **Masa Pemeliharaan**

Yang dimaksud masa pemeliharaan adalah masa atau periode waktu tertentu dimana Kontraktor harus melakukan pemeliharaan terhadap pekerjaan yang telah dikerjakan.

Jadi jika selama masa waktu pemeliharaan terdapat kekurangan pekerjaan yang menyebabkan tidak sesuai dengan kontrak, kewajiban Kontraktor untuk menyelesaikan/ memperbaiki/ menyempurnakan hingga sesuai dengan kontrak.

Untuk pekerjaan Transmisi, sisa pekerjaan yang ditoleransi dikerjakan pada masa pemeliharaan (karena belum diselesaikan pada saat sebelum serah terima pertama), antara lain

- ✓ Penyelesaian ganti rugi yang masih tersisa, yang keterlambatannya tidak disebabkan oleh Kontraktor.
- ✓ Pengembalian (retour) material ke gudang PLN.
- ✓ Pembuatan asbulit drawing.
- ✓ Berita acara penyelesaian sisa pekerjaan (Pending Item).
- ✓ Pekerjaan lain yang diakibatkan bukan karena ketidaksiapan Kontraktor.

Objek Pemeliharaan

Objek pemeliharaan instalasi perlengkapan dan peralatan di transmisi listrik meliputi : Tranformator, Saluran Udara Tegangan Tinggi, Gardu Induk, Pemisah (PMS), Pemutus Tenaga Listrik (PMT), Penggerak Pemutus Tenaga, Kompesator, Peralatan SCADA dan Telekomunikasi, PLC, Peralatan Kopling, Kapasitor Kopling, Wave trap, Line Matching Unit, Peralatan Pengaman, Sistem Pentanahan Titik Netral, Kabel Tenaga, Proteksi Sistem Penyaluran, Charger (Rectifier), Automatic Voltaga Regulator (AVR), Rangkaian voltage Dropper, Rangkaian Proteksi Tegangan Surja Hubung, Baterai (DC Power)

Gambar 1. Pemeliharaan transmisi listrik

- **Peralatan dan perlengkapan Transmisi**

a. Transformator

Klasifikasi transformator tenaga dapat di klasifikasikan menurut sistem pemasangan dan cara pendinginannya.

1. Pemasangan

   Pemasangan dalam dan pemasangan luar

2. Pendinginan

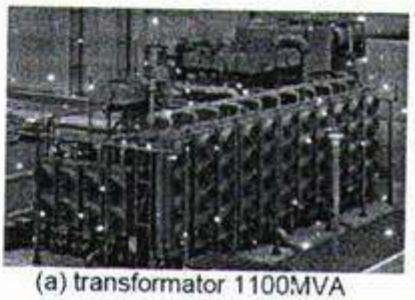
Menurut cara pendinginannya dapat dibedakan sebagai berikut:

1) Fungsi dan pemakaian

- ❑ Transformator mesin (untuk mesin-mesin listrik)
- ❑ Transformator Gardu Induk
- ❑ Transformator Distribusi

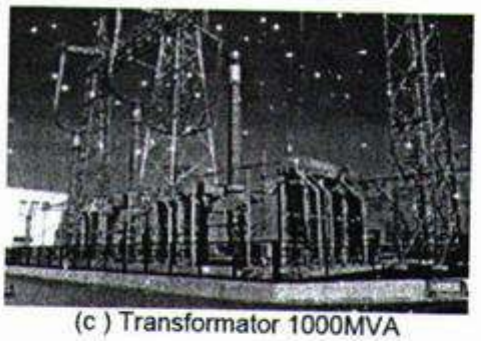
2) Kapasitas dan Tegangan

Contoh transformator 3 phasa dengan tegangan kerja di atas 1100 kV dan daya di atas 1000 MVA ditunjukkan pada Gambar berikut ini.



(a) transformator 1100MVA

(b) transformator 4500MVA



(c) Transformator 1000MVA

Contoh Transformator 3 Phasa dengan Tegangan Kerja di Atas 1100 kV dan Daya di Atas 1000 MVA

Gambar 2. Contoh tranformator untuk transmisi listrik

Dalam usaha mempermudah pengawasan dalam operasi, transformator dapat dibagi menjadi: transformator besar, transformator sedang, dan transformator kecil.

b. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)

Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) adalah sarana instalasi tenaga listrik diatas tanah

untuk menyalurkan tenaga listrik dari Pusat Pembangkit ke Gardu Induk (GI) atau dari GI ke GI lainnya (antar GI).

SUTT/SUTET terdiri dari kawat/konduktor yang direntangkan antara tiang-tiang melalui isolator–isolator dengan sistem tegangan tinggi (30 kV, 70 kV, 150 kV dan 500 kV).

SUTT/SUTET merupakan peralatan buatan manusia. Peralatan ini pada dasarnya bisa rusak baik karena salah pengoperasian, kesalahan saat konstruksi maupun telah melampaui masa kerjanya (life time). Salah satu cara untuk meningkatkan kemampuan kerja dari SUTT / SUTET adalah dengan melakukan pemeliharaan SUTT / SUTET.

Komponen Saluran udara tegangan tinggi terdiri Saluran Udara, Saluran Kabel, Perlengkapan SUTT/SUTET, Tower, Bagian-bagian tower , Kondukror, Kawat Tanah, Pentanahan Tower, Isolator.

c. Perlengkapan Gardu Induk (GI)

Busbar/Rel, Gardu Induk dengan single busbar, Gardu Induk dengan Doble busbar , Gardu Induk dengan satu setengah / one half busbar, Arrester, Transformator Instrumen, Transformator Tegangan, Transformator Arus, Transformator Bantu, Transformator Ukur.

d. PMT dan PMS

PMS terdiri dari Pemisah Engsel, Pemisah Putar, Pemisah Siku, Pemisah Luncur.

PMT terdiri : PMT dengan Media pemutus menggunakan udara, PMT dengan Hampa Udara, PMT dengan Media pemutus menggunakan Minyak, PMT dengan Sedikit Minyak, Penggerak Pemutus Tenaga.

e. Peralatan Pengaman

Terdiri dari : Lightning Arester , Aplikasi PLC, Komunikasi Suara, Penggunaan Kanal Suara, Teleproteksi Protection Signalling, Remote Terminal Unit (RTU), Rele Proteksi, Annunciator

f. Sistem pentanahan gardu induk

Gardu Induk merupakan suatu sistem Instalasi listrik yang terdiri dari beberapa peralatan listrik dan menjadi penghubung listrik dari jaringan

transmisi ke jaringan distribusi primer.

Gardu Induk befungsi sebagai penyalur daya (KVA, MVA) sesuai dengan tegangan operasinya.

Karena peranannya yang sangat penting dalam menyalurkan daya listrik dan menjadi penghubung listrik dari jaringan transmisi ke jaringan distribusi primer maka harus diterapkan sistem pentanahan yang memenuhi persyaratan sistem pengaman yaitu :

Sistem pentanahan Gardu Induk harus peka terhadap gangguan yang terjadi, dan secara propcsional mampu mendeteksi gangguan dengan tepat di area atau zona yang di amankan.

Sistem Pentanahan Gardu Induk harus handal. Tidak boleh gagal, mampu bekerja sesuai dengan pengaturan yang diterapkan pada sistem pentanahan tersebut.

Berbagai macam pemeliharaan yang pernah terjadi di jaringan SUTT / SUTET antara lain :

- Penggantian isolator pecah
- Pembersihan isolator karena polusi
- Perbaikan kawat rantas
- Pembersihan kawat dari layang-layang
- Pengecekan member tower termasuk number & danger plate
- Pemeriksaan pondasi tower (leveling, retak)
- Pemeriksaan kelengkapan tapak tower (patok tanda batas tanah PLN, urugan tanah tapak tower)
- Pengecekan Tahanan Pembumian
- Pemeriksaan jarak bebas konduktor dengan benda di sekitarnya
- Tanah sekeliling pondasi longsor
- Pondasi turun, tanah dasar pad mengalami sliding arus air bawah tanah
- Kualitas beton pondasi tower
- Ketahanan beton terhadap jenis materi tanah/bahan di

sekelilingnya

- Grounding (cek periodik, rawan pencurian)
- Pohon tumbang (diluar row)
- Pencurian baut & member tower termasuk fenomena penggergajian member tower
- Kawat rantas (karena : haspel, pelaksanaan, petir, akibat lain)
- Layang-layang
- Pohon/benda di dalam jarak bebas
- Tension clamp konduktor (tekanan mesin pres, pemilihan mata dies, bahan, manusia)
- Tension clamp gsw (material)
- Suspension clamp konduktor
- Joint sleeve (tekanan mesin pres, pemilihan mata dies, bahan, manusia
- Joint box opgw (rawan pencurian)

g. Instalasi listrik

Instalasi Listrik pada Transmisi Listrik Secara umum, Transmisi listrik menyalurkan tenaga listrik arus bolak-balik tiga fasa melalui Tower .

Tegangan generator paling tinggi yang dapat dibangkitkan oleh pembangkit listrik adalah 23 kV.

Pada saat ini, dalam tingkat riset sedang dikembangkan generator yang dapat membangkitkan tegangan listrik sampai 150 kV.

Diagram satu garis instalasi tenaga listrik pada pusat pembangkit listrik sederhana ditunjukkan pada gambar dibawah ini:

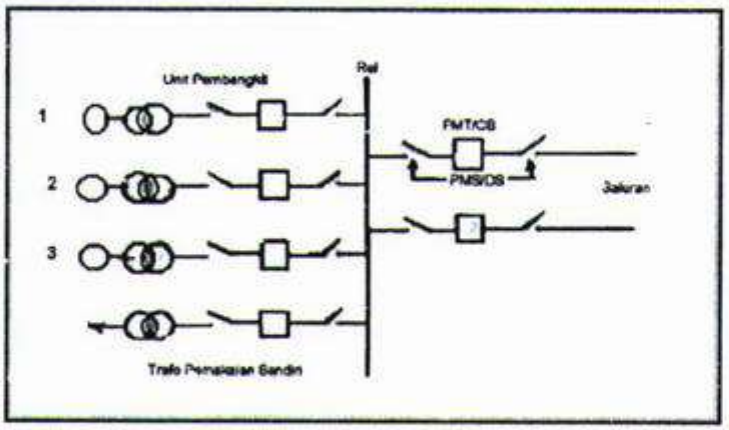


Diagram satu garis instalasi tenaga listrik
pada pusat pembangkit listrik sederhana

Keterangan:
PMT/CB = Pemutus Tenaga (*Circuit Breaker*)
PMS/DS = Sakelar Pemisah (*Diconnocting Switch*)

Gambar 3. Diagram satu garis instalasi tenaga listrik

Pusat pembangkit listrik yang sudah beroperasi secara komersial secara umum ditunjukkan pada Gambar 3.

Tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator sinkron dinaikkan dengan menggunakan transformator listrik sebelum dihubungkan pada rel (busbar) melalui pemutus tenaga (PMT).

Semua generator listrik yang menghasilkan energi listrik dihubungkan pada rel (busbar).

Begitu pula semua saluran keluar dari pusat listrik dihubungkan dengan rel pusat listrik.

Saluran yang keluar dari rel pusat pembangkit listrik digunakan untuk mengirim tenaga listrik dalam jumlah besar ke lokasi pemakai (beban) dan digunakan untuk menyediakan tenaga listrik di lokasi sekitar pusat pusat pembangkit listrik.

Selain itu juga ada saluran (feeder) yang digunakan menyediakan tenaga listrik untuk keperluan pusat pembangkit sendiri yang digunakan untuk sumber tenaga listrik pada instalasi penerangan, mengoperasikan motor-motor listrik (motor listrik sebagai penggerak pompa air pendingin, motor listrik sebagai penggerak pendingin udara, motor listrik sebagai penggerak peralatan pengangkat, keperluan kelengkapan kontrol, dan

lain-lain).

Pada pusat pembangkit listrik juga memiliki instalasi listrik dengan sumber tegangan listrik arus searah.

Sumber listrik arus searah pada pusat pembangkit tenaga listrik digunakan untuk menggerakkan peralatan mekanik pada pemutus tenaga (PMT) dan untuk lampu penerangan darurat.

Sumber listrik arus searah yang digunakan pada pusat pembangkit listrik adalah baterai aki yang diisi oleh penyearah.

h. Proteksi sistem tenaga listrik

Proteksi sitem tenaga listrik adalah suatu proses menjadikan Pembangkitan, Transmisi, Distribusi, dan Pemanfaatan (konsumsi) enegi listrik seaman mungkin dari efek-efek kegagalan dan kejadian yang menempatkan sistem tenaga pada risiko.

Tidak mungkin kita menjadikan sistem tenaga listrik 100% aman (safe) atau 100% dapat diandalkan (reliable), karena biayanya akan sangat mahal.

Oleh karena itu perlu penilaian risiko (risk assessment) untuk menentukan tingkat bahaya yang dapat diterima terhadap kecelakaan atau biaya akibat kerusakan.

Tujuan proteksi dan koordinasi sistem listrik menurut ANSI/IEEE Std 242 1986/2001

Tujuan dari proteksi dan koordinasi sistem listrik adalah :

- Mencegah kecelakaan pada manusia
- Meminimalisasi kerusakan pada peralatan
- Membatasi durasi pemadaman listrik

Note :

ANSI = American National Standards Institute

IEEE = Institute of Electrical and Electronics Engineers

Paper of ANSI/IEEE Std 242 1986/2001

1. First Principles

1.1 Objectives

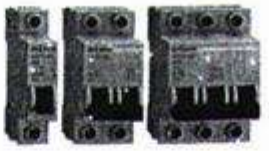
The objectives of electrical system protection and coordination are to prevent injury to personnel, to minimize damage to the system components, and to limit the extent and duration of service interruption whenever equipment failure, human error, or adverse natural events occur on any portion of the system. The circumstances causing system malfunction are usually unpredictable, though sound design and preventive maintenance can reduce the likelihood of their happening. The electrical system, therefore, should be designed and maintained in such a way as to protect itself automatically.

1. Circuit Breaker (CB)

a). MCB (Miniatur Circuit Breaker) : bisa trip sendiri

MCB berfungsi mengamankan arus hubung singkat (short circuit) dan pembatas daya (overload) , kerjanya berdasarkan dua kendali.

Kendali panas terbuat dari elemen dwilogam yang akan bekerja jika daya beban melebihi batas dan kendali elektromagnetik untuk arus hubung singkat akan bekerja jika arus yang mengalir jauh melampaui arus nominal yang ditentukan; biasanya setelan pengaman ini 6 s/d 12 kali arus nominal, tergantung dari tipe MCB tersebut apakah tipe lambat atau cepat.



Gambar 4. MCB

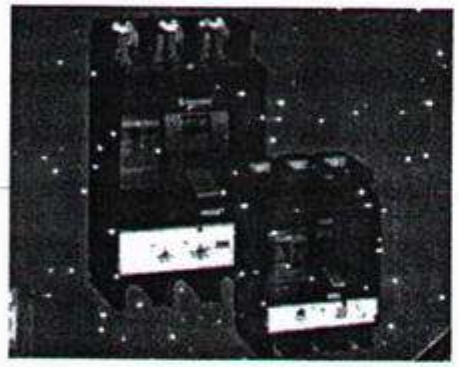
Berdasarkan penggunaan dan daerah kerjanya, MCB dapat digolongkan menjadi 5 jenis yaitu :

1. Tipe Z (rating dan breaking capacity kecil) :
   Digunakan untuk pengaman rangkaian semikonduktor dan trafo-trafo yang sensitif terhadap tegangan.
2. Tipe K (rating dan breaking capacity kecil) :
   Digunakan untuk mengamankan alat-alat rumah tangga.
3. Tipe G (rating besar) untuk pengaman motor.
4. Tipe L (rating besar) untuk pengaman kabel atau jaringan.

5. Tipe H untuk pengaman instalasi penerangan bangunan

b). MCCB (Molded Case Circuit Breaker) : bisa trip sendiri

Moulded Case Circuit Breaker merupakan salah satu komponen elektrikal yang berfungsi sebagai pengaman dan pemurus arus ketika terjadi arus pendek (sort circuit) atau kelebihan beban (overload) yang dapat menyebabkan kerusakan pada motor listrik dan kebakaran karena percikan bunga api. Pada alat pengaman ini terdapat setingan arus.

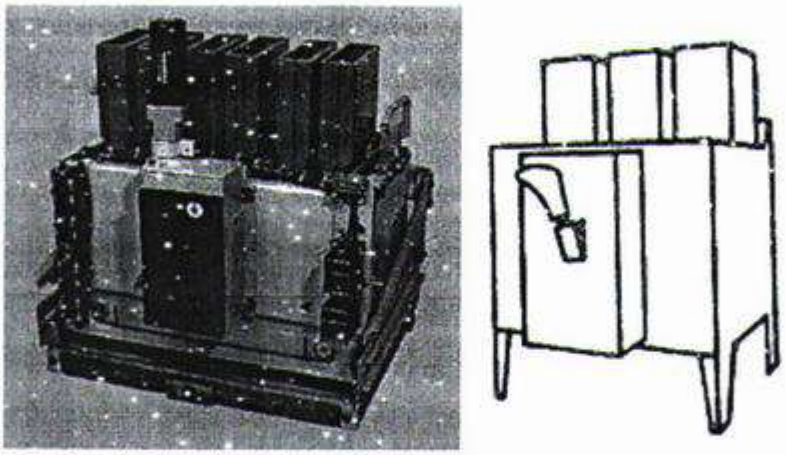


Gambar 5. MCCB

c). ACB (Air Circuit Breaker) : ada yang bisa trip sendiri, ada yang dilengkapi Protective Relays

ACB (Air Circuit Breaker) merupakan jenis circuit breaker dengan sarana pemadam busur api berupa udara. ACB dapat digunakan pada tegangan rendah dan tegangan menengah. Udara pada tekanan ruang atmosfer digunakan sebagai peredam busur api yang timbul akibat proses switching maupun gangguan.

Pengoperasian pada bagian mekanik ACB dapat dilakukan dengan bantuan solenoid motor ataupun pneumatik.



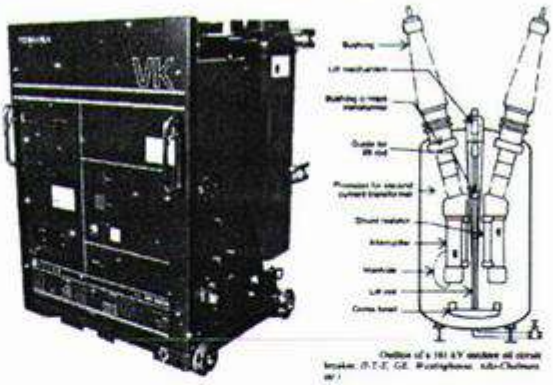
Gambar 6. ACB

d). OCB (Oil Circuit Breaker) : dilengkapi Protective Relays.

Oil Circuit Breaker adalah jenis CB yang menggunakan minyak sebagai sarana pemadam busur api yang timbul saat terjadi gangguan.

Bila terjadi busur api dalam minyak, maka minyak yang dekat busur api akan berubah menjadi uap minyak dan busur api akan dikelilingi oleh gelembung-gelembung uap minyak dan gas.

Gas yang terbentuk tersebut mempunyai sifat thermal conductivity yang baik dengan tegangan ionisasi tinggi sehingga baik sekali digunakan sebagi bahan media pemadam loncatan bunga api.

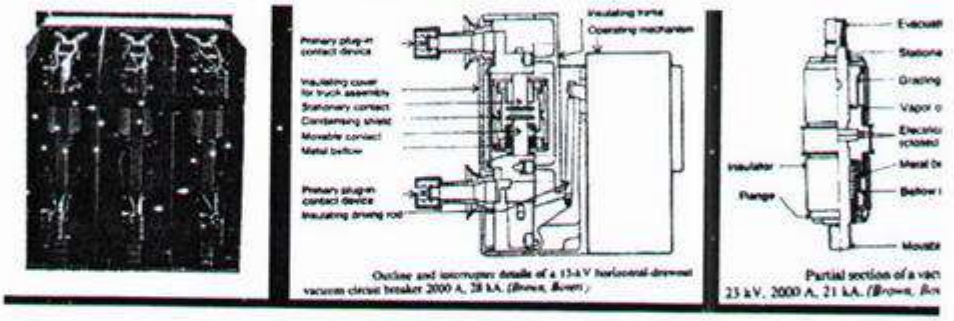


Gambar 7. OCB

e). VCB (Vacuum Circuit Breaker) : dilengkapi Protective Relays

Vacuum circuit breaker memiliki ruang hampa udara untuk memadamkan busur api, pada saat circuit breaker terbuka (open), sehingga dapat mengisolir hubungan setelah bunga api terjadi, akibat

gangguan atau sengaja dilepas.



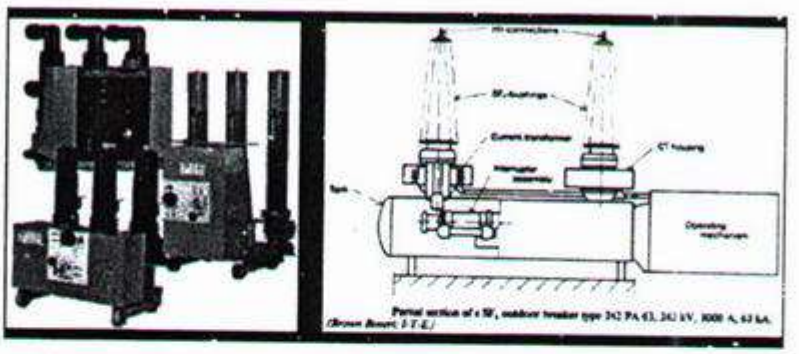
Gambar 8. VCB

f). SF6CB (Sulfur Hexafluoride Circuit Breaker) : dilengkapi dengan Protective Relays

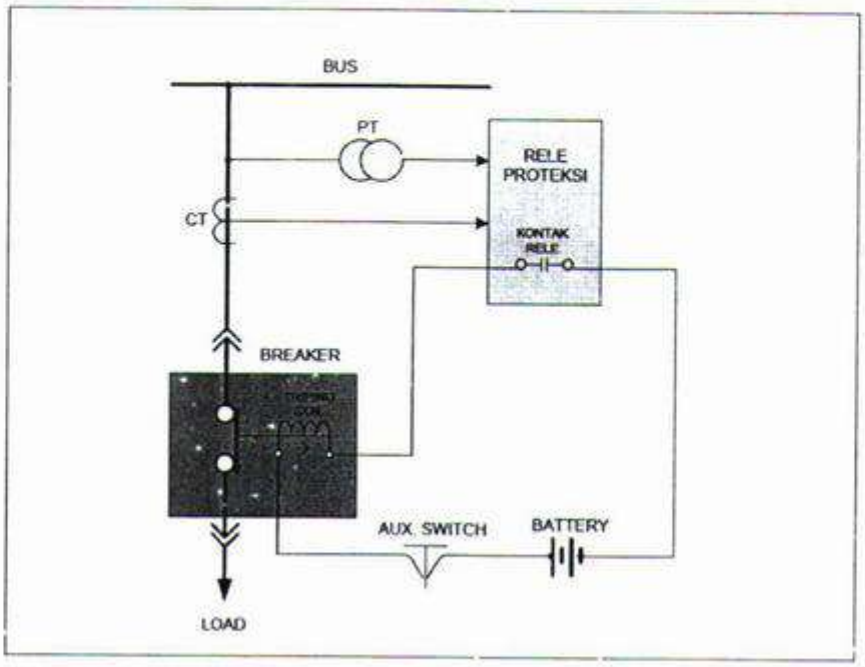
SF6 CB adalah pemutus rangkaian yang menggunakan gas SF6 sebagai sarana pemadam busur api.

Gas SF6 merupakan gas berat yang mempunyai sifat dielektrik dan sifat memadamkan busur api yang baik sekali.

Prinsip pemadaman busur apinya adalah Gas SF6 ditiupkan sepanjang busur api, gas ini akan mengambil panas dari busur api tersebut dan akhirnya padam.



Gambar 9. SF6CB (Sulfur Hexafluoride Circuit Breaker)



Gambar 10. CB dilengkapi dengan rele proteksi

2. Fuse

Berfungsi untuk mengamankan beban bila terjadi hubung singkat/sort circuit. Patron leburnya akan lebur jika ada arus yang besarnya jauh melampaui arus nominal pengaman tersebut, sehingga patron lebur/sekring tersebut putus dan tidak bisa digunakan lagi.

Sekarang banyak digunakan sekring otomatis yang dapat digunakan lagi jika rangkaian terjadi hubung singkat, karena didalam sekring tersebut tidak digunakan pengaman lebur tetapi menggunakan elektromagnetik.

Pengaman tersebut akan bekerja jika arus gangguan atau arus hubung singkat melampaui setelan nominal alat pengaman tersebut dan dapat disetel lagi jika gangguan sudah teratasi.

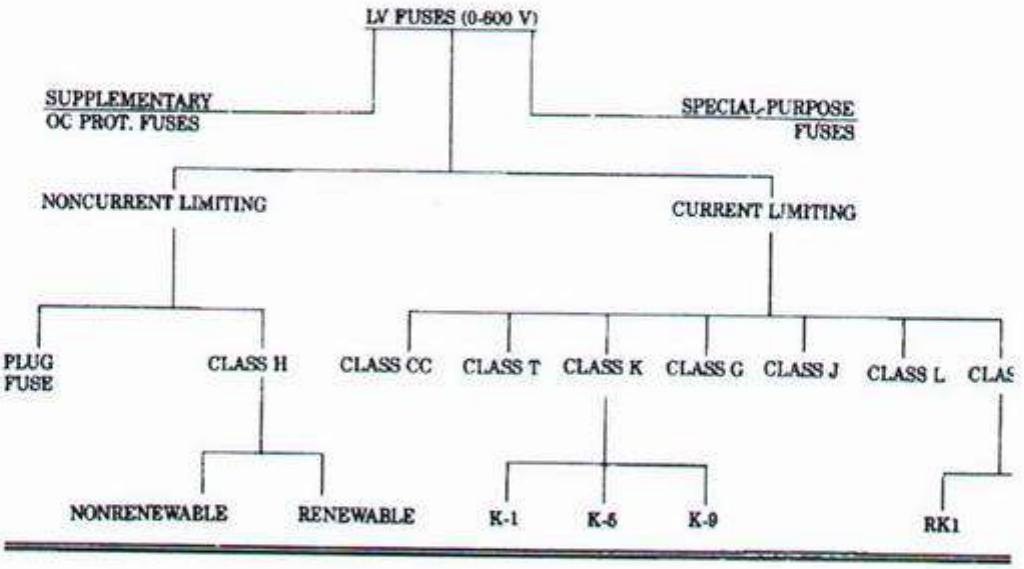
Gambar 11. Fuse

A fuse may be defined as a device that protects a circuit by fusing open its current-responsive element when an overcurrent or short-circuit current passes through it.

[Fuse bisa didefinisikan sebagai alat yang memproteksi circuit dengan cara membuka elemen respon arusnya, ketika arus lebih atau arus hubung singkat melewatinya].

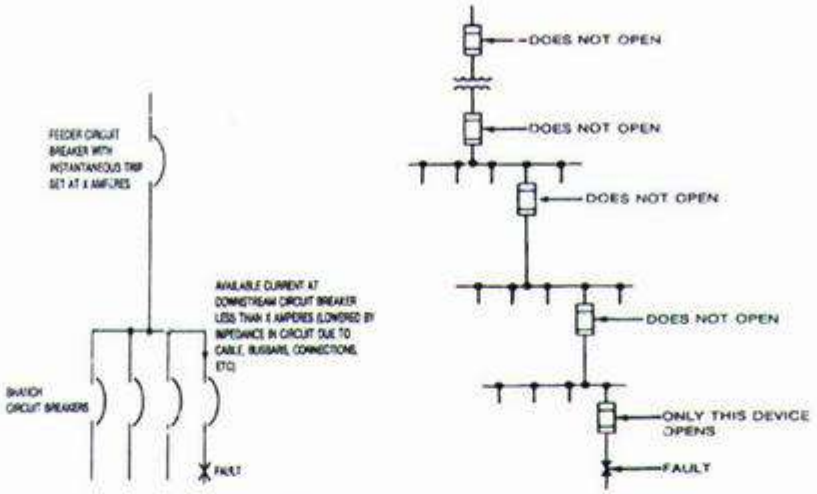
Fuse dibuat untuk tegangan rendah maupun tegangan menengah.

Berikut ini adalah klasifikasi Fuse tegangan rendah.

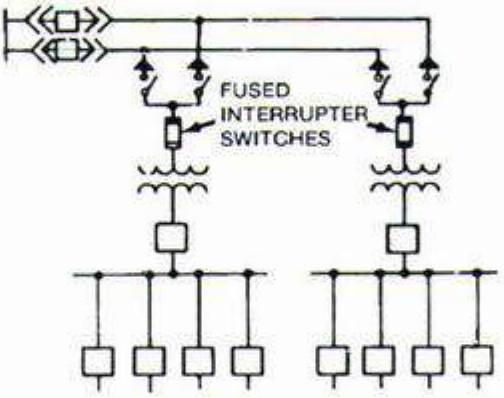


Alat (Gawai) Proteksi listrik dalam Pemeliharaan listrik:

Aplikasi Circuit Breaker dan Aplikasi Fuse.



Gambar 12. CB dan Fuse sebagai peralatan



Gambar 13. Kombinasi Fuse dan CB sebagai pengaman peralatan

- Checklist pekerjaan pemeliharaan di Transmisi listrik, meliput Instalasi listrik, Perlengkapan listrik, Peralatan listrik

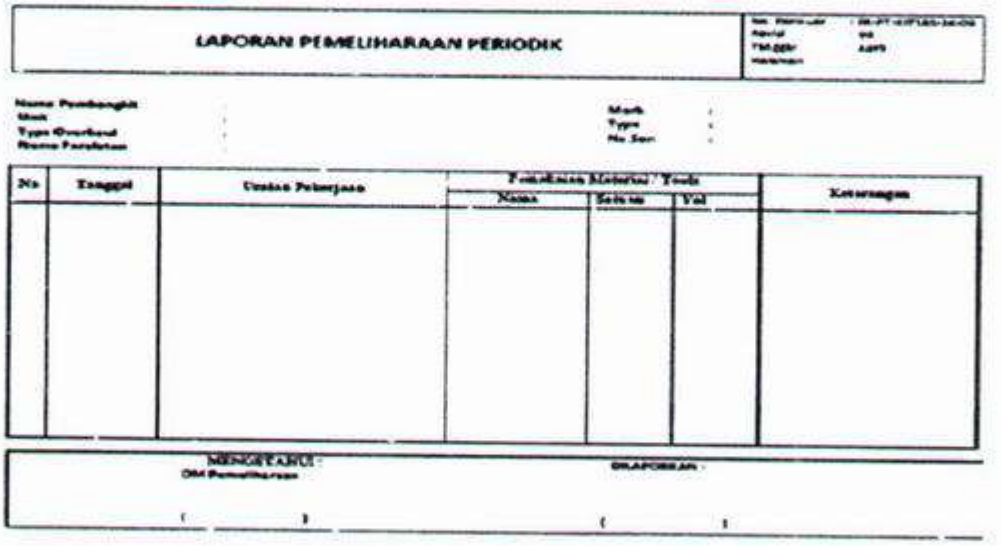
  (LAMPIRAN 1)

- Uraian pekerjaan pemeliharaan di Transmisi listrik, meliput Instalasi listrik, Perlengkapan listrik, Peralatan listrik.

  (Sistem Proteksi)

Tabel 3. Contoh laporan hasil pemeliharaan transmisi

(LAMPIRAN 2)



LAPORAN PEMELIHARAAN PERIODIK

No	Tanggal	Uraian Pekerjaan	Pemakaian Material / Tools			Keterangan
			Nama	Satuan	Vol	

MENGETAHUI :

DIAPORKAN :

( ) ( )

- **Manajemen pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik,**

Manajemen pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik, meliputi :

1. Perencanaan
2. Pengornaisasian
3. Penggerakan
4. Pengendalian

- **P.O.A.C (Planning, Organizing, Actuating, Controlling)**
- **Perencanaan (Planning)**

Perencanaan pemeliharaan peralatan tenaga listrik meliputi koordinasi antara kebutuhan akan pemeliharaan dan kondisi sistem.

Dalam hal ini diupayakan agar kedua kebutuhan itu terpenuhi sebaik mungkin.

Hasil dari perencanaan ini adalah jadwal dan jenis pekerjaan yang akan dilaksanakan untuk setiap peralatan.

Berdasarkan pengalaman lapangan yang cukup lama didalam memelihara peralatan instalasi listrik ini, maka bisa dilakukan perubahan dengan mengurangai siklus pemeliharaan peralatan.

- **Pengorganisasian (Organizing)**

Rencana pemeliharaan sebagai hasil perencanaan tersebut merupakan dasar dalam pengaturan SDM, alat, tugas, tanggung-jawab dan

wewenang untuk melaksanakan pekerjaan pemeliharaan.

Pengorganisasian ini perlu dalam mengalokasikan sumber daya yang ada atas pekerjaan-pekerjaan yang diperlukan agar dapat dimanfaatkan seefisien dan seefektif mungkin.

- **Penggerakan (Actuating)**

  Setelah ada rencana kerja, kemudian pengalokasian sumber daya, tibalah saatnya pada pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan yang disebut sebagai penggerakan.

  Pada tahap ini sumber daya manusia merupakan salah satu penentu bagi keberhasilan pencapaian sasaran sehingga diperlukan suatu sifat kepemimpinan, motivasi dan komunikasi yang baik.

- **Pengendalian (Controlling)**

  Dalam mencapai tujuan sesuai dengan yang direncanakan, diperlukan pengendalian, sehingga penyimpangan yang terjadi dapat dideteksi sedini mungkin dan dapat dilakukan tindakan koreksi.

Untuk dapat melaksanakan pengendalian diperlukan sasaran pengendalian, indikator - indikator dan standar yang jelas.

6.5.. Jenis Potensi bahaya listrik (Shock, Arc,Blast dan bahaya lainnya) pada Instalasi Transmisi, Perlengkapan Transmisi, Peralatan Transmisi

Bahaya listrik (Electrical Hazard):

1.Shock = tersengat listrik = kesetrum

2.Arc = Percikan api (Arc flash) → Kebakaran (Fire)

3.Blast = Ledakan, kadang-kadang disebut "Arc blast"

4.Bahaya lainnya :

a. Bahaya Induksi Electromagnetic ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik

b. Bahaya radiasi ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik

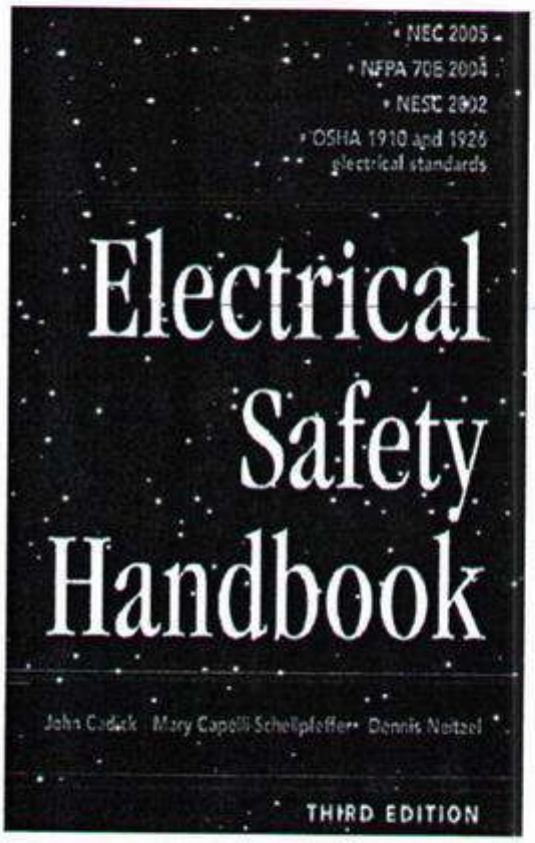
c. Bahaya terpeleset ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan

listrik

d. Bahaya jatuh dari ketinggian ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik

e. Bahaya tersentuh panas pada peralatan listrik ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik

f. Dan lain-lain.



INTRODUCTION

Modern society has produced several generations who have grown accustomed to electricity. This acclimatization has been made easier by the fact that electricity is silent, invisible, odorless, and has an "automatic" aspect to it. In the late 1800s, hotels had to place signs assuring their guests that electricity is harmless. By the late 1900s, signs had to be hung to remind us that electricity is a hazard. In fact, the transition of electricity from a silent coworker to a deadly hazard is a change that many cannot understand until it happens to them. Because of these facts, the total acceptance of an electrical safety procedure is a requirement for the health and welfare of workers.

Understanding the steps and procedures employed in a good electrical safety program requires an understanding of the nature of electrical hazards. Although they may have trouble writing a concise definition, most people are familiar with electric shock. This often painful experience leaves its memory indelibly etched on the human mind. However, shock is only one of the electrical hazards. There are two others—arc and blast. This chapter describes each of the three hazards and explains how each affects the human body.

Understanding the nature of the hazards is useless unless protective strategies are developed to protect the worker. This chapter also includes a synopsis of the types of protective strategies that should be used to protect the worker.

Pengendalian Risiko (Controlling Risk) bahaya listrik:

Metoda pemastian risiko dikendalikan secara efektif adalah dengan menggunakan "hirarki pengendalian" :

1. Eliminasi : Menghilangkan bahaya
2. Substitusi: Mengganti substansi bahaya dengan yang kurang bahayanya.
3. Isolasi: Menyekat bahaya terhadap manusia terpapar risiko
4. Rekayasa (engineering): Rekayasa ulang agar bahayanya berkurang.
5. Administratif : Melaksanakan cara kerja aman, SOP, dll.
6. Alat pelindung Diri (APD): Menggunakan APD dengan baik,tepat dan benar.

A. Shock (electric)

Pengertian schok itu adalah tersengat listrik atau dikenal dengan kesetrum.

Stimulasi fisik atau trauma yang terjadi sebagai akibat dari mengalirnya arus listrik lewat melalui tubuh.

(The physical stimulation or trauma that occurs as a result of electric current passing through the body.)

Dalam PUIL2011 halaman 6 dibahas proteksi dari kejut listrik sebagai berikut :

131.2(2.1.2) Proteksi dari kejut listrik

131.2.1(2.1.2.1) Proteksi dari sentuh langsung

Manusia dan ternak harus dihindarkan/diselamatkan dari bahaya yang bisa timbul karena sentuhan dengan bagian aktif instalasi (sentuh langsung).

131.2.2(2.1.2.2) Proteksi dari sentuh tak langsung

Manusia dan ternak harus dihindarkan/diselamatkan dari bahaya yang bisa timbul karena sentuhan dengan bagian konduktif terbuka dalam keadaan gangguan (sentuh tak langsung).

Tahanan kontak kulit bervariasi dari 1000 kΩ (kulit kering) sampai 100 Ω (kulit basah).

Tahanan dalam (internal) tubuh sendiri antara 100 Ω – 500 Ω.

Jika tegangan sistem 220 Volt,

Kondisi terjelek:

Tahanan tubuh paling kecil,Rb = 100 Ω +100 Ω =200 Ω

Arus yang mengalir ketubuh = 220V / 200 Ω = 1,1 A

Menurut IEC tegangan aman bagi manusia adalah 50 VAC atau 120 VDC, maka arus yang mengalir ketubuh=50 V/200 Ω = 0,25 A

→ 1,1 A > 0,25 A : Berbahaya

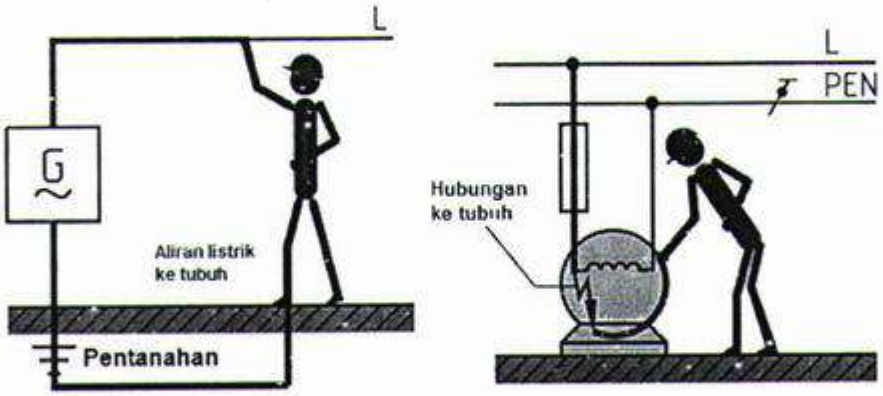
Kondisi terbaik:

- Tahanan tubuh paling besar,Rb = 1000.000 Ω +500=1000.500 Ω
- Arus yang mengalir ketubuh = 220 V / 1000.500 Ω=0,0002198 A

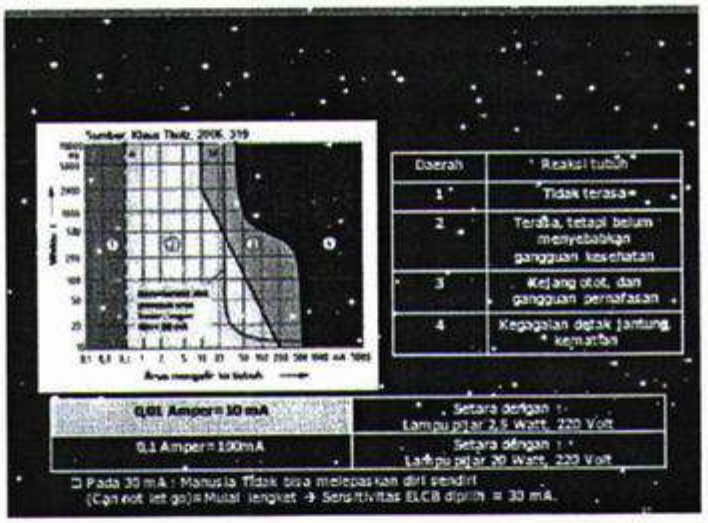
= 0,2198 mA

Menurut IEC tegangan aman bagi manusia adalah 50 VAC atau 120 VDC, maka arus yang mengalir ketubuh = 50 V / 1000.500 Ω = 0,000049975 A = 0,049975 mA

→ 0,2198 mA > 0,049975 A : Tetap Berbahaya



Gambar 14. Sentuhan langsung dan tidak langsung



Gambar 15. Karakteristik potensi bahaya listrik terhadap tubuh manusia

- **Cara untuk mecegah bahaya Shock.**

1. Jangan membiasakan diri mencoba secara sengaja maupun tidak sengaja memegang benda-benda logam yang kemungkinan bisa ada tegangan listriknya.
2. Isolasi bagian-bagian terbuka yang bertegangan.
3. Beri tutup yang aman pada bagian-bagian yang bertegangan
4. Beri pagar pengaman pada bagian-bagian bertegangan yang kemungkinan bisa tersentuh manusia secara tidak sengaja, pasang peralatan Interlocking (bila perlu).
5. Pasang Grounding pada Instalasi listrik
6. Pasang Grounding pada bagian-bagian yang kemungkinan bisa bertegangan

(misalnya frame dari motor, dan lain-lain)

7. Pasang ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker) dengan sensitivity maksimum 30 mA. Nama lain dari ELCB adalah GPAS (Gawai Proteksi Arus Sisa), alias RCCB (Residual Current Circuit Breaker), alias RCD (Residual Current Detector), alias GFCI (Ground Fault Current Interrupter).
8. Laksanakan LOTO (Lock Out Tag Out) sewaktu melakukan pekerjaan listrik.
9. Gunakan PPE yang benar

B. CARA MENCEGAH TERJADINYA ARC yang timbul karena terhubungnya kawat fasa (AC) atau kawat positif + (DC) dengan kawat lain atau bagian konduktor lain :

1. Pada saat melakukan pekerjaan Pemeliharaan, harus selalu listriknya dimatikan dulu (off & LOTO), kecuali terpaksa.
2. Hindarkan kemungkinan terjadinya short circuit, dan pastikan harus ada alat proteksi (CB atau Fuse)
3. Hindari Kondisi tidak aman (Unsafe condition) dan Perilaku yang tidak aman (Unsafe Act)
4. Gunakan Alat Pelaindung Diri (APD) yang baik dan benar

C. "HEAT" BISA TIMBUL KARENA:

1. Terjadi short circuit, tetapi alat proteksi tidak mentripkan circuit
2. Kualitas kabel (kawat dan isolasi) tidak baik
3. Penggunaan jenis kabel yang salah (misalnya NYM hanya untuk indoor).
4. Ukuran kawat terlalu kecil
5. Terjadi "loss connection" (dari sambungan kawat, tusuk kontak yang bertumpuk-tumpuk yang cenderung tidak rapat, dan lain-lain)

D. Cara Mencegah Terjadinya ARC yang menyebabkan Kebakaran:

1. Hindarkan kemungkinan terjadinya short circuit, dan harus ada alat proteksi (CB atau Fuse)

2. Gunakan kulaitas kabel (kawat dan isolasi) yang baik
3. Gunakan jenis kabel yang benar
4. Gunakan ukuran kawat yang sesuai dengan KHA (Ampacity)nya.
5. Hindari terjadinya "Loss connection"

E. Cara mencegah Blast yang berasal dari equipment yang pemeliharaannya kurang baik

1. Laksanakan pekerjaan Pemeliharaan (PM, PdM, dan CM) sesuai dengan prosedur-prosedur Pemeliharaan (Maintenance Procedurs).
2. Lakukan JSA (Job Safety Analysis) untuk setiap pekerjaan Pemeliharaan (PM, PdM, CM)

   BLAST yang terjadi karena Interrupting Rating yang tidak benar pada CB & Fuse.

   Bila terjadi short circuit dan alat proteksinya trip tetapi pecah (break) maka terjadi blast.

   Oleh karena itu pada alat proteksi baik Fuse maupun Circuit Breaker :

   - Contact Rating [Amper]: untuk proteksi over current (over load) , dan Short circuit
   - Breaking Capacity (Interrupting Current) [kA] : untuk bertahan tidak pecah jika terjadi short circuit.

F. Cara mencegah BLAST :

1. Hindari kemungkinan terjadinya short circuit
2. Pastikan Breaking Capacity dari Fuse dan Circuit Breaker adalah lebih besar daripada Maximum Short Circuit pada titik terjadinya short circuit tersebut. Maximum Short Circuit pada setiap titik Bus dihitung menggunakan software misalnya ETAP (Electrical Transient Analizer Program), Yang dimaksud bahaya-bahaya lain dari listrik adalah bahaya-bahaya yang selain Shock, Arc & Blast :
   1. Bahaya Induksi Electromagnetic ketika sedang

melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik.

2. Bahaya radiasi ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik.
3. Bahaya terpeleset ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik.
4. Bahaya jatuh dari ketinggian ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik.
5. Bahaya tersentuh panas pada peralatan listrik ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik.

Cara mencegahnya :

Hati-hati, Hindari Unsafe Condition & Unsafe Acts, Gunakan APD yang tepat dan baik, Patuhi rambu-rambu yang dipasang, Patuhi prinsip-prinsip K3 Umum, dan K3 Spesialis.

Gambar 16. Pakaian kerja pemeliharaan jaringan listrik

Gambar 17. PPE yang benar

☐ Pentanahan titik netral sistem

Pentanahan titik netral dari sistem tenaga merupakan suatu keharusan pada saat ini, karena sistem sudah demikian besar dengan jangkauan yang luas dan tegangan yang tinggi.

Pentanahan titik netral ini dilakukan pada alternator pembangkit listrik dan transformator daya pada gardu-gardu induk dan gardu-gardu distribusi.

Ada bermacam-macam pentanahan sistem, antara satu dan lainnya mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing.

Jenis pentanahan sistem akan menentukan skema proteksinya.

Ada lima macam skema pentanahan netral sistem daya, yaitu:

TN (Terra Neutral) System (yaitu TN-C, TN-C-S, dan TN-S), TT (Terra Terra), IT (Impedance Terra)

Catatan :

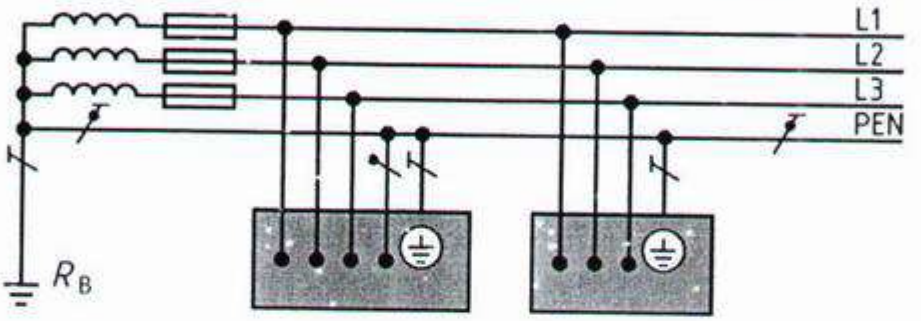
Terra = bahasa Perancis yang berarti bumi atau tanah)

1. **Saluran Tanah dan Netral disatukan (TN-C=Terra Neutral Combined)**

   Pada sistem ini saluran netral dan saluran pengaman disatukan pada sistem secara keseluruhan.

   Semua bagian sistem mempunyai saluran PEN yang merupakan kombinasi antara saluran N (Neutral) dan PE (Protective Earth).

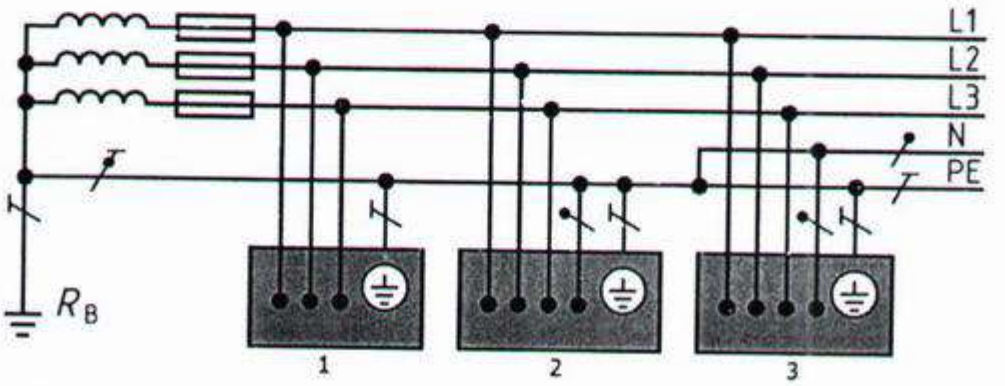
   Seluruh bagian sistem mempunyai saluran PEN yang sama.



Gambar 18. Saluran Tanah dan Netral disatukan (TN-C)

2. **Saluran Tanah dan Netral disatukan dan dipisah (TN-C-S = Terra Neutral-Combined-Separated)**

   Pada sistem ini saluran netral dan saluran pengaman dijadikan menjadi satu saluran pada sebagian sistem dan terpisah pada sebagian sistem yang lain. Di sini terlihat bahwa bagian sistem 1 dan 2 mempunyai satu hantaran PEN (combined), sedangkan pada bagian sistem 3 menggunakan dua hantaran, N dan PE secara terpisah (separated).



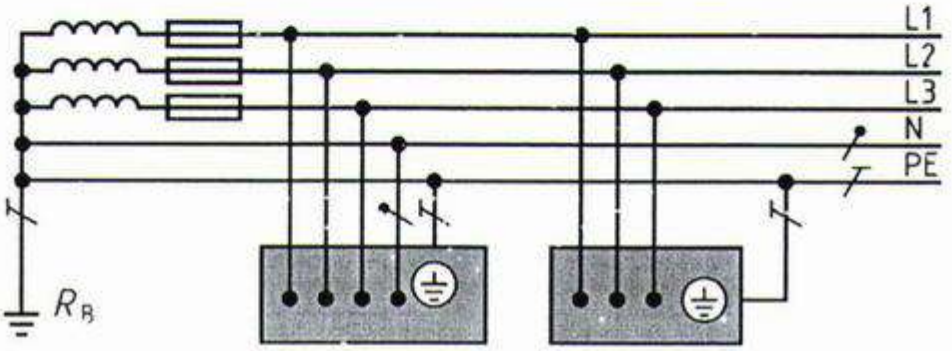
Gambar 19. Saluran Tanah dan Netral disatukan pada sebagian sistem

(TN-C-S)

3. Saluran Tanah dan Netral-dipisah (TN-S=Terra Neutral-Separated):

Pada sistem ini saluran netral dan saluran pengaman terdapat pada sistem secara keseluruhan.

Jadi semua sistem mempunyai dua saluran N dan PE secara tersendiri (separated).

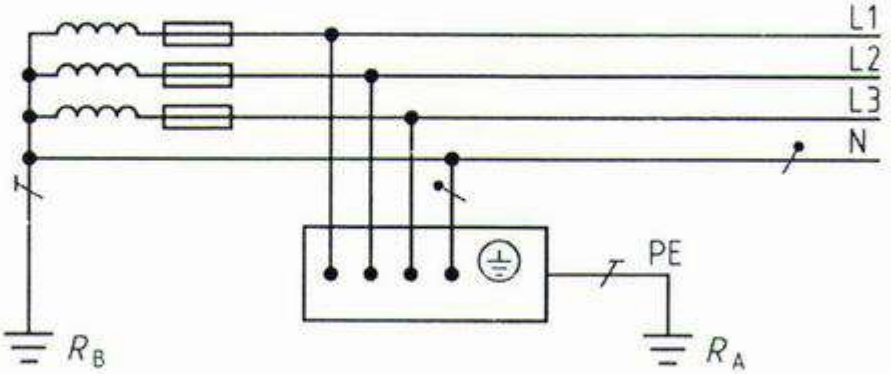


Gambar 20. Saluran Tanah dan Netral dipisah (TN-S)

4. Saluran Tanah dan Tanah (TT= Terra Terra)

Sistem yang titik netralnya disambung langsung ke tanah, namun bagian-bagian instalasi yang konduktif disambungkan ke elektroda pentanahan yang berbeda (berdiri sendiri).

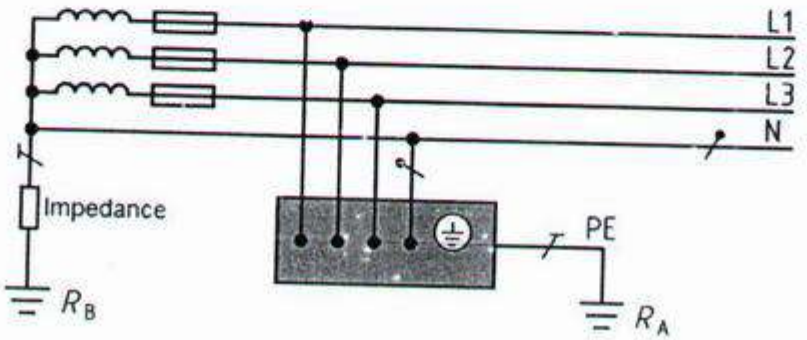
Dari gambar di bawah ini terlihat bahwa pentanahan peralatan dilakukan melalui sistem pentanahan yang berbeda dengan pentanahan titik netral.



Gambar 21. Saluran Tanah dan Tanah (TT= Terra Terra)

5. Saluran Tanah melalui Impedansi (IT=Impedance Terra), atau Sistem Pentanahan Impedansi

Sistem rangkaian tidak mempunyai hubungan langsung ke tanah namun melalui suatu impedansi, sedangkan bagian konduktif instalasi dihubung langsung ke elektroda pentanahan secara terpisah.Ada beberapa jenis sambungan titik netral secara tidak langsung ini, yaitu melalui Reaktansi, Tahanan, dan Kumparan Petersen.



Gambar 22. Saluran Tanah Melalui Impedansi (IT)

- **Jenis-Jenis Elektroda Pentanahan**

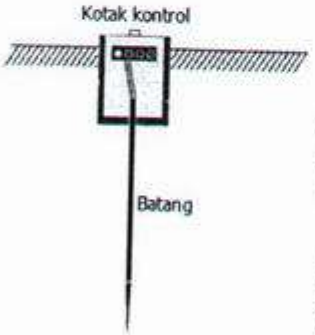
Pada prinsipnya jenis elektroda dipilih yang mempunyai kontak sangat baik terhadap tanah.

Elektroda Pentanahan terdiri sari Elektroda Batang, Elektroda Pita, dan Elektroda Plat.

1. **Elektroda Batang (Rod)**

Elektroda batang ialah elektroda dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan ke dalam tanah.

Elektroda ini merupakan elektroda yang pertama kali digunakan.



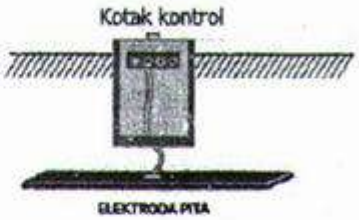
$$R_G = R_R = \frac{\rho}{2\pi L_R}[\ln(\frac{4L_R}{A_R}) - 1]$$

di mana:
R_G = Tahanan pentanahan (Ohm)
R_R = Tahanan pentanahan untuk batang tunggal (Ohm)
ρ = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)
L_R = Panjang elektroda (meter)
A_R = Diameter elektroda (meter)

Gambar 23,. Jenis pentanahan dengan elektroda Batang

2. **Elektroda Pita**

Elektroda pita ialah elektroda yang terbuat dari hantaran berbentuk pita atau berpenampang bulat atau hantaran pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal.



$$R_G = R_W = \frac{\rho}{\pi L_W}[\ln(\frac{2L_W}{\sqrt{d_W Z_W}}) + \frac{1{,}4L_W}{\sqrt{A_W}} - 5{,}6]$$

di mana:

R_W = *Tahanan dengan kisi-kisi (grid) kawat (Ohm)*

ρ = *Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)*

L_W = *Panjang total grid kawat (m)*

d_W = *diameter kawat (m)*

Z_W = *kedalaman penanaman (m)*

A_W = *luasan yang dicakup oleh grid (m^2)*

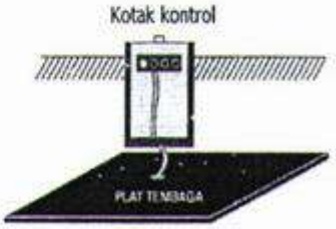
Gambar 24. Jenis elektroda Pita

3. **Elektroda Plat**

Elektroda dari bahan pelat logam (utuh atau berlubang) atau dari kawat kasa.

Pada umumnya elektroda ini ditanam dalam.

Elektroda ini digunakan bila diinginkan tahanan pentanahan yang kecil dan sulit diperoleh dengan menggunakan jenis-jenis elektroda yang lain.



$$R_G = R_P = \frac{\rho}{2\pi L_P}[\ln(\frac{8W_P}{0{,}5W_P + T_P}) - 1]$$

di mana:

R_P = *Tahanan pentanahan pelat (Ohm)*

ρ = *Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)*

L_P = *Panjang pelat (m)*

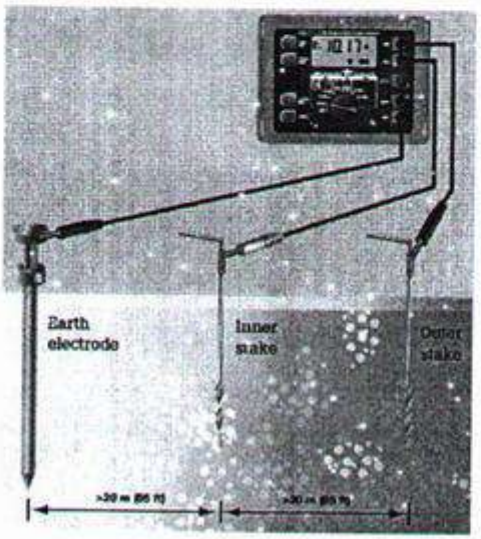
W_P = *Lebar pelat (m)*

T_P = *Tebal pelat (m)*

Gambar 25. Jenis elektroda Plat

- Tahanan pentanahan (Earth Resistance) diukur dengan menggunakan Alat "Earth Resistance Tester".

  Besarnya tahanan pentanahan (earth resistance) menurut IEC dan PUIL 2000 adalah maksimum 5 Ohm.



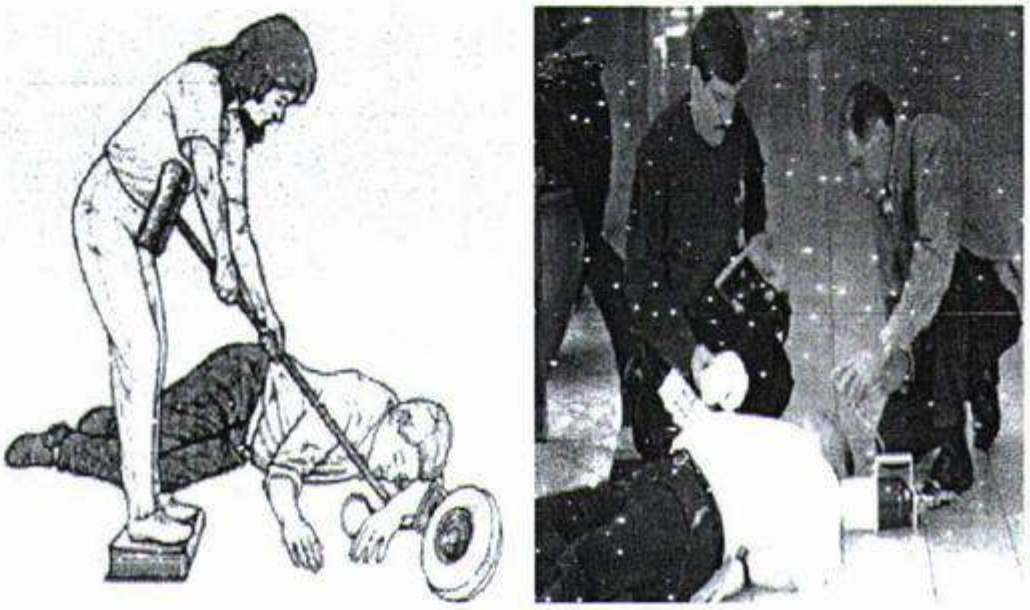
Gambar 26. Pengukuran nilaia pembumian dengan Eart Tester

- **Melaksanakan LOTO (Lock Out Tag Out) sewaktu melakukan pekerjaan Pemeliharaan listrik.**

Gambar 27. Penggunaan LOTO

- Pekerja listrik tidak dianjurkan bekerja sendirian, harus selalu bekerja 2 orang (Electrician + Helper).

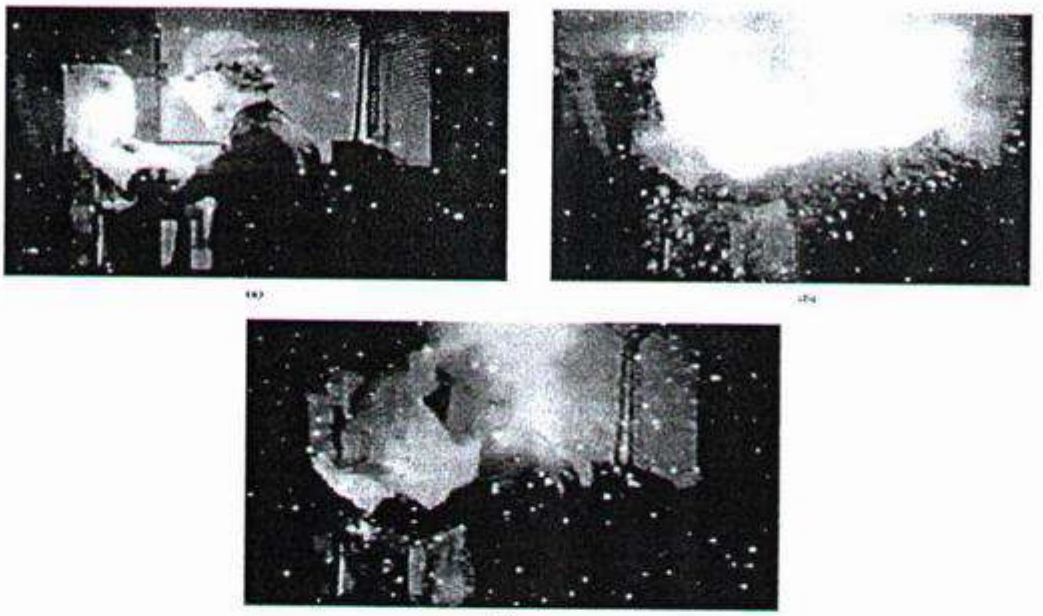
  Dengan maksud agar bisa saling menyelamatkan apabila terjadi kecelakaan tersengat listrik (shock).
- Lepaskan korban dari sengatan listrik menggunakan Isolator
- Lakukan P3K (Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan) listrik



Gambar 28. Pertolongan pertama pada kecelakaan listrik

1. Arc Flash = Arc yang timbul karena Short Circuit [terhubungnya kawat fasa AC atau kawat positif + DC dengan kawat lain atau bagian konduktor lain sebelum pemakaian (load)].

Gambar 29. Terjadinya Arc Flash

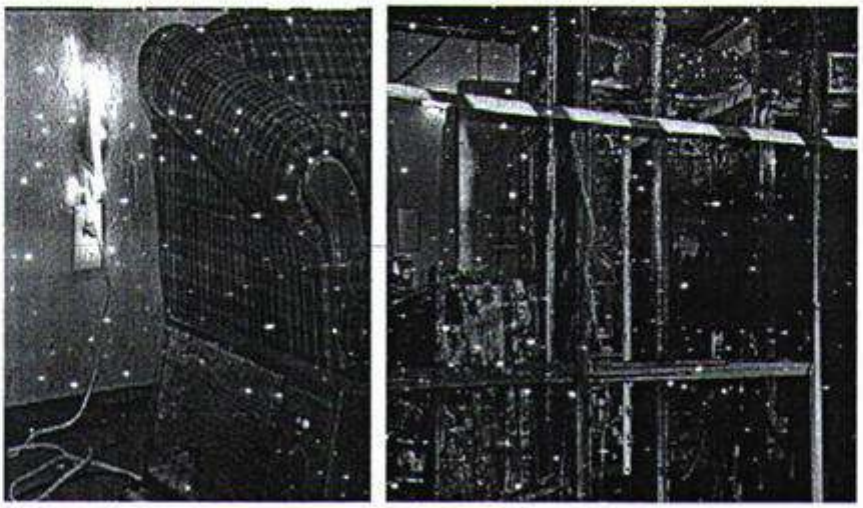


Gambar 30. **Electric arc damage caused by 240 volt arc. (Courtesy Brosz and Associates.)**

Penggunaan APD yang benar untuk mencegah efek dari Arc Flash = Arc yang timbul karena Short Circuit

Gambar 31. Penggunaan APD untuk Arc Flash

.2. Arc yang menyebabkan KEBAKARAN (Fire)



Gambar 32. Kebakaran diakibatkan terjadinya Arc

Hindari terjadinya "Loss Connection"

Jika ada "loss connection" maka tahanan kontaknya menjadi besar, misalnya sama dengan 20 Ω.

Maka arus yang timbul = 220 V/20 Ω = 11 A.

Panas yang ditimbulkan cukup besar, yaitu sama dengan :

$I^2R = 11^2 \times 20 = 2420$ W

Panas ini bisa menimbulkan kebakaran.

Alat untuk mengetahui loss connection pada sambungan lempeng rel adalah Micro Ohm meter.

Gambar 33. Alat ukur Micro ohm meter

- Blast yang berasal dari equipment yang pemeliharaannya kurang baik, misalnya :

Gambar 34. Terjadinya Blast akibat perawatannya buruk

2. Blast yang terjadi karena Interrupting Rating (Breaking Capacity) yang tidak benar pada CB & Fuse

Gambar 35. Terjadinya Blast diakibatkan pengaman CB dan Fuse tidak kerja

Tabel 1. Data Hubung Singkat sisi sumber PLN 20 KV/400V

KALKULASI ARUS HUBUNG SINGKAT 3-FASE INSTALASI BANGUNAN YANG MENGGUNAKAN TRANSFORMATOR 20KV/400 VOLT

Rated KVA Trafo	Arus beban penuh		Zac	Data hubung singkat 20 kV (jika tidak diketahui)			Impedansi hubung singkat (HS) 3 fase sumber			Impedansi H-S 3 fase trafo		Impedansi H-S 3-fase total			kA hubung singkat sisi 400 V trafo	80% kontribusi HS motor = 4 x 50% : trafo	kA hubung singkat sisi 400 V trafo total	Setelah rating kA CB sisi 400 V trafo : 1.6 kali proteksi
	Arus beban penuh sisi primer	Arus beban penuh sisi sekunder	Impedansi Zac	Arus hubung singkat primer	Rasio resistansi R/X = 1 x 0.1 (2)	kVA hubung singkat 20kV	% impedansi sumber = Z1	% reaktansi sumber = X1	% resistansi sumber = R1	% reaktansi trafo = X0	% resistansi trafo = R0	% reaktansi total = Xtot	% resistansi total = Rtot	% impedansi total = Ztot				
KVA	Amp	Amp	%	kA	R=nX	kVA	% Z1	% X1	% R1	%X0	%R0	%Xtot	%Rtot	%Ztot	kA	kA	kA	kA
25	0.7	36	4.0%	20	10	502,600	0.0038%	0.0038%	0.0004%	3.98%	0.40%	3.98%	0.40%	4.00%	5.36	0.07	4.97	10
50	1.4	72	4.0%	20	10	502,600	0.0077%	0.0077%	0.0007%	3.98%	0.40%	3.99%	0.40%	4.01%	1.86	0.14	1.96	10
100	2.9	144	4.0%	20	10	502,600	0.0144%	0.0144%	0.0014%	3.98%	0.40%	3.99%	0.40%	4.01%	3.68	0.29	3.88	10
160	4.5	231	4.0%	20	10	502,600	0.0231%	0.0230%	0.0023%	3.98%	0.40%	4.00%	0.40%	4.02%	5.74	0.46	6.20	15
200	5.8	289	4.0%	20	10	502,600	0.0289%	0.0287%	0.0029%	3.98%	0.40%	4.01%	0.40%	4.03%	7.17	0.58	7.74	15
250	7.2	361	4.0%	20	10	502,600	0.0361%	0.0359%	0.0036%	3.98%	0.40%	4.02%	0.40%	4.04%	8.94	0.72	9.66	20
315	9.1	455	4.0%	20	10	502,600	0.0455%	0.0452%	0.0045%	3.98%	0.40%	4.03%	0.40%	4.05%	11.24	0.91	12.15	25
400	11.5	577	4.0%	20	10	502,600	0.0577%	0.0573%	0.0057%	3.98%	0.40%	4.04%	0.40%	4.06%	14.22	1.15	15.36	25
500	14.4	722	4.0%	20	10	502,600	0.0721%	0.0716%	0.0072%	3.98%	0.40%	4.06%	0.41%	4.07%	17.73	1.44	19.17	30
630	18.2	909	4.0%	20	10	502,600	0.0909%	0.0902%	0.0090%	3.98%	0.40%	4.07%	0.41%	4.09%	22.33	1.82	24.05	30
800	23.1	1,155	4.5%	20	10	502,600	0.1155%	0.1146%	0.0115%	4.48%	0.45%	4.59%	0.46%	4.62%	25.62	2.31	27.33	35
1000	28.9	1,443	5.0%	20	10	502,600	0.1443%	0.1433%	0.0144%	4.98%	0.50%	5.17%	0.51%	5.19%	28.96	2.89	30.85	50
1250	36.1	1,804	5.0%	20	10	502,600	0.1804%	0.1792%	0.0180%	5.47%	0.55%	5.68%	0.57%	5.68%	31.76	3.61	35.37	50
1600	46.2	2,309	6.0%	20	10	502,600	0.2309%	0.2294%	0.0230%	5.97%	0.60%	6.20%	0.62%	6.22%	37.86	4.62	41.68	65
2000	57.7	2,887	6.0%	20	10	502,600	0.2887%	0.2867%	0.0287%	5.97%	0.60%	6.24%	0.62%	6.24%	46.91	5.77	51.68	60
2500	72.2	3,609	7.0%	20	10	502,600	0.3609%	0.3581%	0.0360%	6.97%	0.70%	7.32%	0.73%	7.34%	49.02	7.22	56.24	75

Contoh Soal

Suatu bangunan tinggi menggunakan transformator minyak 2500 KVA, N KV/400 VOLT dengan impedansi 7%, jika data hubung singkat sisi sumber PLN 20 KV seperti tabel diatas dan kontribusi beban motor utilitas bangunan tersebut adalah 50% dari arus nominal transformator, tentukan rating kapasitas pemutusan kA dari Circuit Breaker indoor pada PUTR (Panel Utama Tegangan Rendah) agar instalasi listrik bangunan tersebut cukup aman dan terproteksi?

Jawaban :

Lihat tabel diatas, dng impedansi 7% trafo & data arus hubung singkat sumber primer 20 kA, diperoleh arus hubung singkat sisi 400 V transformator 40.923 kA

Kontribusi arus hubung singkat dari motor adalah 4 x 50% arus nominal trafo = 7.23 kA (berdasarkan arus starting DOL = 2 – 4 kali) Jadi total kA = 56.24 kA

Jika kita menginginkan margin lebih 25% dan agar umur Circuit Breaker indoor PUTR lebih panjang maka gunakan rating 75 kA Air Circuit Breaker.

- Checklist Identifikasi Potensi bahaya listrik (Shock, Arc,Blast dan bahaya lainnya) pada Instalasi Transmisi, Periengkapan Transmisi, Peralatan Transmisi

Tabel 2. Cheklist identifikasi bahaya listrik

CHECK LIST Cara mencegah bahaya SHOCK		
Uraian	**Temuan**	**Rekomendasi**
1.Jangan membiasakan diri mencoba secara sengaja maupun tidak sengaja memegang benda-benda logam yang kemungkinan bisa ada tegangan listriknya.		
2.Isolasi bagian-bagian terbuka yang bertegangan.		
3.Beri tutup yang aman pada bagian-bagian yang bertegangan		
4.Beri pagar pengaman pada bagian-bagian bertegangan yang kemungkinan bisa tersentuh manusia secara tidak sengaja, pasang peralatan Interlocking (bila perlu).		
5.Pasang Grounding pada Instalasi listrik		
6.Pasang Grounding pada bagian-bagian yang kemungkinan bisa bertegangan (misalnya frame dari motor, dan lain-lain)		
8.Laksanakan LOTO (Lock Out Tag Out) sewaktu melakukan pekerjaan listrik.		
9.Gunakan PPE yang benar		

CHECK LIST Cara mencegah bahaya ARC FLASH		
Uraian	**Temuan**	**Rekomendasi**
1.Pada saat melakukan pekerjaan Pemeliharaan, harus selalu listriknya dimatikan dulu (off & LOTO), kecuali terpaksa.		
2.Hindarkan kemungkinan terjadinya short circuit, dan pastikan harus ada alat proteksi (CB atau Fuse)		
3. Hindari Kondisi tidak aman (Unsafe condition) dan Perilaku yang tidak aman (Unsafe Act)		
4. Gunakan Alat Pelaindung Diri (APD) yang baik dan benar		

CHECK LIST Cara mencegah bahaya ARC yang menyebabkan Kebakaran (FIRE)		
Uraian	**Temuan**	**Rekomendasi**
1. Hindarkan kemungkinan terjadinya short circuit, dan harus ada alat proteksi (CB atau Fuse)		
2. Gunakan kulaitas kabel (kawat dan isolasi) yang baik		
3. Gunakan jenis kabel yang benar		
4. Gunakan ukuran kawat yang sesual dengan KHA (Ampacity)nya.		
5. Hindari terjadinya "Loss connection"		

Cara mencegah bahaya BLAST karena Pemeliharaan yang kurang baik pada Peralatan		
Uraian	**Temuan**	**Rekomendasi**
1.Laksanakan pekerjaan Pemeliharaan (PM, PdM, dan CM) sesuai dengan prosedur-prosedur pemeliharaan (Maintenance Prosedures).		
2.Lakukan JSA (Job Safety Analysis) untuk setiap pekerjaan Pemeliharaan (PM, PdM, CM)		

Cara mencegah BLAST yang terjadi karena Interrupting Rating yang tidak benar pada CB & Fuse		
Uraian	**Temuan**	**Rekomendasi**
1. Hindari kemungkinan terjadinya short circuit		
2. Pastikan Breaking Capacity dari Fuse dan Circuit Breaker adalah lebih besar daripada Maximum Short Circuit pada titik terjadinya short circuit tersebut. Maximum Short Circuit pada setiap titik Bus dihitung menggunakan software misalnya ETAP (Electrical Transient Analizer Program), atau dengan menggunakan Tabel seperti contoh dari PLN.		

Cara mencegah bahaya listrik lainnya		
Uraian	**Temuan**	**Rekomendasi**
a. Bahaya Induksi Electromagnetic ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik		
b. Bahaya radiasi ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik		
c. Bahaya radiasi ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik		
d. Bahaya terpeleset ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik		
e. Bahaya jatuh dari ketinggian ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik		
f. Bahaya jatuh dari ketinggian ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik		
g. Bahaya tersentuh panas pada peralatan listrik ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik		
h. Dan lain-lain :		

- Standar Prosedur Pemeliharaan dan JSA(Job Safety Analysis) pada

Instalasi Transmisi, Perlengkapan Transmisi, Peralatan Transmisi

JSA bertujuan mencari/ menemukan adanya sumber bahaya dan usaha menghilangkannya dari suatu rangkaian proses pekerjaan.

- **Langkah-langkah JSO**

Ada lima langkah yang ahrus dilakukan :

1. Memilih pekerjaan yang diamati
2. Melaksanakan pengamatan
3. Mencatat hasil-hasil pengamatan
4. Membahas hasil-hasil pengamatan bersama pekerja yang diaamati
5. Memberikan tindak lanjut bagi sikap bekerja yang aman.

- **Ada 4 aspek yang membantu dalam JSA :**

1. Manusia orang yang terkait : operator, supervisor dll
2. Metode Praktek kerja dan prosedur kerja dariperkerjaan yang dianalisis.
3. Peralatan dan mesin yang digunakan
4. Material (Bahan).
5. Lingkungan kerja

   Kolom pertama yaitu "Sequence of Basic Jobs Steps" pada hakekatnya merupakan Standard Procedure termasuk untuk bidang Pemeliharaan.

National Safety Council		PAGE ___ OF ___ JSA NO. ___		☐ NEW ☐ REVISED
JOB SAFETY ANALYSIS INSTRUCTIONS ON REVERSE SIDE	TITLE OF PERSON WHO DOES JOB:	SUPERVISOR:	ANALYSIS BY:	
COMPANY/ORGANIZATION:	PLANT/LOCATION:	DEPARTMENT:	REVIEWED BY:	
REQUIRED AND/OR RECOMMENDED PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT:			APPROVED BY:	

SEQUENCE OF BASIC JOB STEPS	POTENTIAL HAZARDS	RECOMMENDED ACTION OR PROCEDURE

JOB SAFETY ANALYSIS	JOB DESCRIPTION	DATE :	New : Rev :
	LOCATION	SUPERVISOR	DIBUAT OLEH
TEAM	UNIT	TEAM LEADER	REVISI OLEH
PPE YANG DIREKOMENDASIKAN			DISETUJUI OLEH

No	Job Step	Hazard Identification	Recommendation for Hazard Control
1.	Pelepasan Top Rail	1.1 Terjatuh dari ketinggian 1.2 Pipa Top Rail jatuh dari pegangan 1.3 Tangan terkilir 1.4 Kaki tertimpa Pipa Top Rail 1.5 Material yang sudah dibongkar berantakan	1.1 Kaitkan Full body harness pada tiang terjauh untuk mencegah & dan membatasi langkah 1.2 Pegang erat,gunakan tali untuk menurunkan atau lakukan secara estafet dan lakukan pelepasan berdua dengan partner. 1.3 Putar kunci mendatar dan berlawanan dengan arah jarum jam sehingga Nut menjadi terbuka dan dapat dilepas. 1.4 Letakkan kaki di luar arah jatuhan pipa saat melepas pipa 1.5 Lakukan house keeping
2.	Pelepasan Mid Rail	2.1 Terjatuh dari ketinggian 2.2 Pipa Mid Rail terlepas dari pegangan 2.3 Tangan terkilir 2.4 Kaki tertimpa pipa Mid Rail 2.5 Material yang sudah dibongkar berantakan	2.1 Kaitkan Full body harness pada tiang terjauh untuk mencegah & dan membatasi langkah 2.2 Pegang erat,gunakan tali untuk menurunkan atau lakukan secara estafet dan lakukan pelepasan berdua dengan partner. 2.3 Putar kunci mendatar dan berlawanan dengan arah jarum jam sehingga Nut menjadi terbuka dan dapat dilepas. 2.4 Letakkan kaki di luar arah jatuhan pipa saat melepas pipa 2.5 Susun pipa dengan rapid an teratur di tempat yang tidak menghalangi access
3.	Pelepasan Toe Board	3.1 Terjatuh dari ketinggian 3.2 Papan Toe Board terlepas dari pegangan 3.3 Tangan terkilir 3.4 Kaki tertimpa papan Toe Board	3.1 Kaitkan Full body harness pada tiang terjauh untuk mencegah & dan membatasi langkah 3.2 Pegang erat,gunakan tali untuk menurunkan atau lakukan secara estafet dan lakukan pelepasan berdua dengan partner. 3.3 Gunakan Tang Potong untuk memotong kawat

Gambar 36. Contof form JSA

6.6.. Checklist pemeriksaan dan pengawasan Jenis pemeliharaan

(Preventive Maintenance, Predictive Maintenance dan dan Corrective Maintenance)

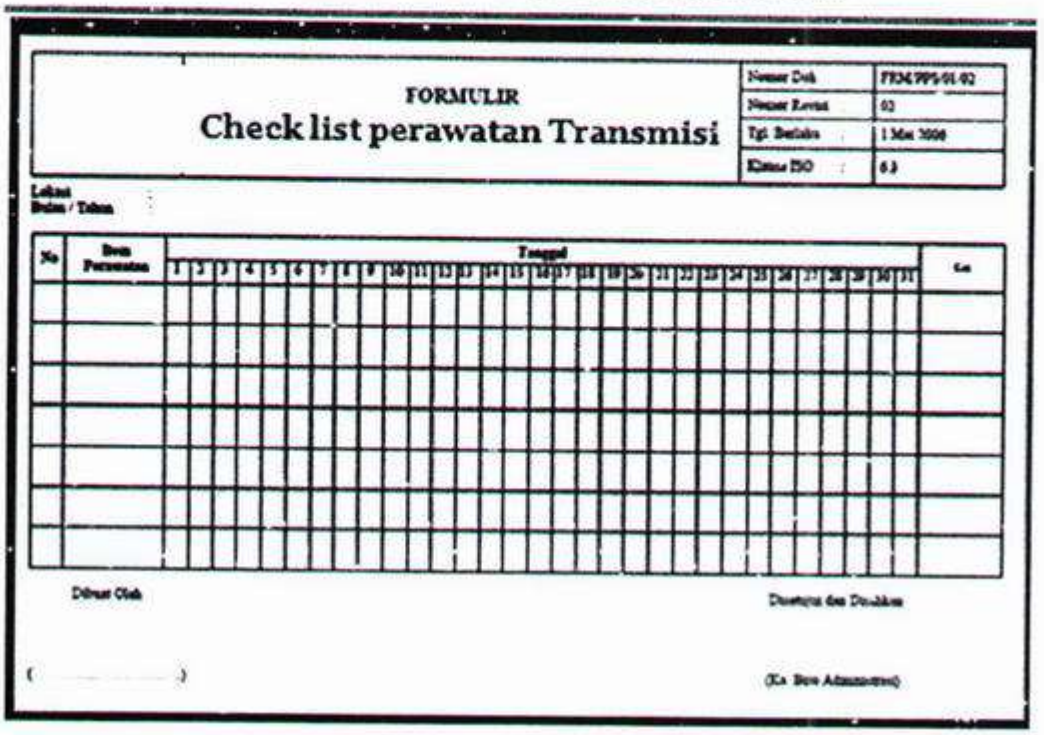
Tabel.3. Cheklist pemeriksaan dan pengawasan jenis pemeliharaan

CHECK LIST pemeriksaan dan pengawasan Jenis pemeliharaan (Preventive Maintenance, Predictive Maintenance dan Corrective Maintenance)		
Uraian	**Temuan**	**Rekomendasi**
1. Apakah Persyaratan K3 Listrik pada pelaksanaan Preventive Maintenance (PM) dapat meningkatkan Ketersediaan (Availability), Kehandalan (Reliability), Efektivitas Biaya (Cost Effectivenes), dan dapat meningkatkan kualitas Lingkungan hidup (Enviroment) ?		
1. Apakah Persyaratan K3 Listrik pada pelaksanaan Predictive Maintenance (PdM) dapat meningkatkan Ketersediaan (Availability), Kehandalan (Reliability), Efektivitas Biaya (Cost Effectivenes), dan dapat meningkatkan kualitas Lingkungan hidup (Enviroment) ?		
1. Apakah Persyaratan K3 Listrik pada pelaksanaan Corrective Maintenance (CM) termasuk Perbaikan darurat (Breakdown Maintenance dapat meningkatkan Ketersediaan (Availability), Kehandalan (Reliability), Efektivitas Biaya (Cost Effectivenes), dan dapat meningkatkan kualitas Lingkungan hidup (Enviroment) ?		

- Checklist pemeriksaan dan pengawasan persyaratan administrasi K3 pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik di Transmisi

Tabel 4. Checklist pemeriksaan dan pengawasan persyaratan

administrasi K3 pemeliharaan instakasi



FORMULIR

Check list perawatan Transmisi

Nomor Dok	[illegible]
Nomor Revisi	02
Tgl. Berlaku	1 Mei [illegible]
Klause ISO	6.3

Lokasi
Bulan / Tahun :

No	Item Pemeriksaan	Tanggal																															Ket
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	

Dibuat Oleh

Diketahui dan Disahkan

(.....)

(Ka. Bag. Administrasi)

- **Persyaratan K3 alat-alat uji Isolasi**

Insulation (isolasi) sangat berkaitan dengan terjadinya Short Circuit yang menyebabkan Shock, Arc & Blast.

Teknologi untuk mengetahui kondisi isolasi :

1. Teknologi kesatu (paling awal) adalah dengan menggunakan Insulation Resistance Tester (Meger) : Untuk Tegangan Rendah s/d Tegangan Menengah.

Gambar 37. Insulation Tester

- ❑ minimum = 1000 Ohm/Volt.

Aplikasi didunia industri seringkali + 1 MOhm, sehingga menjadi

(kV operasi isolasi) + 1 MOhm.

Contoh : Jika tegangan operasi kabel berisolasi 220 Volt (=0,22 kV), maka Insulation Resistance minimum = 0,22 MOhm + 1 MOhm = 1,22 Mohm.

Insulation Resistance Test merupakan "Go or No Go Test"

2. Teknologi kedua adalah "Polarization Index (P.I) Test" :

   Khusus untuk equipment yang ada winding-nya, misalnya Motor, Generator, Transformator. Untuk Tegangan Rendah s/d Tegangan Menengah.

Tabel Polarization Index (PI)

Lower than 1.0	= Dangerous
1.0 to 1.4	= Poor
1.5 to 1.9	= Questionable
2.0 to 2.9	= Fair
3.0 to 4.0	= Good
Over than 4.0	= Excellent

3. Teknologi ketiga adalah dengan "Hi Pot Test".

   The DC Hi-Pot withstand test is a Pass/Fail test that has been applied to many types of cable and accessories.

   The DC Hi-Pot leakage current technique is a diagnostic test which involves the measurement of leakage current when a high potential (above nominal) is applied to the conductor while the metallic shield of the cable is grounded.

   The behavioral characteristics of the leakage current are evaluated to determine the condition of the cable, specifically the insulation.

4. Teknologi keempat adalah "Tangen Delta Test":

   Untuk Tegangan Menengah keatas.

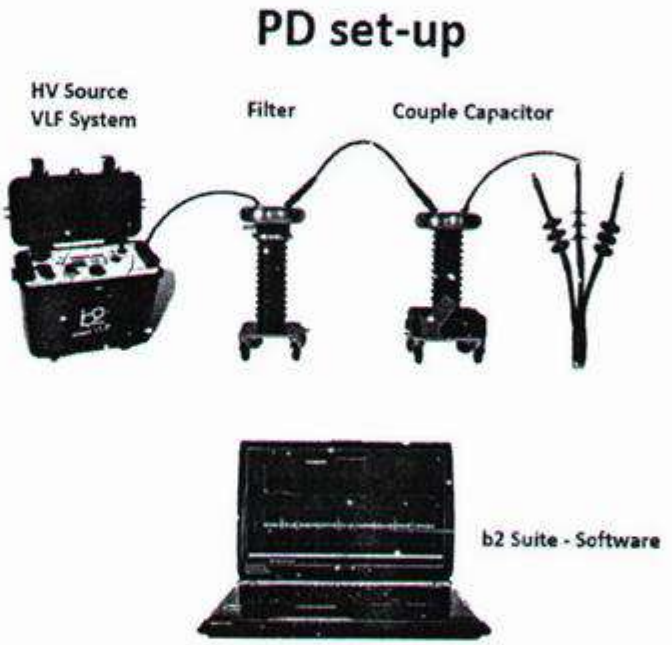
"Tangen Delta Test" = Power Factor Test (American)
= Tan Delta Test (European)
= Loss Angle Test
= Dissipation Factor Test
= Capacitance Measurement
= Tan Delta Measurement

= Dielectric Loss Test

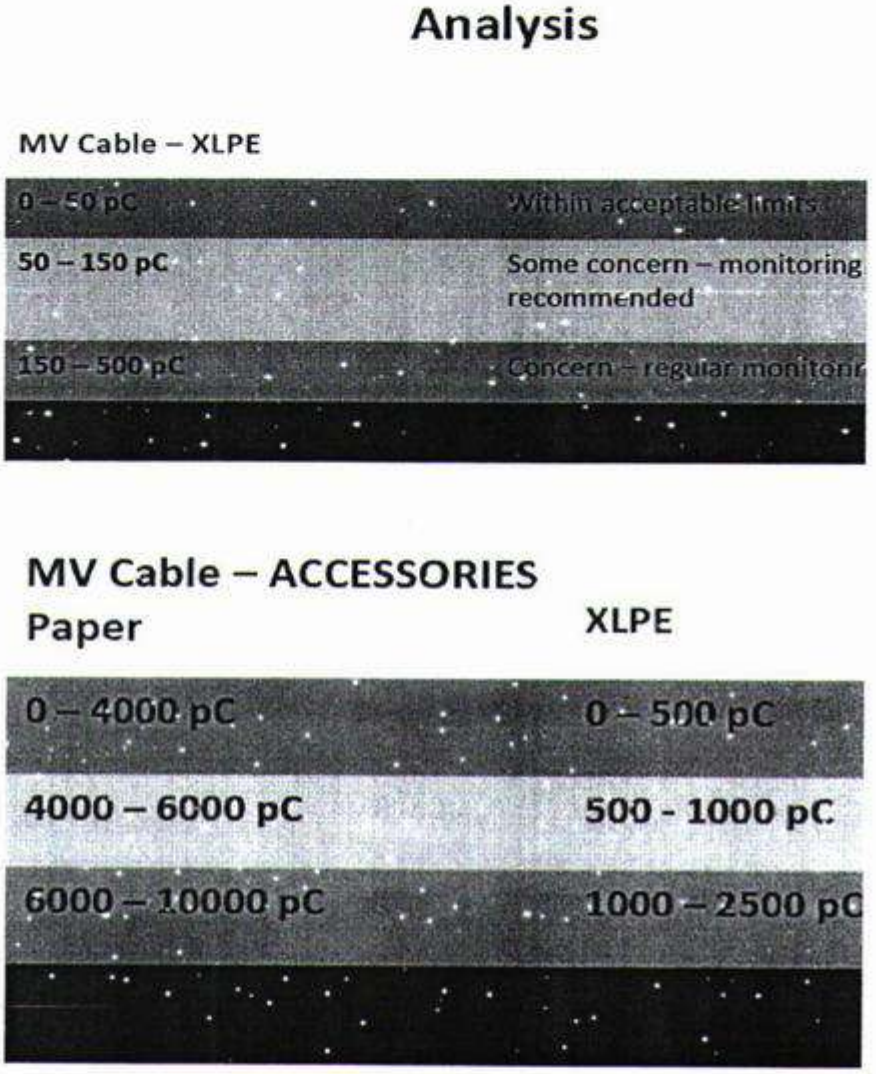
Standar ANSI C 57.12.90, interpretasi hasil uji tangen deltanya sebagai berikut :

•Less Than 0.5%	--	GOOD
•>0.5% but < 0.7%	--	DETERIORATED
•>0.5% but <1.0% & increasing	--	INVESTIGATE
•Greater than 1.0%	--	BAD

5. Teknologi kelima (paling modern sampai saat ini) adalah "Partial Discharge (PD) Test": Untuk Tegangan Menengah keatas.



Gambar 38. Alat ukur Tegangan Tinggi



6.7. Pemeriksaan

- Pemeriksaan transformator

Pemeriksaan transformator dilaksanakan menurut SPLN'50-1982 dengan melalui tiga macam pemeriksaan, sebagaimana diuraikan juga dalam IEC 76 (1976), yaitu :

Pemeriksaan Rutin

Pemeriksaan yang dilakukan terhadap setiap transformator, meliputi:

- Pengukuran tahanan isolasi

- Pengukuran tahanan kumparan
- Pengukuran perbandingan belitan
- Pengukuran vector group
- Pengukuran rugi besi dan arus beban kosong
- Pengukuran rugi tembaga dan impedansi
- Pengukuran tegangan terapan (Withstand Test)
- Pengukuran tegangan induksi (Induction Test).

- **Pemeriksaan jenis**

  Adalah pengukuran yang dilaksanakan terhadap sebuah trafo yang mewakili trafo lainnya yang sejenis, guna menunjukkan bahwa semua trafo jenis ini memenuhi persyaratan yang belum diliput oleh pemeriksaan rutin. Pemeriksaan jenis meliputi:

  - Pengukuran kenaikan suhu
  - Pengukuran impedansi

- **Pemeriksaan khusus**

  Adalah pengukuran yang lain dari pemeriksaan uji rutin dan jenis, dilaksanakan atas persetujuan pabrik denga pmbeli dan hanya dilaksanakan terhadap satu atau lebih trafo dari sejumlah trafo yang dipesan dalam suatu kontrak.

  Pemeriksaan ujian khusus meliputi :

  - Pengukuran dielektrik
  - Pengukuran impedansi urutan nol pada trafo tiga phasa
  - Pengukuran hubung singkat
  - Pengujkuran harmonik pada arus beban kosong
  - Pengukuran tingkat bunyi akuistik
  - Pengukuran daya yang diambil oleh motor-motor kipas dan pompa minyak.

- **Pemeriksaan Rutin**

Pengukuran tahanan isolasi

Pengukuran dilakukan pada awal pengujian dimaksudkan untuk mengetahui secara dini kondisi isolasi trafo, untuk menghindari kegagalan yang fatal .

Parameter yang diukur adalah sebagai berikut:

- sisi HV - LV
- sisi HV - Ground
- sisi LV- Groud
- X1/X2-X3/X4 (trafo 1 fasa)
- X1-X2 dan X3-X4) trafo 1 fasa yang dilengkapi dengan circuit breaker.

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan **Insulation Tester** (yang kebanyakan orang dilapangan menyebut dengan Meger), insulation tester yang digunakan lebih baik yang menggunakan baterai karena dapat membangkitkan tegangan tinggi yang lebih stabil.

Nilai tahanan isolasi ini digunakan untuk kriteria kering tidaknya trafo, juga untuk mengetahui apakah ada bagian-bagian yang terhubung singkat.

- **Pengukuran tahanan kumparan**

Adalah untuk mengetahui berapa nilai tahanan listrik pada kumparan yang akan menimbulkan panas bila kumparan tersebut dialiri arus.

Nilai tahanan belitan dipakai untuk perhitungan rugi-rugi tembaga trafo.

Pada saat melakukan pengukuran yang perlu diperhatikan adalah suhu belitan pada saat pengukuran yang diusahakan sama dengan suhu udara sekitar, oleh karenanya diusahakan arus pengukuran kecil.

Peralatan yang digunakan untuk pengukuran tahanan di atas 1 ohm adalah Wheatstone Bridge, sedangkan untuk tahanan yang lebih kecil dari 1 ohm digunakan Precition Double Bridge.

Pengukuran dilakukan pada setiap fasa trafo, yaitu antara terminal:

Untuk erminal tegangan tinggi:

a. Trafo 3 fasa :

- fasa A - fasa B
- fasa B - fasa C
- fasa C - fasa A

b. Trafo 1 fasa

- terminal H1-H2 untuk trafo double bushing
- terminal H1-Ground untuk trafo single bushing

Untuk sisi tegangan rendah

a. Trafo 3 fasa

- fasa a - fasa b
- fasa b - fasa c
- fasa c – fasa a

b. Trafo 1 fasa

Terminal X1-X4 dengan X2-X3 dihubung singkat.

- **Pemeriksaan perbandingan belitan**

Pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui perbandingan jumlah kumparan sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah pada setiap tapping, sehingga tegangan output yang dihasilkan oleh trafo sesuai dengan yang dikehendaki. toleransi yang diijinkan adalah:

a. 0,5 % dari rasio tegangan atau

b. 1/10 dari persentase impedansi pada tapping nominal.

Pengukuran perbandingan belitan dilakukan pada saat semi assembling yaitu setelah coil trafo di assembling dengan inti besi dan setelah tap changer terpasang, pengujian kedua ini bertujuan untuk mengetahui apakah posisi tap trafo telah terpasang secara benar dan juga untuk pemeriksaan vector group trafo.

Pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan Transformer Turn Ratio Test (TTR), misalnya merk Jemes G. Biddle Co Cat. No.55005 atau Cat. No. 550100-47.

- **Pemeriksaan Vector Group**

Bertujuan untuk mengetahui apakah polaritas terminal-terminal trafo positif atau negatif. Standar dari notasi yang dipakai adalah ADDITIVE dan SUBTRACTIVE.

- **Pemeriksaan rugi dan arus beban kosong**

Pemeriksaan ini untuk mengetahui berapa daya yang hilang yang disebabkan oleh rugi histerisis dan eddy current dari inti besi (core) dan besarnya arus yang ditimbulkan oleh kerugian tersebut.

Pengukuran dilakukan dengan memberikan tegangan nominal pada salah satu sisi dan sisi lainnya dibiarkan terbuka.

- **Pemeriksaan rugi tembaga dan impedansi**

Pemeriksaan ini bertujuan untum mengetahui besarnya daya yang hilang pada saat trafo beroperasi akibat dari tembaga (Wcu) dan strey loss (Ws) trafo yang digunakan.

Pengukuran dilakukan dengan memberi arus nominal pada salah satu sisi dan pada sisi yang lain dihubung-singkat, dengan demikian akan terbangkit juga arus nominal pada sisi tersebut, sehingga trafo seolah-olah dibebani penuh.

Perhitungan rugi beban penuh (Wcu) dan impedansi (Iz), dimana pada waktu pengukuran tahanan belitan (R), Wcu dan Iz dilakukan pada saat suhu rendah (udara sekitar (t)), maka Wcu dan Iz perlu dikoreksi terhadap suhu acuan 75°C, dimana factor koreksi (a) adalah :

Pengukuran tegangan terapan (Withstand Test) Pengujian ini dimaksudkan untuk menguji kekuatan isolasi antara kumparan dan body tangki.

Pengukuran dilakukan dengan memberi tegangan uji sesuai denga standar uji dan dilakukan pada:

- sisi tegangan tinggi terhadap sisi tegangan rendah dan body yang di ke tanahkan
- sisi tegangan rendah terhadap sisi tegangan tinggi dan body yang di ke tanahkan.

- waktu pengujian 60 detik.

- **Pemeriksaan tegangan induksi:**

Pemeriksaan tegangan induksi bertujuan untuk mengetahui kekuatan isolasi antara layer dari tiap-tiap belitan dan kekuatan isolasi antara belitan trafo. Pengujian dilakukan dengan memberi tegangan supply dua kali tegangan nominal pada salah satu sisi dan sisi lainnya dibiarkan terbuka. Untuk mengatasi kejenuhan pada inti besi (core) maka frekwensi yang digunakan harus dinaikkan sesuai dengan kebutuhan.

Lama pengujian tergantung pada besarnya frekwensi pengujian , waktu pengujian maksimum adalah 60 detik.

- **Pemeriksaan kebocoran tangki**

Penmeriksaaan kebocoran tangki dilakukan setelah semua komponen trafo terpasang. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kekuatan dan kondisi paking dan las trafo. Pengujian dilakukan dengan memberikan tekanan nitrogen (N2) sebesar kurang lebih 5 psi dan dilakukan pengamatan pada bagian-bagian las dan paking dengan memberikan cairan sabun pada bagian tersebut. Pengujian dilakukan sekitar 3 jam apakah terjadi penurunan tekanan.

- **Pemeriksaan Jenis (Type Test)**

Pemeriksaan kenaikan suhu

Pemeriksaan kenaikan suhu dimaksudkan untuk mengetahui berapa kenaikan suhu oli dan kumparan trafo yang disebabkan oleh rugi-rugi trafo apabila trafo dibebani. Pengujian ini juga bertujuan untuk melihat apakah penyebab panas trafo sudah cukup effisien atau belum.

Pada trafo dengan tapping tegangan di atas 5% pengujian kenaikan suhu dilakukan pada tappng tegangan terendah (arus tertinggi), pada trafo dengan tapping maksimum 5% pengujian dilakukan pada tapping nominal. Pengujian kenaikan suhu sama dengan pengujian beban penuh, pengujian dilakukan dengan memberikan arus trafo sedemikian hingga membangkitkan rugi-rugi trafo, yaitu rugi beban penuh dan rugi beban

kosong.

- **Pemeriksaan tegangan impulse**

Pemeriksaan impulse ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan dielektrik dari sistem isolasi trafo terhadap tegangan surja petir.

Pengujian dengan memberi tegangan lebih sesaat dengan bentuk gelombang tertentu. Bila trafo mengalami tegangan lebih, maka tegangan tersebut hampir didistribusikan melalui effek kapasitansi yang terdapat pada :

- antar lilitan trafo
- antar layer trafo
- antara coil denga ground.

- **Pemeriksaan tegangan tembus oli**

Pemeriksaan tegangan tembus oli dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan dielektrik oli. Hal ini dilakukan karena selain berfungsi sebagai pendingin dari trafo, oli juga berfungsi sebagai isolasi.

Persyaratan yang ditentukan adalah sesuai denga standart SPLN 49 - 1 : 1982, IEC 158 dan IEC 296 yaitu:

a. > = 30 KV/2,5 mm sebelum purifying

b. > = 50 KV/2,5 mm setelah purifying

Peralatan yang dapat digunakan misalnya merk Hipotronics type EP600CD. Cara pengujian sebagai berikut:

-bersihkan tempat sample oli dari kotoran dengan mencucinya dengan oli sampai bersih.

-ambil contoh/sample oli yang akan diuji, usahakan pada saat pengambilan sample oli tidak tersentuh tangan atau terlalu lama terkena udara luar karena oli ini sanga sensitive.

- tempatkan sample oli pada alat tetes.
- nyalakan power alat tetes.
- tekan tombol start dan counter akan mencatat secara otomatis sejauh mana kemampuan dielektrik oli tersebut.
- Setelah counter berhenti dan tombol reset menyala, tekan tombol

reset untuk mengembalikan ke posisi semula.

- hasil pengujian tegangan tembus diambil rata-ratanya setelah dilakukan 5 (lima) kali dengan selang waktu 2 menit.

Besarnya isolasi pada umumnya 3 hingga 3,3 kali tegangan sistem, dimaksudkan akan tahan terhadap muka tegangan petir pada waktu 1,2 mikro detik.

Apabila nilai isolasi menurun akibat dari polutan maupun kerusakan pada isolasinya, maka akan terjadi kegagalan isolasi yang akhirnya dapat menimbulkan gangguan.

Tabel 5. Contoh laporan pemeliharaan periodik

LAPORAN PEMELIHARAAN PERIODIK	No. Formulir : Revisi : Tanggal : Halaman :

Nama Pembangkit :
Unit :
Type Overhoul :
Nama Peralatan :

Merk :
Type :
No.Seri :

No	Tanggal	Uraian Pekerjaan	Pemakaian Material / Tools			Keterangan
			Nama	Satuan	Vol	

MENGETAHUI : DM Pemeliharaan	DILAPORKAN :
( )	( )

- **Bentuk laporan pemeliharaaan instalasi, perlengkapan dan**

peralatan Transmisi

PENGUJIAN SETELAH PEMELIHARAAN DAN PENGUKURAN HASIL PEMELIHARAAN

- Pengujian Setelah Pemeliharaan.
- Pengujian haruslah diadakan setelah adanya laporan bahv pemeliharaan telah sesesai diadakan.
- Kepala pengujian adalah seorang petugas yang ditunjuk oleh yai berwenang. Ia dibantu oleh beberapa petugas yang ditunjuk.
- Pedoman dan prosedur pengujian mengikuti petunjuk pabrik da pembuatnya dan sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Ha pengujian setelah inspeksi pemeliharaan tahunan (jangka panjang dituliskan pada formulir tersendiri.
- Hasil-hasil pengujian perlu untuk dibandingkan dengan data-da pada saat pengujian penerimaan pada saat baru, keadaan sebelu pemeliharaan dan pengujian setelah pemeliharaan yang terakhir.

- Pengukuran Hasil Pemeliharaan
- Tolok ukur yang dipakai untuk menilai hasil pemeliharaa diantaranya adalah: tata keluar paksa, faktor keluar paksa, fakt keluar terencana, faktor ketersediaan dan faktor jam kerusakan.

MATA UJI *(TEST ITEMS)* LAIK OPERASI
INSTALASI TRANSMISI DAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

No	Mata Uji (*Test items*)	Penyalur	
		Baru	Lama
A	Review Dokumen:		
	1. Spesifikasi teknik	V	V
	2. Spesifikasi material	V	-
	3. Dokumen AMDAL atau UKL/UPL	V	-
B	Review Desain:		B*)
	1. Sistem pembumian	V	-
	2. *Short circuit level* sistem	V	-
	3. Sistem pengaman elektrikal	V	-
	4. Sistem pengaman mekanikal	V	-
	5. Sistem pengukuran	V	-
	6. Koordinasi proteksi dengan *grid* sistem tenaga listrik	V	-
	7. *Clearance* dan *creepage distance*	V	-
C	Evaluasi Hasil Uji		
	1. Pengukuran tahanan sistem pembumian	V	V
	2. Pengukuran tahanan isolasi	V	V
	3. Pengujian individual peralatan utama	V	V
	4. Pengujian fungsi peralatan proteksi dan kontrol	V	V
	5. Pengujian fungsi catu daya peralatan proteksi dan kontrol	V	V
D	Pemeriksaan dan Pengujian		
	1. Pemeriksaan secara visual:		
	- Data *name plate* peralatan utama	V	V
	- Instalasi	V	V
	- Perlengkapan/peralatan pengamanan kebakaran	V	V
	- Perlengkapan/pelindung terhadap bahaya benda bertegangan	V	V
	- Perlengkapan/peralatan Sistem Keselamatan Ketenagalistrikan (K2)	V	V
	- Kebocoran minyak trafo	V	V
	- Pembumian peralatan	V	V
	2. Pengujian fungsi peralatan proteksi dan kontrol	V	V
	3. Pemeriksaan dampak lingkungan :		
	- Pengukuran tingkat kebisingan	V	V
	- Pemeriksaan limbah	V	V

Catatan untuk nilai pentanahan tower harus dibuat sekecil mungkin agar tidak menimbulkan tegangan tower yang tinggi yang pada akhirnya dapat mengganggu sistem penyaluran:

- Sistem 70kV : maksimal 5 Ohm
- Sistem 150kV : maksimal 10 Ohm
- Sistem 500kV : maksimal 15 Ohm

Kesimpulan

1. Dengan mengikuti manajemen pemeliharaan transmisi ini maka diharapkan adanya peningkatan realibility, availibility dan eficiency transmisi, juga dapat memperpanjang umur dan interval waktu overhoul transmisi.
2. Kelayakan operasi dari suatu transformator daya dapat ditetapkan setelah melalui tahapan-tahapan pengujian berdasarkan standar yang berlaku.
3. Ketelitian dari proses pengujian transformator daya sangat dipengaruhi oleh temperatur ruang sertaketepatan waktu pelaksanaannya.
4. Keandalan transformator selama masa operasi, sangat ditentukan oleh cara pemeliharaannya, sehingga jadwal waktu pemeliharaan perlu dikaji lebih lain.

6.8. Latihan dan Jawaban Evaluasi

Petunjuk khusus:

- Pertanyaan teridiri dari 10 soal dan berbentuk Essay
- Jawablah dengan jelas

Perrtanyaan dan jawaban:

1. Jelaskan tujuan utama dari pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan di taranmisi teanga listrik.

   Jawaban:

   Untuk menjamin kontinuitas penyaluran tenaga listrik dan menjamin keandalan, antara lain :

   - Untuk meningkatkan reliability, availability dan effiency.
   - Untuk memperpanjang umur peralatan.
   - Mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan.
   - Meningkatkan Safety peralatan.
   - Mengurangi lama waktu padam akibat sering

gangguan.

2. Sebutkan kegiatan apa saja yang dilakukan pada pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan di taranmisi teanga listrik.

   Jawabann:

   Pemeriksaan, Perbaikan, Penggantian dan Pengujian

3. Jelaskan perbedaan perbedaan antara pemeliharaan preventif dengan prediktif, berikan contoh nya.

   Jawaban:

   Pemeliharaan preventif : suatu kegiatan pemeliharaan untuk mempertahankan unjuk kerja peralatan transmisi jdan uga untuk mencegah terjadinya kerusakan secara tiba-tiba.

   Contoh:

   Melakukan inspeksi secara periodik dan pengujian pengukuran untuk menganalisa kondisi peralatan.

   Pemeliharaan prediktif : suatu kegiatan pemeliharaan dengan cara melakukan monitor dan membuat analisa trend terhadap hasil pemeliharaan untuk memprediksi kondisi dan gejala kerusakan secara dini.

   Contoh:

   Pengukuran/pengujian peralatan pada saat bertegangan, diantaranya pengujian thermovisi, korona, resistansi pentanahan tower.

   Pengukuran/pengujian yang dilakukan pada saat tidak beroperasi /padam untuk dapat memperdiksi kondisi dan gejala kerusakan peralatan secara dini. Khususnya pada transmisi yang sudah habis masa manfaatnya.

4. Sebutkan bagaimanan melakukan pengendalian resiko (Controlling Risk) bahaya listrik:secarta efektif (hirarki pengendalian).

   Jawaban:

   Metoda pemastian risiko dikendalikan secara efektif adalah dengan menggunakan "hirarki pengendalian: yaitu dengan cara Eliminasi : Menghilangkan bahaya, Substitusi: Mengganti substansi bahaya

dengan yang kurang bahayanya, Isolasi: Menyekat bahaya terhadap manusia terpapar risiko, Rekayasa (engineering): Rekayasa ulang agar bahayanya berkurang, Administratif : Melaksanakan cara kerja aman, SOP, dll., Menggunakan APD dengan baik,tepat dan benar.

5. Jelaskan bagaimana caranya untuk mencegah terjadinya BLAST.

   Jawaban:

   - Hindari kemungkinan terjadinya short circuit
   - Pastikan Breaking Capacity dari Fuse dan Circuit Breaker adalah lebih besar daripada Maximum Short Circuit pada titik terjadinya short circuit tersebut.
   - Hidari dari bahaya-bahaya lain_dari listrik adalah bahaya-bahaya yang selain Shock, Arc & Blast, seperti Bahaya Induksi Electromagnetic, bahaya adiasi, bahaya terpeleset, bahaya jatuh dari ketinggian, bahaya tersentuh panas pada peralatan listrik ketika sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan listrik.

6. Sebutkan jenis-jenis elektroda pembumian dan jelaskan perbedaan dari sistem pembumian TNC dengan TNS.

   Jawaban:

   Jenis elektroda pembumian: Batang, pelat dan pita

   TNC : sistem pembumian dimana penghantar Netral dijadikan satu dengan penghantar PE.

   TNS : sistem pembumian dimana penghantar Netral terpisah dengan penghantar PE.

7. Sebutkan APD untuk kegiatan pekerjaan pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan di tranmisi teanga listrik.

   Jawaban:

   Helm, kaca mata, Sarung tangan, Safety shoes, Sabuk pengaman, Lanyard

8. Sebutkan alat ukur untuk mengukur besaran tresistansi isolasi untuk tranformator dan jika transformator teresbut memeliki spesifikasi klas isolasinya B maka berapa batas nilai PI (polarisasi indeks) yang

dinyatakan kondisi belitannya baik.

Jawaban:

Insulasion Tester, dan jika klas isolasinya B maka hasil pengukuran tahanan isolasinya diatas 2.

9. Jelaskan fungsi dari alat ukur mikro ohm meter.

   Jawaban:

   Untuk mengukur besaran nilai kumparan dari transformator dan sambungan dari penghantar transmisi

10. Jelaskan prosedur untuk mengukur besaran resistansi pembumian transmisi dan sebutkan berapa besar nilai pembumian tersebut untuk tegangan kerja 70 kV, 150 kV dan 500 kV.

    Jawaban:

    Prosedur mengukur besaran resistansi pembumian transmisi:

    - Siapkan peralatan alat ukur Earth Tester
    - Tes baterai dari alat ukur Earth Tester
    - Pasang kabel (E) untuk dihubungkan ke terminal pembumian dari Tower, hubungkan kabel (C) ke elektroda bantu 1 dengan jarak 20 m dan hubungkan kabel (P) ke elektroda bantu 2 dengan jarak 10 m.
    - Nilai pembumian untuk tegangan kerja 70 kV adalah maksimum 5 Ohm, Sistem 150kV maksimal 10 Ohm dan Sistem 500kV : maksimal 15 Ohm

Petunjuk khusus:

- Pertanyaan teridiri dari 20 soal pilihan ganda
- Pilih jawablah yang dianggap paling benar

Perrtanyaan dan jawaban:

1. Tujuan utama dari pemeliharaan khususnya instalasi perlengkapan dan peralatan di transmisi tenaga listrik adalah:

   a. Untuk meningkatkan reliability, availability dan effiency.

b. Untuk memperpanjang umur peralatan.

c. Mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan.

d. Meningkatkan Safety peralatan.

e. Jawaban a, b, c dan d benar

Jawaban : e Jawaban a, b, c dan d benar

2. Kegiatan yang dilakukan pada pekerjaan pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan di taranmisi teanga listrik.
   a. Pemeriksaan
   b. Perbaikan
   c. Penggantian peralatan / komponen
   d. Pengujian
   e. Jawaban a, b, c dan d benar

   Jawaban : **e Jawaban a, b, c dan d benar**
3. Suatu kegiatan pemeliharaan untuk mempertahankan unjuk kerja peralatan transmisi jdan uga untuk mencegah terjadinya kerusakan secara tiba-tiba.
   a. Preventif
   b. Prediktif
   c. Korektif
   d. Breakdown
   e. Jawaban a, b, c dan d salah

   Jawaban : a. Preventif
4. Pengukuran/pengujian yang dilakukan pada saat tidak beroperasi /padam untuk dapat memperdiksi kondisi dan gejala kerusakan peralatan secara dini, khususnya pada transmisi yang sudah habis masa manfaatnya itu termasuk kegiatan pemeliharaan:
   a. Preventif
   b. Prediktif

c. Korektif

d. Breakdown

e. Jawaban a, b, c dan d salah

Jawaban: b. Prediktif

5. Salah satu cara untuk menghindari kemungkinan terjadinya short circuit dan memastikan bahwa Breaking Capacity dari Fuse dan Circuit Breaker adalah lebih besar daripada Maximum Short Circuit pada titik terjadinya short circuit tersebut.

   a. Schok

   b. Arc

   c. Blast

   d. Panas

   e. Kebakaran

   Jawaban : c. Blast

6. Sistem pembumian dimana penghantar Netral dijadikan satu dengan penghantar PE.

   a. IT

   b. TT

   c. TNS

   d. TNC

   e. TNCS

   Jawaban : d. TNC

7. Jenis alat komunikasi untuk kegiatan pekerjaan pemeliharaan instalasi, perlengkapan dan peralatan di tranmisi teanga listrik.

   a. Hand Phone

   b. Radio CB

   c. Handy Talky

   d. Toa

   e. Pernyataan a, b,c dan d salah

   Jawaban : b. Handy Talky

8. Alat ukur untuk mengukur tahanan isolasi transformator

a. Megger
b. Micro ohm
c. Insulation tester
d. Tan delta
e. Eart tester

Jawaban : c. Insulation tester

9. Fungsi dari alat ukur Partial Discharge adalah untuk mengukur besaran :
   a. Kondisi isolasi peralatan secara on line (beroperasi).
   b. Kondisi resistansi peralatan secara on line (beroperasi).
   c. Kondisi isolasi peralatan secara off line (mati).
   d. Kondisi resistansi peralatan secara off line (mati).
   e. Jawaban a,b,c dan d salah

   Jawaban : a. Kondisi isolasi peralatan secara on line (beroperasi).

10. Berdasarkan standar nilai pembumian untuk peralatan tower pada transmisi dengan kavasitas tegangan kerjanya 500 kV adalah:
    a. Maksimum 5 ohm
    b. Maksimum 10 ohm
    c. Maksimum 15 ohm
    d. Maksimum 20 ohm
    e. Jawaban a,b,c dan d salah

    Jawaban : d. 20 ohm

11. Perawatan yang dilaksanakan pada saat terjadi gangguan adalah:
    a. Breack down
    b. Shut down
    c. Overholl
    d. Korektif
    e. Jawaban a dan benar

    Jawaban e. Jawaban a dan benar

12. Pengertian vektor group Dy11 pada transformator

a. Hubungan tegangan tinggi delta, hubungan tegangan rendah adalah Bintang
b. Pergeseran kumparan fasa antara kumparan tegangan tinggi dan rendah sebesar 330^0
c. Hubungan tegangan tinggi bintang, hubungan tegangan rendah adalah delta
d. Pergeseran kumparan fasa antara kumparan tegangan tinggi dan rendah sebesar 330^0
e. Jawaban a dan b benar

Jawaban : e Jawaban a dan b benar

13. Persayaratan Traafo bisa diparalel:
    a. Vektor group sama
    b. Urutan fasa sama
    c. Frekuensi sama
    d. Impedansi sama
    e. Jawaban a dan b benar

Jawaban: e. Jawaban a dan b benar

14. Aspek yang membantu dalam proses JSA
    a. operator, supervisor dll
    b. Metode Praktek kerja dan prosedur kerja dari perkerjaan yang dianalisis.
    c. Peralatan dan mesin yang digunakan
    d. Material (Bahan) dan lingkungan kerja
    e. Jawaban a,b,c dan d benar

Jawaban: e. Jawaban a,b,c dan d benar

15. Tujuan dilaksanakan pemeriksaan tegangan tembus oli pada transformator adalah
    a. Untuk mengetahui kondisi tegangan tembus oli.
    b. Untuk mengetahui kondisi temperatur tranformator.
    c. Untuk mengetahui nilai isoalasi kumparan transformator.
    d. Jawaban a dan b benar

e. Jawaban a, b dan c benar

Jawaban: d. Jawaban a dan b benar

16. Persyaratan yang ditentukan adalah sesuai denga standart SPLN 49 - 1 : 1982, IEC 158 dan IEC 29 adalah:

a. > = 30 KV/2,5 mm sebelum purifying

b. > = 30 KV/2,5 mm setelah purifying

c. > = 50 KV/2,5 mm sebelum purifying

d. > = 50 KV/2,5 mm setelah purifying

e. Jawaban a dan d benar

Jawaban : e. Jawaban a dan d benar

17. Tujuan dari proteksi dan koordinasi sistem listrik adalah :

a. Mencegah kecelakaan pada manusia

b. Meminimalisasi kerusakan pada peralatan

c. Membatasi durasi pemadaman listrik

d. Menjamin kelangsungan sistem kestabilan pada ketenagalistrikan

e. Jawaban a, b, c dan d benar

Jawaban: e. Jawaban a, b, c dan d benar

18. Pemeliharaan mingguan termasuk kedalam pemeliharaan:

a. Preventif

b. Prediktif

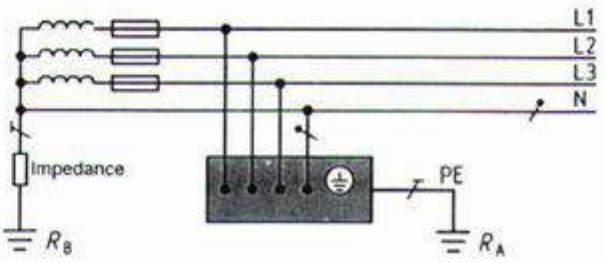
c. Korektif

d. Break down

e. Shut down

Jawaban: a. Preventif

19. Dari gambar di bawah ini:



a. IT

b. TT

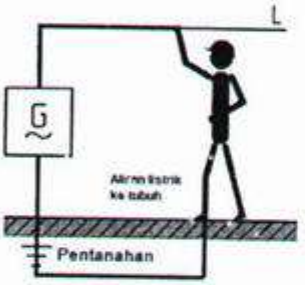
c. TNC

d. TNS

e. TNCS

Jawaban : a. IT

20. Dari gambar di bawah ini:



a. Serntuhan langsung

b. Sentuhan tidak langsung

c. Sentuhan langsung dan tidak langsung

d. Schok

e. Arc

Jawaban a. Sentuhan langsung

PENUTUP

Instalasi listrik beserta perlengkapannya dapat dipasang di semua jenis tempat kerja. Yang harus diperhatikan adalah menyesuaikan instalasi dan peralatan sesuai dengan jenis ruang kerja. Hal ini untuk menjaga agar tidak terjadi kerusakjan maupun kecelakaan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Standar Nasional Indonesia. 2011. **Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011**. Jakarta: Yayasan PUIL 2011 (SNI 04-0225-2011)
2. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2004. **Sosialisasi Standar Latih Kompetensi (SLK) Tenaga Teknik Ketenagalistrikan Bidang Distribusi Tenaga Listrik**. Jakarta: Pusat Diklat Energi dan Ketenagalistrikan.
3. IEC
4. Checklist Maintenance PT.Medco Energy E & P Indonesia
5. Dokumen PLN No. PT-KITSBS-26 April 2015,

a.

Lampiran 1.

Checklist pekerjaan pemeliharaan di Transmisi listrik, meliput Instalasi listrik, Perlengkapan listrik, Peralatan listrik

No.	Kegiatan	Jenis Pemeliharaab			Perioda pemeliharaan					Dilaksanakan		Pralatan kerja
		Preventif	Prediktif	Korektif	Harian	Minggua	Bulanan	1 Tahun	5 Tahun	Kondisi peralatan	Petugas emelihar	
1.	Pemeriksaan kebocoran minyak (kondisi trafo di off kan)	X					X			OFF	PP	Visual
2.	Pemriksaan kelainan bunyi	X					X			ON /	PP	Visual
3.	Pemeriksaan pada kondisi operasi pada terminal utama, Rel, terminal kabel jaringan line terhadap benda asing atau binatan	X					X			ON /	PP	Visual
4.	Pemeriksaan level minyak konsevator Main dan OLTC Tank	X					X			ON /	PP	Visual Level

5.	Pemeriksaan tegangan AC/DC	X					X			ON /	PP	Multi meter
6.	Pemeriksaan almr pemadam api	X					X			ON /	PP	Visual Mano meter
7.	Pemeriksaan temperatur minyak/oli	X					X			ON /	PP	Thermo meter
8.	Pemantauan beban	X					X			ON /	PP	MW MVA MVAR Meter
9.	Pemeriksaan terhadap gas nitrogen	X					X			ON /	PP	Visual Mano meter Tekanan
10.	Pemeriksaan level minyak silicon (Trafo Gas)	X					X			ON /	PP	Visual
11.	Pemeriksaan kebersihan akibat kotoran atau binatang	X					X			ON /	PP	Visual
12.	Pemeriksaan debu pada isolator /bushing	X					X			ON /	PP	Visual
13.	Pemeriksaan sikat gel (pernafasan)	X					X			ON /	PP	Visual

14.	Pemantauan kerja OLTC	X						X			ON /	PP			Counter
15.	Pengukuran tahanan elektro pentanahan	X							X		OFF	PP			Earth tester
16.	Pemeriksaan diagpragma	X								X	OFF	PP			Visual
17.	Pembersihan sirip pendingin	X						X			ON /	PP			Majun, Steam, cleaner
18.	Pemeriksaan pengaman Bucthos, sudden Presure, pengujian dan kalibrasi rele dan motor	X						X			OFF /	PP			Thermometer standar
19.	Pembersihan body bushing	X						X			OFF /	PP			Majun VET
20.	Pengencangan baut terminal bushing, bodi dan pentanahan	X						X			OFF	PP			Kunci-kunci
21.	Pemeriksaan kondisi bushing mungkin retak atau bolong)	X	X					X			ON /	PP			Visual

22.	Pemeriksaan spark gap bushing primer/ sekunder	X	X				X			ON /	PP	Visual
23.	Pemeriksaan elekctro pendingin (motor pompa dan kipas)	X	X				X			ON /	PP	Visual
24.	Pemeriksaan pompa minyak	X	X				X			ON /	PP	Visual
25.	Pengukuran Partial Discharge	X	X				X			ON /	PP	Alat uji Partial Discharge
26.	Pemerisaan noktah panas	X		X					X	ON /	PP	Thermo grsph
27.	Penegncangan baut wiring kontrol dan proteksi	X	X				X			ON /	PP	Visual
28,	Pengukuran tahanan isolasi	X	X				X			ON /	PP	Visual
29.	Pemeriksaan kontrol mekanik motor, limit swicth, pemberian oli pada gigi dan indikator OLTC	X	X				X			ON /	PP	Visual

30.	Pengukuran tegangan (Ratio test)	X	X				X			ON /	PP	Visual
31.	Pengukuran kontuniuitas posisi OLTC secara lokal	X	X				X			ON /	PP	Visual
32.	Pemeriksaan minyak dielektrik, kadar asam, kadar air, viscositas , warna dll	X	X						X	ON /	PP	Lab
33.	Pengukuran kandungan gas minyak trafo dan OLTC dengan DGA	X	X				X			ON /	PP	Tes DGA
33.	Pengukuran tegangan tembus minyak	X	X						X	ON /	PP	Tes tegangan tembus
34.	Pengukuran kontak stater switch OLTC	X	X				X			ON /	PP	Visual
35.	Pemeriksaan kontak stater switch OLTC	X	X				X			OFF	PP	Minyak
36.	Penggantian minyak stater switch OLTC		X						X	OFF /	PP	Filter minyak

37	Pemeriksaan keretakan dan penuruan pondasi		X							X	ON /	PP	Visual Water pas
38.	Pembersihan debu pada kontaktor / bushing		X				X				ON /	PP	Majun Lap Cleaner
39.	Pengukuran tahanan belitan		X	X			X				OFF	PP	Jembatan wheatston e
40.	Pengukuran tegangan tinggi		X	X			X				OFF /	PP	HV tester
41.	Penanggulangan kebocoran minyak		X	X						X	OFF /	PP	Kunci-kunci dan packing
42.	Penyaringan dan penambahan minyk		X	X						X	ON /	PP	Filter Minyak

Lampiran 2.

Uraian kegiatan pekerjaan pemeliharaan di Transmisi listrik, meliput

Instalasi listrik, Perlengkapan listrik, Peralatan listrik

Sistem Proteksi

No.	Kegiatan	Jenis Pemeliharaab			Perioda pemeliharaan					Dilaksanakan		Pralatan kerja
		Preventif	Prediktif	Korektif	Harian	Minggua	Bulanan	1 Tahun	5 Tahun	Kondisi peralatan	Petugas emelihar	
1.	Pengecekaan kesiapan rangkaian trip dengan menekan tombol lampu test "Healty trip" (di Gardu induk yang ada fasilitas peralatan tersebut	X				X				ON	RP	Manual
2.	Pemriksaan lampu-lampu indikator kesiapan rele proteksi (jensi elektronik)i	X				X				ON /	PP	Visual

PT. Mandiri Maha Daya
Health & Safety Environment
Training Provider

MODUL
PELATIHAN K3 LISTRIK
PERSYARATAN K3 PEMASANGAN, INSTALASI, PERLENGKAPAN, DAN PERALATAN LISTRIK DI DISTRIBUSI

MODUL PELATIHAN DAN SERTIFIKASI KOMPETENSI KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA TEKNISI LISTRIK

MODUL E 3.

Persyaratan K3 Pemasangan, Instalasi, Perlengkapan, dan Peralatan Listrik di Distribusi.

KATA PENGANTAR

Dalam pemasangan dan pemeliharaan instalasi sistem jaringan distribusi tenaga listrik teknisi listrik suatu perusahaan memerlukan pengetahuan tentang Kriteria Desain Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. Dimana kriteria desain tersebut harus dimengerti oleh teknisi yang akan memasangnya. Dan dijadikan acuan dalam pekerjaan pemasangan instalasi dengan benar sesuai standar yang dipersyaratkan.

Dalam pelaksanaannya pemasangan konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dilapangan selalu berbeda, hal ini diakibatkan oleh acuan standar yang berbeda dibeberapa tempat dikarenakan perbedaan sistim, peralatan dan perlengkapan yang diproduksi oleh beberapa negara.Standar konstruksi tersebut terdapat keberagaman baik dalam kriteria desain maupun model/struktur konstruksinya yang disesuaikan dengan kondisi sistim kelistrikan setempat.

Modul ini disusun untuk digunakan sebagai acuan dalam melakukan pemasangan dan perbaikan Jaringan Distribusi tenaga listrik, sehingga diperoleh tingkat unjuk kerja, keandalan dan efisiensi pengelolaan aset sistim distribusi yang optimal.

Pemasangan Instalasi Listrik yang tidak benar dan tidak memenuhi standar karena Ketidaktahuan teknisi dalam pemasangan instalasi yang sesuai perencanaan dapat menimbulkan resiko dan potensi bahaya listrik yang tidak diinginkan. Materi ini akan memberikan gambaran secara umum ruang lingkup instalasi listrik pada system Distribusi tenaga listrik sehingga teknisi dapat memasang peralatan dan perlengkapan sesuai dengan gambar perencanaan, diharapkan setelah mengikuti pembinaan, teknisi akan memiliki kesadaran untuk bagaimana berperilaku aman pada saat mengerjakan pemasangan sesuai dengan standar .

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i
DAFTAR ISI ii
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
1.1. Tujuan Secara Umum dan Khusus 1
1.2. Latar Belakang 1
1.3. Standar / Norma yang digunakan 2
BAB II 3
SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK 3
2.1. Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik 3
2.2. Pengertian Instalasi Distribusi Tenaga Listrik 4
2.3. Gardu Distribusi 5
2.4. Gardu Hubung (GH) 5
2.5. Gardu Jenis Out Door Jenis Tiang Cantol 6
2.6. Gardu Indoor Jenis Beton 7
2.7. Gardu Kios 7
2.8 . Single Line Diagram / SLD Gardu Pelanggan Umum 8
2.9. SLD Gardu Pelanggan Khusus 9
BAB III 10
PERALATAN UTAMA PADA INSTALASI JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK 10
3.1. Peralatan Utama Konstruksi Transformator Distribusi Fase 3 10
3.2 Instalasi Transformator distribusi. 11
3.3. Handling Transportasi Transformator 12
3.4. Perlengkapan pada PHB Sisi Tegangan Menengah (PHB-TM) 12
3.5. Bagian-bagian dari kubikel 13
3.6. Standar Pemasangan Gardu Pasangan dalam Tata Letak (Layout) 15
3.7. Ketentuan Ventilasi Dan Ketinggian Muka Lantai 17
3.8. Konstruksi Instalasi Gardu Beton 20 Kv dan Konstruksi Mekanis 17
3.9. Instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB–TR) 18
3.10. Gardu Beton Pelanggan Khusus 19
3.11. Pegangkutan dan Pemasangan Instalasi Kubikel 20
3.12. Pemasangan Kubikel Diatas Saluran Kabel Gardu 20
3.13. Pemasangan Pengendali Pembumian Pada Kubikel 20
3.14. Instalasi Listrik Kubikel 21

3.15. Heater dan Instalasi Penerangan Gardu 21
3.16. Penyambungan Instalasi SKTM dengan Kubikel 21
3.17. Pemasangan Instalasi Elektroda Pembumian 21
3.18. Pemasangan Konstruksi Gardu Beton 23
3.19. Penyelesaian Akhir (Finishing) 24
BAB IV 25
STANDAR PEMASANGAN SALURAN UDARA TEGANGAN MENENGAH / KONSTRUKSI SUTM 25
4.1. Jarak Aman (Safety Distance) 25
4.2. Spesifikasi Konstruksi SUTM 25
4.3. Konstruksi SKUTM / Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah 28
4.4. Konstruksi Kabel UdaraTwisted 29
4.5. Ruang Bebas dan Jarak Aman 30
4.6. Konstruksi Saklar Tiang dan Peralatan Proteksi 31
4.7. Konstruksi Saluran Kabel Tegangan Menengah / SKTM 31
4.8. Jenis Kabel SKTM 32
4.9.Kontruksi Saluran Kabel Tegangan Menengah 32
4.10. Konstruksi SKTM Tanam Langsung 34
4.11. Konstruksi SKTM Tanam Langsung di bawah Trotoar atau Jalan Lingkungan 35
4.12. Konstruksi SKTM Persilangan (Crossing) Jalan 36
4.13. Konstruksi SKTM Persilangan Sungai 36
BAB V 37
Langkah Langkah Pemasangan SUTM / SUTR dan Gardu Distribusi 37
5.1. Langkah Pemasangan SUTM /SUTR 37
5.2. Pemasangan Gardu Distribusi (type gardu trafo tiang) 39
Daftar Pustaka 42
Latihan Soal 43

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Tujuan Secara Umum dan Khusus

Secara Umum

1. Meningkatkan kemampuan dan keahlian serta keterampilan dalam pelaksanaan norma K3 listrik di tempat kerja.
2. Mengetahui Ruang Lingkup Instalasi listrik, peralatan dan perlengkapan listrik pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik.
3. Meningkatkan kemampuan dan keahlian serta keterampilan dalam pemasangan, pemeliharaan dan pemeriksaan pada, perlengkapan dan peralatan listrik secara aman di tempat kerja.
4. Mempersiapkan dan menghasilkan tenaga teknisi K3 listrik yang mampu mencegah dan menanggulangi kecelakaan kerja, khususnya yang terkait dengan pekerjaan listrik.

Secara Khusus

1. Memahami dan mendukung penerapan peraturan perundangan K3 Listrik
2. Memahami akibat yang ditimbulkan oleh kecelakaan pada pekerjaan listrik dan mampu melakukan upaya penanggulangan serta pertolongan pertama kecelakaan listrik.
3. Mempunyai Kompetensi dalam memeriksa dan membaca gambar rencana (diagram garis tunggal/ wiring diagram) yang berkenaan dengan persyaratan K3 Pekerjaan pemasangan di Distribusi Tenaga Listrik.
4. Mampu melakukan, pengawasan, dan penanggulangan K3 Listrik melalui keterampilan dalam melakukan pemasangan peralatan dan perlengkapan listrik,sesuai gambar rancangan di Distribusi tenaga listrik.

1.2. Latar Belakang

1. Listrik mengandung potensi bahaya yang dapat mengancam keselamatan tenaga kerja dan orang lain yang berada di dalam lingkungan tempat kerja, dan mengancam keamanan bangunan beserta isinya.
2. Untuk memberikan perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja listrik di tempat kerja maka perlu dilakukan, pemasangan, perubahan, pemeliharaandan pemeriksaan terhadap instalasi, perlengkapan dan peralatan listrik yang dilaksanakan oleh teknisi K3 Listrik.

3. Tingginya tingkat kompetensi dunia industri menumbuhkan paradigma baru tentang keselamatan dan kesehatan kerja sebagai aspek yang harus dipertimbangkan.
4. Pelaksanaan K3 merupakan indikator tingkat kesejahteraan tenaga kerja dan berkorelasi langsung dengan kualitas tenaga kerja, peningkatan produktifitas dan pertumbuhan ekonomi.

1.3. Standar / Norma yang digunakan

1. Undang-undang No 1 tahun 1970 Keselamatan dan Kesehatan Kerja.
2. Peraturan Menteri Tenaga Kerja R.I. No. : Per-04/MEN/1987 tentang Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja Serta Tata Cara Penunjukan Ahli Keselamatan Kerja.
3. Permenaker No 12 tahun 2015 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Listrik di tempat kerja.
4. Kepdirjen No 48 tahun 2016 tentang Pembinaan Teknisi Keselamatan dan Kesehatan Kerja Listrik.
5. PUIL 2000 (SNI-04-0225:2000) Mengenai Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000.
6. PUIL 2011 (SNI-04-0225-2011) Mengenai Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011.
7. Buku 5 PLN : Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik.

BAB II
SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

2.1. Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Suatu sistem tenaga listrik secara umum terdiri dari :

1. Sistem Pembangkit
2. Sistem Transmisi
3. Sistem Distribusi
4. Sistem Sambungan Pelayanan

Sistem-sistem ini saling berhubungan dan membentuk suatu sistem tenaga listrik.

Sistem distribusi adalah sistem yang berfungsi mendistribusikan tenaga listrik kepada konsumen Instalasi pemanfaat Energi listrik.

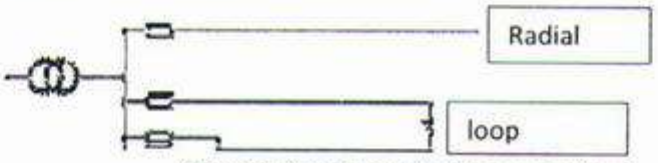
Sistem distribusi terdiri dari 2 bagian :

a. Sistem Distribusi Tegangan Menengah mempunyai tegangan kerja di atas 1 kV dan setinggi-tingginya 35 kV.Konvigurasi jaringan dapat berbentuk radial atau tertutup (radial open loop).
b. Sistem Distribusi Tegangan Rendah mempunyai tegangan kerja setinggi-tingginya 1 kV. Konvigurasi berbentuk radial murni.

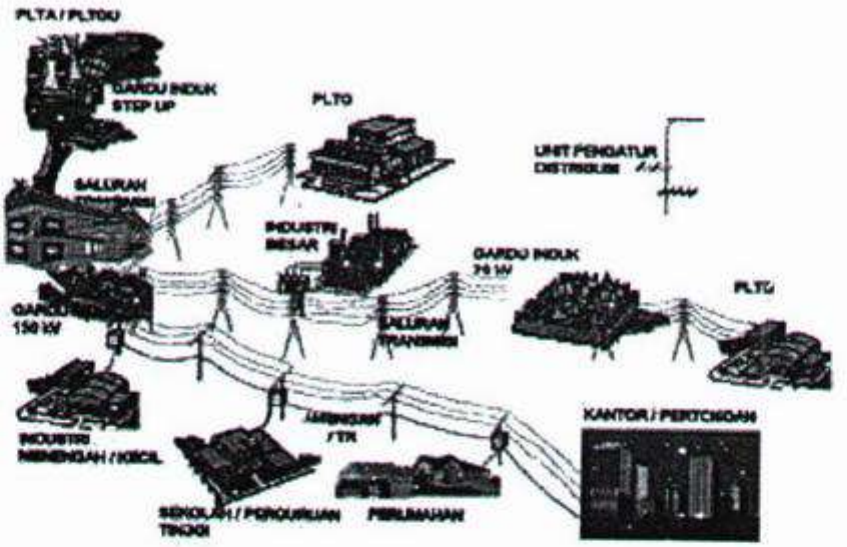
Konstruksi pemasangan sistem tersebut dapat berupa Saluran Udara/ SUTM atau Saluran Bawah Tanah/SKTM disesuaikan dengan kebijakan manajemen, masalah kontinuitas pelayanan, jenis pelanggan, pada beban atas permintaan khusus dan masalah biaya investasi.

Secara umum konfigurasi suatu jaringan Distribusi tenaga listrik :

1. Jaringan Radial yaitu jaringan yang hanya mempunyai satu pasokan tenaga listrik, jika terjadi gangguan akan terjadi "black-out" atau padam pada bagian yang tidak dapat dipasok.
2. Jaringan bentuk tertutup / Loop , yaitu jaringan yang mempunyai alternatif pasokan tenaga listrik jika terjadi gangguan. Sehingga bagian yang mengalami pemadaman (black-out) dapat dikurangi atau bahkan dihindari.



Gambar Konfigurasi jaringan distribusi



Gambar Ruang Lingkup Sistem Tenaga Listrik

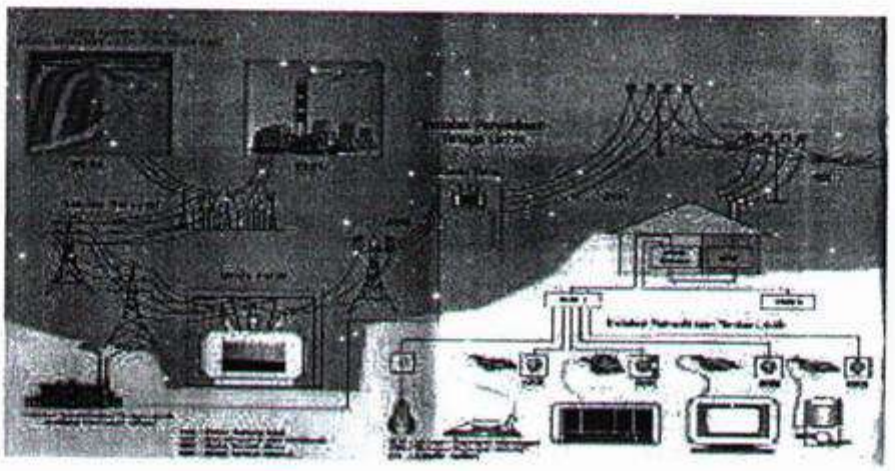
2.2.Pengertian Instalasi Distribusi Tenaga Listrik

Instalasi Distribusi tenaga listrik adalah saluran tenaga listrik beserta peralatan/kelengkapannya yang terpasang baik didalam maupun diluar bangunan, untuk penyaluran tenaga listrik dari sistem Gardu Induk ke konsumen.

Menurut Undang Undang No. 30 tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan :

Instalasi Penyediaan Tenaga Listrik adalah instalasi tenaga listrik yang digunakan untuk pengadaan tenaga listrik meliputi instalasi pembangkitan, instalasi transmisi, dan instalasi distribusi tenaga listrik.

Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik adalah instalasi tenaga listrik yang digunakan untuk pemanfaatan tenaga listrik oleh konsumen akhir.



Gambar Batasan system Pembangkitan , Transmisi ,Distribusi dan Instalasi Pemanfaat

2.3. Gardu Distribusi

1. Pengertian umum

Bangunan berupa Gardu Listrik yang berisi :

a). Instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM),

b). Transformator Distribusi (TD)

c). Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR).

Digunakan untuk memasok tenaga listrik bagi pelanggan Tegangan Menengah (TM 20 kV) maupun pelanggan Tegangan Rendah (TR 220/380V

2. Konstruksi Gardu Distribusi

Dirancang berdasarkan optimalisasi biaya terhadap maksud dan tujuan penggunaannya yang kadang kala harus disesuaikan dengan peraturan Pemda setempat.

3. Jenis Gardu Distribusi

Secara garis besar gardu distribusi dibedakan atas :

Jenis pemasangannya

a). Gardu pasangan luar : Gardu Portal, Gardu Cantol

b). Gardu pasangan dalam : Gardu Beton, Gardu Kios

Jenis Konstruksinya

a). Gardu Beton (bangunan sipil : batu, beton)

b). Gardu Tiang (Gardu Portal dan Gardu Cantol)

c). Gardu Kios

Jenis Penggunaannya

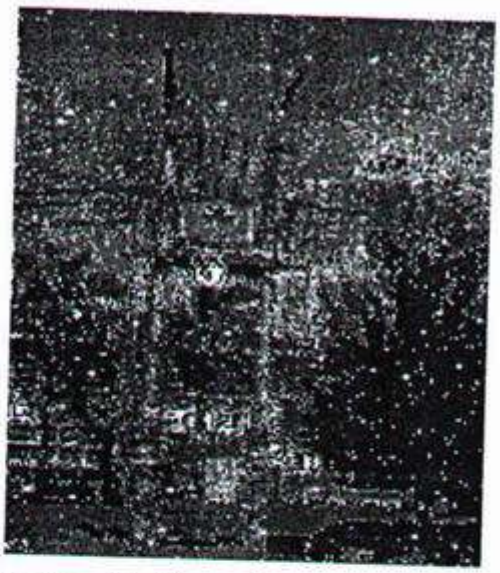
a). Gardu Pelanggan Umum

b). Gardu Pelanggan Khusus

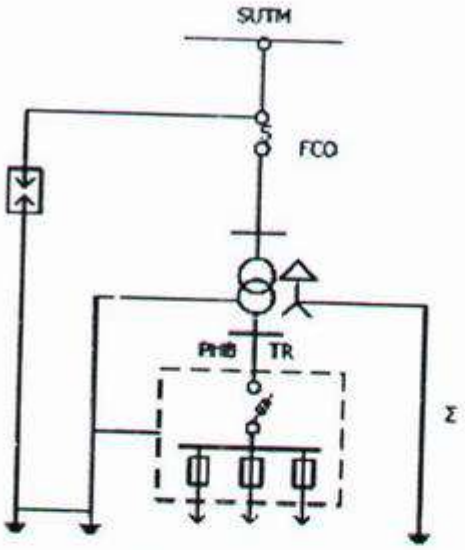
2.4. Gardu Hubung (GH)

Adalah gardu yang dimaksudkan untuk memudahkan manuver pemindahan beban dari satu penyulang ke penyulang lain yang dilengkapi/tidak dilengkapi RTU (Remote Terminal Unit).

Untuk GH yang dilengkapi fasilitas RTU, juga dilengkapi fasilitas DC Supply dari Trafo Distribusi pemakaian sendiri atau Trafo distribusi untuk umum yang diletakkan dalam satu kesatuan.



Gambar Gardu out door jenis Tiang Portal



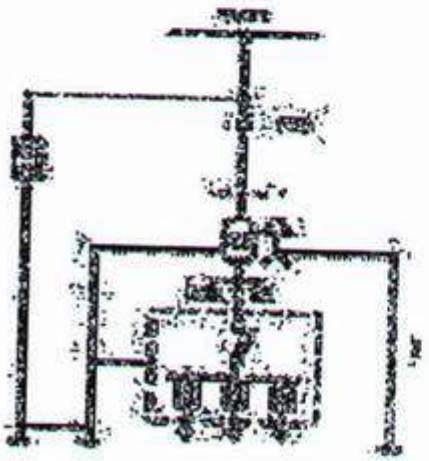
Gambar Sld Gardu tiang portal

Gardu Tiang & Gardu Portal yang dicatu dari SUTM, disambung secara T connection dengan peralatan pengaman :

a). Pengaman lebur Fuse Cut Out (FCO) sebagai pengaman hubung singkat transformator

b). Lightning Arrester (LA) sebagai pengaman surja petir, mencegah naiknya tegangan pada Transformator

2.5. Gardu Jenis Out Door Jenis Tiang Cantol



Gambar Gardu jenis out door jenis tiang Cantol dan SLD

Transformator terpasang dengan daya ≤ 100 kVA 3-Fasa atau 1-Fase.

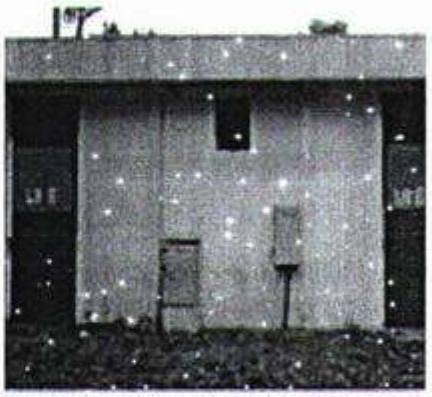
Transformator terpasang adalah jenis Completely Self Protected Transformer (CSP) denganperalatan switching dan proteksinya sudah terpasang lengkap didalam tangki transformator.

Perlengkapan perlindungan transformator berupa Lightning Arrester (LA) dipasang terpisah dengan kawat pembumian yang dihubung langsung ke tangki transformator.

Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) maksimum 2 jurusan dengan saklar pemisah pada sisi masuk dan pengaman lebur (type NH, NT) sebagai pengaman jurusan.

Semua Bagian Konduktif Terbuka (BKT) dan Bagian Konduktif Ekstra (BKE) dihubungkan dengan pembumian sisi Tegangan Rendah.

2.6. Gardu Indoor Jenis Beton

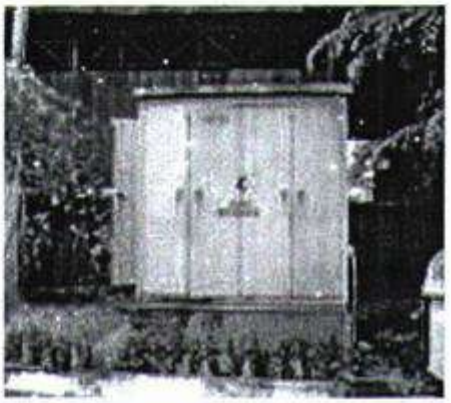


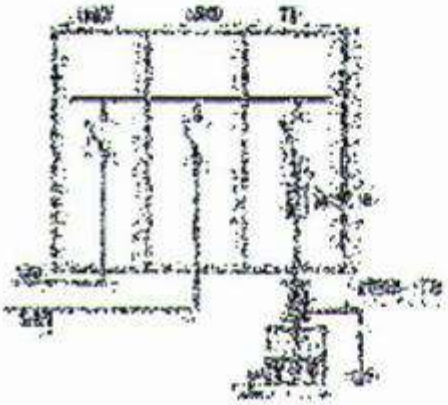
Gambar Gardu Indoor Jenis Beton

Seluruh komponen utama instalasi yaitu transformator dan peralatan switching / proteksi, terangkai didalam bangunan sipil yang dirancang, dibangun dan difungsikan dengan konstruksi pasangan batu dan beton (masonrywall building).

Konstruksi ini dimaksudkan untuk pemenuhan persyaratan terbaik bagi keselamatan ketenagalistrikan.

2.7. Gardu Kios





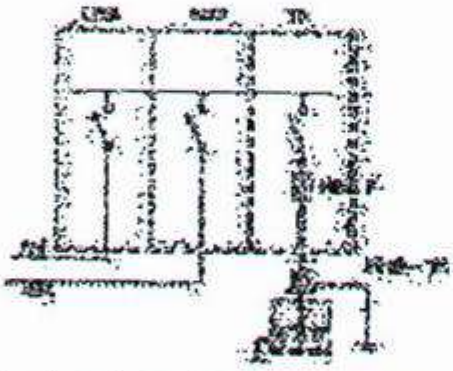
Gardu Kios adalan bangunan *prefabricated* terbuat dari konstruksi baja, fiber-glass atau kombinasinya yang dapat dirangkai di lokasi rencana pembangunan gardu distribusi. Terdapat beberapa jenis Gardu Kios, yaitu Kios Kompak, Kios Modular dan Kios Bertingkat.

Gardu ini dibangun pada tempat-tempat yang tidak diperbolehkan membangun Gardu Beton.

Karena sifat mobilitasnya, maka kapasitas transformator distribusi yang terpasang terbatas. Kapasitas maksimum adalah 400 kVA, dengan 4 jurusan Tegangan Rendah.

Khusus untuk Kios Kompak, seluruh instalasi komponen utama Gardu sudah dirangkai selengkapnya di pabrik, sehingga dapat langsung di angkut kelokasi dan disambungkan pada sistem distribusi yang sudah ada untuk difungsikan sesuai tujuannya.

2.8 . Single Line Diagram / SLD Gardu Pelanggan Umum



Gambar SLD Gardu Pelanggan Umum

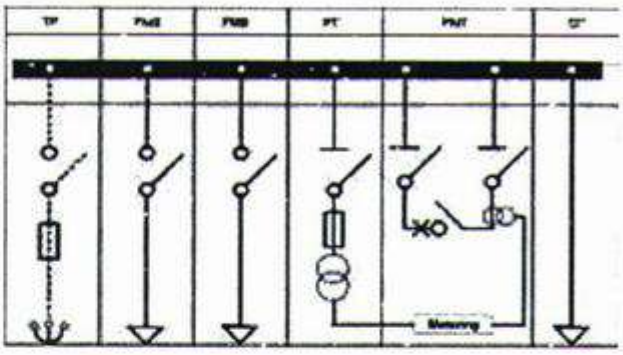
Umumnya konfigurasi peralatan Gardu Pelanggan Umum adalah π section, sama halnya seperti dengan Gardu Tiang yang dicatu dari SKTM.

Karena keterbatasan lokasi dan pertimbangan keandalan yang dibutuhkan, dapat saja konfigurasi gardu berupa T section dengan catu daya disuplai PHB-TM gardu terdekat yang sering disebut dengan Gardu Antena.

Untuk tingkat keandalan yang dituntut lebih dari Gardu Pelanggan Umum biasa, maka gardu dipasok oleh SKTM lebih dari satu penyulang sehingga jumlah saklar hubung lebih dari satu dan dapat digerakan secara Otomatis (ACOS : Automatic Change Over Switch) atau secara remote control.

Untuk tingkat keandalan yang dituntut lebih dari Gardu Pelanggan Umum biasa, maka gardu dipasok oleh SKTM lebih dari satu penyulang sehingga jumlah saklar hubung lebih dari satu dan dapat digerakan secara Otomatis (ACOS : Automatic Change Over Switch) atau secara remote control.

2.9. SLD Gardu Pelanggan Khusus



Keterangan :
TP = Pengaman Transformator
PHB – Pemutus Beban – LBS
PT – Trafo Tegangan
PMT – Pembatas Beban Pelanggan
SP = Sambungan Pelanggan

Gambar SLD Gardu Pelanggan Khusus

Gardu ini dirancang dan dibangun untuk sambungan tenaga listrik bagi pelanggan berdaya besar. Selain komponen utama peralatan hubung dan proteksi, gardu ini di lengkapi dengan alat-alat ukur yang dipersyaratkan.

Untuk pelanggan dengan daya lebih dari 197 kVA, komponen utama gardu distribusi adalah peralatan PHB-TM, proteksi dan pengukuran Tegangan Menengah. Transformator penurun tegangan berada di sisi pelanggan atau diluar area kepemilikan dan tanggung jawab PT PLN (Persero).

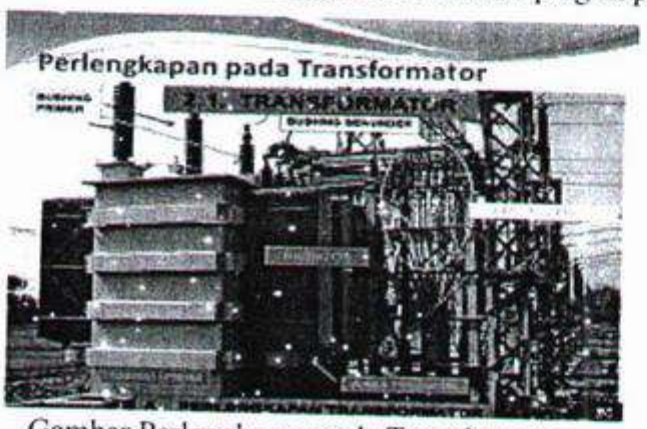
Pada umumnya, Gardu Pelanggan Khusus ini dapat juga dilengkapi dengan transformator untuk melayani pelanggan umum.

BAB III
PERALATAN UTAMA PADA INSTALASI JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

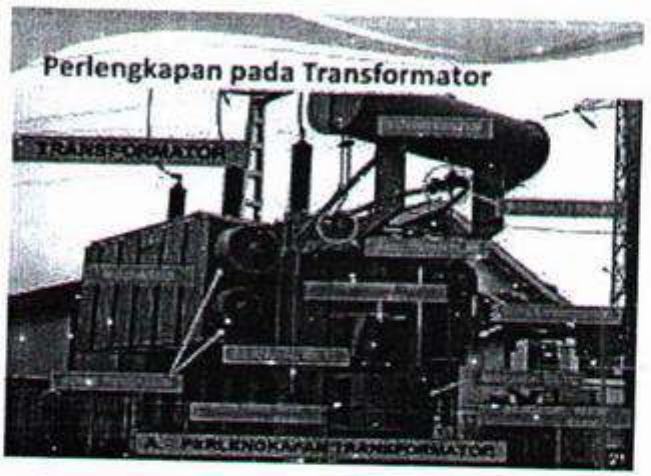
3.1. Peralatan Utama Konstruksi Transformator Distribusi Fase 3

Untuk Transformator 3, merujuk pada SPLN, ada tiga tipe vektor group yang digunakan oleh PLN, yaitu.Yzn5, Dyn5, dan Ynyn0. . Netral langsung dihubungkan dengan tanah. untuk konstruksi , peralatan Transformator distribusi sepenuhnya harus merujuk pada SPLN D3.0021-1:2007.

Transformator gardu pasangan luar dilengkapi bushing tegangan menengah isolator keramik. sedangkan Transformator gardu pasangan dalam dilengkapi bushing tegangan menengah isolator keramik / menggunakan isolator plug-in premoulded.



Gambar Perlengkapan pada Transformator



Gambar Perlengkapan pada Transformator

NO	Vektor Group	Daya (kVA)	Keterangan
1	Yzn5	50 100 160	Untuk sistem 3 kawat
2	Dyn5	200 250 315 400 500 630	Untuk sistem 3 kawat
3	Ynyn0	50 100 160 200 250 315 400 500 630	Untuk sistem 4 kawat

Gambar Vektor Group dan daya Transformator

3.2 Instalasi Transformator distribusi.

Spesifikasi Transformator distribusi:

Transformator pasangan dalam Indor 20 kV / 230/400 volt dengan daya:

- ✓ 250 kVA
- ✓ 400 kVA
- ✓ 600 kVA.

Pada saat pemasangannya perlu diperhatikan :

1. Penempatan Transformator dalam gardu sesuai harus sesuai rencana tata ruang desain sipil gardu bersangkutan ; dengan Sisi tegangan rendah menghadap/pada dinding gardu.
2. Pada saat penempatan Transformator dalam gardu; harus menggunakan alas besi kanal U / plat Bordes 5 mm untuk menjamin tidak rusak nya rantai kerja Gardu .
3. Seluruh rangkaian listrik terhubung dengan Terminal Transformator melalui suatu kabel yang memenuhi syarat . bilamana konduktor kabel yang digunakan berbeda dengan Terminal Transformator harus menggunakan sepatu kabel bimetal .

4. Sama halnya dengan persyaratan Instalasi switchgear,badan Transformator harus terhubung dengan elektroda pembumian . elektroda pembumian badan Transformator harus berbeda dengan elektroda pembumian Netral Sisi tegangan rendah Transformator.

3.3. Handling Transportasi Transformator.

Kondisi kritis adalah saat memindahkan Transformator, dari gudang ke lokasi pemasangan saat menaikan atau menurunkan Transformator Distribusi keatas truk, diharuskan menggunakan alat bantu forklift, mobile crane / lifter (truk yang di lengkapi lifter).

Menaikkan dan menurunkan ke/dari truk harus diperhatikan dengan seksama untuk memastikan tidak terjadinya kerusakan pada tangki Transformator (bila menggunakan forklift) / kerusakan isolator (umumnya bila menggunakan crane / tropod). pengangkutan Transformator dari gudang penyimpanan ke lokasi gardu dipersyaratkan/tidak diperbolehkan adanya guncangan-guncangan pada saat dibawa dengan kendaraan.

3.4. Perlengkapan pada PHB Sisi Tegangan Menengah (PHB-TM)

Berikut ini adalah perlengkapan utama PHB-TM yang sudah terpasang / terangkai secara lengkap yang lazim disebut dengan Kubikel-TM, yaitu :

a) Pemisah- Disconnecting Switch (DS)

Berfungsi sebagai pemisah / penghubung instalasi listrik 20 kV. Pemisah hannya dapat dioperasikan dalam keadaan tidak berbeban.

b) Pemutus beban-Load Break Switch (LBS)

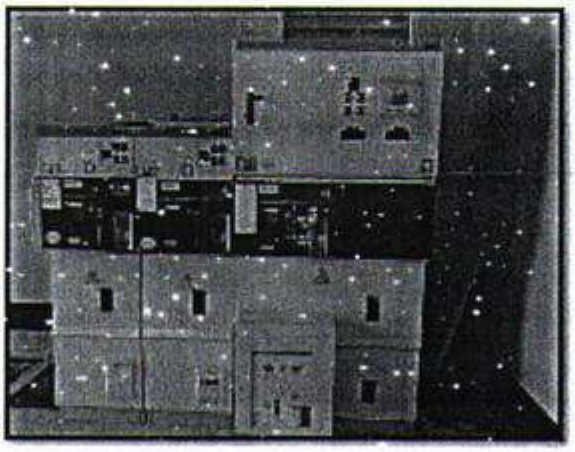
Berfungsi sebagai pemutus / penghubung instalasi listrik 20 kV. pemutus beban dapat dioperasikan dalam keadaan beban dan terpasang pada kabel masuk / keluar gardu distribusi.

Kubikel LBS dilengkapi dengan saklar pembumian yang bekerja secara interlock dengan LBS. untuk pengoperasian jarak jauh (remote conTRol), Remote Terminal Unit (RTU) harus dilengkapi catu daya penggerak.

c) Pemutus tenaga-Circuit Breaker (CB)

Berfungsi sebagai pemutus dan penghubung arus listrik dengan cepat dalam keadaan normal maupun gangguan hubung singkat . Peralatan pemutus tenaga PMT

ini sudah dilengkapi dengan relay proteksi arus lebih (Over Current Relay) dan dapat difungsikan sebagai alat pembatas beban . Komponen utama PHB TM tersebut di atas Sudah terakit dalam kompartemen kompak (lengkap) yang sering disebut Kubikel pembatas beban pelanggan.



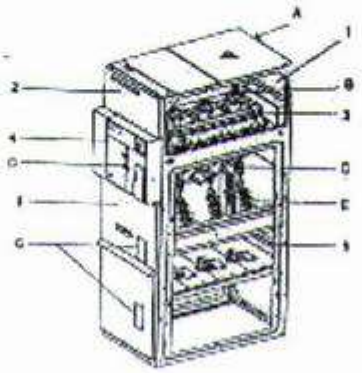
Gambar Cubicle 20 kV

3.5. Bagian-bagian dari kubikel

1. Kompartemen

Merupakan rumah dari terminal penghubung, lbs, pmt, pms, fuse, trafo ukur, (ct,pt) peralatan mekanis dan instalasi tegangan rendah, sehingga tidak membahayakan operator terhadap adanya sentuhan langsung ke bagian - bagian yang bertegangan.

Komponen bagian bawah, pada bagian depan berupa pintu yang dapat dibuka tetapi bisa dilakukan apabila tegangan sudah dibebaskan dan terminasi kabel sudah ditanahkan



Gambar Kompartemen

Keterangan gambar :

1. Kompartemen Busbar
2. Kompartemen Tegangan Rendah
3. Pemutus Beban dan Saklar Pentanahan
4. Kompartemen Operasi Mekanik
5. Kompartemen kabel

2. Rel Busbar

Sebagai rel penghubung antara kubikel yang satu dengan lainnya, posisi rel umumnya terletak pada bagian atas kubikel, pada kubikel type rmu (ring main unit) rel 20 kv terdapat dalam tabung sf 6 vacum bentuk rel ada yang bulat ada yang pipih

3. Kontak pemutus

Sebagai pemutus / penghubung aliran listrik kontak pemutus terdiri dari dua bagian yaitu kontak gerak (moving contact) dan kontak tetap (fixed contact) sebagai peredam busur api pada kubikel jenis lbs atau cb digunakan media minyak, gas sf6, vacum atau dengan hembusan udara.Selain itu memperkecil terjadinya busur api dil-akukan dengan pembukaan dan penutupan kontak pemutus secara cepat secara mekanis

4. Pemisah hubung tanah / Earthing Swicth

Untuk mengamankan kubikel pada saat tidak bertegangan dengan menghub-ungkan terminal kabel ketanah (grounding), sehingga bila ada personil yang bekerja pada kubikel tersebut terhindar terhadap adanya kesalahan operasi yang menyebabkan kabel terisi tegangan .Pms tanah ini biasanya mempunyai sistem interlock dengan pin-tu kubikel dan mekanik lbs. Pintu tidak bisa dibuka jika pms tanah belum masuk, lbs tidak bisa masuk sebelum pms tanah dibuka

5. Terminal penghubung

Untuk menghubungkan bagian-bagian kubikel yang bertegangan satu dengan yang lainnya, ada beberapa terminal antara lain :

- ✓ Terminal busbar, tempat dudukan busbar
- ✓ Terminal kabel, tempat menghubungkan kabel incoming dan out going

- ✓ Terminal PT, tempat menyambung transformator tegangan untuk pengukuran
- ✓ Terminal CT, tempat menyambungkan transformator arus untuk pengukuran

6. Fuse Holder dan Mekanika Kubikel

- ✓ Fuse holder

  Untuk menempatkan fuse pengaman trafo pada kubikel PB atau kubikel PT

- ✓ Mekanika kubikel

  Berfungsi untuk menggerakkan dan merubah posisi membuka / menutup kontak lbs pmt dan pms maupun pemisah hubung tanah

  Dibuat sedemikian rupa sehingga pada waktu membuka dan menutup kontak pemutus berlangsung dengan cepat .

7. Lampu indikator

Untuk menandai adanya tegangan (20 kv) pada sisi kabel, baik berasal dari sisi lain kabel tersebut atau berasal dari busbar sebagai akibat alat hubung dimasukkan

Lampu indikator menyala dikarenakan adanya arus kapasitip yang dihasilkan oleh kapasitor pembagi tegangan .

8. Pemanas (Heater)

Untuk memanaskan ruang terminal kabel agar kelembabannya terjaga. Keadaan ini diharapkan dapat mengurangi efek corona pada terminal kubikel tersebut. Besarnya tegangan heater 220 V sumber tegangan berasal dari trafo distribusi.

9.Handle kubikel

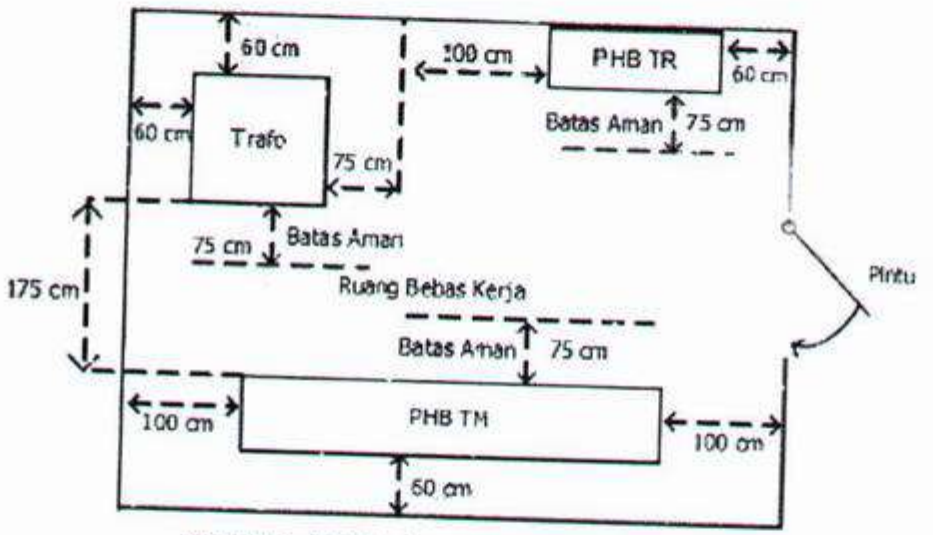
Untuk menggerakkan mekanik kubikel, yaitu membuka atau menutup posisi kontak hubung pmt, pms, lbs, pemisah tanah (grounding) atau pengisian pegas untuk energi membuka / menutup kontak hubung . Pada satu kubikel, jumlah handle yang tersedia bisa satu macam atau lebih.

3.6. Standar Pemasangan Gardu Pasangan dalam Tata Letak (Layout)

Karena seluruh peralatan berada dalam ruang tertutup, bangunan gardu secara keseluruhan tidak dipersyaratkan ruang bebas hambatan / Right of way (ROW) dari tegangan sentuh . untuk kondisi di wilayah / perkotaan yang seringkali tidak dapat dikendalikan diperuntukan / kepemilikan tanah gardu, maka diperlukan ruang bebas

hambatan untuk tujuan perolehan udara yang dipersyaratkan bagi temperatur lingkungan (ambeien temperature).

Menurut standar, pengaturan tata letak peralatan pada gardu beton pelanggan umum / pelanggan khusus adalah: PHB TR ditempatkan pada sisi Masuk sebelah kiri / sebelah kanan, jarak antara PHB TM dengan dinding sebelah kiri kanan tidak kurang dari 1 M jarak bagian belakang PHB / badan Transformator dengan dinding gardu minimal 60 cm. cukup tersedia uang untuk petugas berdiri dari depan PHB TR minimal dari 75 cm ruang gardu harus dilengkapi man hole tersedia tempat untuk cadangan tambahan Kubikel PHP TM sekurang-kurangnya 1 buah berikut ini diberikan gambaran umum tentang tata letak gardu distribusi:



Gambar 3.1. Peletakan (lay-out) Perlengkapan Gardu Distribusi Beton.

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas maka ukuran dan tata letak serta dimensi gardu beton di samping mengikuti ketersediaan lahan yang ada, juga harus memenuhi ketentuan ketentuan sebagai berikut:

1) Tinggi bangunan minimum 3 m
2) PHB TR ditempatkan pada sisi Masuk sebelah kanan
3) Jarak kiri kanan PHB TM terhadap tembok minimum 1 M.
4) Jarak belakang PHB TM terhadap dinding minimal 60 cm / 0,6 m.
5) Jarak badan Transformator terhadap dinding minimal 60 cm / 0,6 m.
6) Jarak ruang tempat petugas dengan bagian depan PHB minimal 0,75 m.
7) Jarak batas antara PHB TM dengan PHB TR minimal 1 M.
8) Jarak batas antara PHB TM dengan Transformator minimal 1 M.
9) Jarak terluar peralatan dengan BKT minimal 20 cm / 0,2 meter jarak bagian konduktif dan BKT minimal 60 cm / 0,0 6 m.

10) Lubang kabel naik ke PHB minimal sedalam 1,2 meter dan harus diberikan lobang kerja men hole minimal ukuran 0,8 X 0,6 m.

11) Pintu minimal dengan lebar 120 cm.

3.7. Ketentuan Ventilasi Dan Ketinggian Muka Lantai

Lubang ventilasi diberikan cukup pada dinding di kiri kanan PHB TR / cm dengan luas ventilasi (jumlah) adalah 1/5 dari luas muka dinding . Karena luasnya, maka perlu diperhatikan konstruksi ventilasi harus bersirip mirip tiap 10 cm (mencegah masuknya partikel hujan) . pada keadaan khusus (untuk pencegahan masuknya binatang) dapat sajaa dilengkapi kasa kawat baja. pada gardu konsumen khusus yang dibangun sebagai bagian konstruksi bangunan konsumen tersebut harus diperhatikan ruang bebas dan aliran angin yang diperlukan .Untuk kondisi tertentu dapat digunakan exhaust-fan/ baling-baling ventilasi yang diletakkan di atas gardu . Cukup tersedia akses untuk keluar masuk gardu.

Ketinggian muka lantai .

Ketinggian muka lantai /elevasi lantai gardu ditentukan minimal 30 cm dari muka air tertinggi yang mungkin terjadi . penempatan gardu pada basement bangunan sebaiknya dihindari. Gardu beton harus mempunyai persyaratan fisik yang cukup guna memudahkan konstruksi instalasi, operasi dan pemeliharaan.

Ruang gardu harus memberikan cukup ventilasi untuk menjaga ambient temperature rata-rata 40 derajat C.

Transformator berfungsi optimal pada suhu maksimum 65 derajat Celsius dan pada suhu ambient rata-rata 40 derajat Celsius, Oleh karena itu ruang dalam gardu harus diberikan ventilasi yang cukup memadai.

(Sesuai IEC ambient 20 derajat Celsius , IEEE 30 derajat Celsius).

3.8. Konstruksi Instalasi Gardu Beton 20 Kv dan Konstruksi Mekanis

Pada perlengkapan hubung tegangan menengah 20 kV gardu distribusi pasangan dalam umum terdiri atas beberapa jenis Kubikel:

1) Kubikel pemutus beban load break switch LBS .
2) Kubikel pemisah disconnecting switch DS .Jenis ini direkomendasikan tidak digunakan lagi .
3) Kubikel pengaman Transformator dengan saklar Load break switch /LBS dan proteksi arus lebih jenis pengaman lebur/Fuse Cut Out.
4) Kubikel sambungan pelanggan .

Konstruksi penunjang (konstruksi mekanis).

Beberapa peralatan konstruksi menunjang diperlukan dengan jumlah disesuaikan dengan kebutuhan setempat yaitu berupa :

a) Kabel TRay harus terbuat dari bahan anti korosif galvanis untuk keperluan tiap-tiap 3 meter jalur kabel.
b) Klem kabel untuk memperkuat dudukan kabel pada ikatan statis / kabel TRay terbuat dari kayu (support kabel).
c) U-bolt clamp
d) Space flat .
e) Collar (penjepit kabel) pad arak TR/TM yang terbuat dari kayu.
f) Dyna Bolt ukuran 10 mm2 panjang 60 mm,120mm
g) Insulating Bolt, baut dilapisi nilon makrolon.
h) Insulating slim bahan backlite,nilon, makrolon.
i) Terminal hubung, plat di bawah sel TM.
j) Clampping conector 9mm,13mm,17mm
k) T-Conector (kuku mcan) unimog-clamp terbuat dari tembaga.
l) Angle clamp conector (knee-conector)
m) Connecting blok terbuat dari tembaga
n) Straight clamp connector

Tabel Torsi Pengencangan Mur dan Baud

Diameter Ulir (mm)	TORSI (Nm)
2.5	0.37
3	0.65
4	1.53
5	3
6	5.2
7	12
10	24
12	42
14	66
16	98
20	190
24	330
30	650

3.9. Instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB–TR)

Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah dilengkapi sekurang-kurangnya dengan :

- ✓ Satu pemisah pada sisi penghantar masuk (Ohm saklar)
- ✓ Rel pembagi
- ✓ Pengaman lebur jenis HRC pada sisi penghantar keluar

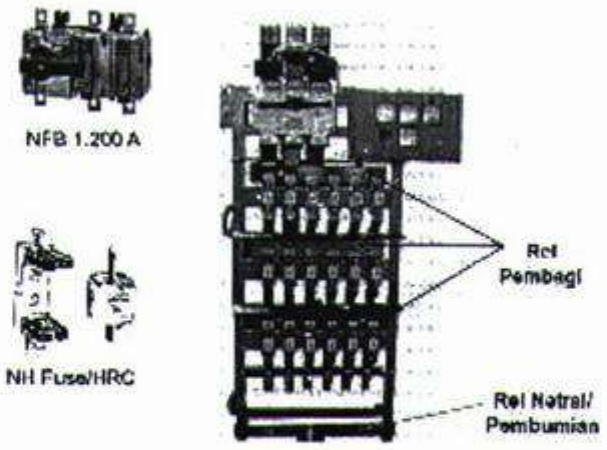
✓ Rel atau terminal pembumian

PHB-TR terpasang magun pada dinding dan jarak antara rel ke dinding tidak kurang dari 30 cm. Pemisah adalah pemisah 3 pisau dimana penghantar netral tidak diputus (sistem proteksi TN-C). Tabel berikut ini memberikan nilai minimal spesifikasi teknis PHB-TR

Tabel Spesifikasi Teknis PHB-TR.

No.	Uraian	Spesifikasi
1.	Arus pengenal saklar pemisah	Sekurang-kurangnya 115 % I_N transformator
2.	KHA rel PHB	Sekurang-kurangnya 125 % arus pengenal
3.	Arus pengenal pengaman lebur	Tidak melebihi KHA penghantar sirkit keluar
4.	Short with stand current (Rms)	Fungsi dari kapasitas Transformator dan
5.	Short making current (peak)	Tidak melebihi 2,5 x *short breaking current*
6.	Impulse voltage	20 kV
7.	Indeks proteksi – IP (International Protection) untuk	Disesuaikan dengan kebutuhan, namun sekurang-kurangnya IP-45

I_N = I nominal sisi sekunder transformator.



Gambar PHB TR pasangan dalam / indoor

3.10. Gardu Beton Pelanggan Khusus

Instalasi untuk pelanggan tegangan menengah, selain peralatan swtching SKTM umumnya peralatan gardu dilengkapi :

1) Satu sel kubikel Transformator tegangan /PT.
2) Satu sel kubikel sambungan pelanggan dengan fasilitas:
   a. Circuit breaker (CB) yang bekerja sebagai pembatas arus nominal daya tersambung pelanggan.
   b. Transformator arus CT.
3) Satu sel Kubikel untuk sambungan kabel milik pelanggan.
4) Satu set relay pembatas beban.
5) Satu set alat ukur KWH meter.

Spesifikasi teknis dan ketentuan instalasinya sama dengan ketentuan instalasi sel kubikel lainnya.

Dalam hal Transformator distribusi konsumen khusus tersebut dipaksakan dalam gardu, rangkaian Kubikel harus dilengkapi dengan kubikal proteksi Transformator baik berupa pengaman lebur / Circuitt breaker (sambungan tegangan rendah, pengukuran pada sisi tegangan menengah.).

3.11. Pegangkutan dan Pemasangan Instalasi Kubikel

Transportasi / Pengangkutan Kubikel dari gudang penyimpanan ke lokasi gardu dipersyaratkan tidak diperbolehkan adanya guncangan guncangan pada saat dibawa dengan kendaraan . guncangan guncangan yang terjadi dihawatirkan akan menimbulkan kerusakan elektrik pada penurunan kubikel dari alat Transportasi harus menggunakan menggunakan forklift, / sekurang-kurangnya TRipod / kaki tiga dengan tackle sedang penggeseran ke gardu, harus menggunakan lori dengan Real dari pipa besi kanal dengan 3 inchi. saat pengangkutan Kubikel harus ditutup untuk menjamin terlindungnya kubikal dari cahaya matahari langsung / curah hujan .

3.12. Pemasangan Kubikel Diatas Saluran Kabel Gardu

Setelah komposisi kubikal sesuai, masing-masing Kubikel dipasang satu dengan lainnya dengan mur-baut yang telah dipasang dengan alat, momen torsi 25 NM / sesuai spesifikasi pabrik bersangkutan . untuk ini hindarkan penggunaan Kubikel lain merk. ikatkan erat Kubikel dengan menggunakan mur dan baut, pada besi siku melintang di atas saluran kabel yang telah tersedia . dalam hal lubang pada kubikel dan besi siku tidak sesuai, harus lubang baru yang tepat pada besi siku. besi siku harus dibawa pada lantai dengan Dyna Bolt.

3.13. Pemasangan Pengendali Pembumian Pada Kubikel

Seluruh badan Kubikel harus dibumikan dengan konduktor tembaga penampang minimal 16 mm persegi . nilai tahanan pembumian tidak boleh melebihi 1 ohm.

Bila Gardu terpadu (integrated) dengan bangunan, elektroda bumi gedung agar dipisah dengan pembumian gardu.

3.14. Instalasi Listrik Kubikel

Seluruh rangkaian dan semua peralatan listrik kubikel harus dipasang / dirangkai dengan baik dan benar sesuai petunjuk yang diberikan pabrikan Kubikel dengan torsi yang dipersyaratkan. Sebagai contoh umumnya rangkaian Transformator pengukuran dan kabel kontrol peralatan switchgear yang disuplai terlepas / belum terakit (jadi perlu di rangkai).

3.15. Heater dan Instalasi Penerangan Gardu

Catu daya listrik untuk heater kubikel dan catu fault indicator yang di perlukan harus diperoleh dan terpasang. Bila catu daya tersebut di dapatkan dari jaringan tegangan rendah di luar lokasi, bila semua telah terpasang pastikan ulang bahwa Heater dan fault indicator tersebut telah berfungsi dengan baik.

3.16. Penyambungan Instalasi SKTM dengan Kubikel

Sebelum kabel tegangan menengah dipasang pada kubikel harus diperhatikan urutan fase kabel tersebut dengan nominal Kubikel Periksa pula tahanan isolasi kabel tersebut minimal dengan menggunakan Insulation tester 5 kV.

Terminasi kabel pada kubikel memakai dua teknik pemasangan konstruksi.

1. Konstruksi Precasting Full Insulated Heatshrink atau Coldshrink.
2. Konstruksi Plug-in baik Straight through terminating atau elbow terminating.

Pelaksanaan pekerjaan terminasi hanya boleh dilakukan oleh teknisi bersertifikat kompetensi teknik terminasi kabel.

Secara keseluruhan instalasi Terminal harus memenuhi urutan kerja instalasi sesuai yang dipersyaratkan oleh pabrikan terminal kabel tersebut.

Khusus pemasangan dan penyambungan sepatu kabel pada Bushing Terminal Kubikel perlu diperhatikan

Metode pengepresan sepatu kabel.

1. Pengikatan baut sepatu kabel pada bushing gunakan torsi meter dengan perolehan nilai 15 - 25 NM.
2. Umumnya konduktor pada bushing / terminal kubikel adalah bahan bahan tembaga . sebaliknya konduktor pada kabel tegangan menengah adalah dengan bahan aluminium. untuk keadaan ini gunakan sepatu kabel bimetal konektor.

3.17. Pemasangan Instalasi Elektroda Pembumian

Tujuan pembumian pada suatu sistem tenaga listrik secara umum adalah :

1. Memberikan perlindungan terhadap bahaya listrik bagi pemanfaat listrik dan ling kungannya.

2.Mendapatkan keandalan penyaluran pada sistem baik dari segi kualitas, keandalan ataupun kontinuitas penyaluran tenaga listrik.

3.Membatasi kenaikan tegangan pada fasa yang tidak terhubung tanah dan nilai te-gangan kerja minimal.

Pada jaringan distribusi tenaga listrik terdapat sejumlah titik pembumian baik pada sisi tegangan menengah maupun pada sisi tegangan rendah, Bagian-bagian yang harus dibumikan yaitu :

1.Pembumian pada konstruksi jaringan distribusi :

a. Pembumian titik netral transformator Gardu Induk,

b. Pembumian titik netral transformator sisi tegangan rendah (sekunder) pada Gardu Distribusi,

c. Pembumian penghantar netral sisi tegangan menengah dan Tegangan Ren-dah,

d. Pembumian penghantar tanah (shield wire) sisi Tegangan Rendah,

e. Pembumian pelindung lapisan tembaga, baja pada kabel bawah tanah

2. Pembumian alat proteksi dan alat ukur :

a. Pembumian Lightning Arrester

b. Pembumian CT/PT

Pembumian Lightning Arrester (LA) dibumikan dengan elektroda tersendiri. Pada gardu distribusi tipe portal, elektroda pembumian titik netral transformator terpisah dengan elektroda pembumian Lightning Arrester. Untuk mendapatkan gradi-en tegangan yang sama terhadap bumi, penghantar pembumian lightning arrester dengan titik netral sisi Tegangan Rendah transformator distribusi dihubungkan secara mekanis (dibonding) di bawah tanah. Pada pada gardu portal dan gardu cantol, penghantar pembumian lightning arrester disatukan dengan badan transformator dan selanjutnya dibumikan.

3. Pembumian Bagian Konduktif Terbuka dan Ekstra (BKT dan BKE) :

a.Pembumian badan (panel) PHB-TM, PHB-TR, Kabel Tray/Rak Kabel,

b.Pembumian Palang (cross arm/travers),

c.Pembumian bagian logam yang bukan merupakan bagian dari instalasi misalnya pintu gardu, pagar besi.

Elektroda pembumian pada gardu beton memakai sistem mesh, dengan penghantar Cu (tembaga) berpenampang 50 mm2 yang digelar di bawah pondasi bangunan gardu.Pada elektroda pembumian ini dikeluarkan dan di hubungan pada instalasi ikatan ekipotensial (eqipotensial coupling) yang dipasang setinggi 20 cm di atas lantai, mengelilingi bagian dalam dinding gardu. material ikatan potensial memakai plat tembaga sekurang-kurangnya dengan penampang berukuran 20 x 40 mm. seluruh bagian konduktif terbuka BKT dan bagian konduktif extra gardu dihubungkan ke ikatan Ekuipotensial tersebut.

Nilai tahanan pembumian tidak boleh melebihi 1 ohm. apabila nilai tahanan tersebut tidak mencapai 1 ohm, harus ditambahkan sistem elektroda pembumian lainnya antara lain, dengan elektroda batang, sehingga tercapai nilai tahanan pembumian sebesar 1 ohm

Tabel Ukuran Penghantar minimal pembumian Gardu Distribusi Beton

No.	Uraian	Ukuran minimal penghantar pembumian
1.	Panel PHB TM (kubikel)	BC solid 16 mm²
2.	Rak kabel TM-TR	BC 50 mm²
3.	Pintu gardu/pintu besi/pagar besi	BC pita 50 mm² (NYAF)
4.	Rak PHB TR	BC 50 mm²
5.	Badan transformator	BC 50 mm²
6.	Titik netral sekunder transformator	BC 50 mm²
7.	Ikatan ekipotential pada gardu kontruksi dalam	Pelat tembaga 2 mm x 20 mm
8.	Semua BKT dan BKE gardu	BC solid 16 mm²
9.	Elektroda pembumian gardu beton	BC 50 mm² di bawah pondasi

3.18. Pemasangan Konstruksi Gardu Beton

Seluruh komponen utama dan kelengkapan instalasi gardu beton harus dipersiapkan dengan baik dan benar di lokasi.

Khusus Transformator, periksa fisik Transformator distribusi yang meliputi:

1. Packing Transformator.
2. Periksa aksesoris Transformator,Apakah sudah sesuai dengan syaratkontrak yang disepakati misalnya thermometer, oil level . Buchholz relay, Breather (slilica gel)
3. Periksa Volume minyak pada gelas duga (oil level) dan kebocoran pada Transformator.
4. Periksa name plate serta sertifikat Transformator Apakah telah sesuai dengan permintaan pemeriksaan antara lain :
   - Daya kapasitas. : KVA
   - Tegangan tegangan. : V

- Tegangan tegangan rendah : V
- Vector Group :
- Tingkat pengaturan tegangan :

5. Pengujian Ketahanan Isolasi antara:
   - Sisi tegangan rendah (TR) dengan sisi tegangan menengah (TM)
   - Sisi tegangan rendah (TR) dengan bodi (E)
   - Sisi tegangan menengah (TM) dengan bodi (E)

3.19. Penyelesaian Akhir (Finishing)

Setelah tahapan konstruksi pemasangan gardu selesai maka dilanjutkan dengan uji teknis dan Komisioning sesuai dengan aturan yang berlaku, untuk kemudian diterbitkan sertifikat layak operasi SLO oleh badan yang berwenang.

BAB IV
STANDAR PEMASANGAN SALURAN UDARA TEGANGAN MENENGAH / KONSTRUKSI SUTM

4.1. Jarak Aman (Safety Distance)

Jarak aman adalah jarak antara bagian aktif/fase dari jaringan terhadap benda-benda disekelilingnya baik secara mekanis atau elektromagnetis yang tidak memberikan pengaruh membahayakan. Khusus terhadap jaringan telekomunikasi, jarak aman minimal adalah 1 m baik vertikal atau horizontal. Bila dibawah JTM terdapat JTR, jarak minimal antara JTM dengan kabel JTR dibawahnya minimal 120 cm.

Jarak aman jaringan terhadap bangunan lain dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel Jarak aman SUTM

No.	Uraian	Jarak Aman
1.	Terhadap permukaan jalan raya	≥ 6 meter
2.	Baikon rumah	≥ 2,5 meter
3.	Atap rumah	≥ 2 meter
4.	Dinding Bangunan	≥ 2,5 meter
5.	Antena TV/ radio, menara	≥ 2,5 meter
6.	Pohon	≥ 2,5 meter
7.	Lintasan kereta api	≥ 2 meter dari atap kereta
8.	Underbuilt TM – TM	≥ 1 meter
9.	Underbuilt TM – TR	≥ 1 meter

4.2. Spesifikasi Konstruksi SUTM

Standar konstruksi Saluran Udara Tegangan Menengah sebagai berikut :

a) Konstruksi tiang awal (Riser Pole) dan kelengkapannya

Konstruksi tiang awal ini dipasang pada awal jaringan dimana terdapat kelengkapan seperti : kabel naik dari gardu induk. Pada tiang ini terpasang 3 set isolatortarik, 2 buah cross arm UNP 10 x 2000, lightning arrester, pipa galvanis, pelindung kabel diameter 4 inci, dan instalasi pembumian. Kekuatan tiang disesuaikan dengan besarnya penampang penghantar yang digunakan.

b) Konstruksi tiang Peregang (Tension Pole) dan kelengkapannya

Konstruksi tiang peregang ini di pasang pada tiap-tiap 10 gawang jaringan. Kekuatan tiang (Working Load) sama dengan kekuatan tiang awal atau tiang dengan kekuatan tiang lebih kecil namun harus di tambah 2 set konstruksi Topang tarik dengan arah berlawanan. Pada konstruksi ini terpasang 6 set isolator tarik, 3 buah isolator tumpu dan 2 buah cross arm UNP 10 x 2000.

c) Konstruksi tiang pencabangan (Tee- Off Pole)

Konstruksi ini adalah gabungan antara konstruksi tiang penumpu dan tiang awal tanpa lightning arrester, kabel naik, namun di tambah dengan 1 buah isolator tumpu dan 1 set Topang tarik, jika tidak memungkinkan penggantian tiang dengan kekuatan tarik yang lebih besar.

d) Konstruksi saklar tiang (Pole Switch)

Konstruksi ini di pasang untuk manuver jaringan atau pemeliharaan . Terdapat 2 jenis saklar tiang

- ✓ Pole Top Switch yang hanya berfungsi sebagai pemisah.
- ✓ Load Break Switch yang berfungsi sebagai pemutus beban.

  Konstruksi ini memakai tiang dengan kekuatan tarik sekurang-kurangnya 350 daN. Semua BKT harus di bumikan.

Saklar tiang baik merupakan pemisah atau pemutus beban di bumikan seluruh bagian konduktif terbukanya. Instalasi pembumian juga dijadikan satu dengan pembumian Penghantar netral. Saklar tiang dari jenis pemutus beban dilindungi terhadap akibat petir dengan Lightning Arrester 5 KA pada sisi kiri – kananya.

e) Konstruksi Pembumian.

Bagian-bagian yang harus dibumikan adalah Bagian Konduktif Terbuka-konstruksi tiang untuk setiap 3 gawang dan instalasi lightning arrester. Konstruksi ini memakai penghantar pembumian jenis tembaga, bimetal joint, penghantar tembaga / alumunium dan elektroda pembumian. Penghantar Netral di bumikan pada tiap tiang. Pembumian dengan elektroda bumi pada konstruksi Lightning Arrester, gardu distribusi dan pada tiap-tiap 3 gawang / jarak tiang. Nilai satuan Pembumian tidak melebihi 10 ohm. Pada jaringan dan 1 ohm pada Lightning Arrester dan gardu

f) Konstruksi tiang akhir (End Pole).

Konstruksi tiang akhir ini sebagaimana konstruksi tiang awal dengan atau tanpa kabel naik. Tiang yang di pakai dengan kekuatan tarik sesuai penampang penghantar atau dengan kekuatan tarik lebih kecil di tambah konstruksi topang tarik

g) Konstruksi SUTM Sirkit Ganda.

Konstruksi sirkit ganda pada saluran udara TM di bagi atas :

a) Tambahan saluaran pada tiang saluran yang sudah ada

b) Konstruksi saluran ganda yang sama sekali baru.

Pada tiang dengan saluran yang lama, jarak antara cross-arm lama dan baru sekurang-kurangnya 80 cm; dengan tinggi andongan / lendutan yang sama. Kebutuhan material sama dengan kebutuhan material untuk sirkit tunggal, dengan tambahan topang tarik/tekan pada tiang sudut, tiang pencabangan dantiang akhir.

Untuk jaringan dari pusat listrik/gardu induk yang sama, kebutuhan konstruksi pembumian dapat di paralelkan saja pada konstruksi pembumian yang sudah ada. Untuk konstruksi saluran udara TM ganda yang baru, kebutuhan material jaringan sebanyak 2 kali konstruksi sirkit ganda. Instalasi pembumian dapat dijadikan satu, sementara kekuatan tarik (Working Load) tiang sama dengan saluran dengan sirkit ganda di tambah topang tarik. Kekuatan tarik tiang awal sekurang-kurangnya sebesar 2 x 500 daN dengan panjang sekurang-kurangnya 12 meter.

Konstruksi SUTM sirkit ganda pada dasarnya sama dengan konstruksi SUTM sirkit tunggal, dengan pertimbangan sebagai berikut :

1) Panjang tiang sekurang-kurangnya 12 meter.

2) Posisi tiang sudut, tiang akhir harus diperkuat dengan konstruksi penopang.

3) Tidak menggunakan satu tiang awal untuk atau arus kabel naik TM.

4) Kebutuhan material konstruksi menjadi dua kali lebih banyak pada satu tiang konstruksi

5) Tidak memasang saklar tiang pada tiang yang sama.

6) SUTM dioperasikan dari Transformator yang sama.

7) Instalasi Load Break Switch pada jaringan SUTM lurus

h) Konstruksi Penopang Tiang / Instalasi guywire/treckschoor.

Konstruksi ini ditujukan untuk penambahan kekuatan tiang agar dapat memikul beban mekanisnya. Jenis konstruksi penopang tiang adalah :

- Konstruksi guy wire/treckschoor.
- Konstruksi down Guy wire/treckschoor (topang tarik).
- Konstruksi over head guy wire/treckschoor (kontramast).
- Konstruksi drukschoor / Strut Pole.
- Instalasi patok guywire/treckschoor.

i) Konstruksi Khusus.

Konstruksi SUTM crossing sungai/tebing dengan menggunakan 3 tiang beton 500 dan untuk bentang maksimum 70 m.

Konstruksi SUTM crossing sungai / tebing dengan menggunakan 4 tiang 500 daNbeton untuk bentang maksimum 70 m.

j) Konstruksi SUTM sistem 4 Kawat (SUTM dengan Penghantar Netral)
Merupakan konstruksi SUTM dengan ciri- ciri pemakaian panghantar Netral pada sistem Tegangan Menengah yang di bumikan pada tiap-tiap tiang. Penghantar Netral sisi Tegangan Menengah ini juga merupakan penghantar Netral sisi Tegangan Rendah, sehingga dinamakan sistem distribusi dengan Penghantar Netral Bersama (Multi Grounded Common Netral). Pada sistem ini konstruksi satuan udara menggunakan banyak model konstruksi ,vertikal, delta, horizontal simetris, baik untuk konstruksi Fasa-3 maupun Fasa-1.

4.3. Konstruksi SKUTM / Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah

Saluran kabel udara Tegangan Menengah adalah saluran udara Tegangan Menengah yang menggunakan kabel sebagai sarana penghantar.

Terdapat dua jenis kabel yang dipakai :

- Kabel udara dengan ketahanan isolator 6 kV / half insulated – AAAC – S yang berukuran150 mm² dan 70 mm². Hal yang perlu diperhatikan adalah apabila melakukan penggantian AAAC menjadi AAAC – S, mengingat berat beban jaringan bertambah 37 %. Perlu dipertimbangkan pemasangan penopang tiang pada tiang – tiang sudut dan tiang akhir.
- Kabel udara dengan ketahanan isolator penuh / 24 kV / Fasa-Fasa dari jenis NFA2XSEY-T, berukuran (3 x 150 A1 + 90 SE) dan 9 3 x 70 A1 + 70 SE).Mengingat berat massa kabel, kekuatan tiang untuk SKUTM memakai tiang 350 daN.

4.4. Konstruksi Kabel UdaraTwisted

Jenis konstruksinya terbagi atas fungsi tiang pada jaringan

a) Konstruksi Tiang Awal

Pada konstrtuksi ini digunakan kotak ujung (CableTerminal) dan Lightning Arrester 10 kA dengan kekuatan tiang awal sekurang – kurangnya 500 daN. Dead End Clamp / Strain Clamp dengan kelengkapannya sebagai penarik pemikul / Messenger SKUTM. Nilai tahanan pembumian Lightning Arrester tidak melebihi 1 ohm.

b) Konstruksi Tiang Penumpu (Live Role)

Tiang penumpu memakai konstruksi Line Role dengan Suspension Clamp dan Suspension Bracket dan kelengkapannya.

Tiang penumpu dapat berfungsi sebagai tiang sudut dengan dan besarnya sudut lintasan 0° - 15°.

c) Konstruksi Tiang Sudut Kecil (15° s/d 30°)

Pada konstruksi ini pada sudut lintasan 15° s/d 30° digunakan dua buah Suspension Clamp pada komponen tambahan Y. Komponen pelengkapnya sama dengan konstruksi tiang penumpu dan penopang tiang 9 Guy Wire).

d) Konstruksi Tiang Sudut Sedang (30° s/d 45°)

Dua buah Suspension Clamp, satu buah Yoke tetap digunaka, namun ditambah satu buah Yoke berbentuk segi tiga yang digantung Pole Bracket.

e) Konstruksi Tiang Sudut Besar (45° s/d 90°)

Untuk sudut lintasan antara 45° s/d 90° harus memakai konstruksi Double Dead End yaitu dua konstruksi pada tiang awal.

f) Konstruksi Tiang Akhir

Konstruksi tiang akhir sama dengan tiang awal.kabel dihubungkan ke Lightning Arrester 10 KA.Kekuatan tiang akhir sekurang – kurangnya 500 daN.

g) Konstruksi Tiang Peregang dan Sambungan Kabel

Tiang peregang (Tension Pole) memakai dua jenis konstruksi Dead End sebagaimana pada tiang awal dan tiang akhir. Kekuatan tiang yang dipakai sama dengan kekuatan tiang awal dan akhir. Konstruksi tiang peregang dapat digunakan sebagai titik sambung antara dua penghantar SKUTM.Kotak sambung kabel ditopang sedemikian rupa sehingga tidak menahan beban mekanis dan pada posisii lurus. Pada titik sambungan kabel Twisted TM diberi cadangan sekurang – kurangnya 3 meter sebagai penghantar pada gawang jaringan.

h) Konstruksi Sambungan Antara SUTM dan SKUTM pada Kabel Twisted

Sambungan antara SUTM dan SKUTM kabel Twisted harus memakai kotak ujung / Cable Terminal pada kabel Twisted dan Lightning Arrester 10 KA. Posisi kotak, ujung kabel harus tegak lurus dan tahanan Pembumian Lightning Arrester tidak melebihi 1 ohm.

i) Konstruksi Tiang Pencabangan

Untuk SKUTM yang menggunakan kabel AAAC – S / half in Sulated ketentuan konstruksi sama dengan SUTM yang menggunakan AAAC. Pada SKUTM yang menggunakan kabel Twisted, sadapan pencabangan harus dilengkapi dengan Lightning Arrester 10 KA.

4.5. Ruang Bebas dan Jarak Aman

Ruang Bebas (Right of Way) dan jarak aman (Safety Clearence) pada konstruksi SKUTM, harus tetap memenuhi syarat keamanan lingkungan dan keandalan. SKUTM yang menggunakan kabel Twisted, jarak aman sekurang – kurangnya 60 cm, dan ROW kabel tidak boleh bersentuhan dengan pohon / bangunan.

4.6. Konstruksi Saklar Tiang dan Peralatan Proteksi

Setiap pemakaian saklar tiang harus dilengkapi dengan Lightning Arrester 10 KA pada kedua sisi saklar. Demikian juga pada konstruksi yang memakai peralatan proteksi (pemutus balik / Recloser jarak seksi otomatis / Sectionalized).

Semua bagian konduktif terbuka harus di bumikan dapat menjadi satu dengan Penghantar Pembumian Lightning Arrester.

4.7. Konstruksi Saluran Kabel Tegangan Menengah / SKTM
Kode pengenal Kabel SKTM

Kode pengenal dari masing-masing bahan pada kabeldimulai dari bagian paling dalam (inti) sampai dengan bagian paling luar (Selubung Luar). Inti Tembaga diberi kode pengenal N, Inti Alumunium diberi tanda pengenal NA. Tabel kode tanda pengenal kabel dapat dilihat pada penandaan kode pengenal kabel.

Penandaan Kode Pengenal Kabel

N	Inti Terbuat Dari Bahan Tembaga
NF	Kabel udara dengan initi terbuat dari tembaga
NA	inti terbuat dari bahan alumunium
NFA	Kabel udara dengan inti terbuat dari alumunium
Y	Isolasi Atau Selubung Dari Pvc (Poly Vynil Chloride) Tegangan Kerja Maksi-
2X	Isolasi atau selubung dari xipe (Cross Link Poly Etheline) Tegangan Kerja
S atau SE	Pelindung Elektrik, Terbuat Dari Pita Pelat Tembaga
C atau CE	Pelindung Elektrik Terbuat Dari Penghantar Tembaga yang di- pasang Konsentris
F	Pelindung Mekanik Terbuat Dari Fita Baja Pipih
Gb	Pelindung Mekanik Terbuat Dari Spiral Pelat Baja
B	Pelindung Mekanik Terbuat Dari Lapisan Pelat Baja

4.8. Jenis Kabel SKTM

Spesifikasi konstruksi kabel SKTM harus memenuhi SPLN sebagai berikut

Tabel Jenis-jenis Kabel SKTM

NO	Jenis Kabel SKTM	NO	Jenis Kabel SKTM
1	SPLN 43-5-1:1995 - Kabel Pilin Tanah Berisolasi 1'I,PE dan Ber-selubung PE/ PVC dengan Tegangan Pengenal 12/20 (24) kV	4	SPLN 43-5-4:1995 - Kabel Tanah Inti Tiga Berisolasi XLPE dan Berselubung PE/PVC dengan atau tanpa Perisai Tegangan Pengenal 3;6/6 (7,2) kV s/d
2	SPLN 43-5-2:1995 - Kabel Pilin Udara Berisolasi XLPE dan Ber-selubung PVC Berpenggantung Penghantar Baja den- gan Tegangan Pengenal 12/20 (24) kV	5	SPLN 43-5-5:1995 - Kabel "wah Inti Tunggal Berisolasi XLPE dan Berse- lubung PE/PVC Ber-penghantar Kons- en-is dengar, atau tanpa Perisai Tegan- gan Pengenal 3,6/6 (7,2) kV s/d 12/20 (2d) kV
3	SPLN 43-5-3:1995 - Kabel Tanah Inti Tunggal Berisolasi XLPE dan Berse- lubung PE/PVC dengan atau tanpa Peri- sai Tegangan Pengenal 3,6/6 (7,2) kV s/d 12/20 (24) kV	6	SPLN 43-5-6:1995 - Kabel Tanah Inti Tiga Berisolasi XLPE dan Berselubung PE/PVC Ber-penghantar Konsentris dengan atau tanpa Perisai Tegangan Pengenal 3,6/6 (7,2) kV s/d 12/20 (24) kV

Pemilihan jenis kabel Tegangan Menengah disesuaikan dengan kebutuhan lapangan. Contoh untuk kabel dengan konstruksi dalam terowongan (ducting) beton, tidak menggunakan jenis kabel dengan perisai baja, tetapi untuk yang ditanam langsung di tanah wajib menggunakan kabel jenis berperisai baja.

4.9.Kontruksi Saluran Kabel Tegangan Menengah

Karena menyangkut fasilitas umum seperti jalan raya, trotoar atau instalasi pengguna lainnya (telekom/PAM), dikawasan perkotaan pekerjaan konstruksi SKTM untuk system distribusi harus dilaksanakan dengan ketentuan/seijin pihak yang ber-wenang .Sebagaimanaditetapkan dalam SNI 04-0225-2000 tentang Peraturan Umum Instalasi Listrik, Jarak aman antara instalasi bawah tanah lain ditetapkan sebagai berikut :

Jarak Aman SKTM

No	Kondisi	Jarak aman instalasi/perlakuan
1	Persilangan antar SKTM 20 kV	Harus berjarak 30 cm dan diberi penyekat lempen- gan plat beton 6 cm.

2	Persilangan/sejajar dengan kabel tanahtelekomunikasi	Kabel Kabel listrik harus di bawah kabel telekomu-nikasi dan dilindungi pipa bet-on belah, atau lempengan minimum tebal 6 cm dan >30 Cm dilebihkan 0,5 meterpada sisi kiri kanan persilangan.
3	Persilangan dengan Pipa air PAM/Gas	>30 Cm Kabel Kabel listrik harus di bawah saluran pipa PAM/Gas dan dilindungi pi-pa beton belah, atau lempengan minimum tebal 6 cm dan dilebihkan 0,5 meter
4	Persilangan/Sejajar dengan rel kereta api.	Kabel harus berjarak minimal 2 meter dari rel kere- ta api. Jika persilangan, kabel harus dimasuk-kan dalam pipa baja diameter > minimal
5	Persilangan dengan jalan raya atau jalan lingkungan.	Kedalaman minimal kabel adalah 0,80 m, Kabel harus di masukkan kedalam Pipa baja atau PVC 4 inchi yang dilebihkan minimal 0,5 meter sisi kiri kanan bahu jalan.
6	Persilangan dengan salu-ran/bangunan air irigasi	Persilangan dibawah; Kabel harus ditanam dengan Jarak minimal kabel tanah dari bangunan air ada- lah 0,3 meter dan harus dimasukkan kedalam pipa bet-on/logam dengan diameter > 4" dan dilebihkan
7	Persilangan/Sejajar dengan SKTR.	Persilangan/Sejajar dengan SKTR.

Bila saat instalasi kondisi lapangan tidak memungkinkan untuk pemenuhan jarak aman tersebut diatas, pelaksanaan akhir harus ditambahkan penguatan struktur pelindung.

Jenis Konstruksi SKTM bawah tanah pada garis besarnya dibedakan atas sistem tanam langsung (direct buried cable) menggunakan pipa saluran/ducting atau terowongan (tunneling cable). Dasar pemilihan jenis konstruksi ini secara ringkas dapat dilihat sebagai berikut.

Pemilihan Jenis Konstruksi SKTM

NO	Subjek	Tanam Lang-	Saluran Pipa	Terowongan
1	Waktu pengerjaan	Singkat	lama	Lebih lama
2	Biaya	Murah	mahal	Mahal sekali
3	Kemudahan konstruksi	Mudah	sulit	Lebih sulit
4	Penggantian kabel	sulit	Mudah	Sangat mudah
5	Resiko kerusakan	Ting-	rendah	Sangat kecil
6	Kemampuan penyaluran daya	Kurang	baik	Paling baik
7	Instalasi penyambungan	Agak mudah	sulit	mudah

Pemilihan jenis konstruksi ini harus sesuai dengan kemampuan financial perusahaan dan kebutuhan.Untuk perolehan biaya pengusahaan lebih murah, penerapan terowongan dapat saja bersama utilitas prasarana lain dibawah koordinasi dengan pihak lain yang berwenang.

4.10. Konstruksi SKTM Tanam Langsung

Konstruksi Tanam Langsung di halaman rumput/taman/tanah biasa. Konstruksi lubang galian untuk perletakan kabel harus cukup, sekurang-kurangnya 0,40 meter, yang harus disesuaikan dengan banyak kabel yang akan diletakkan didalam galian tersebut seperti dinyatakan dalam tabel berikut ini.

Perletakan kabel pada satu lubang galian ditetapkan maksimum 7 kabel. Lebih dari itu, direkomendasikan menggunakan jalur galian yang berbeda atau membangun terowongan kabel.

Tabel Konstruksi galian Tanam Langsung SKTM pada taman/tanah biasa

Jumlah kabel	Lebar [cm]	Kedalaman *)
1	40	80
2	50	80
3	60	80
4	80	80
5	60	90
6	60	90
7	80	100

Sebelum kabel diletakan pada galian, untuk mengantisipasi dissipasi panas dan kelenturan, galian harus di lapisi pasir setebal 10 cm terlebih dulu; demikian juga setelah diletakan untuk kemudian ditutup dengan batu pengaman dengan tebal 6 cm. Batu pengaman yang berwujud lempengan beton harus diberi tanda PLN 20 kV. Untuk peletakan lebih dari 1 kabel, diantara kabel juga harus disekat dengan batu pengaman setebal 6 cm. Saat konstruksi harus diperhatikan struktur tanah setempat, bilamana diperlukan dindingnya perlu ditopang, agar tepinya terhindar dari longsor.

4.11. Konstruksi SKTM Tanam Langsung di bawah Trotoar atau Jalan Lingkungan

Konstruksi SKTM dibawah trotoar berbeda dengan dibawah tanah biasa atau taman. Sebelum SKTM digelar, harus memperhitungkan konstruksi trotoar, sehingga kedalaman galian disesuaikan menurut tabel dibawah ini.

Tabel Konstruksi Galian Tanam Langsung SKTM pada trotoar/jalan lingkungan

Jumlah kabel	Lebar galian	Kedalaman
1	40	150
2	50	150
3	60	150
4	80	150
5	60	170
6	60	170
7	80	170
8	80	170
9	100	170
10	100	170

Pada konstruksi jalan lingkungan dengan kedalaman galian yang sama, sebagai antisipasi akibat beban untuk mencegah terjadinya deformasi kabel TM yang berpengaruh dan beresiko terhadap kerusakan kabel, maka seluruh galian diisi dengan pasir urug. Struktur jalan lingkungan harus dikembalikan sesuai kondisi semula.

4.12. Konstruksi SKTM Persilangan (Crossing) Jalan

Kabel persilangan harus diletakkan dalam pipa beton atau pipa PVC dengan diameter lebih besar dari 4 inchi. Dalam hal jumlah kabel yang menyeberang jalan lebih dari satu, maka antara pipa kabel TM harus di beri sekat plat beton setebal 6 cm. Pengembalian konstruksi jalan setelah instalasi Pipa dan kabel TM harus dilakukan pemadatan jalan dengan stamper agar dikemudian hari tidak terjadi penurunan permukaan jalan akibat crossing SKTM tersebut. Minimal 1 bulan setelah pemulihan konstruksi jalan bekas persilangan jalan SKTM harus diperiksa ulang untuk mengetahui kondisi aspal jalan tersebut.

4.13. Konstruksi SKTM Persilangan Sungai

Untuk bentangan sungai lebih dari 50 m, crossing sungai lebih effektif dengan menggunakan penggelaran SUTM diatas sungai. Periksa konstruksi tiang ujung SKTM transisi dengan SUTM Crossing. Konstruksi tiang beton SUTM Crossing harus dipastikanberada sekurang-kurangnya 2 m dari sisi kering sungai (perhatikan kemungkinan siklus banjir 10 tahunan) dan kekuatan minimal 500 daN. Ketinggian tiang beton yang diperlukan, disesuaikan dengan jarak aman SUTM terhadap muka sungai

BAB V
Langkah Langkah Pemasangan SUTM / SUTR dan Gardu Distribusi

5.1. Langkah Pemasangan SUTM /SUTR

a) Re – Cheking / re – Survey

- ❑ Pengecekan/survey ulang route SUTM/SUTR.
- ❑ Identifikasi dan inventarisasi sepanjang jalur ROW.
- ❑ Identifikasi dan inventarisasi pohon yang akan ditebang, bangunan yang akan dibongkar, dan lain-lain.
- ❑ Pengurusan ijin.

b) Preparation

- ❑ Pembayaran ganti rugi tanaman, bangunan, dan lain-lain.
- ❑ Menyiapkan crew tenaga kerja.
- ❑ Menyiapkan asbuilt drawing.
- ❑ Menyiapkan format-format, buku-buku terkait pelaksanaan pekerjaan.
- ❑ Mobilisasi material dan peralatan kerja.
- ❑ Koordinasi dengan pihak-pihak terkait.

c) Stacking

- ❑ Menentukan tata letak tiang.
- ❑ Penandaan / pematokan letak . tiang.

d) Pole Erection

- ❑ Menyiapkan tiang di dekat pemasangan titik tiang.
- ❑ Menggali tanah untuk lubang/tempat tiang.
- ❑ Mendirikan tiang, kedalaman 1/6 kali panjang tiang.
- ❑ Pembuatan pondasi tiang (pada posisi yang dianggap perlu).

e) Pemasangan Pole Top Assemble /Pole Arrangement

- ❑ Pemasangan Cros Arm dan kelengkapannya.
- ❑ Memasang Arm Tie dan kelengkapannya.
- ❑ Memasang Isolator/(Suspension Insulator, Pin Post Insulator, Pin Insulator, Jumper Support Insulator) dan kelengkapannya.
- ❑ Memasang peralatan proteksi (LA, LBS, CB, DS) dan kelengkapannya.

Catatan : perhatikan Jenis dan jumlah komponen yang akandipasang pada masing-masing tiang, tergantung dari jenis konstruksi tiangnya/ posisi tiangnya.

f) Pemasangan Pole Support

- ❑ Galian tanah untuk Anchor Block.
- ❑ Merangkai GSW (Ground Steel Wire) dengan Turn Buckle/Span Scroef, Guy Insulator, Pipa Pelindung, Anchor Block, dan kelengkapannya, sesuai ukuran.
- ❑ Pemasangan Tiang untuk Penyangga Tiang (Sudut, Percabangan), tergantung posisi tiang.
- ❑ Penggunaan dari masing-masing jenis Pole Supporter tersebut, tergantung / mempertimbangkan kondisi setempat / letak tiang.sangan Cros Arm dan kelengkapannya.

g) Stringing / Penarikan konduktor/penghantar/kabel.

- ❑ Pengaturan andongan (sagging).
- ❑ Clamping/pengikatan konduktor pada Tension Clamp (Insulator String) atau Pin Insulator (untuk TM) dan Tension Clamp atau Suspension Clamp (untuk SUTR).
- ❑ Pemasangan Jumper Conductor (untuk SUTM), pada posisi tiang tertentu.

h) Pekerjaan Pemasangan pembumian dan proteksi dan Lain lain

- ❑ Pemasangan instalasi grounding.
- ❑ Pemasangan peralatan proteksi (LA, LBS, Reclosser / Sectionalizer, CB, DS) dan kelengkapannya, sesuai kebutuhan.

i) Checking dan Finishing

- ❑ Pengecekan kondisi tiang.
- ❑ Pengecekan kondisi Pole Supporter.
- ❑ Pengecekan kondisi Pole Top Assembly/Pole Top Arrangement.
- ❑ Pengecekan kondisi Pole Accesories.
- ❑ Pengecekan kondisi konduktor dan kelengkapannya.
- ❑ Pengecekan kondisi ROW.
- ❑ Perbaikan terhadap pekerjaan yang kurang/ tidak sesuai standar.
- ❑ Pemeriksaan dan Pengujian secara internal.

j) Pole dan Assesories

- ❑ Pemasangan Danger Plate.
- ❑ Pemasangan Step Bolt.
- ❑ Pemasangan Kawat Penghalang Panjat.

k) Commisioning dan Energizing

- ❑ Pemeriksaan dan pengujian oleh LIT yang berwenang.
- ❑ Penerbitan SLO.
- ❑ Pengoperasian / pengisian tegangan (Energizing).

l) Serah terima pekerjaan dan masa pemeliharaan

- ❑ Serah terima I. Masa pemeliharaan (jangka waktu sesuai yang tercantum dalam kontrak).
- ❑ Serah terima II (dilakukan setelah masa pemeliharaan berakhir dan pekerjaan setelah selesai sesuai kontrak.

m) Standar konstruksi SUTM dan SUTR di Indonesia terdiri dari :

- ❑ Standar Jepang (NEW JEC) pertama kali diterapkan di Jawa Timur.
- ❑ Standar Amerika (CHASS T MAIN) pertama kali diterapkan di Jawa Tengah.
- ❑ Standar Perancis (SOFRELEC) pertama kali diterapkan di DKI Jakarta/Jawa Barat.

5.2. Pemasangan Gardu Distribusi (type gardu trafo tiang)

a) Re Cheking / Re Survey

- ❑ Pengecekan / survey ulang posisi / letak Gardu Distribusi.
- ❑ Pembersihan lokasi gardu distribusi.
- ❑ Pengurusan ijin-ijin.

b) Preparation.

- ❑ Penyelesaian ganti rugi tanaman, bangunan, dan lain-lain.
- ❑ Menyiapkan crew tenaga kerja.
- ❑ Menyiapkan format-format laporan harian, progres phisik, dan lain-lain.
- ❑ Menyiapkan asbuilt drawing.
- ❑ Mobilisasi material, peralatan dan perkakas kerja.
- ❑ Menentukan letak tiang untuk gardu distribusi.
- ❑ Koordinasi dengan pihak-pihak terkait

c) Pole Erection

- ❑ Menyiapkan tiang di dekat lokasi gardu distribusi.
- ❑ Menggali tanah untuk lobang / tempat tiang.
- ❑ Mendirikan tiang, kedalaman 1/6 kali panjang tiang
- ❑ Pembuatan pondasi tiang (pada posisi yang dianggap perlu).

d) Pemasangan Cross Arm.

- ❑ Cross Arm untuk Pole Top Assembly / Pole Top Arrangement.
- ❑ Cross Arm untuk LA dan FCO.
- ❑ Cross Arm untuk dudukan Trafo.
- ❑ Cross Arm untuk LV Panel/PHB TR/Cubicle.

e) Pole Top Assembly/Pole Top Arrangement.LA, FCO

- ❑ Pemasangan Pin Insulator dan kelengkapannya.
- ❑ Pemasangan Fuse Cut Out.
- ❑ Pemasangan Lighting Arrester.

f) Pemasangan Trafo dan kelengkapannya

- ❑ Pemasangan Trafo.
- ❑ Pemasangan bushing dan kelengkapannya.

g) Pemasangan PHB TR / Kubikel.

- ❑ Pemasangan body panel.
- ❑ Pemasangan isi/kelengkapan Kubikel.

h) Wiring Instalasi listrik dan pekerjaan mekanis

- ❑ Pemasangan pipa-pipa galvanis pelindung kabel yang menghubungkan antara Trafo ke Kubikel, antara Kubikel ke SUTR, dan lain-lain.
- ❑ Pengawatan antar peralatan (Kubikel, Trafo, FCU, LA, SUTM, SUTR, Instalasi Pembumian, dan lain-lain.
- ❑ Pemasangan klem-klem/konektor pada terminal peralatan.
- ❑ Pemasangan/pengerasan bolt & nut pada terminal peralatan.

i) Pekerjaan Lainnya.

- ❑ Pemasangan instalasi grounding.
- ❑ Pemasangan Danger Plate.

j) Checking dan Finishing.

- ❑ Pengecekan kondisi Tiang.
- ❑ Pengecekan kondisi Cross Arm tempat peralatan.
- ❑ Pengecekan kondisi peralatan (Trafo, Kubikel, LA, FCO, Isolator, dan lain-lain) beserta kelengkapannya.
- ❑ Pengecekan kondisi konduktor dan pengawatan.
- ❑ Pengecekan kondisi di sekitar Gardu Distribusi.
- ❑ Perbaikan terhadap pekerjaan yang kurang/ tidak memenuhi standar.
- ❑ Pemeriksaan dan pengujian secara internal.

k) Commisioning dan Energizing

- ❑ Pemeriksaan dan pengujian oleh LIT yang berwenang
- ❑ Penerbitan SLO.
- ❑ Pengoperasian / pengisian tegangan (Energizing).

l) Serah terima pekerjaan dan masa pemeliharaan

- ❑ Serah terima I. Masa pemeliharaan (jangka waktu sesuai yang tercantum dalam kontrak).
- ❑ Serah terima II (dilakukan setelah masa pemeliharaan berakhir dan pekerjaan setelah selesai sesuai kontrak.

Daftar Pustaka

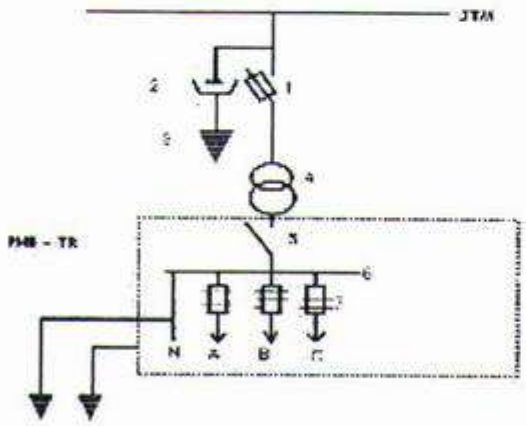
1.Buku 5 : Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik

2.PUIL 2011 (SNI 0225:2011)

3.PUIL 2000 (SNI 04- 0225:2000)

Latihan Soal :

Persyaratan K3 Pemasangan Instalasi listrik, Peralatan dan Perlengkapan Listrik di Distribusi



Dari gambar Single Line Diagram (SLD) diatas ,sebutkan Peralatan listrik dan perlengkapan listrik yang saudara ketahui :

1. Gambar SLD tersebut menunjukan bahwa gardu itu adalah :
   a. Gardu Indoor
   b. Gardu Outdoor
   c. Gardu Mobile
   d. Gardu Sisipan

   Jawaban : b
2. Simbol gambar nomor 1 (satu) adalah :
   a. Fuse Cut Off (FCO)
   b. ACB
   c. Arrester
   d. LBS

   Jawaban : a
3. Fungsi perlengkapan gambar No 1 adalah :
   a. Pengaman Jaringan JTM
   b. Pengaman Arus Lebur
   c. Pengaman Surja Hubung Petir
   d. Pengaman Trafo dari arus beban lebih dan hubung singkat.

   Jawaban : d

4. Perlengkapan Arrester Untuk pengaman Surja Petir di tunjukan pada symbol gambar No :

   a. 1 c.3

   b. 2 d.5

   Jawaban : b

5. Simbol Gambar no 3 adalah Grounding, berapa besarnya tahanan grounding sesuai standard :

   a. Maksimum 5 Ohm

   b. Minimal 15 ohm

   c. Lebih besar dari 5 Ohm

   d. 10 Ohm

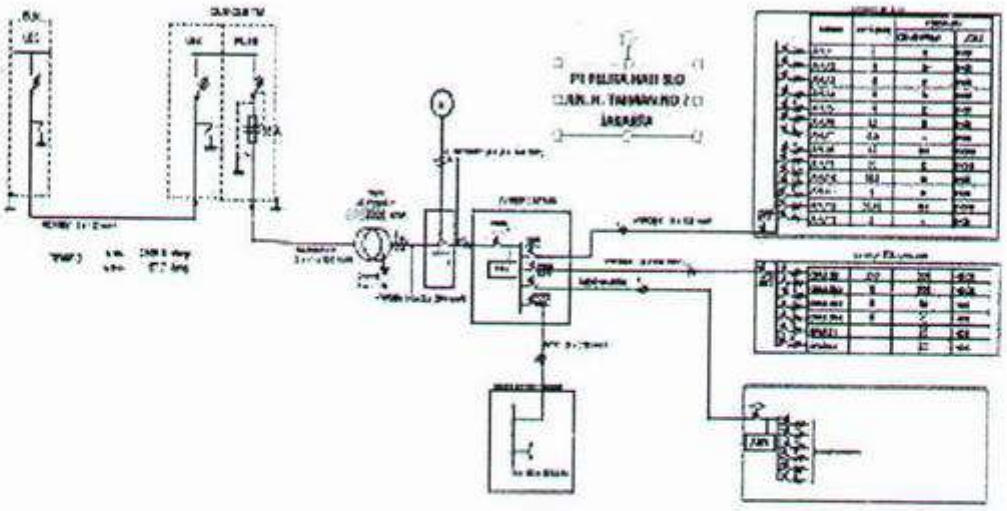
   Jawaban : a

6. Transformator symbol gambar no 4. dengan kapasitas daya 250 kVa, berapa amper rating pengaman no 1 dipasang:

   a. 5,77 A C. 1100 A

   b. 300,4 A d. 657 A

   Jawaban : a



Dari gambar Single Line Diagram (SLD) diatas :

7. Gambar SLD tersebut menunjukan bahwa gardu itu adalah :

a. Gardu Indoor
b. Gardu Outdoor
c. Gardu Mobile
d. Gardu Sisipan

Jawaban : a

8.Pada Kotak PLN dan Kubikel ada tulisan LBS(Load Break Swicth), jelaskan operasinya :

a. Dapat dioperasikan dalam Kondisi Berbeban

b. Tidak dapat dioperasikan dalam Kondisi Berbeban

c. Dapat dioperasikan dalam Kondisi Berbeban atau tidak berbeban

d. Dioperasikan dalam Kondisi gangguan .

Jawaban : c

9. Tertulis N2xbey 3 X 120 mm2 ,apa maksud tulisan tersebut :
   a. Pengaman Jaringan JTM
   b. Proteksi jaringan Distribusi
   c. SUTM
   d. SKTM

   Jawaban : d

10. Tertulis N2xbey 3 X 120 mm2 ,adalah :

a.Kabel dengan inti Tembaga

b.Kabel dengan inti Alumunium

c. Kabel inti Serabut

d. Kabel inti Tunggal.

Jawab : a

11. Salah satu langkah langkah pemasangan SUTM / SUTR dan Gardu Distribusi adalah Re – Cheking / re – Survey .Sebutkan pekerjaan apa saja pada langkah tersebut.

a.Pengecekan/survey ulang route SUTM/SUTR.

b.Identifikasi dan inventarisasi sepanjang jalur ROW.

c.Identifikasi dan inventarisasi pohon yang akan ditebang, bangunan yang akan dibongkar, dan .Pengurusan ijin.

d. Pernyataan a,b,c, Betul semua

Jawaban : d

12.Beberapa kegiatan seperti : Pembayaran ganti rugi tanaman, bangunan, menyiapkan crew tenaga kerja.menyiapkan asbuilt drawing.menyiapkan format-format, buku-buku terkait pelaksanaan pekerjaan.dan mobilisasi material dan peralatan kerja..Termasuk kegiatan :

a.Preparation

b. Re Cheking

c. Stocking

d.Pernyataan Diatas salah semua

Jawaban : a

13. Pekerjaan menentukan tata letak tiang,penandaan / pematokan letak tiang termasuk pekerjaan :

a.Stacking

b.Preparation

c. Re Cheking

d. Stocking

Jawaban : b

14. Pemasangan perlengkapan Pole Top Assembly /Pole Top Arrangement.Kecuali

a.Pemasangan Pin Insulator dan kelengkapannya.

b.Pemasangan Fuse Cut Out.

c.Pemasangan Circuit Breaker

d.Pemasangan Lighting Arrester.

Jawaban : c

15. Jenis Kabel yang digunakan pada Instalasi Jaringan SKUTM adalah :

a.Kabel Twisted dan AAAC- S

b. NYFGBY

c. NYY

d. ACSR dan AAC

Jawaban : a

16. N2XSYBY 1 x 150 cm/25 6/10 (12) kV,menyatakan :

a. Suatu kabel tanah inti tunggal berisolasi XLPE, berselubung dalam PVC, berperisai pita aluminium dan berselubung luar PVC.

b. Bertegangan pengenal 6/10 (17,5) kV, berpenghantar tembaga dipilin bulat dipadatkan

c. Luas penampang 150 mm2, berlapiskan pelindung kawat tembaga dengan luas penampang nominal geometris 25 mm2.

d. Pernyataan a,b,c, benar semua

Jawaban : d

17. Secara umum bahan isolasi kabel harus mempunyai sifat sebagai berikut, kecuali :

a. Ketahanan dielektrik (dielectric strength).

b. Tahanan jenis (resistivity) rendah.

c. Dapat bekerja dalam temperatur rendah atau tinggi.

d.Sanggup menahan tegangan impuls listrik yang tinggi.

Jawaban : b

18. Perlengkapan pada Gardu Cantol / Gardu Portal, Kecuali :

a. Kubikel

b. Fuse Cut Out

c. PHBTR

d. Arrester

Jawaban : a

19. Pada Name Plate, umumnya menampilkan ,kecuali :

a.Daya (MVA)

b.Level Tegangan (HV/LV)

c.Frequensi dan Impedansi (%)

d.KHA

Jawaban : d

20. pada name plate Transformator : 630 kVa, 4%, 20kV/380 V,berapa arus nominalnya

a. 957 Amper

b. 1657 Amper

c. 31,5 Amper

d. 315 Amper

Jawaban : a

PT. Mandiri Maha Daya
Health & Safety Environment
Training Provider

MODUL
PELATIHAN K3 LISTRIK
PERSYARATAN K3 PEMELIHARAAN INSTALASI, PERLENGKAPAN, DAN PERALATAN LISTRIK DI DISTRIBUSI

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI i
BAB I 1
TEORI TENTANG PEMELIHARAAN 1
1.1.Tujuan 1
1.1.1.Tujuan khusus 1
1.1.2.Pengertian dari Pemeliharaan Jaringan Distribusi 1
1.1.3.Tujuan Pemeliharaan jaringan Distribusi Listrik 1
1.2.Jenis Jenis Pemeliharaan 2
1.2.1.Pemeliharaan Rutin 3
1.2.2.Pemeliharaan Korektif 3
1.2.3.Pemeliharaan Darurat 4
1.3.Jadwal Pemeliharaan 4
1.4.Pemeliharaan Jaringan dalam Keadaan Bebas Tegangan 8
1.5.Pemeliharaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) 9
1.6.Ketentuan Bekerja pada Instalasi yang Bertegangan 10
1.7.Peralatan Uji dan Alat Pelindung Diri (APD) 10
1.7.1.Peralatan Uji 10
1.7.2.Alat Pelindung Diri (APD) dan Peralatan K3 11
1.8.Pelaporan pada Pekerjaan Pemeliharaan 11
1.9.Pemeliharaan Perlengkapan dan Peralatan Listrik pada Gardu Pasangan Beton 11
1.10.Pemeliharaan Gardu Distribusi Pasangan Luar 12
1.10.1.Pemeliharaan Konstruksi Gardu Portal / Cantol 12
1.10.2.Pemeliharaan peralatan listrik pada gardu Portal / Cantol 12
1.11.Pemeliharaan Trafo Distribusi 13
1.12.Pemeliharaan PMT, LBS, PMS. 13
BAB II 14
PEMERIKSAAN DAN PEMELIHARAAN 14
2.1.Pengujian/pengukuran tahanan isolasi PMT, LBS dan PMS 14
2.2.Pengukuran Tahanan Isolasi CT 15
2.3.Pengukuran Tahanan Isolasi PT 15
2.4.Pemeliharaan Lightning Arrester 16
2.5.Pengujian tahanan kontak 17
2.6.Pengujian Keserempakan Kontak 18

2.7.Pemeliharaan Pentanahan pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik 19
2.8.Jenis-Jenis Elektroda Pentanahan 20
2.9.Pengukuran Tahanan Pentanahan 21
BAB III 22
LAPORAN 22
3.1.Standar Evaluasi Hasil Pemeliharaan 22
3.2.Pengukuran/pengujian Tahanan Isolasi 22
3.3.Pengukuran/pengujian Tahanan Kontak 22
3.4.Pengukuran / Pengujian Kecepatan Keserampakan Kontak PMT 22
3.5.Pengukuran Trafo Tenaga dengan Kamera Thermovisi 23
3.6.Rekomendasi Hasil Pemeliharaan 26
3.7.Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan Menengah / SUTM 26
3.8.Pemeliharaan Tiang 27
3.9.Pemeliharaan Isolator (Pin Maupun Strain / Suspension) 27
3.10.Pemeliharaan Kawat Pengikat Pada Isolator Tumpu 27
3.11.Pemeliharaan / Penggantian Kawat Penghantar 28
3.12.Ruang Bebas (Right Of Way) dan Jarak Aman (Safety Distance) 29
3.13.Perbaikan pada Travers yang miring 32
DAFTAR PUSTAKA 33
SOAL 34

BAB I

TEORI TENTANG PEMELIHARAAN

1.1. Tujuan

Diharapkan calon teknisi listrik memahami pengertian dan prosedur pemeliharaan peralatan jaringan distribusi sesuai dengan standar yang berlaku dan menjalankan SOP dengan benar.

1.1.1. Tujuan khusus

Diharapkan calon Teknisi Listrik mampu :

1. Memahami pengertian dan tujuan pemeliharaan
2. Memahami macam-macam pemeliharaan berdasarkan waktu dan metoda
3. Memahami fungsi pelaporan pada pemeliharaan Distribusi
4. Memelihara peralatan listrik pada jaringan distribusi
5. Memelihara Saluran Udara
6. Memelihara Saluran Kabel Tanah

1.1.2. Pengertian dari Pemeliharaan Jaringan Distribusi

Adalah kegiatan yang meliputi rangkaian tahapan kerja mulai dari perencanaan, pelaksanaan hingga pengendalian dan evaluasi pekerjaan pemeliharaan instalasi dan sistem distribusi yang dilakukan secara terjadwal ataupun tanpa jadual.

1.1.3. Tujuan Pemeliharaan jaringan Distribusi Listrik

Agar instalasi jaringan distribusi beroperasi dengan :

- ✓ Aman bagi manusia dan lingkungannya.
- ✓ Andal.
- ✓ Kesiapan tinggi.
- ✓ Unjuk kerja baik.
- ✓ Umur sesuai desain.
- ✓ Waktu pemeliharaan Efektif.
- ✓ Biaya pemeliharaan Efisien / Ekonomis.

Untuk melaksanakan pemeliharaan yang baik perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- ✓ Sistem harus direncanakan dengan baik dan benar memakai bahan / peralatan yang berkualitas baik sesuai standar yang berlaku

- ✓ Sistem distribusi yang baru di bangun harus diperiksa secara teliti, apabila terdapat kerusakan kecil segera diperbaiki pada saat itu juga
- ✓ Staf / petugas pemeliharaan harus terlatih dengan baik dan dengan jumlah petugas cukup memadai
- ✓ Mempunyai peralatan kerja yang cukup memadai untuk melaksanakan pemeliharaan dalam keadaan tidak bertegangan maupun pemeliharaan dalam bertegangan.
- ✓ Mempunyai buku / brosur peralatan pabrik pembuat peralatan tersebut dan harus diberikan kepada petugas terutama pada saat pelaksanaan pemeliharaan
- ✓ Gambar (peta) dan catatan pelaksanaan pemeliharaan dibuat dan di pelihara untuk bahan pada pekerjaan pemeliharaan berikutnya
- ✓ Jadwal yang telah dibuat sebaiknya dibahas ulang untuk melihat kemungkinan penyempurnaan dalam pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan
- ✓ Harus diamati tindakan pengamanan dalam pelaksanaan pemeliharaan, gunakan peralatan keselamatan kerja yang baik dan benar

1.2. Jenis Jenis Pemeliharaan

a. Berdasarkan waktu pelaksanaannya :

- Pemeliharaan terencana (Planed maintenance) : preventif dan korektif.
- Pemeliharaan tidak direncanakan (Unplaned Maintenance).

b. Berdasarkan metodanya

- Pemeliharaan berdasarkan waktu (Time Base Maintenance)
- Pemeliharaan berdasarkan kondisi (On Condition base Maintenance)
- Pemeliharaan darurat / Khusus (Break Down Maintenace).

Dari Jenis pemeliharaan tersebut digabungkan, maka pemeliharaan dibedakan menjadi

- **Pemeliharaan Rutin** : merupakan pemeliharaan yang terencana berdasarkam waktu yang terjadwal
- **Pemeliharaan Korektif** : merupakan pemeliharaan yang terencana dikarenakan faktor waktu dimana peralatan memerlukan perbaikan atau pemeliharaan yang tidak terencana tetapi berdasarkan kondisi peralatan yang menunjukkan gejala kerusakan ataupun sudah terjadi kerusakan
- **Pemeliharaan Darurat** : merupakan pemeliharaan karena keadaan yang darurat tanpa diketahui gejala kerusakan sebelumnya

1.2.1. Pemeliharaan Rutin

Disebut juga dengan pemeliharaan preventip, yaitu pemeliharaan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan yang lebih parah dan untuk mempertahankan unjuk kerja jaringan agar tetap beroperasi dengan keandalan dan efisiensi yang tinggi. Kegiatan pemeliharaan rutin meliputi kegiatan :

- ☐ Pemeriksaan / inspeksi rutin
- ☐ Pemeliharaan rutin
- ☐ Pemeriksaan prediktif
- ☐ Perbaikan / penggantian peralatan
- ☐ Perubahan / penyempurnaan jaringan.

Contoh pemeriksaan rutin pada jaringan distribusi antara lain :

- ✓ Inspeksi jaringan SUTM : Memeriksa dan melaporkan keadaan tiang, Bracket, Cross Arm, Pentanahan, Penghantar ,Isolator, Cut Out, Arrester, PT-LBS / PTS.
- ✓ Inspeksi gardu Distribusi : Memeriksa dan melaporkan keadaan inspeksi gardu distribusi ; Sipil, Ruang gardu, kubikel, Trfao, Panel TR, Terminal, Sepatu Kabel dll.
- ✓ Inspeksi jaringan SUTR : Memeriksa dan melaporkan keadaan tiang, Hantaran, Terminal Out Door, Konektor hantaran dll
- ✓ Pemeriksaan instalasi dengan Infrared / Thermo Vision.
- ✓ Pemeriksaan Partial Discharge pada terminal indoor penyulang 20 KV di gadu induk / gardu hubung.
- ✓ Pengukuran beban pada trafo Distribusi Pengukuran beban jurusan pada PHB TR gardu Distribusi.
- ✓ Pengukuran Tegangan ujung pada JTR.
- ✓ Pengetesan sistim proteksi /Trip pada PMT Penyulang 20 KV di gardu induk.
- ✓ Pengecatan tiang padaSUTM dan SUTR.
- ✓ Pemotongan ranting / dahan pada pohon yang dapat mengganngu SUTM.
- ✓ Pengecatan gardu sipil.
- ✓ Revisi instalasi gardu distribusi dan gardu hubung.
- ✓ Revisi Instalasi gardu induk disisi 20 KV.

1.2.2. Pemeliharaan Korektif

Pemeliharaan korektif adalah pekerjaan pemeliharaan dengan maksud untuk memperbaiki kerusakan yaitu suatu usaha untuk memperbaiki

kerusakan hingga kembali kepada kondisi / kapasitas semula dan perbaikan untuk penyempurnaan yaitu, suatu usaha untuk meningkatkan / penyempurnaan jaringan dengan cara mengganti / mengubah jaringan agar dicapai daya guna atau keandalan yang lebih baik dengan tidak mengubah kapasitas semula.

Contoh perbaikan kerusakan :

- ✓ Penggantian jointing yang meledak
- ✓ Perbaikan JTM andongannya rendah
- ✓ Penggantian bushing Trafo Distribusi yang pecah
- ✓ Penggantian Tiang yang bengkok tertabrak mobil

Contoh perbaikan untuk penyempurnaan :

- ✓ Rehabilitasi gardu distribusi
- ✓ Rehabilitasi JTM
- ✓ Rehabilitasi JTR

1.2.3. Pemeliharaan Darurat

Pemeliharaan ini sifatnya mendadak, tidak terencana ini akibat gangguan atau kerusakan atau hal-hal lain di luar kemampuan kita sehingga perlu dilakukan pemeriksaan / pengecekan perbaikan maupun penggantian peralatan, tetapi masih dalam kurun waktu pemeliharaan

Contoh pemeliharaan darurat :

- ✓ Perbaikan / penggantian JTR yg ruisak akibat kebakaran.
- ✓ Perbaikan / penggantian instalasi gardu yang rusak akibat banjir.
- ✓ Perbaikan / penggantian gardu dan jaringan yang rusak akibat huru-hara.

1.3. Jadwal Pemeliharaan

Pemeliharaan rutin / terencana adalah cara yang baik utnuk mencapai suatu tujuan pemel;iharaan karena mencegah dan menghindari kerusakan peralatan . Dalam pelaksanaan pemeliharaan rutin perlu direncanakan dengan baik berdasarkan hasil pengamatan dan catatan serta pengalaman pemeliharaan terdahulu sehingga akan mendapatkan hasil yang lebih baik untuk itu perlu dibuat jadwal pemeliharaan

Jadwal pemeliharaan dibuat dalam kurun waktu yang berbeda sesuai dengan kebutuhan dan umur dari peralatan yang di pelihara, waktu tersebut adalah sebagai berikut :

- ✓ Pemeliharaan Mingguan
- ✓ Pemeliharaan Bulanan

- ✓ Pemeliharaan 3 bulanan
- ✓ Pemeliharaan 6 bulanan
- ✓ Pemeliharaan Tahunan

Jadwal pemeliharaan bulanan dilaksanakan dalam keadaan beroperasi.sesuai dengan PUIL 2011 bab IX.

Contoh Jadwal Pemeliharaan 3 bulanan pada gardu distribusi

Periode / Gardu	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV	Total 1 tahun Anggaran (bh)
A1	0				1
A2		0			1
B1			0		1
B2				0	1
B3	X				1
C1		X			1
C2			X		1
D1				X	1
Jumlah Vol fisik (bh)	2	2	2	2	8
Jumlah biaya (material & Jasa) (Rp)	A1+B3=R	A2+C1=S	B1+C2=T	B2+D1=U	R+S+T+U

O = Dilakukan Pemeriksaan Rutin

X = Dilakukan sistematis

Contoh Jadwal Pemeliharaan Bulanan pada Trafo Distribusi.

Dilaksanakan dalam keadaan beroperasi

No	KOMPONEN / PERAWATAN	CARA PELAKSANAAN
1	Tinggi pemukaan minyak	Periksa tinggi permukaan minyak
2	Bushing	Periksaadanya yang keretakan / pecah
3	Tangki radiator	Periksa adanya suara-suara tidak normal, karena kebocoran minyak
4	Pemadam kebakaran	Periksa alat pemadam kebakaran seperti aapakah masih berfungsi baik / atau tidak

5	Pengukuran beban	Ukuran arus dan tegangan sekunder, ukur arus primer dengan tang amper meter

Contoh Jadwal Pemeliharaan Tahunan pada Trafo Distribusi

Dilaksanakan Dalam Keadaan Tidak Bertegangan

No	KOMPONEN / PERAWATAN	CARA PELAKSANAAN
1	Tinggi permukaan minyak	o Periksa tinggi permukaan minyak pada indikator tangki
2	Bushing	o Periksa apakah ada yang retak pecah, kotor dan kebocoran minyak
3	Tangki Radiator	o Periksa apakah ada suara-suara tidak normal, kebocoran minyak
4	Pemadam Kebakaran	o Periksa alat pemadam kebakaran seperti botol-botol BCF, CO2 dan lain lain masih baik / berfungsi atau tidak
5	Arrester	o Periksa dan bersihkan apakah kondisinya masih baik atau tidak'
6	Spark Gap	o Periksa apakah jaraknya masih memenuhi syarat
7	Pentanahan	o Periksa semua baut penghubung bila ada yang kendur kencangkan, ukur tahanan pentahannya
8	Terminal Uatama	o Periksa apakah ada baut yang kendor kencangkan

9	Minyak Trafo	○ Ambil contoh dan periksa ke laboraturium : warnanya kotoran kadar air, kekentalan (viskositas) yang terkandung dalam minyak
10	Tahanan Isolasi	○ Periksa tahanan isolasi antara belitan, belitan dengan tanah
11	Tempat Kedudukan Transformator	○ Periksa pondasinya apakah ada keretakan ○ Periksa rangka / penyangga trafo tiang, baut baut dan sebagainya

Contoh Jadwal pemeliharaan 6 Bulanan pada Jaringan SUTM

Dilaksanakan dalam keadaan beroperasi

No	KOMPONEN / PERAWATAN	CARA PELAKSANAAN
1	Kawat Penghantar	○ Bebaskan kawat penghantar deri tegangan ○ Pasang peralatan grounding pada kawat tersebut ○ Periksa kondisi kawat ○ Bersihkan kawat dari benda asing ○ Pasang repair slove atau armorgrif apabila ada kawat yang rusak ○ Periksa andongan kawat ○ Periksa ikatan kawat pada isolator ○ Periksa klem sambungan baut bautnya ○ Periksa jarak aman dari penghantar sesuai aturan / ketentuan
2	Bocoran	○ Bersihkan dari debu dan kotoran yang menempel pada isolator

		o Periksa apakah ada yang cacat atau pecah o Lakukan penggantian untuk isolator yang rusak o Kencangkan baut baut penguatnya dsb
3	Tiang	o Periksa posisi tiang o Untuk tiang besi bila catnya rusak di cat kembali o Ganti apabila tiang mulai keropos o Pasang schoor apabiia posisi tiang miring akibat tarikan kawat dan sebagainya

1.4. **Pemeliharaan Jaringan dalam Keadaan Bebas Tegangan**

Pemeliharaan peralatan / perlengkapan jaringan distribusi TM/TR yang dilaksanakan dimana obyeknya dalam keadaan tanpa tegangan . Hal ini bukan berarti disekitar obyek pemeliharaan benar-benar sama sekali tidak bertegangan.

Maka pekerja wajib untuk mengecek bahwa tegangan sdh tidak ada.

Contoh :

Pada waktu pemeliharaan PHB – TR pada gardu distribusi, maka pada sisi TM FCO atau kubikel dan trafo harus dipadamkan, tetapi pada keadaan tertentu tetap dioperasikan. Dengan demikian segi keamanan terhadap tegangan sentuh harus tetap diperhatikan.

Alasan dilaksanakan pemeliharaan dalam keadaan tanpa tegangan

- ✓ Pemeliharaan dengan metoda PDKB memang belum dimungkinkan.
- ✓ Instalasi dilengkapi dengan sistem cadangan sehingga tidak mengganggu suplai tenaga listrik.
- ✓ Jaringan yg akan dipelihara secara ekonomis tdk terlalu mengguntungkan dan secara sosial tidak berdampak negatif.
- ✓ Sumber Daya Manusia dan sarana yg diperlukan untuk pemeliharaan dg Pekerjaan Dalam Kondisi Bertegangan (PDKB) belum tersedia.

Keuntungan dan kerugian pemeliharaan tanpa tegangan :

- ✓ Terjadinya kecelakaan terhadap sentuhan tegangan listrik dapat dihindarkan.
- ✓ Pekerjaan dimungkinkan dapat dilaksanakan dengan kondisi cuaca hujan.
- ✓ Peralatan kerja, alat bantu kerja dan peralatan K3 harganya lebih murah.
- ✓ Biaya pekerjaan pemeliharaan lebih murah.

Kerugiaannya : Pada saat pemadaman energi tidak tersalurkan / terjual menjadi lebih besar sebanding dengan lamanya pekerjaan.

Ketentuan bekerja pada keadaan tidak bertegangan

- ✓ Pelaksanaan pekerjaan harus mempunyai kompetensi yang dibutuhkan
- ✓ Perlengkapan listrik yang dipekerjakan harus bebas dari tegangan
- ✓ Sarana pemutusan sirkit dipasang rambu peringatan
- ✓ Melaksanakan pemeriksaan tegangan untuk memastikan keadaan bebas tegangan.
- ✓ Perlengkapan yang dikerjakan harus dibumikan secara baik
- ✓ Petugas untuk pembebasan tegangan harus mempunyai surat tugas dari atasan yang berwenang
- ✓ Mengunci peralatan yang mungkin dapat dimasukkan / dikeluarkan
- ✓ Bagian perlengkapan yang telah dibebaskan dari tegangan dan akan dibuang sisa muatan listriknya, harus diperiksa secara teliti

1.5. Pemeliharaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB)

Pemeliharaan peralatan / perlengkapan jaringan distribusi yang dilaksanakan dimana obyeknya dalam keadaan bertegangan

Contoh :

- ✓ Pemeriksaan rutin kondisi gardu yang sedang beroperasi
- ✓ Pengukuran beban dan tegangan gardu

Ketentuan bekerja pada keadaan bertegangan

- ✓ Petugas / pelaksana pekerjaan mempunyai kompetensi yang dibutuhkan
- ✓ Memiliki surat ijin kerja dari yang berwenang
- ✓ Dalam keadaan sehat, sadar, tidak mengantuk,tidak dalam keadaan mabuk
- ✓ Saat bekerja harus berdiri pada tempat atau mempergunakan yang berisolasi
- ✓ Menggunakan perlengkapan badan sesuai dengan SOP yang berlaku
- ✓ Dilarang menyentuh perlengkapan listrik yang bertegangan dengan tangan telanjang
- ✓ Keadaan cuaca tidak mendung / hujan

- ✓ Dilarang bekerja di ruang dengan bahaya kebakaran / ledakan, lembab dan sangat panas

1.6. Ketentuan Bekerja pada Instalasi yang Bertegangan

- ✓ Bila bekerja di dekat instalasi yang lebih tinggi dari pada tegangan perlengkapan yang dikerjakan, harus dipastikan bahwa perlengkapan tersebut bebas dari kebocoran isolasi atau imbas yang membahayakan dan sebaiknya dibumikan
- ✓ Dilarang menggunakan pengukur panjang, tali logam atau tali dengan anyaman benang logam
- ✓ Di dekat bagian bertegangan, dilarang menggunakan tangga kayu atau bambu yang diperkuat dengan batang logam yang memanjang searah dengan arus listrik
- ✓ Jika jarak aman tidak dapat dipenuhi, petugas harus menggunakan pengaman dari bahan isolasi.

Jarak minimum aman kerja

TEGANGAN (Antara Fasa dan Bumi) (Dalam KV)	JARAK MINIMUM AMAN KERJA (Dalam cm)
1	50
12	60
20	75
70	100
150	125
220	160
500	300

1.7. Peralatan Uji dan Alat Pelindung Diri (APD)

Peralatan Uji dan Alat Pelindung Diri (APD) yang digunakan pada saat melakukan pemeliharaan Kubikel Tegangan Menengah adalah sebagai berikut:

1.7.1. Peralatan Uji

- ✓ Alat Uji CB Analyzer
- ✓ Alat Uji CT Analyzer
- ✓ Alat Uji Tahanan Kontak
- ✓ Alat Uji Tahanan Insulasi
- ✓ Alat Uji Rele Proteksi
- ✓ Vacuum Checker

- ✓ AVO Meter
- ✓ Alat Ukur tekanan SF6 (kondisional)
- ✓ Alat ukur tahanan isolasi minyak (kondisional)
- ✓ Earth Meter

1.7.2. Alat Pelindung Diri (APD) dan Peralatan K3

- ✓ Sabuk Pengaman (kondisional)
- ✓ Topi / Helm Pengaman
- ✓ Sarung Tangan Safety
- ✓ Sepatu Safety
- ✓ Grounding local
- ✓ Tester tegangan tinggi
- ✓ Rambu-rambu / tagging

1.8. Pelaporan pada Pekerjaan Pemeliharaan

Setiap kegiatan dan kejadian dalam pemeliharaan jaringan Distribusi harus selalu dibuatkan laporannya.

laporan diharapkan dapat membantu manajemen dalam :

- ✓ Menilai unjuk kerja jaringan.
- ✓ Mengetahui kondisi jaringan Distribusi.
- ✓ Menentukan tindakan untuk memperbaiki kwalitas dan keandalan jaringan.
- ✓ Memperkirakan kebutuhan material dan biaya pemeliharaan.

Kejadian yang perlu dilaporkan :

- ✓ Waktu Pemadaman.
- ✓ Karena gangguan atau direncanakan.
- ✓ Jumlah produksi yang akan hilang karena pemadaman.
- ✓ Sebab pemadaman.
- ✓ Pemakaian material untuk mengatasi gangguan.
- ✓ Prosedur pengamanan dalam pekerjaan pada instalasi tegangan tinggi.
- ✓ Pelaksanaan dan penyelesaian pekerjaan pemeliharaan.
- ✓ Pengoperasian kembali.

1.9. Pemeliharaan Perlengkapan dan Peralatan Listrik pada Gardu Pasangan Dalam /Beton

- ✓ Mengganti / merawat terminating kabel dan membersihkan kontak sepatu kabel.
- ✓ Membersihkan kontak-kontak terminal pada kubikel.
- ✓ Memeriksa kerja mekanis peralatan kontak kubikel, bila perlu perbaiki

- ✓ Menguji tahanan isolasi alat kontak kubikel bila perlu perbaiki
- ✓ Menguji tahanan kontak kubikel, bila nilainya lebih dari 200 micro-ohm, perbaiki dan bila perlu ganti dengan kubikel baru
- ✓ Menguji keserempakan kubikel bila nya lebih dari 50 mili-detik, perbaiki dan bila perlu ganti dengan kubikel baru
- ✓ Merawat kontak dan peralatan mekanis pemisah tanah pada kubikel.
- ✓ Menguji tahanan pentanahan kubikel, Rak TR, Rak Rel TM, Rak Kabel dan pintu gardu bila nilainya melebihi dari 1,7 ohm perbaiki
- ✓ Merawat / memperbaiki pentanahan netral TR, bila nilainya melebihi dari 5 ohm perbaiki
- ✓ Membersihkan / memperbaiki terminal-terminal trafo Distribusi TM / TR , trafo ukur, Rele pengamandan fuse.
- ✓ Memeriksa kekencangan baut-baut ² pengikat pada bushing trafo.
- ✓ Merawat pemutus beban TR , Rel TR, Kabel-kabel jurusan dan terminalnya.
- ✓ Merawat kontak pelebur TR dan Fuse Base.
- ✓ Menguji tegangan tembus / break down minyak trafo distribusi, bila kurang dari 80 KV / cm perbaiki / ganti

1.10. Pemeliharaan Gardu Distribusi Pasangan Luar

1.10.1. Pemeliharaan Konstruksi Gardu Portal / Cantol

- ✓ Memebersihkan pekarangan.
- ✓ Membersihkan dan mencat tiang rangka penyangga / Cross Arm pada trafo.
- ✓ Pemeriksaan lampu penerangan, bila putus di ganti.
- ✓ Merawat pagar pengaman.
- ✓ Merawat papan peringatan / tanda peringatan.
- ✓ Merawat Rak TR.
- ✓ Merawat pipa saluran keluar kabel / Opstyg.

1.10.2. Pemeliharaan peralatan listrik pada gardu Portal / Cantol

- ✓ Memeriksa kondisi FCO
- ✓ Memeriksa kondisi Trafo
- ✓ Menguji tahanan isolasi Trafo
- ✓ Menguji tahanan isolasi PHB-TR
- ✓ Memeriksa kondisi saklar utama TR
- ✓ Memeriksa kondisi NH fuse dan dudukannya

- ✓ Memeriksa kondisi kabel penghubung trafo dengan PHB-TR dan terminalnya
- ✓ Memeriksa kondisi kabel penghubung PHB-TR ke JTR (Opstyg) dan terminal sambungannya
- ✓ Menguji tahanan pentanahan netral sistem JTR dan peralatan .

1.11. Pemeliharaan Trafo Distribusi

Jadwal Pemeliharaan Trafo Distribusi dilakukan dalam periode waktu bulanan dan tahunan pemeliharaan tersebut adalah sebagai berikut :

- ✓ **Bulanan** : Dilaksanakan dlm keadaan beroperasi, pekerjaan berupa pemeriksaan visualyang meliputim : Tinggi permukaan minyak , Bushing, Tangki dan radiator, pengukuran beban / tegangan dan penyetelan sadapan /tap changer.
- ✓ **Tahunan :** Dilakasanakan dalam keadaan tidak bertegangan, pekerjaan berupa : Pemeriksaan seperti pada pemeliharaan bulanan ditambahdengan pemeriksaan dan perawatan thd Spark Ever / gap, pentanahan pada terminal dudukan trafo, serta mengukur / menguji secara kontinu Tahanan isolasi polaritas dan tahanan dielektrik minyak.

1.12. Pemeliharaan PMT, LBS, PMS.

Harus dilakukan dalam keadaan tidak bertegangan :

- ✓ Pemeriksaan visual dan pembersihan bagian luar.
- ✓ Percobaan keluar masuk manual maupun dengan simulasi relai.
- ✓ Pemeriksaan dan perawatan media pemadaman busur api (untuk minyak dan gas).
- ✓ Pemeliharaan isolator
- ✓ Pemeriksaan dan perawatan alat-alat kontak.
- ✓ Pemeriksaan dan perawatan motor penggerak (bila ada).
- ✓ Pengujian tahanan isolasi
- ✓ Pengujhian tahanan kontak (maksimal 200 micro - ohm) .
- ✓ Pengujian keserempakan alat kontak (selisih waktu maksimal 50 milli seconds)
- ✓ Pengujian tahanan pentanahan pada rangka
- ✓ Pengujian tegangan uji 125 KV.

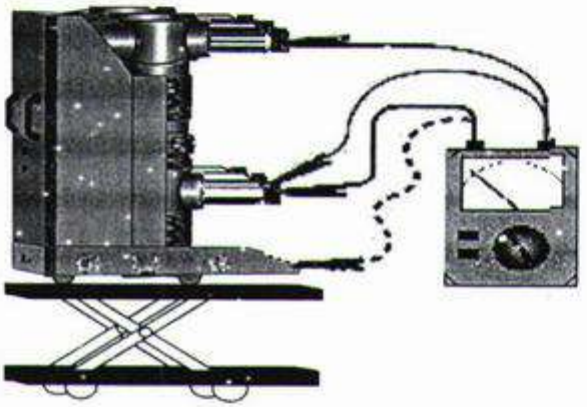
BAB II

PEMERIKSAAN DAN PEMELIHARAAN

2.1. Pengujian/pengukuran tahanan isolasi PMT, LBS dan PMS

Pengukuran Tahanan Isolasi PMT

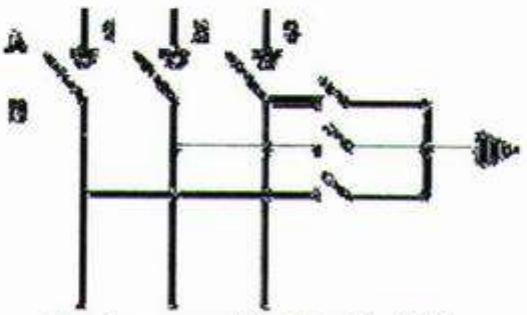
Pengukuran tahanan isolasi PMT ialah proses pengukuran dengan suatu alat ukur Insulation Tester untuk memperoleh nilai tahanan isolasi PMT, yaitu antara bagian yang diberi tegangan (fasa) terhadap badan (casing) yang ditanahkan maupun antara terminal masukan (I/P terminal) dengan terminal keluaran (O/P terminal) pada fasa yang sama.



Gambar 2-1Pengukuran Tahanan Isolasi pada PMT

Cara pengujian :

- ✓ Lepaskan semua kabel atau rel penghubung
- ✓ Posisi kontak terbuka semua
- ✓ Ukur tahanan isolasi dengan menggunakan alat ukur Insulation Tester tegangan injeksi 5.000 Volt atau 10.000 Volt.
- ✓ Standar acuan = (Tegangan Kerja X 1000) ÷ 1 MΩ



Gambar pengujian Kontak LBS

Tabel Pengukuran

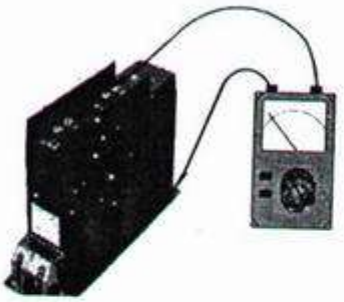
A1 - A2	=	MΩ	A3 – BODY	=	MΩ
A1 - A3	=	MΩ	B1 - B2	=	MΩ
A2 - A2	=	MΩ	B1 – B3	=	MΩ
A1 – BODY	=	MΩ	B1 – BODY	=	MΩ
A2 - BODY	=	MΩ	B2 - BODY	=	MΩ
A1 - B1	=	MΩ	A2 – B2	=	MΩ
A3 - B3	=	MΩ			

Pengukuran Tahanan Isolasi

Titik Ukur (MΩ)	Phasa R Hasil Ukur	Phasa S Hasil Ukur	Phasa T Hasil Ukur
a. Atas- Bawah PMT OFF	>1000000	>1000000	>1000000
b. Atas-Bawah PMT OFF	>1000000	>1000000	>1000000
c. Bawah-Ground PMT OFF	>1000000	>1000000	>1000000
d. Phasa-Ground PMT ON	750000	980000	680000

2.2.Pengukuran Tahanan Isolasi CT

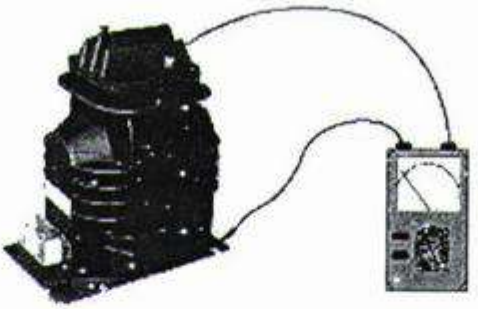
Pengujian tahanan isolasi menggunakan alat uji tahanan isolasi 5 kV untuk sisi primer dan 500 V untuk sisi sekunder. Berfungsi untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi pada trafo arus tersebut. Pencatatan hasil pengukuran dilakukan pada saat 60 detik.



Gambar Pengukuran tahanan isolasi CT

2.3.Pengukuran Tahanan Isolasi PT

Pengujian tahanan isolasi menggunakan alat ukur tahanan isolasi 5 kV untuk sisi primer dan 500 V untuk sisi sekunder. Berfungsi untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi pada trafo tegangan tersebut. Pencatatan hasil pengukuran dilakukan pada saat 60 detik.



Gambar Tahanan Isolasi PT

Pemeliharaan Arrester

- ✓ Dilakukan dalam keadaan tidak bertegangan
- ✓ Cara pemeliharaan ;
- ✓ Bebaskan tegangan jaringan
- ✓ Pasang grounding lokal
- ✓ Pemeriksana secara visual kondii arrester
- ✓ Pemeriksaan dan perbaikan terhadap sambungan pengawatan dan kontaknya.
- ✓ Uji tahanan isolsi.
- ✓ Pemeriksaan dan perbaikan hantaran pentanahan
- ✓ Pengukuran tahanan pentanahan
- ✓ Lepaskan grounding lokal
- ✓ Masukkan tegangan

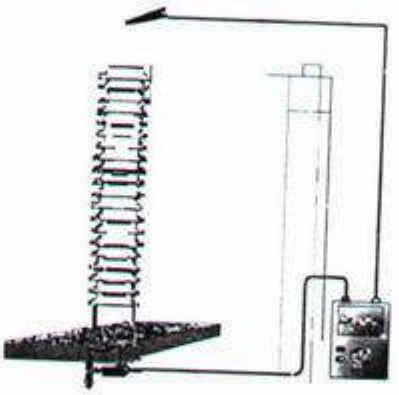
2.4. Pemeliharaan Lightning Arrester

Selain Instalasi pembumian untuk Lightning Arrester (LA), yang perlu dipelihara untuk pengaman pada JTM adalah Lightning Arrester itu sendiri dipelihara secara periodik.Pengukuran tahanan isolasi Lightning Arrester (LA) ialah proses pengukuran dengan suatu alat ukur Insulation Tester untuk memperoleh nilai tahanan isolasi LA terhadap pentanahan.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemeliharaan Lightning Arrester adalah

- ✓ Pengujian tahanan isolasi/ tegangan tembus dari Lightning Arrester,
- ✓ Pemeriksaan kondisi fisik dari Lightning Arrester, apakah isolasi keramiknya pecah/ retak, jika perlu diganti baru.
- ✓ Jika fisik LA ada kotoran debu / lumut/ penggaraman/ karat, maka dibersihkan.
- ✓ Pengencangan klem/ baut-baut pengikat dan jumper.

- ✓ Pengukuran tahanan pembumian, diupayakan perbaikan nilai tahanan sesuai ketentuan yang berlaku.



Gambar pengujian tahanan isolasi pada Arrester

2.5. Pengujian tahanan kontak

Rangkaian tenaga listrik sebagian besar terdiri dari banyak titik sambungan. Sambungan adalah dua atau lebih permukaan dari beberapa jenis konduktor bertemu secara fisik sehingga arus / energi listrik dapat disalurkan tanpa hambatan yang berarti. Pertemuan kontak PMT juga merupakan suatu sambungan yang mempunyai nilai tahanan tertentu terhadap arus yang melaluinya, sehingga akan terjadi panas dan menjadi kerugian teknis. Rugi ini sangat signifikan jika nilai tahanan kontaknya tinggi.

Prinsip dasar pengukuran tahanan kontak PMT adalah sama dengan alat ukur tahanan murni (Rdc), tetapi pada tahanan kontak arus yang dialirkan lebih besar I=100 Ampere.

Alat ukur tahanan kontak terdiri dari sumber arus dan alat ukur tegangan (drop tegangan pada obyek yang diukur). Dengan sistem elektronik maka pembacaan dapat diketahui dengan baik dan ketelitian yang cukup baik pula.

Digunakanya arus sebesar 100 Ampere karena pembagi dengan angka 100 akan memudahkan dalan menentukan nilai tahanan kontak dan lebih cepat.

Harus diperhatikan skala yang digunakan jangan sampai arus yang dibangkitkan sama dengan batasan skala sehingga kemungkinan akan terjadi overload dan hasil penunjukan tidak sesuai dengan kenyataannya.

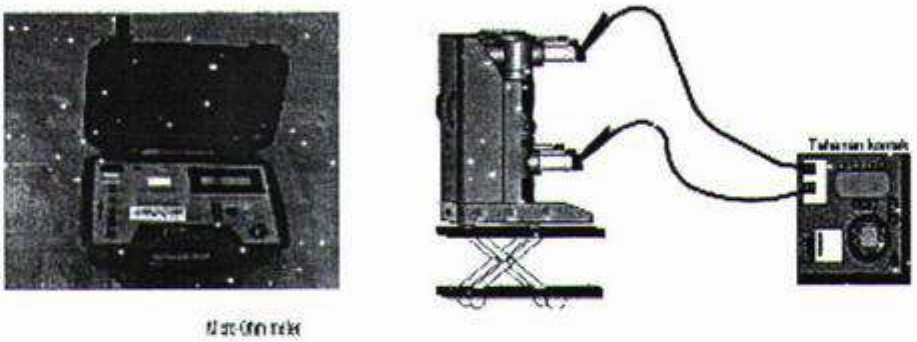
Cara pengujian :

- ✓ Lepaskan semua kabel dan rel penghubung
- ✓ Posisi kontak tertutup semua

- ✓ Ukur tahanan kontak menggunakan alat ukur micro ohm meter 100 Amper
- ✓ Nilai tahanan kontak PMT Kubikel yang normal harus (acuan awal) disesuaikan dengan petunjuk / manual dari masing – masing pabrikan PMT Kubikel, sebagai contoh adalah sebagai berikut:
  - □ Buku manual PMT ASEA ≤ 45 μΩ
  - □ Buku manual PMT MG ≤ 35 μΩ
  - □ Buku manual PMT Alsthom ≤ 40 μΩ

Tabel Pengukuran

- ✓ A1 – B1 = micro Ω
- ✓ A2 – B2 = micro Ω
- ✓ A3 – B3 = micro Ω



Gambar Pengukuran Tahanan Kontak pada PMT

Pengukuran Tahanan Kontak

Titik Ukur	Phasa R	Phasa S	Phasa T
	Hasil Ukur	Hasil Ukur	Hasil Ukur
Atas-Bwh(PMT Posisi ON) 100 A			
Atas-Bwh(PMT Posisi ON) 200 A	80(μΩ)	95(μΩ)	87(μΩ)

2.6. Pengujian Keserempakan Kontak

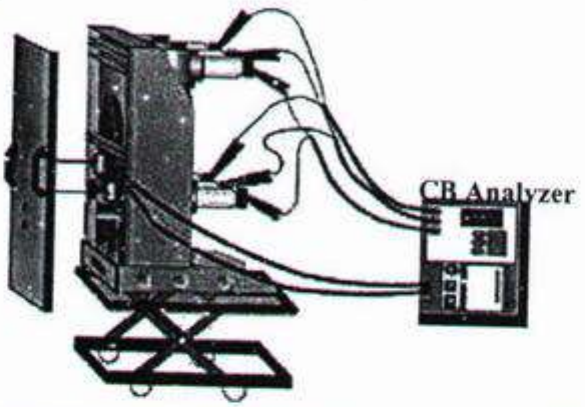
Tujuan dari pengukuran kecepatan keserempakan waktu kontak buka/tutup PMT adalah untuk mengetahui waktu kerja PMT secara individu pada saat menutup ataupun membuka.

Cara pengujian :

- ✓ Lepaskan semua kabel dan rel penghubung
- ✓ Posisi kontak terbuka
- ✓ Ukur keserempakan posisi menutup
- ✓ Ukur keserempakan posisi membuka

Ukur Keserempakan kontak dengan menggunakan alat ukur Circuit Breacker Analizer

Nilai Batas aman keserampakan kontak disesuaikan dengan buku manual pabrikan.



Gambar Rangkaian uji keserempakan kontak untuk PMT

Tabel Pengujian

Posisi Menutup		Posisi Membuka	
Fasa R	..... mili - detik	Fasa R	..... mili - detik
Fasa S	..... mili - detik	Fasa S	..... mili - detik
Fasa T	..... mili - detik	Fasa T	..... mili - detik

2.7.Pemeliharaan Pentanahan pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Pentanahan pada peralatan diperlukan untuk tujuan :

a) Membatasi besar tegangan yang disebabkan petir

b) Membatasi besar tegangan yang disebabkan oleh terjadinya hubung tidak sengaja dengan bagian yang bertegangan .

c) Menstabilkan tegangan ke tanah dalam kondisi normal.

Peralatan ataupun titik netral sistem tenaga listrik dihubungkan ke tanah dengan suatu pentanahan yang ada di Gardu Induk. Sistem pentanahan tersebut dibuat di dalam tanah dengan struktur bentuk mesh. Nilai tahanan pentanahan di Gardu Induk bervariasi. Semakin kecil nilai pentanahannya maka semakin baik.

Alat ukur menggunakan Earth Tester atau Earth clamp tester.

Karena itu pemasangan sistem pentanahan harus dilakukan dengan standard sesuai ketentuan yang berlaku sebagai elektroda pentanahan biasanya digunakan elektroda batang berbentuk pipa baja galvanis diameter 25 mm atau baja berdiameter 15 mm yang dilapisi tembaga setebal 2,5 meter dengan panjang 2,5 m atau 3 m. untuk penghantar bumi biasanya digunakan

tembaga 50 mm2 den sampai dengan 2,5 meter dari atas tanah harus dilindungi dengan pipa baja dari kerusakan mekanis.

Pada beberapa tiang beton penghantar bumi sudah merupakan komponen dari tiang dan untuk menghubungkannya dengan penghantar bumi diluar tiang beton digunakan mur baut yang dipasang pada bagian atas dan bawah tiang.

Tahanan pentanahan yang dapat dicapai sangat tergantung pada jenis elektroda, jenis tanah dan ke dalaman penanaman elektroda. Untuk memperoleh harga tahanan yang rendah rod/batang elektroda dapat dipasang secara parallel. Jarak antar elektroda tersebut minimum harus dua kali panjang elektroda (PUIL 1987 pasal 3221 A4).

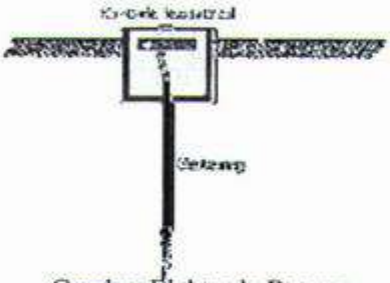
Pemeliharaan Pentanahan dilakukan pada :

- ✓ Pemeriksaan secara visual kondisi pembumian
- ✓ Pemeriksaan / perbaikan terhadap baut kelm yng kendor, lepas atau putus
- ✓ Membersihkan bagian–bagian dari kotoran dan benda–benda yang bersifat menyekat
- ✓ Menganti kabel yang sudah rusak.

2.8.Jenis-Jenis Elektroda Pentanahan

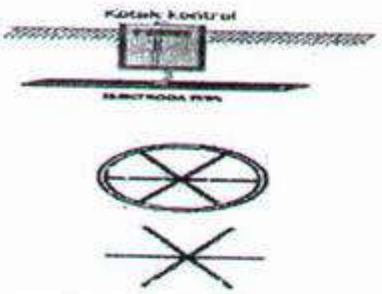
Pada prinsipnya jenis elektroda dipilih yang mempunyai kontak sangat baik terhadap tanah. Elektroda Pentanahan terdiri sari Elektroda Batang, Elektroda Pita, da Elektroda Plat.

1. Elektroda Batang (Rod) ialah elektroda dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan ke dalam tanah. Elektroda ini merupakan elektroda yang pertama kali digunakan.



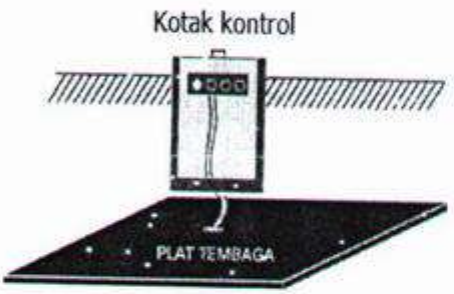
Gambar Elektroda Batang

2. Elektroda pita ialah elektroda yang terbuat dari hantaran berbentuk pita atau berpenampang bulat atau hantaran pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal.



Gambar Elektroda Pita

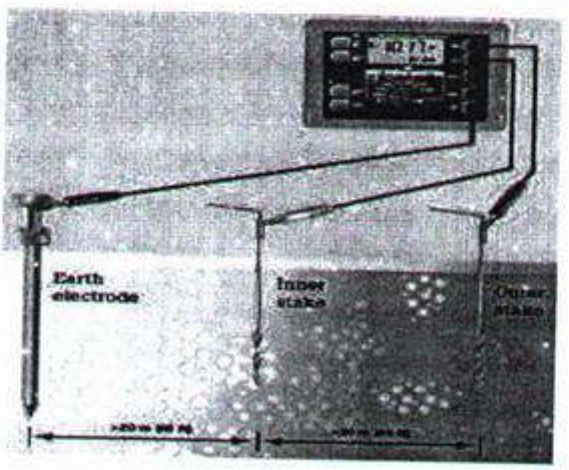
3. Elektroda Plat ,elektroda dari bahan pelat logam (utuh atau ber-lubang) atau dari kawat kasa. Pada umumnya elektroda ini ditanam dalam. Elektroda ini digunakan bila diinginkan tahanan pentanahan yang kecil dan sulit diperoleh dengan menggunakan jenis-jenis elektroda yang lain.



Gambar Elektroda Plat

2.9.Pengukuran Tahanan Pentanahan

Tahanan pentanahan (Earth Resistance) diukur dengan menggunakan Alat "Earth Resistance Tester". Besarnya tahanan pentanahan (earth resistance) menurut IEC dan PUIL 2000 adalah maksimum 5 Ohm.



Gambar Pengukuran Resistansi Pentanahan Dengan Earth Tester

BAB III

LAPORAN

3.1. Standar Evaluasi Hasil Pemeliharaan

Standar evaluasi adalah acuan yang digunakan dalam mengevaluasi hasil pemeliharaan untuk dapat menentukan kondisi peralatan Kubikel yang dipelihara. Standar yang ada berpedoman kepada: instruction manual dari pabrik, standar-standar internasional maupun nasional (IEC, IEEE, CIGRE, ANSI, SPLN, SNI dan lain-lain) dan pengalaman serta observasi/pengamatan operasi di lapangan.

Dikarenakan dapat berbeda antar merk/pabrikan, maka acuan yang diutamakan adalah manual dari pabrikan Kubikel tersebut. Dapat digunakan acuan yang berasal dari standar internasional maupun nasional, apabila tidak ditemukan suatu nilai batasan pada manual dari pabrikan Kubikel tersebut.

Semakin kecil nilai pentanahannya maka akan semakin baik. Menurut IEEE std 80:2000 (Guide for Safety in AC Substation - Grounding), besarnya nilai tahanan pentanahan untuk Kubikel dan switchgear adalah $\leq$ 1 Ohm.

3.2. Pengukuran/pengujian Tahanan Isolasi

Batasan tahanan isolasi PMT Kubikel menurut standar VDE (catalogue 228/4) minimum besarnya tahanan isolasi pada suhu operasi dihitung " 1 kilo Volt = 1 MΩ (Mega Ohm) ". Dengan catatan 1 kV = besarnya tegangan fasa terhadap tanah, kebocoran arus yang diijinkan setiap kV = 1 mA.

3.3. Pengukuran/pengujian Tahanan Kontak

Nilai tahanan kontak PMT Kubikel yang normal harus (acuan awal) disesuaikan dengan petunjuk / manual dari masing – masing pabrikan PMT Kubikel, sebagai contoh adalah sebagai berikut:

- ❑ Buku manual PMT ASEA $\leq$ 45 μΩ
- ❑ Buku manual PMT MG $\leq$ 35 μΩ
- ❑ Buku manual PMT Alsthom $\leq$ 40 μΩ

3.4. Pengukuran / Pengujian Kecepatan Keserampakan Kontak PMT

Pada saat terjadi gangguan pada sistem tenaga listrik, diharapkan PMT bekerja dengan cepat. *Clearing Time* sesuai dengan standart SPLN No 52-1 1983 untuk sistem dengan tegangan 20 kV adalah $\leq$ 50 mili detik.

Kecepatan kontak PMT membuka dan / atau menutup harus disesuaikan dengan referensi / acuan dari masing – masing pabrikan PMT, sebagai contoh adalah sebagai berikut:

Tabel Contoh Kecepatan Kontak PMT Open dan Close

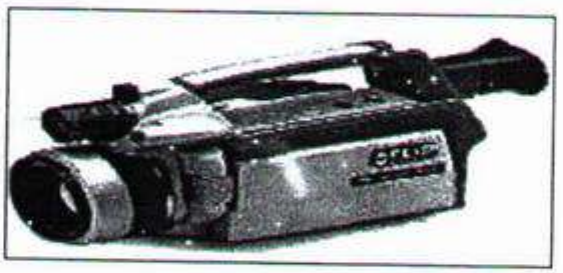
PMT 20 kV	*Opening time*	*Breaking time*	*Closing time*
Areva	(38 ± 10%) ms	(50 ± 10%)ms	(70 ±10%)ms

Toleransi perbedaan waktu antar fasa R, S, dan T saat PMT beroperasi (*Open / Close*) ditentukan dengan melihat nilai Δt yang merupakan selisih waktu tertinggi dan terendah antar fasa R, S, dan T. Rekomendasi berdasarkan referensi dari pabrikan ALSTHOM untuk nilai Δt adalah < 10 ms.

3.5. Pengukuran Trafo Tenaga dengan Kamera Thermovisi

Pada saat trafo dalam keadaan operasi, bagian trafo yang dialiri arus akan menghasilkan panas. Panas pada radiator trafo dan maintank yang berasal dari belitan trafo akan memiliki tipikal suhu bagian atas akan lebih panas dari bagian bawah secara gradasi. Sedangkan untuk bushing, suhu klem pada stud bushing akan lebih panas dari sekitarnya.

Suhu yang tidak normal pada trafo dapat diartikan sebagai adanya ketidaknormalan pada bagian atau lokasi tersebut. Metoda pemantauan suhu trafo secara menyeluruh untuk melihat ada tidaknya ketidaknormalan pada trafo dilakukan dengan menggunakan thermovisi / thermal image camera.



Gambar Kamera thermovisi / thermal image camera

Lokasi-lokasi pada trafo yang dipantau dengan thermovisi / thermal image camera adalah sebagai berikut : Maintank, Tangki OLTC.Radiator,Bushing, Klem-klem pada setiap bagian yang ada, Tangki konservator.

Pada setiap pengukuran menggunakan thermovisi / thermal image camera, secara umum dilakukan pengukuran suhu pada tiga titik (atas, tengah, dan bawah). Pada display / tampilan alat, objek yang di monitor akan terlihat tertutupi sebuah lapisan gradasi warna atau gradasi hitam putih. Warna–warna yang muncul akan mewakili besaran suhu yang terbaca pada objek. Disamping kanan tampilan / display dilengkapi dengan batang korelasi antara warna dengan suhu sebagai referensi warna-warna yang muncul pada tampilan.

Pengukuran thermovisi pada maintank dan OLTC trafo dilakukan pada tiga posisi yaitu bawah, tengah dan atas untuk mengetahui gradasi panas pada trafo yang mewakili normal tidaknya proses operasi dari trafo.

Sama halnya seperti pengukuran thermovisi pada maintank trafo, pengukuran thermovisi pada sirip pendingin dilakukan pada tiga titik untuk mengetahui efisiensi dari proses pendinginan sirip trafo tersebut.

Pengukuran pada bushing trafo adalah dengan melihat titik yang paling panas dalam sebuah bushing dan membandingkan karakteristik suhu terhadap fasa lainnya.

Untuk pengukuran konservator dan NGR dilihat tiga titik secara vertikal untuk mengetahui karakteristik suhu peralatan terdapat 2 (dua) macam pelaksanaan thermovisi dengan masing – masing standar/pedoman yang dapat dipakai, yaitu:

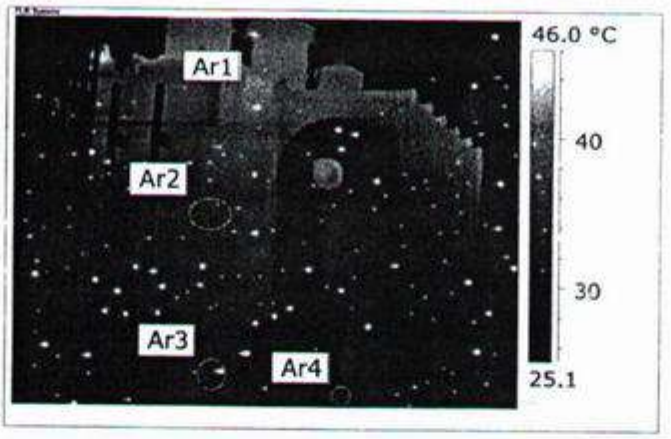
1. Pemeriksaan pada Terminal utama

Dilakukan dengan melihat perbedaan/selisih suhu pada 2 (dua) titik dengan komponen / material yang berbeda.

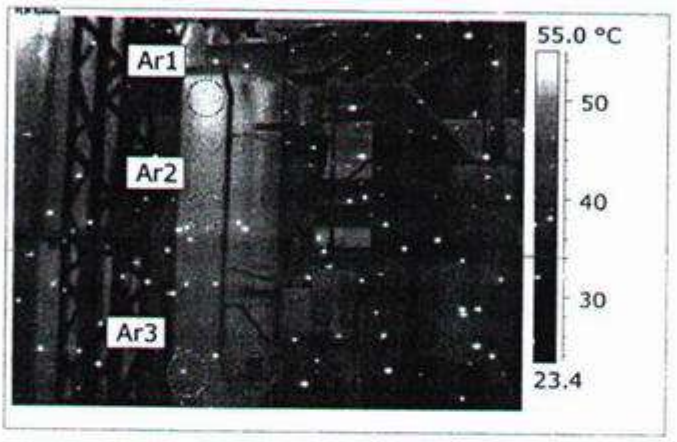
2. Selisih suhu antara klem dan konduktor

Selisih suhu antara klem dan terminal utama berdasarkan manual dari pabrikan kamera thermovisi merk FLIR, disebutkan bahwa terdapat 3 (tiga) macam kondisi, yaitu:

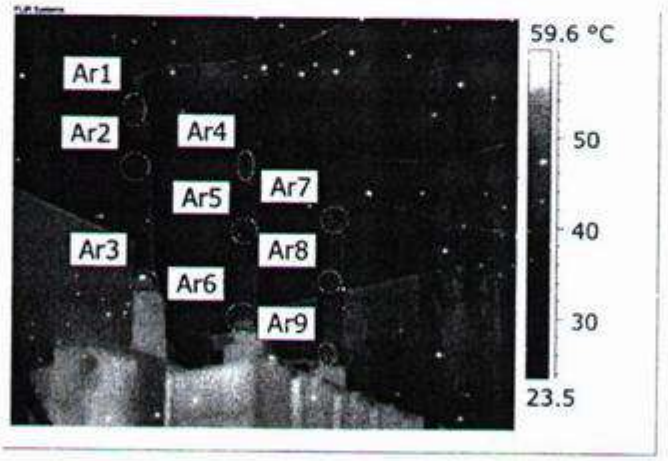
- ❑ Kondisi I : $t \leq 5oC$ (9oF)
- ❑ Kondisi II : $5\ C < t \leq 30^oC$ ($9oF < t \leq 54oF$)
- ❑ Kondisi III : $t > 30oC$ (54oF)



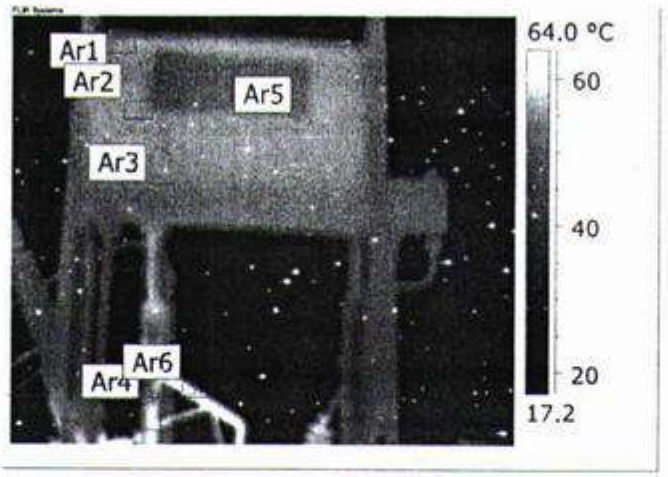
Gambar Diatas Hasil Pengukuran Thermovisi Pada Maintank Dan Radiator



Gambar Diatas Hasil Pengukuran Thermovisi Pada OLTC



Gambar Hasil pengukuran thermovisi pada bushing



Gambar Hasil Pengukuran Thermovisi Pada Konservator

3.6. Rekomendasi Hasil Pemeliharaan

Rekomendasi hasil pemeliharaan merupakan tindak lanjut yang harus dilaksanakan sebagai hasil evaluasi dari pemeliharaan yang telah dilakukan. Rekomendasi berpedoman kepada *instruction manual* dari pabrik dan pengalaman serta observasi / pengamatan operasi di lapangan.

Contoh Rekomendasi hasil pemeliharaan Periode Harian

PERALATAN YANG DIPERIKSA	SASARAN PEMERIKSAAN	REKOMENDASI
PMT	Pegas mekanik tidak mengisi	Periksa suplaimotor/ perbaikan / penggantian
	Tekanan gas SF6 turun	Perbaikan / penggantian

3.7. Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan Menengah / SUTM

Secara umum gangguan distribusi banyak disebabkan oleh terjadinya gangguan pada saluran udara dengan penghantar tanpa isolasi. baik gangguan yang sifatnya temporer maupun permanen.

Gangguan oleh faktor luar instalasi listriknya antara lain :

- ✓ Karena adanya pohon yang jarak amannya sudah tidak memenuhi yang dipersyaratkan, sehingga adanya angin menyebabkan hubung singkat antar penghantar.
- ✓ Gangguan petir baik sambaran langsung maupun tak langsung.

Gangguan oleh faktor instalasi listrik atau konstruksinya antara lain :

- ✓ Tiang listrik miring, bengkok atau patah.
- ✓ Isolator retak, pecah
- ✓ Klem isolator tarik lepas, rusak
- ✓ Pengikat kawat pada isolator lepas, rusak.
- ✓ Kawat putus, andongan rendah
- ✓ Travers miring
- ✓ Pole bracket lepas

3.8. Pemeliharaan Tiang

Dilakukan Pemeliharaan rutin / preventif, dengan alasan :

- ✓ Keropos (tiang besi) dan perlu diganti
- ✓ Berkarat, perlu dicat ulang
- ✓ Pecah (tiang beton) dan harus diganti
- ✓ Bengkok, perlu diganti
- ✓ Roboh, perlu diganti
- ✓ Digeser / dipindahkan

3.9. Pemeliharaan Isolator (Pin Maupun Strain / Suspension)

- ✓ Isolator kotor oleh debu.
- ✓ Isolator retak / pecah.

Cara pemeliharaan isolator strain / suspension dan Isolator Pin :

- ✓ Gunakan perkakas kerja sesuai kebutuhan.
- ✓ Gunakan peralatan K3 sesuai kebutuhan
- ✓ Padamkan listrik, yakinkan bahwa tegangan sudah tidak ada
- ✓ Pasang ground lokal pada ketiga kawat fasa.
- ✓ Tahan kawat dengan menggunakan tarikan takel dan camlong , sampai posisi isolator kendor
- ✓ Lepas isolator dari travers dan turunkan.
- ✓ Angkat isolator pengganti dan pasang pada travers.
- ✓ Pasang kembali kawat pada isolator
- ✓ Kendorkan tarikan takel sampai takel bebas untuk dilepas lagi
- ✓ Lepaskan kembali ground lokal

3.10. Pemeliharaan Kawat Pengikat Pada Isolator Tumpu

- ✓ Pengikat diganti / diperbaiki.
- ✓ Ikatan ke isolator (top / side ties) lepas.
- ✓ Kawat pengikatnya putus

Cara penggantian kawat pengikat menggunakan binding wire

- ✓ Gunakan perkakas kerja sesuai kebutuhan.

- ✓ Gunakan peralatan K3 sesuai kebutuhan
- ✓ Padamkan listrik, yakinkan bahwa tegangan sudah tidak ada
- ✓ Pasang ground lokal pada ketiga kawat fasa..
- ✓ Buka binding wire.
- ✓ Letakkan kawat pada isolator.
- ✓ Pasang binding wire
- ✓ Lepaskan kembali ground local

3.11. Pemeliharaan / Penggantian Kawat Penghantar

Andongan / saging kawat melebihi batas maksimalnya.

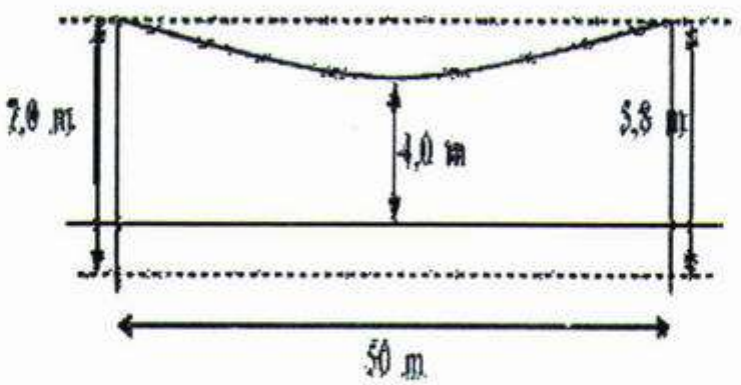
Andongan ialah jarak antara posisi terendah dari penghantar yang direntangkan dengan posisi dimana penghantar tersebut ditumpang / sangga / digantung pada tiang

Kawat diganti atau Kawat putus, harus meperhatikan jarak andongan dengan tanah,karena:

Jarak antara posisi terendah dari kawat yang terbentang dengan posisi dimana kawat tersebut ditopang / disangga, digantungkan oleh tiang. Dipengaruhi oleh bahan kawat, ukuran kawat, suhu sekitar., lebar gawang.

Andongan harus disesuaikan dengan standard kuat tarik hantaran, jarak antar hantaran, lebar bentangan antar tiang.

Andongan harus senantiasa dijaga agar tidak terlalu kencang maupun terlalu kendor. Karena jika terlalu kencang dapat mengakibatkan tarikan hantaran mempengaruhi impedansi/ daya hantar akibat pemuluran pada saat penghantar panas oleh beban listrik pelanggan. Dan jika terlalu kendor antar penghantar dapat berhimpit/ hubung singkat karena angin/ benang layangan.



Gambar lendutan (SAG) menurut Tegangan tarik (Tension) dan Rentangan .

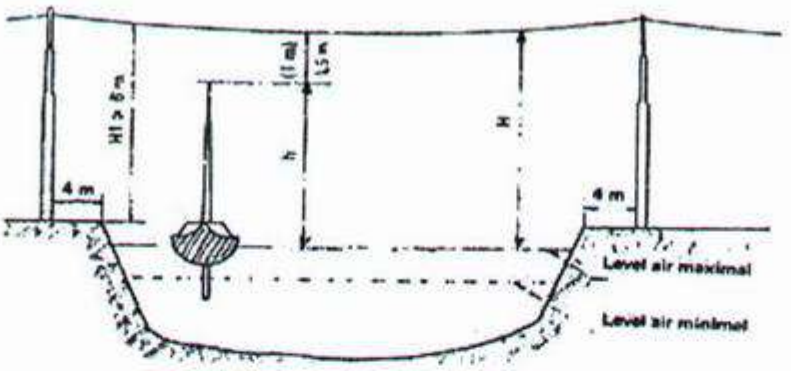
3.12. Ruang Bebas (Right Of Way) dan Jarak Aman (Safety Distance)

Jarak aman adalah jarak antara bagian aktif/fase dari jaringan terhadap benda-benda disekelilingnya baik secara mekanis atau elektromagnetis yang tidak memberikan pengaruh membahayakan. Secara rinci Jarak aman jaringan terhadap bangunan lain dapat dilihat pada tabel.

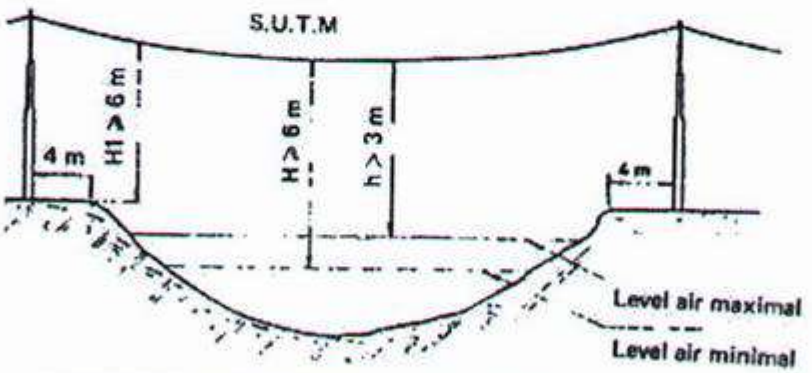
Khusus terhadap jaringan telekomunikasi, jarak aman minimal adalah 1 m baik vertikal atau horizontal. Bila dibawah JTM terdapat JTR, jarak minimal antara JTM dengan kabel JTR dibawahnya minimal 120 cm

Tabel Jarak Aman untuk SUTM

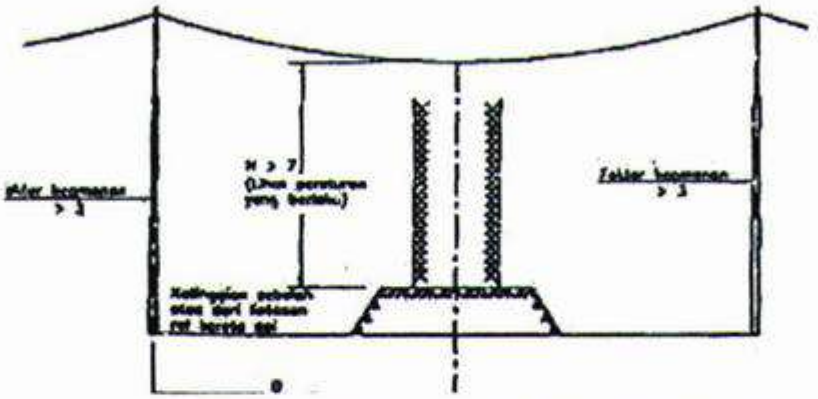
No.	Uraian	Jarak Aman
1.	Terhadap permukaan jalan raya	≥ 6 meter
2.	Balkon rumah	≥ 2,5 meter
3.	Atap rumah	≥ 2 meter
4.	Dinding Bangunan	≥ 2,5 meter
5.	Antena TV/ radio, menara	≥ 2,5 meter
6.	Pohon	≥ 2,5 meter
7.	Lintasan kereta api	≥ 2 meter dari atap kereta
8.	Underbuilt TM – TM	≥ 1 meter
9.	Underbuilt TM – TR	≥ 1 meter



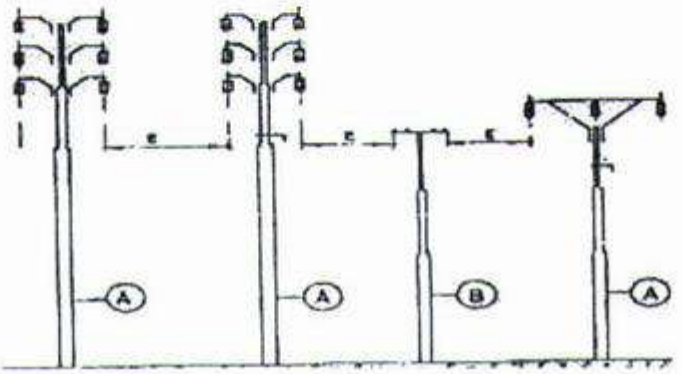
Gambar Saluran kabel udara yang melintasi lalu lintas sungai



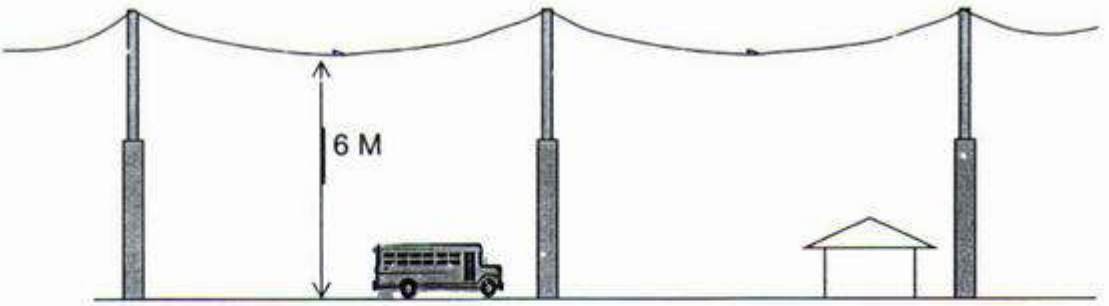
Gambar Saluran kabel udara melintasi bukan lalu lintas sungai

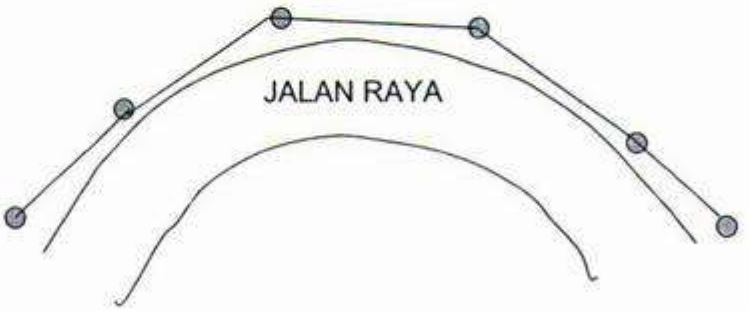


Gambar Kabel Udara yang Melintasi Rel Kereta Api



E = 2M A = SUTM B = SUTR





Saluran Udara yang di Pasang sepanjang jalan Ray

Karakteristik Kemampuan Hantar Arus / KHA penghantar jenis A2C dan A3C

Luas Penampang Nominal (mm^2)	Luas Penampang Sebenarnya (mm^2)	Jumlah Kawt	Diameter kawat Aluminium nominal (mm)	Diameter Hantaran Nominal (mm)	Berat Hantaran Kira-kira (kg/km)	Kuat Tarik Putus hantaran (Secara Hitungan) (kp)*)
1	2	3	4	5	6	7
16	15,89	7	1,7	5,1	44	290
25	24,25	7	2,1	6,3	67	425
35	34,36	7	2,5	7,5	94	585
50	49,48	7	3,0	9,0	135	810
50	48,36	19	1,8	9,0	133	860
70	65,82	19	2,1	10,5	181	1150
95	93,27	19	2,5	12,5	256	1595
120	117,0	19	2,8	14,0	322	1910
150	147,1	37	2,25	15,7	406	2570
185	181,6	37	2,5	17,5	501	3105
240	242,5	61	2,25	20,2	670	4105
300	299,4	61	2,5	22,5	827	4850
400	400,1	61	2,89	26,0	1105	6190
500	499,8	61	2,23	29,1	1381	7600
625	626,2	91	2,96	32,6	1733	9690
800	802,1	91	3,35	36,8	2219	12055
1000	499,7	91	3,74	42,1	2766	14845

Karakteristik Listrik Hantaran Udara Aluminium Campuran (A2C)		Karakteristik Listrik Hantaran Udara Aluminium Campuran (A3C)	
Luas Penampang mm^2	KHA terus menerus A	Luas penampang mm^2	KHA terus menerus A
16	110	16	110
25	145	25	145
35	180	35	180
50	225	50	225
70	270	70	270
95	340	95	340
120	390	120	390
150	455	150	455
185	520	185	520
240	625	240	625
300	710	300	710
400	855	400	855
500	990	500	990
625	1.140	625	1.140
800	1.340	800	1.340
1000	1.540	1000	1.540

3.13. Perbaikan pada Travers yang miring

Cara pemeliharaan :

- ✓ Gunakan perkakas kerja sesuai kebutuhan.
- ✓ Gunakan peralatan K3 sesuai kebutuhan
- ✓ Padamkan listrik, yakinkan bahwa tegangan sudah tidak ada
- ✓ Pasang ground lokal pada ketiga kawat fasa..
- ✓ Bebaskan bebanisolator dari kawat dengan cara membuka kawat dari isolator
- ✓ Ikat ketiga kaweat dengan tambang dan tarik kawat dan ikatkatkan tambang pada tiang
- ✓ Kendorkan baut pengikat klem travers
- ✓ Luruskan posisi travers dan kencangkan baut pengikatnya
- ✓ Pasang kembali kawat pada isolator.
- ✓ Pasang binding wire
- ✓ Lepaskan kembali ground lokal

DAFTAR PUSTAKA

1. PT PLN (Persero), "Pemeliharaan Kubikel 20 kV Gardu Induk (B.1.1.2.60.3)", Pusdiklat, Jakarta, 2012.

2.PT PLN (Persero), "Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik Trafo Arus (No Dokumen: 2-22/HARLUR-PST/2009)", SK DIR PLN PUSAT No. 114.K/DIR/2010, Jakarta, 2010.

3 PT PLN (Persero), "Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik Trafo Tegangan (No Dokumen: 3-22/HARLUR-PST/2009)", SK DIR PLN PUSAT No. 114.K/DIR/2010, Jakarta, 2010.

4.PUIL 2011 (SNI 0225:2011)

5.PUIL 2000 (SNI 04- 0225:2000)

Soal Persyaratan K3 Pemeliharaan Instalasi Listrik,Perlengkapan Dan Peralatan Listrik Pada Bidang Distribusi Tenaga Listrik

1. Pemeliharaan gadu Distribusi meliputi :

a. Pekerjaa pemeriksaan

b. Pekerjaan pendeteksian

c. Pekerjaan Perbaikan dan penggantian peralatan ,dilakukan terjadwal maupun tidak terjadwal

d. Pernyataan diatas betul semua.

Jawaban : b

2. Tujuan dilakukan pemeliharaan adalah :

a. Untuk meningkatkan mutu dan keandalan system

b. Merupakan kegiatan rutin

c. Memenuhi persayaratan K3

d. Memenuhi syarat Laik Operasi

Jawaban : a

3. Pemeliharaan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan yang lebih parah dan untuk mempertahankan unjuk kerja jaringan agar tetap beroperasi dengan keandalan dan efisiensi yang tinggi

a. Pemeliharaan Preventip

b.Pemeliharaan Korektif

c. Pemeliharaan Rutin

d. Pemeliharaan Darurat

Jawaban :a

4. Pemeliharaan yang terencana dikarenakan faktor waktu, berdasarkan kondisi peralatan yang menunjukkan gejala kerusakan ataupun sudah terjadi kerusakan

a. Pemeliharaan Preventip

b.Pemeliharaan Korektif

c. Pemeliharaan Rutin

d. Pemeliharaan Darurat

Jawaban : b

5. Beberapa spesifikasi Circuit Breaker /CB / PMT (Pemutus) adalah :

a. Arus Kerja Maximum (Making Current)

b.Arus Pemutus Maximum (Rated Breaking Current)

c. Kapasitas Pemutusan (Rated Breaking Capacity)

d. Pernyataan diatas Benar Semua.

Jawaban : d

6. Hantaran Udara Aluminium jenis A3C adalah :

a. Kabel Berisolasi PVC

b.All Alloy Alumunium Conductor.

c.All Alumunium Conductor

d.All Allumunium Capacitance

Jawaban : b

7.Alat Ukur tahanan kontak pada pengukuran PMT menggunakan alat ukur :

a. Micro ohm meter
b. AVO Meter
c. Insulation Meter
d. Earth Tester
e. Jawaban : a

8.Alat Ukur untuk mengukur pembebanan trafo pada sisi sekunder trafo menggunakan :

a.Micro ohm meter
b.Tang Amper Meter
c.Insulation Meter
d.Earth Tester
Jawaban :b

9. Jenis kabel N2XSYBY 1 x 150 ,6/i0 (12) kV, menyatakan :

a. Kabel tanah inti tunggal inti Tembaga di pilin berisolasi XLPE, berselubung dalam PVC.

b.Berperisai pita aluminium dan berselubung luar PVC.

c. Tegangan pengenal 6/10kV (17,5) kV, luas penampang 150 mm2, berlapiskan pelindung kawat.

d. Pernyataan diatas benar semua

Jawaban :d

10.Jarak minimum aman kerja pada pemeriksaan jarigan keadaan bertegangan 20 kV untuk fasa dan bumi adalah .... m.

a. 50 b.60

c. 75 d.125

Jawaban :c

11. Berikut adalah peralatan proteksi gardu distribusi pasangan luar, kecuali ....

a. Fuse cut out 20 kV b.Grounding

c. Lighting Arrester d.NH Fuse

Jawaban :b

12.Jarak minimum pemasangan rumah transformator pada 2 sisi dinding adalah .... meter.

a. 0,75 b.1,00

c. 1,25 d.1,50

Jawaban : b

13. Pada waktu mengukur beban/arus di rel PHBTR , tang Amper (bukan digital) mempunyai pembacaan skala 0 – 100 A, rating diset pada posisi 300 A, pada saat mengukur di rel PHB jarum menunjuk pada skala 60 A, maka besarnya arus yang mengalir tersebut adalah :

a. 140 Amper b.160 Amper

c. 180 Amper d.200 Amper

Jawaban : c

14. Bila Amper meter pada panel TR system tiga fase masing-masing fase terbaca nilai 100 A, volt meter terbaca 380 V dan faktor daya (Cos φ meter) menunjuk pada skala 0,85 maka daya listrik yang digunakan adalah sebesar :

a. 50kW b.55,88 kW

c. 60 kW d.65,88kW

Jawaban : b

15. Data pada nameplat trafo distribusi, terbaca sebagai berikut :

315 kVA / 20 kV – 230/400 Volt - D / yn 5 :

a. Daya semu trafo 315 kVA

b. Tegangan pada sisi primer 20 kV

c. Kumparan primer dihubung delta dan kumparan sekunder dihubung bintang

d. a, b dan c semua benar

Jawaban : d

PT. Mandiri Maha Daya
Health & Safety Environment
Training Provider

MODUL
PELATIHAN K3 LISTRIK

K3 PERSYARATAN PEMASANGAN INSTALASI PERLENGKAPAN DAN PERALATAN LISTRIK DI PEMANFAATAN LISTRIK

K3 Persyaratan pemasangan instalasi perlengkapan dan peralatan listrik di pemanfaatan listrik

Tujuan :

1. Mengenal perlengkapan dan peralatan listrik instalasi pemanfaatan ketenagalistrikan.
2. Memahami dasar-dasar pemasangan instalasi listrik perlengkapan, peralatan listrik pemanfaatan ketenagalistrikan. sesuai dengan ketentuan dan standar yang telah ditetapkan.
3. Mengenal perlengkapan, peralatan listrik dan peralatan proteksi
4. Mengetahui prinsip kerja perlengkapan, peralatan listrik dan peralatan proteksi
5. Mampu membaca gambar instalasi listrik.
6. Memehami penggunaan alat ukur.
7. Memahami penggunaan Alat Pelindung Diri.

Landasan teori

1. Pengertian instalasi listrik dan Persyaratan Umum Instalasi Listrik

Instalasi listrik adalah sekumpulan perlengkapan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan listrik dari sumber menuju beban-beban listrik. PUIL (persyaratan umum instalasi listrik) merupakan dokumen SNI yang digunakan sebagai standar acuan dalam pemasangan, perawatan dan verifikasi instalasi listrik.

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

Hubungan antara instalasi listrik dan PUIL sendiri menurut Permen ESDM No 36 Tahun 2014 tentang SNI instalasi listrik menyatakan dalam pasal 1 yaitu memberlakukan SNI 0225:2011 mengenai PUIL 2011 dan SNI 0225 2011/Amd 1:2013 mengenai PUIL 2011 Amandemen 1 sebagai standar wajib. Standar wajib ini dilakukan dalam rangka meningkatkan keselamatan ketenagalistrikan.

Ruang lingkup dari PUIL yaitu kompleks publik. Kompleks itu mencakup kawasan dan semua fasilitas termasuk bangunan di atasnya. PUIL mencakup sirkit yang

disuplai pada voltase sampai dengan 1000 V a.b. atau 1500 V a.s. dengan frekuensi berkisar antara 50 Hz sampai 400 Hz.

2. Peraturan dan persyaratan tentang Sertifikat Laik Operasi dan riksa uji

Peraturan yang berkaitan dengan evaluasi sistem instalasi tenaga listrik diantaranya:

a. **Undang-undang No 30 Tahun 2009** tentang Ketenagalistrikan pada pasal 44.

   Instalasi tenaga listrik harus memenuhi ketentuan keselamatan ketenagalistrikan yaitu andal dan aman bagi instalasi, aman bagi manusia dan mahluk hidup dan ramah lingkungan (prinsip dasar instalasi listrik). Dengan cara pemenuhan standarisasi peralatan dan pemanfaat tenaga listrik, dan pengaman instalasi tenaga listrik. Setiap instalasi tenaga listrik wajib memiliki SLO dan memenuhi SNI.

b. **Peraturan Pemerintah No 14 Tahun 2012** tentang Kegiatan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik pada paragraf 4 pasal 45 dan 46.

   Instalasi pemanfaatan tenaga listrik terdiri atas instalasi pemanfaatan tenaga listrik tegangan tinggi, tegangan menengah dan tegangan rendah. Instalasi tenaga listrik yang beroperasi wajib memiliki SLO.

c. tentang **Permen ESDM No 10 Tahun 2016** Perubahan Atas Peraturan Menteri ESDM No 5 Tahun 2014 Tentang Tata Cara Akreditasi dan Sertifikasi Ketenagalistrikan, yaitu mata uji sertifikasi instalasi pemanfaatan tenaga listrik tegangan rendah

d. **Permenaker No 12 Tahun 2015** tentang K3 Listrik di Tempat Kerja pada Pemeriksaan dan Pengujian pasal 4, pasal 9 dan pasal 11.

   Pemeriksaan instalasi listrik dilakukan secara berkala paling sedikit satu tahun sekali.

   Pengujian instalasi listrik dilakukan secara berkala paling sedikit lima tahun sekali.

Persyaratan yang berkaitan dengan evaluasi sistem instalasi tenaga listrik diantaranya:

a. PUIL 2011

Bagian 1 Pendahuluan, Prinsip Fundamental dan Definisi.

Instalasi yang baru dipasang atau mengalami perubahan harus diperiksa dan diuji terlebih dahulu sesuai ketentuan mengenai resistansi insulasi, pengujian sistem proteksi dengan diskoneksi otomatis suplai dan pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik.

Instalasi listrik yang sudah memenuhi semua ketentuan tersebut dalam 131.8.2.1 dapat dioperasikan setelah mendapaat izin atau pengesahan dari instansi/lembaga

yang berwenang yang menyatakan laik operasi dengan syarat tidak boleh dibebani melebihi kemampuannya.

Pada ayat 132.13 dokumentasi untuk instalasi listrik menyatakan bahwa setiap instalasi listrik harus dilengkapi dengan dokumentasi yang memadai.

Pada ayat 134.3 verifikasi periodik menyatakan bahwa direkomendasikan bahwa setiap instalasi listrik dikenai verifikasi periodik.

Bagian 9 Pengusahaan Instalasi Listrik.

Pada ayat 9.4.3 menyatakan bahwa instalasi listrik yang selesai dipasang atau mengalami perubahan harus diperiksa dan diuji dahulu sebelum dialiri listrik. Pada ayat 9.4.4 untuk memudahkan pelayanannya, instalasi listrik harus disertai gambar instalasi. Dan pada ayat 9.5.6 Instalasi listrik harus diperiksa dan diuji secara periodik sesuai standar yang berlaku.

b. **IEC 60364-6** – *Verification* pada *clause* 6.5.2 *Frequency of periodic verification. Table* 6.1 – *Minimum values of insulation resistance.*

c. **IEEE Std 142** – *Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.* Ayat 4.1.3 menyatakan bahwa resistansi sistem pentanahan berada dalam rentang 1 sampai 5 Ω.

d. **ANSI/NETA MTS-2011** – *Standard for Maintenance Testing Specification for Electrical Power Equipment and Systems.* Ayat 7.3.2 Prosedur inspeksi dan pengujian kabel tegangan rendah (pengujian resistansi insulasi) beserta *Table* 100.1tentang *Insulation Resistance Test Values Electrical Apparatus and Systems*dan *Table* 100.14.1 tentang *Insulation Resistance Conversion Factors* (*20° C*). Ayat 7.13 tentang *Grounding Systems.*

SLO wajib dimiliki oleh instalasi pembangkit, transmisi, dan pemanfaatan tegangan rendah melalui pemeriksaan dan pengujian pada saat instalasi selesai dibangun, direkondisi, relokasi atau SLO telah habis masa berlakunya (masa berlaku SLO untuk instalasi pemanfaatan tenaga listrik tegangan rendah yaitu 15 tahun dan dapat diperpanjang)

Sehingga jika sudah diadakan pemeriksaan dan pengujian pada instalasi pemanfaatan tenaga listrik tegangan rendah maka LIT TR (lembaga inspeksi teknik tegangan rendah) dapat mengajukan permohonan untuk mendapatkan SLO.

3. Pemeriksaan Dan Pengujian Instalasi Listrik

Pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik menurut PUIL 2011 bagian 9 pengusahaan instalasi listrik ayat 9.4.3.2 dilakukan antara lain mengenai hal berikut:

a. Berbagai macam tanda pengenal dan papan peringatan.
b. Perlengkapan listrik yang dipasang.
c. Cara memasang perlengkapan listrik.
d. Polaritas, sesuai dengan 134.1.10 bagian 1.
e. Pembumian sesuai dengan 542 bagian 5-54. (Pada bagian pembumian)
f. Resistansi insulasi, sesuai dengan 61.3.3 bagian 6. (Pada bagian resistansi insulasi)
g. Kesinambungan sirkit.
h. Fungsi proteksi sistem instalasi listrik.

Ayat-ayat pada 134.1.10 Penandaan dan polaritas diantaranya:

1. 134.1.10.1 Setiap sirkit suplai, rel atau sirkit cabang pada titik sumbernya harus ditandai dengan jelas maksud penggunaannya dengan tanda yang cukup sekitarnya. Penandaan yang demikian itu diperlukan pula bagi setiap sarana pemutus untuk motor dan peranti listrik. Penandaan tidak diperlukan apabila maksud penggunaannya sudah jelas dari penempatannya.
2. 134.1.10.2 Konduktor proteksi dan konduktor netral harus bisa diidentifikasi dengan warna.
3. 134.1.10.3 Sakelar dipasang sehingga kedudukan kontak semua tuas sakelar atau tombol sakelar dalam satu instalasi sebaiknya seragam arahnya, misalnya akan menghubung jika tuasnya didorong ke atas atau tombolnya ditekan.
4. 134.1.10.6 Kotak kontak fase tunggal, baik yang berkutub dua maupun tiga harus dipasang sehingga kutub netralnya ada disebelas kanan atau di sebelah bawah kutub voltase.

Pengujian yang dilakukan yang disyaratkan tidak boleh tersambung dengan sumber listrik adalah pengujian insulasi instalasi listrik.

Hal yang paling penting dilakukan dalam pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik yaitu mengetahui kualitas dari insulasi instalasi listrik tersebut. Semakin lama insulasi tersebut terpasang dan digunakan maka kualitas dari insulasi tersebut akan terus menurun.

Maka dari itu verifikasi periodik dilakukan dengan pemeriksaan rinci instalasi tanpa pembongkaran, atau dengan pembongkaran sebagian jika disyaratkan, dan ditambah pengujian. Dengan maksud untuk memberikan:

a. Keselamatan orang dan ternak terhadap efek kejut listrik dan luka bakar;
b. Proteksi terhadap kerusakan pada harta benda karena kebakaran dan panas yang timbul dari kerusakan instalasi;
c. Konfirmasi instalasi tidak rusak atau memburuk sehingga mengurangi keselamatan;
d. Identifikasi kerusakan instalasi dan penyimpangan dari persyaratan standar yang dapat menimbulkan bahaya.

Kekerapan verifikasi periodik bagi instalasi harus ditentukan berkaitan dengan jenis instalasi dan perlengkapan, penggunaan dan operasinya, kekerapan dan mutu pemeliharaan serta pengaruh eksternal yang mengenainya.

Contoh SLO

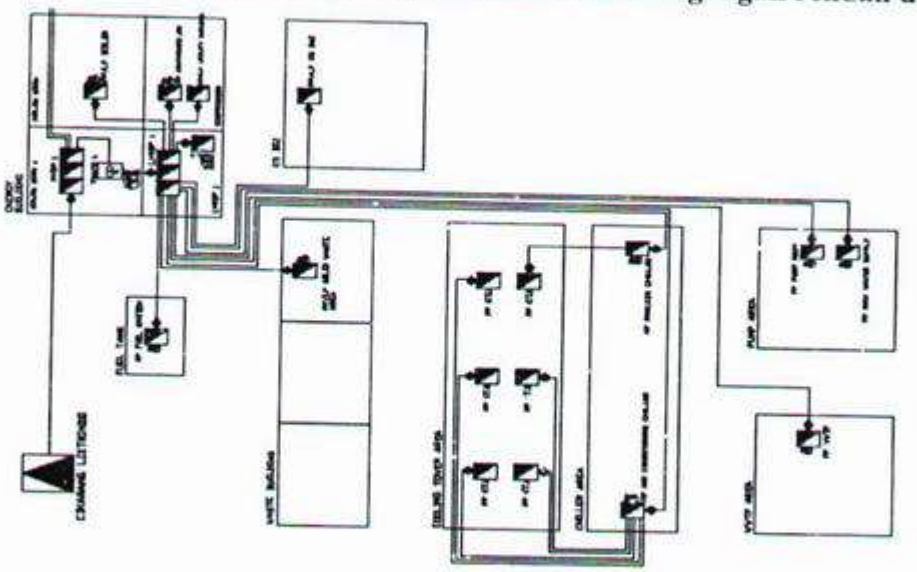
PT. SERKOLINAS AMAN NUSANTARA
KANTOR PELAYANAN WILAYAH JAWA TIMUR
UNIT PELAYANAN SUR.-BAYA
A 300811
SERTIFIKAT LAIK OPERASI
LAIK OPERASI

Pemasangan perlengkapan dan peralatan instalasi listrik

1.Perlengkapan hubung bagi

Perlengkapan hubung bagi dan kendali merupakan perlengkapan listrik yang dimaksudkan untuk dihubungkan ke sirkit listrik dan mendistribasikan arus listrik untuk keperluan melaksanakan satu fungsi atau lebih, berikut: proteksi, kendali, isolasi, penyakelaran *switchgear* dan *controlgear*. IEV 826-16-03.

Gambar satu garis sistem jaringan instalasi listrik tegangan rendah dan PHB



Susunan PHB pada instalasi pemanfaatan (tegangan rendah 380 V/ 220V)

1. LVMDP (low voltage main distribution panel)
2. SDP (sub distribution panel)
3. SSDP (sub sub distribution panel)
4. PHB kontrol

Pemasangan Perlengkapan dan Peralatan pada PHB :

Pemilihan PHB didasarkan pada:

a. Kemampuan dari berbagai komponen untuk melakukan fungsi dasar.

b. Besar arus yang akan mengalir masuk dan keluar di PHB tersebut

   1. Peringkat arus rel
   2. Peringkat arus saluran masuk
   3. Peringkat arus saluran keluar
   4. Peringkat kemampuan rel dalam menangani arus hubungan singkat

c. Proteksi dan instalasi, kriteria pengaman dan pemasangannya yaitu antara lain

   1. Tingkat proteksi
   2. Metode instalasinya
   3. Bahan selungkupnya

Pada PHBK ada beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya:

a. Penataan PHBK

Pemeriksaan penataan PHBK, dilakukan dengan memeriksa kesesuai letak PHB dengan standar PUIL 2011. Dijelaskan bahwa PHB harus ditata dan dipasang sedemikian rupa pada ruangan yang cukup leluasa sehingga terlihat rapih dan

teratur juga mudah dalam pemeliharaan dan aman serta bagian yang pentingnya mudah untuk dicapai. Untuk komponen yang memerlukan pelayanan pada waktu kerjanya, harus dapat dilayani dengan mudah dan aman tanpa bantuan alat. Bila letak dari beberapa PHBK berdekatan dan mempunyai sumber yang sama sedapat mungkin ditata dalam satu kelompok. (511.2.1.1; 511.2.1.3; 511.2.1.2; dan 511.2.1.6)

Penyambungan saluran masuk dan saluran keluar pada PHB harus menggunakan terminal agar penyambungan menjadi mudah, teratur dan aman terkendali terkecuali bila komponen tersebut letaknya dekat saluran keluar atau masuk. Terminal kabel kendali dan terminal saluran daya letaknya terpisah. (511.2.1.4; dan 511.2.1.5)

b. Ruang pelayanan

Perlengkapan listrik seperti PHBK atau peralatan listrik lain harus disusun sedemikian sehingga terpenuhi keperluan:

1. Ruangan yang memadai untuk pemasangan awal dan penggantian setiap jenis individu perlengkapan listrik.
2. Akses untuk operasi, inspeksi dan deteksi gangguan, pengujian, pemeliharaan, dan perbaikan. (131.12.1)

Disekitar PHB harus terdapat ruang yang cukup luas sehingga dapat mudah dan aman dalam pemeliharaan, pemeriksaan, perbaikan, pelayanan dan lalulintas. Serta ruang pelayanan untuk PHB tersebut sekurang-kurangnya memiliki lebar 0,75 m dan tingginya 2 m. Dan disekitar PHB juga tidak boleh diletakkan barang yang mengganggu kebebasan bergerak. Serta PHB tersebut harus memiliki pencahayaan yang cukup dan dilengkapi dengan tanda pengenal seperlunya serta PHBK tersebut harus dipasang di tempat yang jelas terlihat dan mudah dicapai. (511.2.2.1; 511.2.2.2; 511.2.2.5; dan 511.2.2.6)

c. Penandaan

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

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

Dipasang pengenal yang jelas pada sirkit arus PHBK agar memudahkan pelayanan dan pemeliharaan. Seperti tiap konduktor fase, konduktor netral, dan konduktor proteksi dapat dibedakan dengan mudah. Gambar bagan sirkitpun perlu dipasang. (511.2.3.1; 511.2.3.2; dan 511.2.3.3)

Terminal alat kendali harus diberi tanda atau lambang yang jelas dan mudah dilihat sehingga memudahkan pemeriksaan PHB yang ada alat kendalinya harus dilengkapi dengan gambar dan penjelasan secukupnya. Serta ada tanda pengenal dan keterangan yang jelas dan mudah dilihat sehingga memudahkan pelayanan dan tanda tersebut tidak mudah terhapus. (511.2.3.4 s/d 511.2.3.7)

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

d. Pengelompokan sirkit beban

Pada PHBK yang mempunyai banyak sirkit keluar fase tunggal, dan fase tiga, baik untuk instalasi listrik tenaga maupun instalasi listrik pencahayaan harus dikelompokan sehingga kelompok perlengkapan instalasi listrik tenaga terpisah dari kelompok perlengkapan instalasi listrik pencahayaan. Dan kelompok perlengkapan fase tungga dan fase tiga merupakan kelompok sendiri-sendiri yang terpisah. (511.2.5)

Macam pemasangan perlengkapan dan peralatan

1. Lampu tanda
2. Alat ukur (mettering)
3. Saklar pilih
4. Peralatan proteksi tegangan sentuh tak langsung
5. Peralatan proteksi tegangan sentuh langsung.
6. Penandaan dan pada CB, kabel (marking, teging)
7. Penandaan pada kabel feeder dan kabel beban.
8. Kode warna kabel dan bus bar.
9. Terminasi, penyambungan, pada bus bar,CB,line up terminal,
10. Pemasangan Cable gland, Hantaran masuk dan keluar.
11. Pemasangan hantaran pembumian (Tipe Grounding sistem)

12. Melakukan pengujian resistansi isolasi
13. Pemasangan tanda bahaya.
14. Pemasangan /kode nama PHB.

Pemasangan peralatan proteksi listrik

1. Peralatan proteksi Arus beban lebih dan arus hubung singkat, CB

merupakan peralatan pengaman terhadap arus lebih yang berfungsi untuk mengamankan beban listrik (mis, motor listrik) jika terjadi arus lebih pada beban tersebut. pemilihan arus pengenal, setinggi-tingginya 115% dari arus pengenal beban, pemasangan CB Juga merupakan peralatan pengaman terhadap arus hubung pendek pada jaringan instalasi atau beban.

Arus pengenal proteksi hubung singkat juga dikoordinasikan dengan KHA kabel. KHA kabel (Iz) sesuai SNI 0225:2011,ayat 510.5.3.1 yaitu 125 % arus pengenal beban penuh (IB). Ayat 433.1 atau IEC 60364-4-43 *clause* 433.1 yaitu :

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

Dengan:

I_B adalah arus beban

Iz adalah KHA kabel (lihat Ayat 523);

I_N adalah arus pengenal peralatan proteksi

Perhitungan arus beban berdasarkan rumus daya listrik, dimana :

Arus daya listrik bolak-balik (ac)

1 Phasa..... $P = V \times I \times \cos \Phi$

Sehingga ; $I = P / V \times \cos \Phi$

3 Phasa .....$P = V \times I \times \sqrt{3} \cos \Phi$

Sehingga ; $I = P / V \times \sqrt{3} \times \cos \Phi$

Pemilihan, proteksi..... CB = In x 115 %

Pemilihan KHA kabel.....KHA= In x 125 %

Klas kurva pemutusan CB

Tabel Trip arus gangguan CB [SNI 04-6507.1-2002]

Tipe	Pemutusan (trip) arus gangguan
B	Diatas 3 In sampai dengan 5 In
C	Diatas 5 In sampai dengan 10 In
C_L	Diatas 4 In sampai dengan 8 In
D	Diatas 10 In sampai dengan 20 In

Lalu ada jenis-jenis lainnya dari circuit breaker berdasarkan waktu pemutusannya yaitu:

Tabel Proteksi Hubung Pendek untuk CB Tegangan Rendah

Jenis CB	Proteksi *Short-circuit*	Digunakan
H	$2{,}5In \leq Im \leq 3In$	Pengaman instalasi penerangan
L	$4In \leq Im \leq 6In$	Pengaman instalasi kabel
G	$8In \leq Im \leq 11In$	Pengaman motor (*rating* besar)

Pemasangan CB Menurut Jenis beban yang dipasang

Tipe Trip	Jangkauan trip *Short-Circuit* (<0,1 s)	Tipe Beban	Jenis Beban BS EN 60898-1
B	3In – 5In	Resistif	*Heaters, showers, cookers, socket outlets.*
C	5In – 10In	Induktif	*Motors, general lighting circuits, power supplies.*
D	10In – 20In	*High Inductive*	*Transformers, motors, discharge lighting circuits, computers.*

Circuit Breacker (pemutus circuit)/Pembatas, menurut jenisnya :

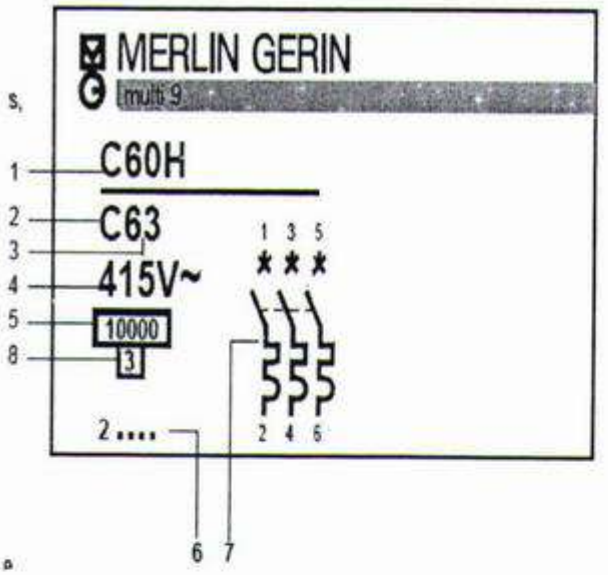
1. MCB
2. MCCB
3. ACB
4. OCB
5. VCB
6. GCB

Khusus untuk MCB maksimum ratting amper yang tersedia $\leq$ 63 A, sebab MCB tidak memiliki peredam busur api (sparck) oleh karenanya dibatasi max 63 A dan dalam pemasangan harus diperhatikan terminasi hantaran masuk dan hantaran keluar untuk menghindari terjadinya busur api.

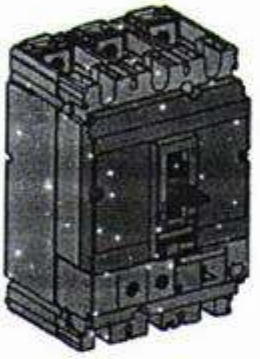
1. MCB (*Miniature Circuit-Breakers*)

Keterangan :

1. Kode Pabrikan model MCB
2. Jenis *Tripping curve* MCB
3. *Rating* arus pengaman MCB
4. Tegangan kerja MCB
5. *Breaking Capacity* MCB
6. *Standar mcb*
7. Simbol *proteksi MCB*
8. Karakteristik arus MCB



2. MCCB (*Moulded Case Circuit-Breakers*)

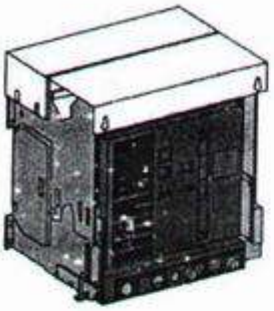


Gambar MCCB

MCCB mempunyai pengaturan proteksi yang sudah ditentukan atau yang dapat disesuaikan, biasanya pegangan sakelar memberiksan tiga posisi yaitu indikasi ON-OFF-Tripped ditambah fungsi reset, dan tingkat kerja relatif terhadap suplai yang masuk sehingga dapat dipasang pada titik yang dekat dengan suplai transformator.

In (*typical current rating*) dari 16 A sampai 1600 A meskipun tersedia hingga 3200A. I_{SCB} (*short-circuit ratings*) memungkinkan hingga 100 KA. Kinerja dan pengujian sesuai dengan BS EN 60947-2.

3. ACB (*Air Circuit-Breakers*)



Gambar ACB

ACB biasanya digunakan untuk proteksi utama *incoming* dan mempunyai mekanisme *spring-operated* untuk membuka dan menutup perangkat dengan diisi oleh motor internal. Pengaturan proteksi termasuk *time delays* dan perangkat akan mempunyai nilai *short-time withstand* untuk memberikan *full discrimination* dibawah kondisi gangguan dengan perangkat proteksi *downstreams.*

In (*typical current rating*) dari 630 A sampai 6300 A. I_{SCB} (*short-circuit ratings*) memungkinkan hingga 150 KA. Kinerja dan pengujian berdasarkan BS EN 60947.

Tabel ratting Arus CB

MCB	MCCB	ACB
1	16	80
4	25	100
6	32	125
10	40	150
16	50	175
20	63	200
25	80	250
30 – 32- 35	100	300
40	125	400
50	150	500
63	200	630
-	250	800
	300	1000
	400	1250
	500	1500
	630	1630

	800	2000
	1000	2500
	1250	3000
	1500	3250
	1630	
	2000	

Karakteristik dasar dari pemutus sirkuit diantaranya:

a. Pengenal tegangan (Ue)

Merupakan tegangan dimana CB telah dirancang untuk beroperasi, dalam kondisi normal (tidak terganggu).

b. Pengenal arus (In)

Merupakan nilai maksimum dari arus yang dapat diputus atau diamankan oleh CB, dilengkapi dengan *specified overcurrent tripping relay,* pada suhu sekitar yang ditentukan oleh pabrikan, tanpa melebihi batas suhu yang ditentukan dari komponen pembawa arus.

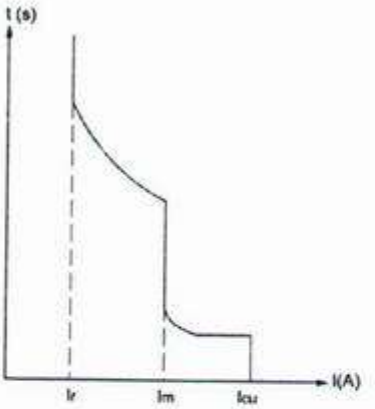
c. Rentang pengaturan *tripping-current-level* untuk proteksi beban lebih (Ir atau Irth) dan proteksi hubung pendek (Im)

Dalam rangka menyesuaikan CB dengan persyaratan sirkuit yang diamankannya, dan untuk menghindari memasang kabel yang terlalu besar, *trip current* dapat disesuaikan.

Ir atau Irth merupakan arus yang jika melewati nilai tersebut maka akan menyebabkan pemutusan sirkuit. Ini juga mewakili arus maksimum yang dapat dibawa pemutus sirkuit tanpa *trip.*

d. Pengenal *short-circuit current breaking* (Icu untuk tipe CB industri dan Icn untuk tipe CB domestik)

Dimaksudkan untuk memutuskan dengan CB secara cepat pada saat terjadinya nilai arus gangguan yang tinggi.



Gambar II. 1*Tripping curve thermal magnetic* CB

Tabel rentang Pemutusan Arus Overload dan Proteksi Hubung Pendek untuk CB Tegangan rendah

	Tipe Proteksi Relay	**Proteksi *Overload***	**Proteksi *Short-Circuit***		
Domestic Breakers IEC 60898	*Thermal-magnetic*	Ir = In	*Low setting type* B 3In ≤ Im ≤ 5In	*Standard setting type* C 5In ≤ Im ≤ 10In	*High setting circuit type* D 10In ≤ Im ≤ 20In
Modular Industrial CB	*Thermal-magnetic*	Ir = In *fixed*	*Low setting type* B *or* Z 3,2In ≤ *fixed* ≤ 4,8In	*Low setting type* C 7In ≤ *fixed* ≤ 10In	*Low setting type* D *or* K 10In ≤ *fixed* ≤ 14In
Industrial CB IEC 60947-2	*Thermal-magnetic*	Ir = In *fixed*	*Fixed:* Im = 7 – 10In		
		*Adjustable*0, 7In ≤ Ir ≤ In	*Adjustable:* - *Low setting:* 2 – 5In - *Standard setting:* 5 – 10In		

2. Pemasangan hantaran (kabel) listrik

Kabel merupakan suatu perlengkapan listrik yang bersifat dapat mengalirkan arus listrik dari satu titik ke titik yang lain.

Dalam pemilihan jenis kabel yang akan digunakan dalam suatu instalasi dan luas penampang yang dipasang, ditentukan berdasarkan kurang lebih 5 pertimbangan diantaranya:

1. Kapasitas Hantar Arus

Menentukan KHA konduktor atau penghantar bergantung pada nilai arus beban yang akan melewati penghantar tersebut. Arus beban yang akan melewati suatu penghantar dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

Untuk arus bolak-balik tiga fasa:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} x V x \cos \varphi} A$$

Dimana:
I = Arus beban (A)
P = Daya aktif (W)
V = Tegangan (V)
Cos φ = Faktor daya

Setiap konduktor harus mempunyai KHA yang ditentukan dengan memenuhi persyaratan.

Persyaratan pada sirkit motor yang menyuplai motor tunggal, KHA penghantar tidak boleh kurang dari 125% arus pengenal beban penuh.

Bila menyuplai dua motor atau lebih, tidak boleh kurang dari jumlah arus beban penuh semua motor tersebut ditambah 25% dari arus beban penuh motor yang terbesar dalam kelompok tersebut.(510.5.3.1 dan 510.5.3.2)

Tabel KHA Kabel Trifase 3 dan 4-inti Berinsulasi dan Berselubung PVC dengan Voltase Pengenal 0,6/1KV (1,2KV) Pada Suhu 30°C

C.S.A (mm^2)	SNI 0225:2011 (A)		Kabelmetal (A)		Kabelindo (A)	
	Tanah	Udara	Tanah	Udara	Tanah	Udara
1,5	26	18,5	27	22	24	18
2,5	34	25	35	29	32	25

Tabel KHA Kabel Trifase 3 dan 4-inti Berinsulasi dan Berselubung PVC dengan Voltase Pengenal 0,6/1KV (1,2KV) Pada Suhu 30°C

C.S.A (mm^2)	SNI 0225:2011 (A)		Kabel metal (A)		Kabelindo (A)	
	Tanah	Udara	Tanah	Udara	Tanah	Udara
4	44	34	46	39	41	34
6	56	43	57	50	52	44
10	75	60	77	68	69	60
16	98	80	99	90	89	80
25	128	106	128	121	116	105

Luas penampang konduktor atau penghantar dalam instalasi listrik arus bolak-balik tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan dalam tabel luas minimum konduktor. (52.1)

Jenis sistem perkawatan		Penggunaan sirkit	Konduktor	
			Bahan	Luas Penampang mm^2
Instalasi tetap	Kabel dan konduktor berinsulasi	Sirkit daya dan pencahayaan	Tembaga	1.5
			Alumunium (Catatan 1)	Selaras dengan standar kabel SNI IEC 60228 (10 mm^{-2})
		Sirkit sinyal dan kendali	Tembaga	0.5 (lihat catatan 2)
	Konduktor telanjang	Sirkit daya	Tembaga	10
			Alumunium	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*
		Sirkit voltase ekstra rendah untuk penerapan khusus		0,75

Catatan 1 Konektor yang digunakan untuk terminasi konduktor alumunium harus diuji dan disahkan untuk penggunaan spesifik ini.
Catatan 2 Pada sirkit sinyal dan kendali yang dimaksudkan untuk perlengkapan elektronik, diizinkan menggunakan luas penampang minimum 0,1 mm^2.
Catatan 3 Untuk pesyaratan khusus untuk pencahayaan ELV lihat IEC 60364-7-715
Catatan 4 Tidak diadopsi
Catatan 5 Tidak diadopsi
* Pada kabel fleksibel multi inti berisikan tujuh inti atau lebih, berlaku Catatan 2.

Seperti yang dapat dilihat pada tabel diatas, luas penampang konduktor untuk instalasi daya (tenaga) dan pencahayaan yang memiliki bahan tembaga memiliki luas sekurang-kurangnya 1,5 mm^2.

Pada SNI 0225:2011 ayat 2.6.2 yaitu Penampang sirkit cabang harus memperhitungkan semua beban sirkit akhir yang terhubung padanya. Direkomendasikan sebaiknya penampang sirkit cabang minimum 4 mm2 untuk mengantisipasi kebutuhan beban yang akan datang.

Jenis hantaran listrik (kabel)

Jenis kabel listik

a. NYA

Kabel Jenis NYA

Tersedia dalam warna *yellow/green strip, light blue, black, yellow* dan *red.* Bisa di aplikasikan di dalam konduit atau dipasang di lokasi yang kering.

NYA untuk hantaran pejal dan NYAF untuk hantaran serabut (kabel kontrol)

b. NYM

Kabel Jenis NYM

Dapat diaplikasikan pada instalasi permanen dalam konduit di bawah *plaster* atau dipasang di tempat yang kering.

NYM untuk hantaran pejal dan NYMHY untuk hantaran serabut (kabel fleksibel)

c. NYY

Kabel Jenis NYY

Dapat diaplikasikan pada instalasi *indoor* maupun *outdoor* atau berbaring di tanah dimana tidak akan menyebabkan kerusakan mekanikal.

NYM untuk hantaran pejal dan NYMHY untuk hantaran serabut (kabel fleksibel)

Pemilihan penghantar

- Kapasitas hantar arus
- Kondisi suhu
- Susut tegangan
- Kondisi lingkungan
- Kekuatan mekanis
- Kemungkinan perluasan

Konstruksi kabel

Tabel 1.2. Daftar Konstruksi Kabel Instalasi dan Penggunaannya

Jenis Kabel	Tegangan Nominal	Jumlah Inti	Luas Penampang	Penggunaan
Thermo Plastik NYFA , NYFAF NYFAZ, NYFAD	230/400 V	1 , 3 dan 4 2 dan 3	0,5 dan 0,75	Untuk pasangan tetap di dalam dan pada lampu
Thermo Plastik tahan Panas sampai 150 0C NYFAw , NYFAFw NYFAZw , NYFADw	230/400 V	1 , 3 dan 4 2 dan 3	0,5 – 1,0 0,5 dan 0,75	Untuk pasangan tetap di dalam dan pada lampu Kabel Rumah
Thermo Plastik NYA dan NYAF	400/690 V	1	0,5 – 400	Dalam pipa yang dipasang di atas atau di dalam plesteran. Atau Pasangan terbuka pada isolator di atas plesteran di atas jangkauan tangan, dalam alat listrik dan lemari hubung bagi
Kabel Thermo plastik khusus NSYA , NSYAF NSYAW	400/690 V	1	1,5 – 400	sda
Kabel Lampu Tabung thermo plastik NYL	4000 - 8000	1	1,5	Hanya di dalam pipa baja dalam udara atau di bawah plesteran.Dalam lampu reklame dan kendaraan
Kabel thermo plastik pipih NYIF NYIFY	230/400 V	2 ... 5	1,5 .. 2,5	Di dalam dan di bawah plesteran, dalam kamar mandi dan di celah-celah dinding tanpa plesteran
Kabel gantung thermo plasti k tahan panas NYPLY	230/400 V	2 .. 4	0,75	Untuk lampu gantung

Kelas tegangan kabel

- Tegangan pengenal kabel dibedakan dalam tingkatan sebagai berikut :

  (i) Kabel Tegangan Rendah : 230/400 (300) V, 300/500 (400) V, 400/690 (600) V, 450/750 (690) V, 0,6/1 kV (1,2 kV)

  (ii) Kabel Tegangan Tinggi : 3,6/6 kV (7,2 kV), 6/10 kV (12 kV), 8,7/15 kV (17,5 kV),

  12 / 20 kV (24 kV) dan 18/30 kV (36 kV)
- Nilai tegangan pengenal dalam tanda kurung adalah nilai tegangan kerja tertinggi untuk perlengkapan yang diperbolehkan untuk kabel.
- Lapisan pelindung elektris kabel tidak boleh digunakan sebagai penghantar netral, akan tetapi boleh d ihubungkan dengan penghantar netral atau dibumikan.
- Untuk mencegah bahaya korosi haruslah digunakan kabel tanah yang mempunyai lapisan selubung luar yang terbuat dari bahan thermoplastic, atau bahan lain yang setaraf. Lapisan ini juga berfungsi sebagai pelindung pada saat pemasanagan.
- Kabel berisolasi yang dipasang di sekitar bangunan direntangkan di antara tiang-tiang khusus tanpa isolator atau pada alat pemegang khusus.

Pemasangan hantaran (Kabel) Instalasi Listrik

- **Pemasangan dalam ruang**

  Pemasangn kabel untuk keperluan instalasi daya dan instalasi penerangan dapat dilakukan dalam beberapa cara, yaitu :

Pemasangan Instalasi listrik terbuka

Pemasangan instalasi terbuka, kabel instalasi atau pipa kabel dan perlengkapan saklar, kotak kontak/armatur lampu serta kotak pencabangan diletakan atau dipasang diatas permukaan plesteran tembok atau dinding ruang dengan menggunakan klem klem pipa/kabel. Cara ini biasanya digunakan di dalam ruang yang lembab.

Pemasangan Instalasi listrik di dalam kanal kabel

- Kanal kabel untuk meletakkan kabel instalasi listrik (Instalasi penerangan atau Instalasi daya di dalam ruang kerja atau tepat tinggal. Terbuat dari bahan isolasi berkualitas tinggi dan tahan panas. Pada kedua sisi dinding kanal tertutup rapat (tidak berlubang) dan memenuhi estetika.

  Kanal kabel instalasi ini dapat digunakan secara horizontal dipasang di sekeliling dinding ruang atau di atas plafon, dipasang secara vertikal di dinding dan digantung di atap atau langit-langit ruang. Pemasangan dan pemeliharaan serta modifikasi, instalasi listrik dengan menggunakan kanal kabel seperti ini dapat dilakukan dengan cepat tanpa merusak tembok dinding.

Pemasangan Instalasi listrik di dalam tembok (in bouw)

- Pemasangan instalasi listrik didalam tembok, maka baik pipa dan perlengkapan instalasi maupun kabel harus masuk ke dalam susunan bata. Oleh karena itu perlu pekerjaan pembuatan alur pada susunan bata sepanjang lintasan kabel atau pipa.Pemasangan instalasi dapat pula dilakukan tanpa membuat alur pada susunan bata tetapi langsung dipasang di atas permukaan bata di bawah plesteran.

Peasangan dan penyambungan Kabel Tanah

Tidak seperti kabel instalasi untuk pasangan di atas permukaan, maka pemasangan dan penyambungan kabel tanah disamping harus kokoh dan kuat juga memerlukan persyaratan tambahan, yaitu harus tahan terhadap adanya rembesan air yang dapat masuk ke dalam titik sambungan. Untuk itu maka persambugan kabel tanah harus diletakkan di dalam suatu cetakan (Mob) yang kemudian dapat diisikan bahan isolasi jenis resin ke dalam Mob tersebut.

- **Uji resistansi Isolasi pada hantaran listrik (kabel)**

- Tujuan :

  1. Mengetahui instalasi terpasang tidak terjadi hubung singkat

  2. Mengetahui kondisi kabel bocor/ tersambung dengan badan peralatan

- Alat ukur :

  Insullation Tester

Cable Rating	DC Test Voltage
24V – 50V	50V – 100V
50V – 100V	100V – 250V
100V – 240V	250V – 500V
440V – 550V	500V – 1000V
2400V	1000V – 2500V
4100V	2500V – 5000V

- Standar SNI 2011

  tegangan kerja 250 Vac....R= > 0,5 M Ohm

  tegangan kerja 380 Vac....R= > 1 M Ohm

Titik uji

R - N ; R - PE...(TEG, 220 V) ; R – S.....(380 V)

S - N ; S – PE ,, ; S – T ,,

T - N ; T- PE ,, ; R – T ,,

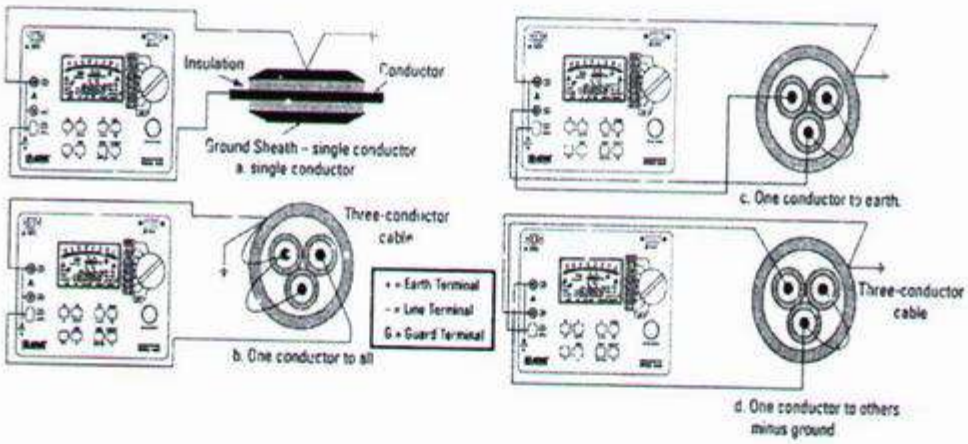
N – PE

RESISTAN ISOLASI

PANEL	R-S	R-T	T-S	R-N	R-G	S-N	S-G	T-N	T-G	N-G
P1- P1.1										
p1-P1.2										
P1-P1.3										
P1.P1.4										
P1.P1.5										
P1-P1.6										

1000 Ohm /Volt (diruang normal)

6/13/2020



Cable Trays

- Biasanya kabel feeder diletakkan pada cable tray (kanal kabel) yang tergantung pada langit-langit atau menempel pada dinding. Pada area lantai pabrik, dimana tidak ada gudang di bawah tanah, dapat dibuatkan lantai palsu atau parit setinggi setengan meter untuk mempermudah meletakkan kabel.

- Pastikan pada cable trays terpasang hantaran pembumian

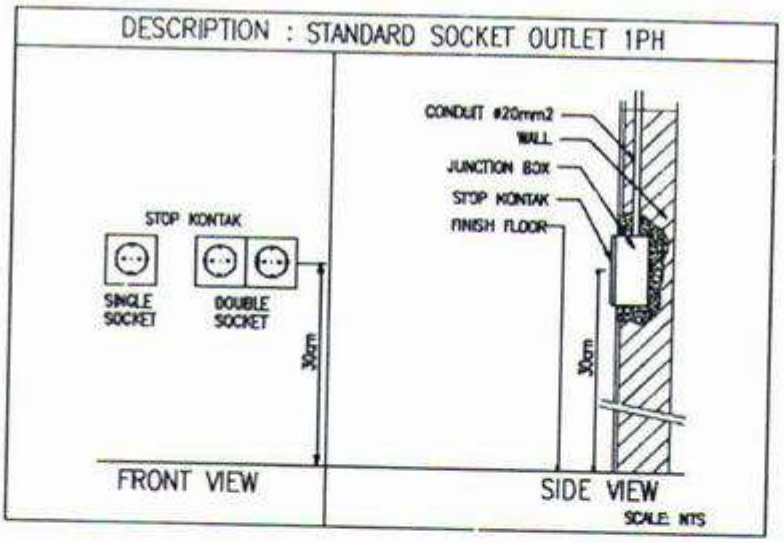
Pemasangan Perlengkapan Instalasi listrik

Perlengkapan instalasi listrik :

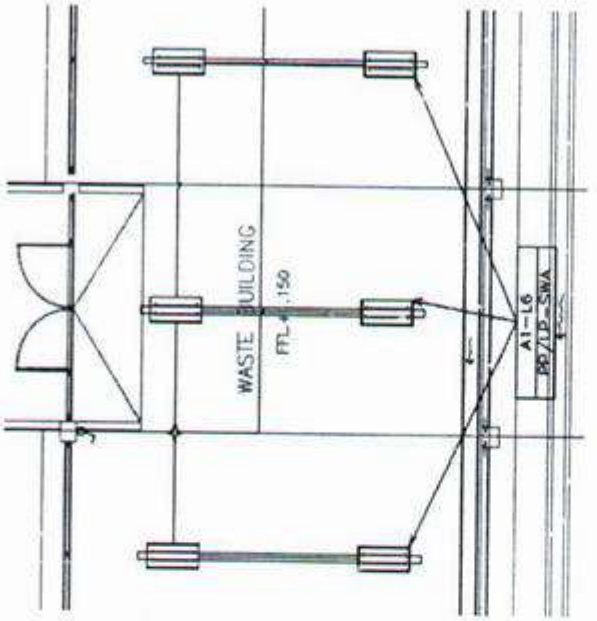
- Saklar
- Kotak kontak
- Armatur Lampu

- Pipa listrik dan kelengkapannya
- Terminal hubung
- Penandaan (tagging)

Contoh, pemasangan Instalasi kotak kontak (Socket Outlet)



Instalasi Penerangan



Pemasangan instalasi Motor listrik

1. Pemasangan instalasi motor listrik diantaranya menyangkut jenis kendali motor

   antara lain :

   a. Kendali hubungan bintang

      - Direck On line (DOL)

      - Forward and reverse

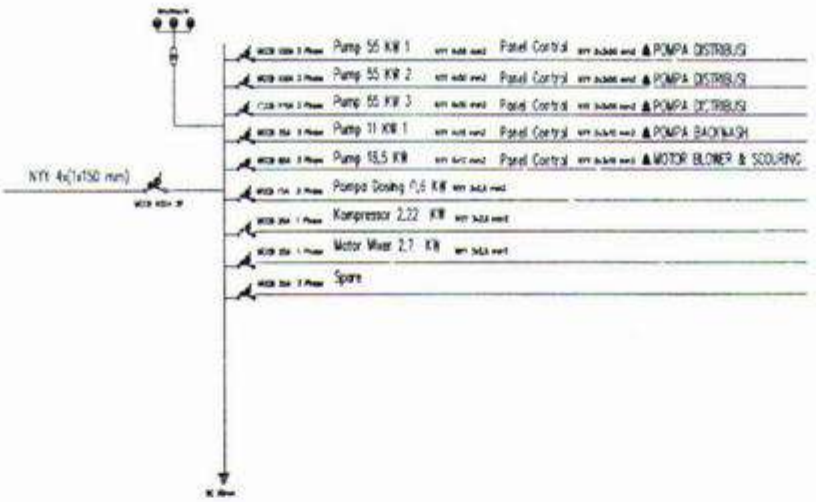
   b. Kendali hubungan bintang segitiga

   c. Kendali motor dua kecepatan, dll

1. Standar kabel yg digunakan jenis NYY minimal dengan luas penampang 2,5 mm2

2. Perlengkapan kendali terdiri dari :

- Pemutus CB
- Kabel power dan kontrol
- peralatan kendali kontaktor
- perlengkapan saklar tekan
- perlengkapan lampu indikator
- Proteksi arus lebih (Thermal overload relay)
- Proteksi pembumian (Grounding)



Peralatan kendali Kontaktor

Kontaktor adalah saklar elektromagnetik yang digunakan pada instalasi listrik kontrol khususnya mengendalikan motor sesuai desainnya, sistem kendali dimaksud.

Klas kontaktor terdiri dari :

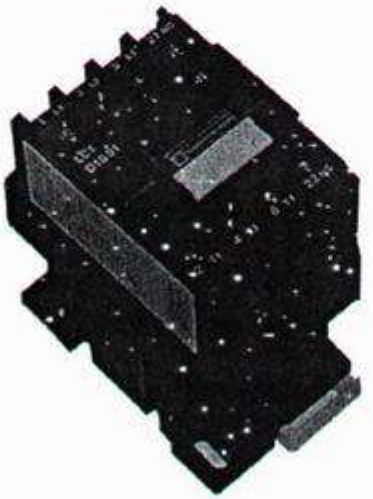
AC 1 diperuntukan pada beban penerangan

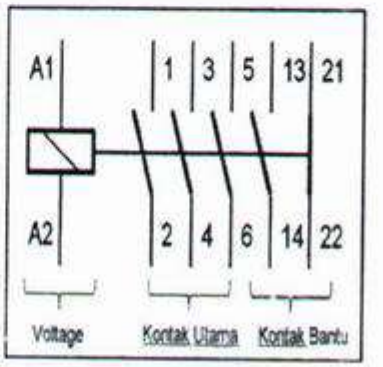
AC 2 diperuntukan pada sistem kendali jenis DOL

AC 3 diperuntukan pada sistem kendali jenis bintang segitiga

AC 4 diperuntukan pada sistem kendali jenis forward and reverse,

Swching dan plugging.





Pemeriksaan berkala

Pemeriksaan secara berkala untuk sambungan motor yang benar dan peralatan yang digerakkan. Sambungan yang tidak benar dapat mengakibatkan sumbu as dan *bearings* lebih cepat aus, mengakibatkan kerusakan terhadap motor dan peralatan yang digerakkan.

Dipastikan bahwa kawat pemasok dan ukuran kotak terminal dan pemasangannya benar

Sambungan-sambungan pada motor dan *starter harus diperiksa untuk meyakinkan* kebersihan dan kekencangnya. Penyediaan ventilasi yang cukup dan menjaga agar saluran pendingin motor bersih untuk membantu penghilangan panas untuk mengurangi kehilangan yang berlebihan.

Umur isolasi pada motor akan lebih lama: untuk setiap kenaikan suhu operasi motor 10 derajat C diatas suhu puncak yang direkomendasikan,

Uji Resistansi belitan Motor

- **Tujuan :**

  _ Untuk mengetahui kondisi resistansi belitan

  _ Untuk mengetahui adanya arus bocor

  – Untuk mengetahui kelayakan kondisi motor listrik,

  – Memperpanjang masa pakai(Life)motor listrik.

Alat ukur :

Insullation tester

Pengujian

- Standar uji IEEE 43-2000 Tabel uji

  Belitan U1 – badan motor, ground

  V1 - badan motor, ground

  W1- badan motor, ground

Standar hasil pengukuran : R=> 1,38 M Ohm, teg kerja motor 380 V

: R=> 1,22 M Ohm, teg kerja motor 220 V

Uji Polarisasi Index (PI)

- Tujuan :

  – Untuk mengetahui kelayakan kondisi motor listrik,

  – Memperpanjang masa pakai(Life)motor listrik

Pengukuran belitan terhadap badan motor

Belitan kumparan U1 terhadap badan motor,.... R1 = 10 detik

Belitan kumparan U1 terhadap badan motor,..... R2 = 60 detik

PI = R2/R1

- Standar Pengujiaan

IEEE 43-2000 , IEC 60085-01:1984

thermal class rating	Min,PI
class A	1,5
class B	2,0
class F	2,0
class H	2,0

Pemasangan peralatan proteksi

- Jenis protesi dan peralatan proteksi

1. proteksi arus pendek dan beban lebih

   CB dan Thermal overload relay

2. proteksi tegangan sentuh tak langsung

   ELCB

3. proteksi tegangan sentuh langsung

   cover / selungkup dan isolasi

4. Pembumian

- Pemasangn proteksi CB

- yakinkan penyambungan terpasang kokoh mekanis dan kokoh elektris

- perhatikan hantaran masuk dan keluar

- Label terpasang dengan baik

- Setting pada MCCB disesuaikan desain

- Uji saklar ON – OF

- Uji mekanis overload

- Thermal Overload relay (TORL)

  - pastikan terminasi terpasang kokoh mekanis dan kokoh elektris

  - uji mekanik ON – OFF

  - Setting termal sesuai desain

Klas TORL

Klas 10 a, trip pada 2 ms s/d 10 ms

Klas 10 , trip pada 4 ms s/d 10 ms

Klas 20 , trip pada 10 ms s/d 20 ms

Klas 30 , trip pada 18 ms s/d 30 ms

Proteksi tegangan sentuh tak langsung

Alat ukur ELCB tester

- setting alat ukur sesuai ratting ELCB terpasang (mis 30 mA}

- Standar hasil ukur , waktu trip kisaran 20 s/d 30 ms, sampai degan max 50 ms ELCB harus diganti

- Jenjang waktu perawatan dan pengujian setiap 3 bulan satukali

Pembumian

Tujuan pemasangan pembumian

1. Untuk mencegah terjadinya tegangan kejut listrik yang berbahaya untuk orang dalam daerah itu.

2. Untuk memungkinkan timbulnya arus tertentu baik besarnya maupun lamanya dalam keadaan gangguan tanah tanpa menimbulkan kebakaran atau ledakan pada bangunan atau isinya.

3. Untuk memperbaiki kinerja dari sistem.

4. Untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan atau bangunan/gedung akibat sambaran petir, baik sambaran langsung maupun sambaran tidak langsung.

Pada bagian pembumian ini akan dijelaskan tentang pembumian sistem dan sistem pembumian:

Pembumian sistem

Kode yang digunakan untuk pembumian sistem memiliki arti sebagai berikut:

Huruf pertama – Berkaitan dengan sistem daya ke bumi:

T – hubungan langsung sebuah titik ke bumi.

I – semua bagian aktif dari bumi; atau satu titik dihubungkan ke bumi melalui impedansi tinggi.

Huruf kedua – Berkaitan dengan bagian konduktif terbuka (BKT) instalasi ke bumi:

T – hubungan listrik langsung dari BKT ke bumi, tidak tergantung pada pembumian sembarang titik sistem daya.

N – hubungan listrik langsung BKT ke titik sistem daya yang dibumikan (dalam sistem a.b, titik yang dibumikan dari sistem daya secara normal adalah titik netral)

Huruf berikutnya – susunan konduktor netral dan konduktor proteksi

S – fungsi proteksi diberikan oleh konduktor yang terpisah dari konduktor netral atau dari konduktor lin yang dibumikan (atau dalam sistem a.b. fase yang dibumikan).

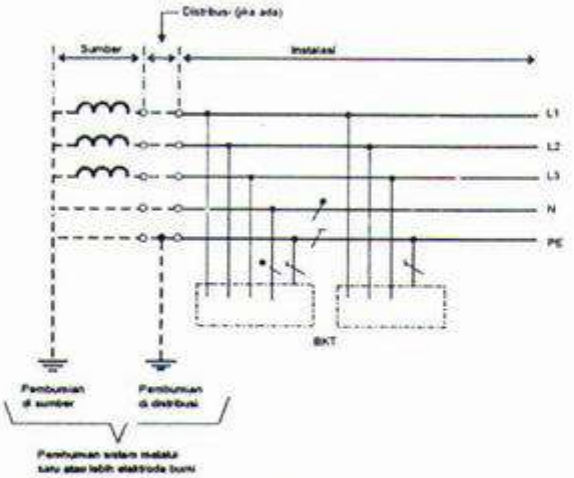
C – fungsi netral dan proteksi digabungkan dalam konduktor tunggal (konduktor PEN)

Jenis pembumian sistem diantaranya:

a. Sistem TN

Sistem daya TN mempunyai satu titik yang dibumikan langsung pada sumber, BKT instalasi dihubungkan ke titik tersebut melalui konduktor proteksi. Tiga jenis sistem TN dipertimbangkan sesuai susunan konduktor netral dan proteksi, sebagai berikut:

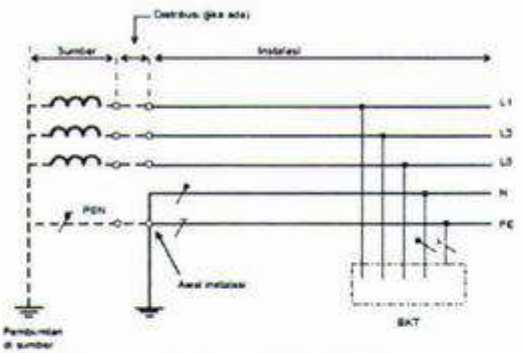
Sistem TN-S, digunakan konduktor proteksi yang terpisah pada seluruh sistem.



Gambar II. Sistem TN-S dengan konduktor netral dan konduktor proteksi terpisah pada seluruh sistem

Sistem ini merupakan sistem yang lengkap, karena mempunyai 5 konduktor untuk sistem trifase atau 3 konduktor untuk sistem fase tunggal pada jaringan distribusinya. Sistem ini tidak lazim dipakai, karena dianggap boros, karena itu sistem yang lazim adalah yang mempunyai 4 konduktor untuk sistem trifase dan 2 konduktor untuk sistem fase tunggal pada jaringan distribusi. Jadi konduktor PE dan netral sumber digabungkan pada satu konduktor PEN. Contoh: jaringan distribusi PLN.

Sistem TN-C-S, fungsi konduktor netral dan konduktor proteksi digabungkan dalam konduktor tunggal pada sebagian sistem.



CATATAN Pembumian tambahan dari PEN pada distribusi dan PE pada instalasi dapat diberikan.

Gambar Sistem TN-C-S trifase, 4-kawat dengan PEN terpisah menjadi PE dan N di awal instalasi (lazim di Indonesia)

Sistem ini adalah sistem yang paling lazim di Indonesia.

Ciri-ciri sistem TN-C-S:

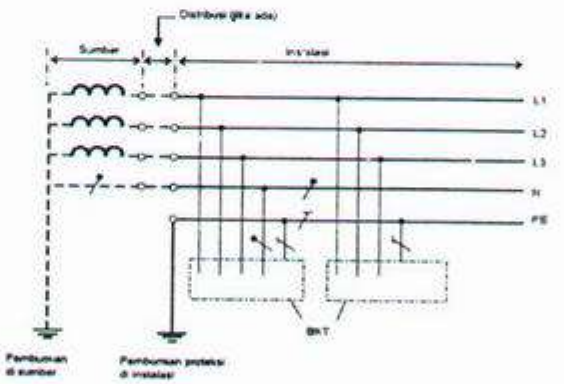
1. Satu titik sumber dibumikan (kode T);

2. BKT (Bagian Konduktif Terbuka) dihubungkan ke konduktor PE yang tergabung dengan konduktor N, untuk kemudia dibumikan (kode N);
3. Konduktor proteksi PE dan konduktor netral N dari sumber (PLN) digabungkan menjadi satu konduktor PEN (kode C);
4. Konduktor PE dan konduktor N pada instalasi pelanggan terpisah (kode S), tapi dibubungkan di satu titik, biasanya di panel pelanggan (biasa disebut "di-*jumper*"). Pada gambar dihubungkan di titik awal instalasi;
5. Jadi merupakan kombinasi sistem TN, C dan S, karena itu dinamakan TN-C-S.

BKT (Bagian Konduktif Terbuka – *Exposed Conductive Part*) merupakan bagian perlengkapan yang dapat disentuh dan yang secara normal tidak bervoltase, tetapi menjadi bervoltase bila insulasi dasar gagal (terjadi hubung pendek). BKT dapat berupa selungkup atau bodi peralatan/perlengkapan.[20]

b. Sistem TT

Sistem TT hanya mempunyai satu titik yang dibumikan langsung dan BKT instalasi dihubungkan ke elektrode bumi yang independen secara listrik dari elektrode bumi sistem suplai.



CATATAN Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

Gambar Sistem TT dengan konduktor netral dan konduktor proteksi terpisah di seluruh instalasi

Sistem ini merupakan sistem yang lazim digunakan di Eropa. Di Indonesia, terutama digunakan untuk instalasi yang banyak memakai perangkat elektronik atau komunikasi.

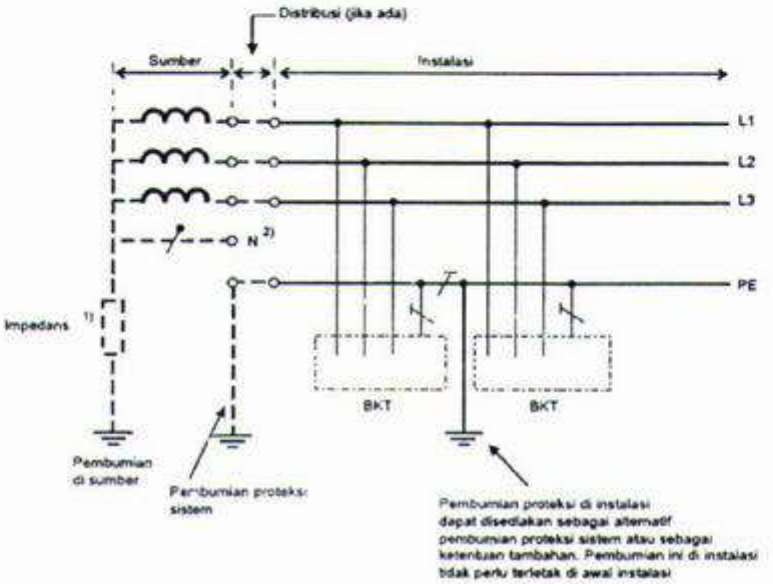
Ciri-ciri sistem TT:

1. Satu titik sumber dibumikan (kode T);
2. BKT dihubungkan ke konduktor PE untuk kemudian langsung dibumikan tanpa dihubungkan ke konduktor N (kode T);

3. Konduktor PE dan konduktor N pada instalasi terpisah di seluruh instalasi. Karena itu ciri utama sistem TT terminal netral N dan terminal konduktor proteksi PE di dalam panel pelanggan tidak dihubungkan.

c. Sistem IT

Sistem daya IT mempunyai semua bagian aktif diisolasi dari bumi atau satu titik dihubungkan ke bumi melalui impedansi. BKT instalasi listrik dibumikan secara independen atau secara kolektif atau pembumian sistem menurut 411.6 Bagian 4-41.



Gambar Sistem IT dengan semua BKT diinterkoneksi dengan konduktor proteksi yang secara kolektif dibumikan

Sistem IT juga lazim digunakan di Indonesia, khususnya digunakan untuk instalasi yang memerlukan kontinuitas pelayanan (misalnya pada sebagian instalasi rumah sakit). Pada sistem ini bila terjadi gangguan pertama, gawai proteksi tidak akan trip (terbuka).

Ciri-ciri sistem IT:

1. Sumber diisolasi atau dihubungkan dengan impedansi yang cukup tinggi terhadap bumi, sehingga dapat dianggap diisolasi juga (kode I);
2. BKT dihubungkan ke konduktor PE untuk kemudian langsung dibumikan tanpa dihubungkan ke konduktor N (kode T);
3. Konduktor PE dan konduktor N instalasi terpisah di seluruh instalasi;
4. Konduktor N dapat didistribusikan (lazim di Indonesia) atau tidak didistribusikan di seluruh instalasi.

Sistem pembumian TN-C-S, TT dan IT seperti di atas merupakan sistem pembumian yang lazim di Indonesia, walaupun dalam PUIL 2011 dimungkinkan sistem pembumian lain.

Misalnya TN-S, sistem ini tidak lazim di Indonesia karena mensyaratkan 5 konduktor dari sumber (3 konduktor lin, 1 konduktor netral dan 1 konduktor proteksi) untuk trifase atau 3 konduktor (1 konduktor lin, 1 konduktor netral dan 1 kondukotr proteksi) untuk fase tunggal, yang di Indonesia PLN tidak menyediakannya. PLN hanya menyediakan 4 konduktor (3 konduktor lin dan 1 konduktor netral) untuk trifase dan 2 konduktor (1 konduktor lin dan 1 konduktor netral untuk fase tunggal.

Tabel Rekomendasi pemilihan sistem TT, TN dan IT

Jenis pembumian sistem	**Proteksi tambahan terhadap sentuhan langsung**	**Peralatan proteksi untuk sentuk tak langsung**	**Peralatan proteksi untuk bahaya kebakaran**	**Rekomendasi**	**Contoh penerapan**
1. Sistem IT	GPAS ≤ 30 mA	GPAS	GPAS ≤ 500 mA	Bila proteksinya lengkap, direkomendasikan untuk instalasi dengan risiko bahaya dan gangguan paling kecil, termasuk masalah kesesuaian elektromagnet (KEM atau EMC)	Semua bangunan perkantoran dan industri yang memerlukan instalasi yang handal, termasuk gedung pintar dan industri komputer, elektronik, telekomunikasi.
2. Sistem TN-S	GPAS ≤ 30 mA	GPAL atau GPAS	GPAS ≤ 500 mA	Seperti sistem TT	Seperti sistem TT
3. Sistem TN-C	Tidak bisa	GPAL	Tidak bisa	Dilarang karena risiko sentuh langsung dan kebakaran tinggi serta mempunyai masalah KEM.	
4. Sistem TN-C-S	GPAS ≤ 30 mA	GPAL atau GPAS	GPAS ≤ 500 mA	Dengan konduktor netral dihubungkan dengan konduktor proteksi di PHBK konsumen, serta dibumikan,	Untuk rumah tangga, industri dan perkantoran yang tidak peka terhadap masalah KEM

				merupakan sistem yang umum berlaku di Indonesia	
5. Sistem IT	GPAS ≤ 30 mA	Gawai monitor insulasi GPAL atau GPAS	GPAS ≤ 500 mA	Direkomendasikan jika kontinuitas suplai menjadi kebutuhan utama	Untuk ruang khusus di rumah sakit, dan industri atau perkantoran khusus.

Keterangan
a. GPAS: Gawai Proteksi Arus Sisa; GPAL: Gawai Proteksi Arus Lebih.
b. Untuk proteksi dengan mempergunakan lebih dari satu jenis gawai proteksi, maka perlu diperhatikan koordinasinya.

Menentukan besaran hantaran pembumian

a. Menurut 0225:2011 tabel 54.3 luas penampang minimum konduktor proteksi diantaranya. S merupakan luas penampang (mm^2). S adalah luas penampang hantaran utama (kabel power).

Tabel Luas penampang minimum konduktor proteksi

Luas penampang konduktor lin S (mm^2)	**Luas penampang minimum konduktor proteksi terkait (mm^2)**
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

b. Luas penampang konduktor ikatan proteksi yang disediakan untuk ikatan ekuipotensial utama tidak kurang dari 6 mm^2 tembaga; 16 mm^2 alumunium atau 50 mm^2 baja.

Sistem Pembumian

Sebagian besar bangunan memiliki sistem instalasi listrik yang dibumikan, sehingga jika terjadi sambaran petir atau kelebihan tegangan listrik, arus akan menemukan jalur yang aman ke bumi.

Menurut *National Electrical Code* (NEC) memberikan 2 alasan dasar pentingnya sistem pentanahan yaitu:

1. Menstabilkan tegangan ke bumi selama operasi normal.
2. Membatasi kenaikan tegangan yang disebabkan oleh petir, *line surges,* atau kontak yang tidak disengaja dengan saluran bertegangan.

Sehingga sistem pentanahan ini menjadi bagian yang penting pada sebuah sistem instalasi listrik.

Untuk memastikan kehandalan sebuah sistem pentanahan, standar menentukan resistansi minimum dari elektroda pentanahan.

Dalam PUIL 2011, besar resistansi pembumian tidak ditentukan, tetapi elektrode bumi harus dipasang. Hal ini harus dibuktikan dengan pengukuran resistansi elektrode bumi.

Menurut NEC 2008 pada ayat 250.56 bahwa sebuah elektroda pentanahan tunggal yang terdiri dari elektroda batang, pipa, atau pelat, tidak boleh memiliki resistansi pentanahan kurang dari 25 ohm atau jika kurang harus ditambah satu elektroda tambahan. Berbeda dengan IEEE Standad 142, yang menyarankan resistansi dari elektroda pentanahan ke bumi berada pada nilai kurang dari 1 sampai 5 ohm. Resistansi pentanahan kurang dari 1 ohm bisa didapatkan jika menggunakan beberapa elektroda yang dihubung secara bersama.

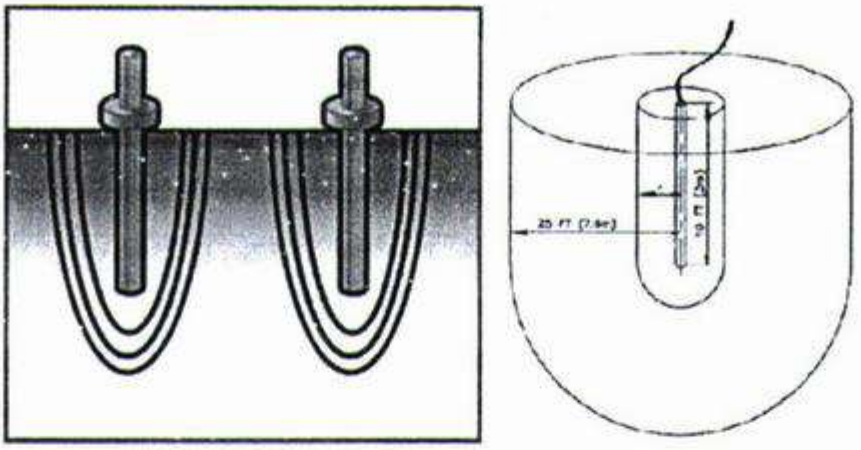
Resistansi dari elektroda pentanahan ke bumi tergantung dari dua faktor:

1. Resistivitas bumi (resistansi bumi) disekitarnya;
2. Struktur elektroda.

Resistivitas merupakan kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik dan satuannya yaitu Ωm. Resistivitas bumi ini sangat rumit karena:

1. Tergantung pada komposisi tanah (misalnya tanah liat, kerikil dan pasir).
2. Dapat bervariasi bahkan pada jarak yang pendek karena campuran bahan yang berbeda.
3. Tergantung pada kadungan mineral (misalnya garam).
4. Bervariasi dengan waktu karena pengendapan.
5. Berubah dengan suhu, resistansi meningkat dengan penurunan suhu.
6. Bervariasi dengan kedalaman.

Karena resistansi elektroda pentanahan dapat berkurang dengan kedalaman, salah satu cara mengurangi resistansinya dengan memasang elektroda pentanahan lebih dalam. Pemasangan beberapa elektroda batang atau jenis lainnya, pemasangan berada di luar dari "pengaruh area" satu sama lain agar efektif. Aturan umumnya adalah memisahkan satu elektroda dan elektroda lain dengan minimal jarak yang lebih dari panjang elektrodanya.



Gambar *Area of Influence* atau *mutual resistance* dari sebuah elektroda pentanahan batang

Pemasangn peralatan proteksi

Pemasangan Pembumian / Grounding

-Elektroda pembumian:

a. Elektroda Batang

b. Elektroda plat

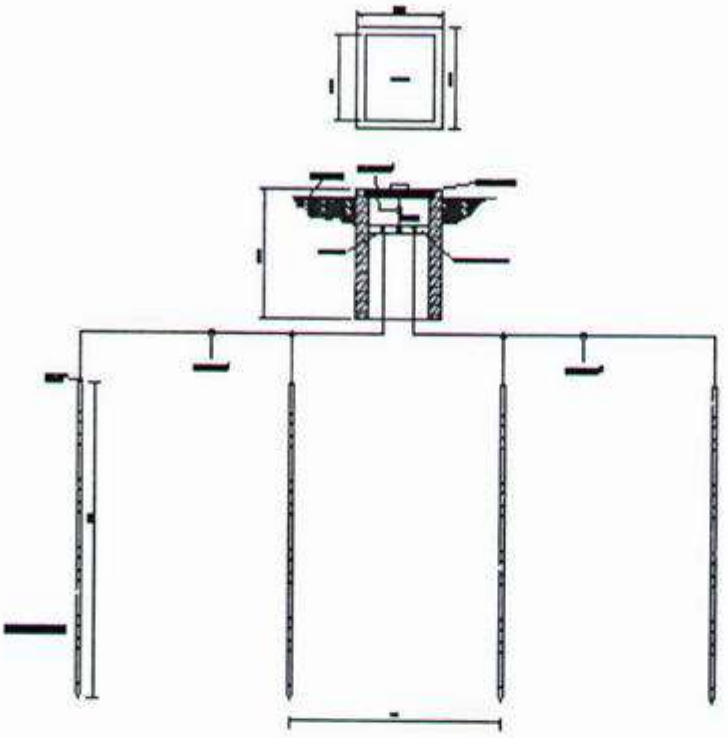
c. Elektroda pita

- bak kontrol

terminasi pemansangan cableshoe pada bus bar harus kokoh mekanis dan elektris

- ukur pentanahan dan catat hasil pengukuran

Pengukuran pembumian



- **Alat ukur Pembumian**

1. Clamp earth tester
2. Earth tester

Standar hasil ukur max 5 OHM

IEEE Std 142 – *Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.* Ayat 4.i.3 menyatakan bahwa resistansi sistem pentanahan berada dalam rentang 1 sampai 5 Ω.

Metode pengukuran (pengujian)

Pengujian 3 dan 4 *pole Fall-of-Potential*

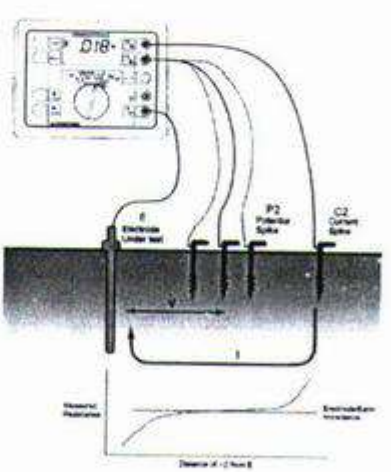
Pengujian 3 dan 4 *pole,* merupakan kombinasi antara sebuah sumber arus (*current source*) atau injektor arus (*current injector*) dan pengukur tegangan (*potential*

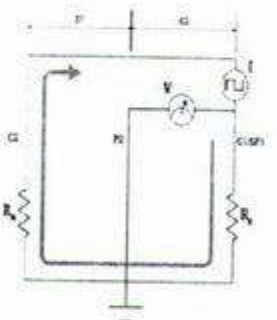
measurement) dalam sebuah alat ukur. Alat ukur ini menggunakan beberapa pasak (*stakes*) dan/atau capit (*clamp*).

Metode *Fall-of-Potential* merupakan metoda yang biasa digunakan untuk mengukur resistansi elektroda. Pada metoda ini, elektroda pentanahan harus di putuskan terlebih dahulu dari sistem kelistrikan bangunannya. Metode ini menyambungkan dengan bumi dari 3 tempat. Biasa disebut juga "*3 pole method*". Pada alat ukur *earth tester* mempunyai 3 terminal yaitu:

a. E – disambungkan dengan elektroda pentanahan yang dilakukan pengujian.
b. P2 – yaitu pengukur tegangan atau potensial yang disambungkan ke sebuah pasak yang berada diantara E dan C2. Kadang disebut juga *potential auxilary electrode.*
c. C2 – yaitu penginjeksi arus yang dipasang dengan jarak yang lebih jauh dari P2. Posisi E, P2 dan C2 sejajar.

Ground tester menginjeksi arus ke bumi diantara eletroda yang sedang dilakukan pengujian (E) dan pasak arus (C2). *Ground tester* akan mengukur tegangan diantara pasak P2 dan E. Lalu menggunakan hukum Ohm untuk menghitung resistansi diantara P2 dan E. Posisi pasak C2 dijaga tetap pada posisi yang sama saat dilakukan pengujian. Sedangkan posisi pasak P2 dapat dipindahkan diantara E dan C2 dengan garis lurus.





3. Arus sisa, pemasangan pembumian dan atau pemasangan ELCB/GPAS sebagai peralatan proteksi tegangan sentuh tak langsung.

a. Pemasangan isolasi listrik dari bagian instalasi
   1. Pengisolasian yang ditunjukkan jelas oleh indikator mekanis tahan gangguan.

2. pemasangan penghalang berinsulasi disisipkan antara kontak terbuka, terlihat jelas, sebagai peralatan proteksi tegangan sentuh langsung/cover

b. Kendali

1. Penyakelaran fungsional
2. Penyakelaran darurat
3. Berhenti darurat
4. Penyakelaran *off* untuk perawatan mekanikal
5. Penyakelaran lokal atau jarak jauh

PT. Mandiri Maha Daya
Health & Safety Environment
Training Provider

MODUL
PELATIHAN K3 LISTRIK

PERSYARATAN K3 PEMELIHARAAN PERLENGKAPAN DAN PERALATAN INSTALASI PEMANFAAT KETENAGALISTRIKAN

Persyaratan K3 Pemeliharaan Perlengkapan dan Peralatan Instalasi Pemanfaat Ketenagalistrikan

Tujuan :

1. Memahami dasar-dasar pemeliharaan instalasi listrik.
2. Melakukan pemeliharaan dan perbaikan terhadap perlatan instalasi listrik sesuai dengan ketentuan dan standar yang telah ditetapkan.
3. Mampu memelihara dan memperbaiki perlengkapan instalasi listrik yang telah terpasang sesuai dengan ketentuan dan standar yang telah ditetapkan.

Pemeliharaan Instalasi Listrik

- Pemeliharaan instalasi listrik merupakan bagian yang sangat penting dalam teknik ketenagalistrikan
- Beberapa hal yang berkaitan dengan pemeliharaan instalasi listrik ini meliputi : konstruksi PHB, kabel instalasi dan pemasangannya, identifikasi kabel dengan warna, perlengkapan dan peralatan listrik, penentuan beban sebuah penghantar, dan metode-metode proteksi yang digunakan dalam pemasanganya untuk keselamatan pengguna dan aset.

Metode pemeliharaan

Preventive Maintenance *(Time Base Maintenance)*

Pemeliharaan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya peralatan secara tiba-tiba bermasalah dan untuk mempertahankan unjuk kerja peralatan yang optimum sesuai umur teknis peralatannya. Kegiatan ini dilakukan secara berkala dengan berpedoman kepada: Instructional Manual dari pabrik, Standar-standar yang ada dan pengalaman operasi dilapangan. Pemeliharaan ini disebut juga pemeliharaan berdasarkan waktu (*Time Base Maintenance).*

Corrective Maintenance

Pemeliharaan yang dilakukan secara berencana pada waktu-waktu tertentu, ketika peralatan listrik mengalami kelainan atau unjuk kerja rendah pada saat menjalankan fungsinya dengan tujuan untuk mengembalikan pada kondisi semula disertai perbaikan dan penyempurnaan instalasi. Pemeliharaan ini disebut juga Currative Maintenance, yang berupa Trouble Shooting atau penggantian part/bagian yang rusak atau kurang berfungsi yang dilaksanakan secara terencana.

Breakdown Maintenance

Pemeliharaan yang dilaksanakan setelah terjadi kerusakan mendadak yang waktunya tidak tertentu dan sifatnya darurat.

Pelaksanaan pemeliharaan peralatan dilakukan menjadi 2 macam:

1) Pemeliharaan yang berupa monitoring, yang dilakukan oleh petugas operator pada panel-panel listrik

2) Pemeliharaan yang berupa pembersihan dan pengukuran yang dilakukan oleh petugas pemeliharaan peralatan listrik.

Pemeliharaan Kabel Instalasi Listrik di dalam Ruang

- Perawatan kabel instalasi listrik di dalam suatu ruang kerja atau ruang tempat tinggal harus mengikuti peraturan yang berlaku. Tujuannya adalah untuk menghindarkan kerusakan pada kabel instalasi dan kemanan personal.

- Pemeliharaan kabel untuk keperluan instalasi daya dan instalasi penerangan yaitu meliputi :

  - Instalasi terbuka

  - Instalasi di dalam kanal kabel

  - Instalasi di bawah plesteran (in bouw)

a. Instalasi terbuka

Dalam instalasi terbuka ini, kabel instalasi atau pipa kabel diletakan atau dipasang diatas permukaan plesteran tembok atau dinding ruang dengan menggunakan klem klem kabel. Cara ini biasanya digunakan di dalam ruang yang lembab

b. Instalasi di dalam Kanal kabel

Kanal kabel untuk meletakkan kabel instalasi listrik (Instalasi penerangan atau Instalasi daya di dalam ruang kerja atau tepat tinggal. Terbuat dari bahan isolasi berkualitas tinggi dan tahan panas. Pada kedua sisi dinding kanal tertutup rapat (tidak berlubang).

- Kanal kabel instalasi ini dapat digunakan secara horizontal dipasang di sekeliling dinding ruang atau di atas plafon, dipasang secara vertikal di

dinding dan digantung di atap atau langit-langit ruang. Pemasangan dan pemeliharaan serta modifikasi, instalasi listrik dengan menggunakan kanal kabel seperti ini dapat dilakukan dengan cepat tanpa merusak tembok dinding.

Pemeliharaan Perlengkapan Instalasi listrik

Perlengkapan instalasi listrik :

1. Saklar
   Pemeliharaan dengan melakukan pembersihan permukaan, menjaga perlengkapan ini tetap terpasang kokoh mekanis, elektris dan kontak ON/OFF berfungsi sesuai tujuanya serta teging selalu terpasang
2. Kotak kontak
   Pemeliharaan dengan menjaga pembersihan permukaan, menjaga perlengkapan ini tetap terpasang kokoh mekanis, elektris dan diukur tegangan kerja sesuai fungsi dan tujuannya serta memperhatikan bahwa teging selalu terpasang
3. Armatur Lampu
   Pemeliharaan armatur dengan menjaga pembersihan permukaan armatur , menjaga perlengkapan ini tetap terpasang kokoh mekanis, elektris dan juga kebersihan bola lampu serta uji fngsi penerangan.

PEMELIHARAAN PHB

Pemeliharaan peralatan listrik PHB

- Pemeliharaan merupakan kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan meyakinkan bahwa peralatan PHB dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga dapat dicegah terjadinya gangguan yang menyebabkan kerusakan pada panel listrik.
- Hal yang penting dalam pemeliharaan peralatan panel adalah kondisi isolasi.
- Semakin tinggi daya sekat/isolasi suatu peralatan panel listrik semakin baik.

Jenis Instalasi PHB

1. Terpasang di lantai atau di dinding
2. Terpasang berdiri di lantai
3. Terpasang tetap pada dinding atau pada tangga
4. Tergantung pada langit-langit
5. Terpasang pada rak

Macam perlengkapan peralatan terpasang pada PHB

1. Lampu tanda
2. Alat ukur (mettering)
3. Saklar pilih
4. Peralatan proteksi tegangan sentuh tak langsung
5. Peralatan proteksi tegangan sentuh langsung
6. Penandaan dan pada CB
7. Penandaan pada kabel dan kode warna
8. Terminasi, penyambungan pada bus bar,CB,line up terminal,
9. mettering, saklar, dan cable duck
10. Hantaran masuk dan keluar
11. Hantaran pembumian
12. Sisitem pembumian
13. Kondisi lingkungan PHB

1. **Perawatan lampu tanda**
   Lampu tanda yang terpasang pada PHB harus dijaga keberadaannya selalu menyala saat PHB beroperasi, selalu bersih agar nyala lampu dapat terlihat dari kejauhan, Saat pemeliharan diperhatikan semu hantaran tersambung dengan baik, lakukan pengukuran pastikan tidak terjadi hubung singkat terhadap ranggka PHB
2. **Peralatan ukur**
   Peralatan ukur , A meter, V meter, frequensi meter dll , pastikan kondisi jarum pembacaanan berfungsi dengan baik, kondisi hantaran dan kelengkapannya tetap terpasang kokoh mekanis dan elektris, kebersihan kaca alat ukur agar pembacaan tetap mudah, lakukan pengukuran yakinkan tidak terjadi hubung singkat terhadap ranggka PHB.
3. **Saklar pilih**
   Biasa terpasang untuk memeriksa kondisi tegangan , R to N 220 V , R to S 380 V dan seterusnya, pemeliharaan diantaranya :
   a. membersihkan saluran kontak dengan cairan pembersih kontak,
   b. cek mekanis selektor pastikan beroperasi dengan baik
   c. periksa baut baut terminasi
   d. ukur semua titik sambung terhadap rangka, pastikan tidak terjadi hubung singkat terhadap rangka.

4. **Proteksi tegangan sentuh tak langsung**
   Pemeliharaan kabel bonding yang terhubung antara rangka dengan pintu PHB, dengan memeriksa kekencangan baut pengikat
5. **Pemeliharaan perlengkapan proteksi tegangan sentuh langsung**
   Cover yang terpasang pada PHB harus dijaga keberadaannya dan harus selalu terpasang pada bagian hantaran yang tidak berisolasi, untuk melindungi petugas dari sentuhan langsung
6. **Penandaan pada CB**
   Penandaan nomor circuit pada CB harus selalu ada ketika melakukan perawatan, jika terjadi ada yang terlepas maka harus segera dipasang yang baru, hal ini ditegaskan untuk kemudahan dalam pemadaman ataupun pengujian circuit
7. **Penandaan pada penghantar**
   Pemeliharaan ini bertujuan agar tanda circuit pada penghantar tetap terjaga agar memudahkan dalam pelacakan gangguan.
8. **Terminasi / Penyambungan**
   Pemeliharaan pada terminasi/penyambungan pada bus bar, CB dan hantaran pentanahan, dijaga kekencangan baud ,agar tidak timbul panas jg mengantisipasi munculnya busur api.
9. **Hantaran masuk dan keluar**
   Pemeliharaan meliputi pemeriksaan tanda/no circuit, cableglend,penataan hantaran dan kebersihannya

Uji resistansi Isolasi pada hantaran keluar

Tujuan :

1. Mengetahui kondisi isolasi kabel
2. Mengetahui kondisi kabel bocor/
   tersambung dengan rangka peralatan

Alat ukur :

Insullation Tester

Saat pemeliharan hantaran melalui uji resitansi isolasi, haraus diperhatikan dalam penggunaan alat ukur, terutama setting range tegangan DC pada alat ukur harus disesuaikan dengan klas tegangan kerja kabel.

Pemilihan range tegangan DC

Cable Rating	DC Test Voltage
24V – 50V	50V – 100V
50V – 100V	100V – 250V
100V – 240V	250V – 500V
440V – 550V	500V – 1000V
2400V	1000V – 2500V
4100V	2500V – 5000V

Standar hasil ukur resistansi isolasi , SNI PUIL 2011

tegangan kerja 250 Vac,antar hantaran phasa – neutral ; **R isolasi = > 0,5 M Ohm**

tegangan kerja 380 Vac, antar hantaran phasa – phasa ; **R isolasi = > 1 M Ohm**

Tabel uji

R - N ; R - PE...(220 V) ; R – S.....(380 V)

S - N ; S – PE ,, ; S – T ,,

T - N ; T- PE ,, ; R – T ,,

N – PE

PANEL	R-S	R-T	T-S	R-N	R-G	S-N	S-G	T-N	T-G	N-G
P1- P1.1										
p1-P1.2										
P1-P1.3										
P1.P1.4										
P1.P1.5										
P1-P1.6										

Perawatan Kabel Instalasi Listrik di dalam Ruang

Perawatan kabel instalasi listrik di dalam suatu ruang kerja atau ruang tempat tinggal harus mengikuti peraturan yang berlaku. Tujuannya adalah untuk menghindarkan kerusakan pada kabel instalasi dan kemanan personal.

Perawatan kabel untuk keperluan instalasi daya dan instalasi penerangan ada beberapa tipe pemasangan , yaitu :

- Instalasi terbuka
- Instalasi di dalam kanal kabel
- Instalasi di bawah plesteran (in bouw)

a. Instalasi terbuka

Dalam pemeliharaanya secara visual, menjaga kebersihan, dan memperhatikan terhadap sentuh mekanis kalau ada hantaran yang cacat pada instalasi terbuka ini, kabel instalasi atau pipa kabel yang terletak atau dipasang diatas permukaan plesteran tembok atau dinding ruang dengan menggunakan klem klem kabel. Berpotensi rusak/cacat oleh sentuhan mekanis (terbentur)

b. Instalasi di dalam Kanal kabel

Kanal kabel untuk meletakkan kabel instalasi listrik (Instalasi penerangan atau Instalasi daya di dalam ruang kerja atau tepat tinggal. Terbuat dari bahan isolasi berkualitas tinggi dan tahan panas. Pada kedua sisi dinding kanal harus tetap tertutup rapat (tidak berlubang).

Meningkatkan pemeliharaan Motor listrik

Hampir semua inti motor dibuat dari baja silikon atau baja gulung dingin yang dihilangkan karbonnya, sifat-sifat listriknya tidak berubah dengan usia. Walau begitu, perawatan yang buruk dapat memperburuk efisiensi motor karena umur motor dan operasi yang tidak handal.

Sebagai contoh, pelumasan yang tidak benar dapat menyebabkan meningkatnya gesekan pada motor dan penggerak transmisi peralatan. Kehilangan resistansi pada motor, yang meningkat dengan kenaikan suhu

Kondisi ambien dapat juga memiliki pengaruh yang merusak pada kinerja motor. Sebagai contoh, suhu ekstrim, kadar debu yang tinggi, atmosfir yang korosif, dan kelembaban dapat merusak sifat-sifat bahan isolasi; tekanan mekanis karena siklus pembebanan dapat mengakibatkan kesalahan penggabungan

Perawatan yang tepat diperlukan untuk menjaga kinerja motor. Sebuah daftar periksa praktek perawatan yang baik akan meliputi:

- Pemeriksaan motor secara teratur untuk pemakaian *bearings dan rumahnya (untuk*mengurangi kehilangan karena gesekan) dan untuk kotoran/debu pada saluran ventilasi motor (untuk menjamin pendinginan motor)

Pemeriksaan kondisi beban untuk meyakinkan bahwa motor tidak kelebihan atau kekurangan beban. Perubahan pada beban motor dari pengujian terakhir mengindikasikan suatu perubahan pada beban yang digerakkan, penyebabnya yang harus diketahui.

- Pemberian pelumas secara teratur. Fihak pembuat biasanya memberi rekomendasi untuk cara dan waktu pelumasan motor.

Pelumasan yang tidak cukup dapat menimbulkan masalah, seperti yang telah diterangkan diatas. Pelumasan yang berlebihan dapat juga menimbulkan masalah, misalnya minyak atau gemuk yang berlebihan dari *bearing motor* dapat masuk ke motor dan menjenuhkan bahan isolasi motor menyebabkan kegagalan dini atau mengakibatkan resiko kebakaran.

Pemeriksaan secara berkala untuk sambungan motor yang benar dan peralatan yang digerakkan. Sambungan yang tidak benar dapat mengakibatkan sumbu as dan *bearings* lebih cepat aus, mengakibatkan kerusakan terhadap motor dan peralatan yang digerakkan.

- Dipastikan bahwa kawat pemasok dan ukuran kotak terminal dan pemasangannya benar

Sambungan-sambungan pada motor dan *starter harus diperiksa untuk meyakinkan* kebersihan dan kekencangnya.

- Penyediaan ventilasi yang cukup dan menjaga agar saluran pendingin motor bersih untuk membantu penghilangan panas untuk mengurangi kehilangan yang berlebihan. Umur

isolasi pada motor akan lebih lama: untuk setiap kenaikan suhu operasi motor 10 derajat C diatas suhu puncak yang direkomendasikan,

Uji Resistansi belitan Motor

Tujuan :

_ Untuk mengetahui kondisi resistansi belitan

_ Untuk mengetahui adanya arus bocor

_Untuk mengetahui kelayakan kondisi motor listrik,

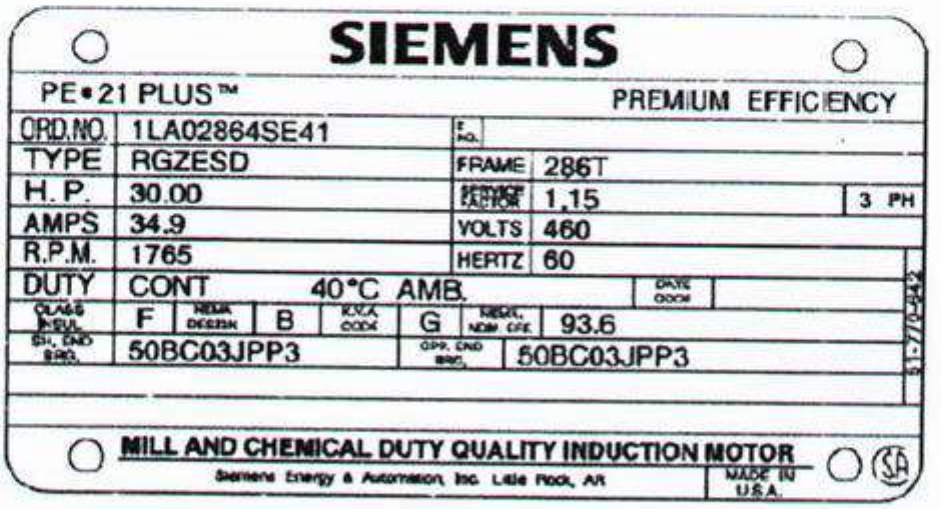
_ Memperpanjang masa pakai(Life)motor listrik.

Alat ukur :

Insullation tester

Standar uji IEEE 43-2000

Name Plate Motor



SIEMENS					
PE•21 PLUS™				PREMIUM EFFICIENCY	
ORD.NO.	1LA02864SE41				
TYPE	RGZESD		FRAME	286T	
H. P.	30.00		SERVICE FACTOR	1.15	3 PH
AMPS	34.9		VOLTS	460	
R.P.M.	1765		HERTZ	60	
DUTY	CONT 40°C AMB.				
CLASS INSUL.	F	NEMA DESIGN B	NEMA CODE G	NEMA NOM EFF. 93.6	
SH. END BRG.	50BC03JPP3		OPP. END BRG.	50BC03JPP3	

MILL AND CHEMICAL DUTY QUALITY INDUCTION MOTOR

Siemens Energy & Automation, Inc. Little Rock, AR

MADE IN U.S.A.

Tabel uji

Belitan U1 - badan motor

V1 - badan motor

W1- badan motor

Standar hasil pengukuran

Resistansi isolasi = > 1,38 M Ohm,untuk tegangan kerja motor 380 V

Resistansi isolasi = > 1,22 M Ohm,untuk tegangan kerja motor 220 V

Uji Polarisasi Index (PI)

Tujuan :

- Untuk mengetahui kelayakan kondisi motor listrik,
- Memperpanjang masa pakai (Life time) motor listrik

Pengukuran belitan terhadap badan motor

Pilih salah satu belitan untuk mewakili, mis : U1

Pengukuran :

U1 terhadap body motor ukur selama 10 detik, didapat , R1 =..... M Ohm

U1 terhadap body motor ukur selama 60 detik, didapat, R2 =.....M Ohm

Polarisasi Index (PI) = R2/R1

Standar PI, IEEE 43-2000

IEC 60085-01:1984

thermal class rating	Min,PI
class A	1,5
class B	2,0
class F	2,0
class H	2,0

Pemeliharaan Pembumian / Grounding

- pemeliharaan kebersihan pada bak kontrol
- Tutup bak kontrol, mudah dibuka
- memeriksa tanda simbol grounding pada tutup bak kontrol
- terminasi pemansangan cable shoe kokoh mekanis dan elektris
- pembersihan sambungan dari korosif
- ukur pentanahan sebelum melakukan pemeliharaan dan sesudah pemeliharaan.
- catat hasil pengukuran.

PT. Mandiri Maha Daya
Health & Safety Environment
Training Provider

MODUL
PELATIHAN K3 LISTRIK
PERSYARATAN K3 INSTALASI PENYALUR PETIR

PERSYARATAN K3 INSTALASI PEYALUR PETIR

Kata Pengantar

Modul ini disusun untuk digunakan sebagai pembinaan K3 Listrik dalam melakukan pemasangan, pemeliharaan Instalasi Penyalur Petir, sehingga setelah mempelajari modul ini peserta dapat memasang instalasi penyalur petir sesuai dengan standrd.

Modul Persyaratan K3 Instalasi penyalur petir ini disusun dengan mengacu pada SNI 03-7014-2004 tentang Prinsip Umum, SNI 03-7015-2004 tentang Sistem Proteksi petir pada Bangunan Gdung serta permenaker RI No. 02 tahun 1989 tentang pengawasan Insalasi Penyalur petir serta Lightning protection Handbook dari ERICO. Dengan disusunnya modul yang sesuai mengacu pada SNI serta Handbook yang juga disusun berdasarkan IEC, maka peserta pembinaan akan memiliki kompetensi pemasangan dan pemeliharaan Instalasi penyalur petir sesuai standard dan peraturan yang berlaku. Sehngga diharapkan setelah mengikuti pembinaan ini, teknisi akan memiliki kesadaran untuk bagaimana berperilaku aman pada saat mengerjakan pemasangan sesuai dengan standar

Bandung, Juni 2020

Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar 2

Daftar Isi 2

Daftar Gambar 5

Daftar Tabel 6

1. **Fenomena Terjadinya petir** 7
2. **Mekanisme Sambaran Kilat** 7
3. **Bahaya sambaran Petir** 11

3.1.Bahaya Sambaran petir pada jaringan Listrik 11

3.2.Bahaya Sambaran petir pada Bangunan 11

3.2.1Bahaya sambaran langsng pada bangunan yang tidak diproteksi 11

3.2.2. Bahaya sambaran langsung pada bangunan yang diproteksi oleh sistem proteksi petir 12

3.2.3.Bahaya sambaran tidak langsung pada bangunan 13

4. Sistem Proteksi Petir pada Jaringan Listrik 14

4.1. Penggunaan Arrester 14

4.2. Macam – Macam Arrester 14

4.2.1.Rod Gap Arrester 14

4.2.2.Arrester Tipe Ekspulsi 15

4.2.3. Arrester Tipe Katup 15

4.3. Lokasi Penempatan Arrester 16

5. Sistem proteksi petir pada Banguna 17

5.1. Proteksi External 17

5.2. Pemilihan tingkat proteksi untuk sistem proteksi petir (SPP) 18

5.3. Metode proteksi sistem penerima petir 19

5.3.1.Metode jala (mesh size method) 19

5.3.2. Metode sudut proteksi (protective anglemethod) 19

5.3.3.Metode Rolling Sphere 20

5.4. Instalasi proteksi petir pada Bangunan 20

5.4.1. **Ketentuan Umum** **20**

5.4.2. Intalasi penerima Petir **21**

5.4.3. Instalasi Penghantar Penurunan **23**

5.4.4.. Instalasi Sistem **Pembumian** 24

LAMPIRAN

CONTOH ckeck list pemerikirsaan Intalasi Penyelur Petir 25

CONTOH Laporan Pengujian Intalasi Penyelur Petir 25

Penutup ..... **Error! Bookmark not defined.**

Daftar

Gambar

Gambar 1.1 Fenomena terjadinya petir 7
Gambar 2.1 Mekanisme terbentuknya step leader dan steamer 8
Gambar 2.2 Mekanisme terbentuknya Sambaran petir 9
Gambar 2.3 Gelombang impulse petir 10
Gambar 2.4 Tabel Kaitan Parameter Arus Petir dengan Tingkat Proteksi 10
Gambar 3.1 Salurn Transmisi

Gambar 3.2 Bahaya sambaran langsng pada bangunan yang tidak diproteksi oleh sistem proteksi petir
.... 12
Gambar 3.3 Bahaya sambaran langsng pada bangunan yang diproteksi oleh sistem proteksi petir 13
Gambar 3.4. Bahaya sambaran tidak langsung pada bangunan 13
Gambar 4.1. Arrester 15
Gambar 4.2 Arrester pada saluran transmisi
..... 14
Gambar 4.3. Arrester tipe ekspulsi
..... 15

Gambar 4.4. Arrester tipe Katup
..... 15

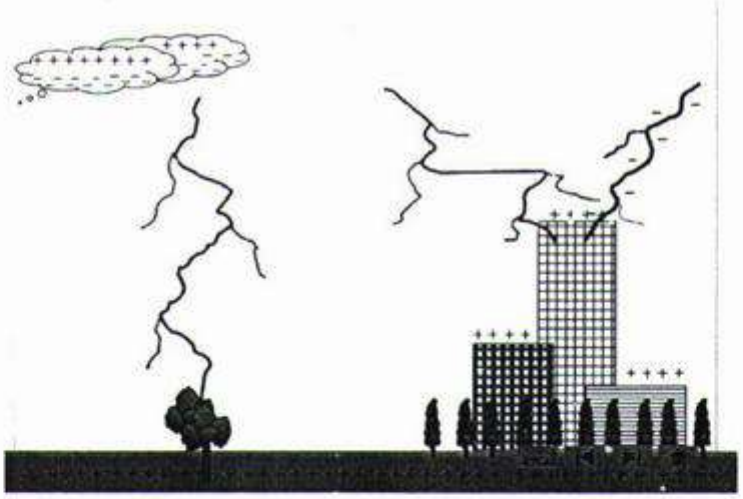
Gambar 4.5 Lokasi penempatan Arrester 16
Gambar 5.1 Air Terminal (penerima petir) 17
Gambar 5.2 Metode jala (sangkar faraday) 19
Gambar 5.3 Metode Sudut proeksi 20
Gambar 5.4 Metode Rolling Sphere 20
Gambar 5.5. Instalari Sistem Proteksi Petir 21
Gambar 5.6. Penerima petir 22
Gambar 5.7 Pemasangan penerima petir 22
Gambar 5.8 Perlindungan penerima petir 22
Gambar 5.9.Elektoda grounding Perlindungan penerima petir 23
Gambar 5.10 Kolom beton sebagai penghantar penurunan 24
Gambar 5.11 Elektrroda grounding 25

Daftar Tabel

Tabel 7.1 Fisiensi SPP sehubungan dengan tingkat proteks 18
Tabel 8.1 Ukuran Jala Sesuai Tingkat Proteksi Yang Dipilih 19

1. **Fenomena Terjadinya petir**

Petir adalah fenomena alam, merupakan pelepasan muatan listrik di udara yang dapat terjadi antar pusat-pusat muatan dalam awan, antara awan dengan awan dan antara awan dengan tanah. Dalam peristiwa ini, jarak antara awan ke awan atau awan ke bumi relatif cukup tinggi dan dapat diasumsikan sebagai jarak antar elektroda. Sumber terjadinya petir adalah awan cummulonimbus atau awan guruh yang berbentuk gumpalan dengan ukuran vertikal dapat mencapai 14 km dan ukuran horisontal berkisar 1,5 sampai 7,5 km. Karena ukuran vertikalnya yang cukup besar terjadi perbedaan temperatur antara bagian bawah dengan bagian atas. Bagian bawah bisa mencapai 5°C sedangkan bagian atas -60°C. Loncatan diawali dengan berkumpulnya uap air di dalam awan. Karena perbedaan temperatur yang besar antara bagian bawah awan dengan bagian yang di atas, butiran air bagian bawah yang temperaturnya lebih hangat berusaha berpindah ke bagian atas sehingga mengalami pendinginan dan membentuk kristal es. Butir air yang bergerak naik membawa muatan positif sedangkan kristal es membawa muatan negatif sehingga terbentuk awan yang mirip dengan dipole listrik. Petir terjadi karena lompatan elektron-elektron dari awan bermuatan negatif ke Bumi yang bermuatan positif.



Gambar 1.1 Fenomena terjadinya petir

2. **Mekanisme Sambaran Kilat**

Terbatasnya besar konsentrasi muatan listrik pada awan tergantung pada kemampuan awan itu sendiri. Jadi permukaan bumi dapat dianggap sebagai elektroda yang mempunyai luas yang tak terhingga. Gradient di permukaan bumi mempunyai intensitas medan 50 volt/cm – 100 volt/cm. Maka, pelepasan akan cenderung berasal dari awan dan lidah kilat yang tampak oleh mata sebenarnya terdiri dari beberapa macam sambaran (stroke) terpisah yang bergerak turun melalui jalan yang sama. Sambaran terpisah itu terdiri dari :

a. **Lidah mula (initial leader)**

Lidah dari suatau kilat didahului oleh aliran pengemudi (pilot steamer) yang menentukan arah perambatan muatan dari awan ke udara yang ionisasinya rendah. Sesudah aliran pengemudi ini terjadi, akan diikuti oleh titik cahaya yang bergerak berupa lompatan (stepped leader). Kecepatan stepped leader kira – kira sebesar 105 m/detik. Arah tiap – tiap langkah dari stepped leader berubah – ubah, sehingga jalannya tidak lurus dan patah – patah.

Gambar 2.1 Mekanisme terbentuknya step leader dan steamer

Ketika lidah kilat menuju bumi, pancaran cabang – cabang lidah utama membentuk jari – jari dan menyebar hingga terjadi kilatan pendek yang menjulur ke atas menyongsong stepped leader dari bumi keawan karena beda potensial yang tinggi. Jarak bertemunya ujung stepped leader berada pada ketinggian 20m – 70m di atas bumi sedangkan waktu stepped leader untuk sampai ke permukaan bumi kira – kira 20 milidetik. Streamer dan stepleader bertemu Terbentuk kanal Potential sama Tampak Sambaran petir

Gambar 2.2 Mekanisme terbentuknya Sambaran petir

b. **Parameter dan Karakteristik Gelombang Petir**

Parameter dan karakteristik petir terdiri atas besar arus dan tegangan petir, kecepatan pembangkitan serta bentuk gelombang petir tersebut. Parameter dan karakteristik gelombang petir berkaitan dengan level atau tingkat proteksi suatu gedung.

c. **Arus petir**

Arus puncak petir mungkin dicapai dalam waktu ±10μs kemudian gelombang arus berikutnya mengalami penurunan dalam durasi beberapa mikrodetik. Arus petir diukur dengan menggunakan magnetic link, yaitu batang berbentuk silinder terbuat dari baja berlapis plastik dengan tingkat kekerasan (coercive) yang cukup besar.Hal ini dimaksudkan agar ketika magnetic link berada dalam medan magnet meskipun beberapa saat medan magnetnya hilang, magnet link tetap dapat menyimpan sisa magnet yang proporsional dengan intensitas medan magnet di tempat tersebut. Magnetic link umumnya dipasang pada menara telekomunikasi, bangunan tinggi atau menara transmisi.

d. **Arus puncak petir**

Arus puncak petir (I [kA]) merupakan harga maksimum dari arus impuls petir yang dapat menyebabkan tegangan lebih pada tempat sambaran.

e. **Muatan arus petir**

Muatan arus petir ($Q = \int i \, dt$ [kAs]) merupakan jumlah muatan arus petir yang dapat menyebabkan peleburan pada ujung objek sambaran.

f. **Impuls muatan arus petir**

Impuls muatan arus petir ($Q = \int i \ dt$ [kAs]) merupakan efek thermos yang dapat menyebabkan panas berlebih pada penghantar.

g. Kecuraman arus petir

Kecuraman arus petir (di/dt) adalah laju kenaikan terhadap waktu yang dapat menyebabkan tegangan induksi elektromagnetik pada benda logam di dekat instalasi penyalur petir seperti ditunjukan pada Gambar 2.3 dibawah ini.

- t1 berharga 1 s/d 10 μdet.
- t2 berharga 10 s/d 100 μdet.
- Statistik petir :
  - 24% dibawah 10 kA
  - 86% dibawah 40 kA
  - 11% antara 40 s/d 100 kA
  - 2% antara 100 s/d 140 kA
  - 0,4% lebih besar 140 kA

Gambar 2.3 Gelombang impulse petir

Bentuk gelombang petir yang biasa disebut gelombang petir tipikal (dengan spesifikasi) :

- Puncak gelombang (A), E (kV), yaitu amplitude maksimum dari gelombang.
- Muka gelombang ti, yaitu waktu permulaan sampai puncak, biasanya diambil 10%E sampai 90%E.
- Ekor gelombang, yaitu bagian belakang puncak. Panjang gelombangnya adalah t2, yaitu waktu dari permulaan sampai titik 50%E pada ekor gelombang.
- Polaritas, yaitu polaritas dari gelombang tersebut, apakah positif atau negatif.

Tabel 2.1 – Kaitan Parameter Arus Petir dengan Tingkat Proteksi

Parameter Petir		Tingkat Proteksi		
		I	II	III – IV
Nilai arus puncak	I(KA)	200	150	100
Muatan ideal	QTotal (C)	300	225	150
Muatan impuls	QImpuls (C)	100	75	50
Energi spesifik	W/R (kJ/Ω)	10000	5600	2500
Kecuraman rata – rata	Di/dt 30/90% (kA/μs)	200	150	100

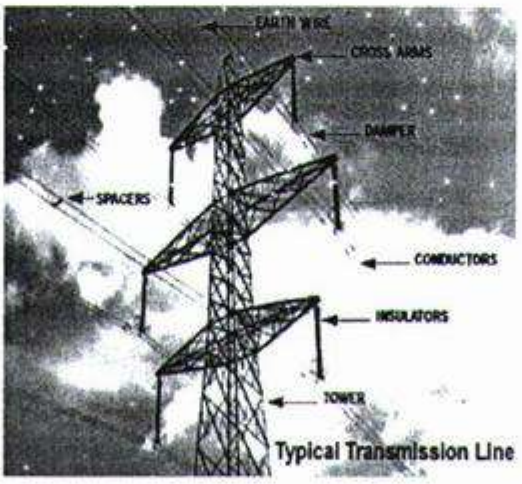
Gambar 2.4 Tabel Kaitan Parameter Arus Petir dengan Tingkat Proteksi

3. Bahaya sambaran Petir

Sambaran petir terbagi menjadi dua yaitu sambaran langsung dan sambaran tidak langsung. Sambaran langsung terjadi karena arus impuls yang mengalir ke tanah, sedangkan sambaran tidak langsung terjadi karena pancaran energi dari gelombang elektromagnetiknya atau lightning electromagnetic pulse. Apabila petir ini menyambar sebuah gedung maka jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir dapat dihitung:

3.1. Bahaya Sambaran petir pada jaringan Listrik

Gangguan jenis ini dikelompokkan menjadi 2 bagian yaitu sambaran petir mengenai kawat tanah dan sambaran petir mengenai kawat fasa. Kawat tanah adalah kawat yang berada pada bagian paling atas dari salurann teransmisi, dan digrounding di menara saluran transmisi. Sambaran petir langsung mengenai kawat tanah dapat mengakibatkan terputusnya kawat tanah, naiknya potensial kawat tanah yang diikuti oleh backflashover ke kawat fasa dan naiknya potensial pentanahan menara transmisi yang menyebabkan bahaya tegangan langkah.



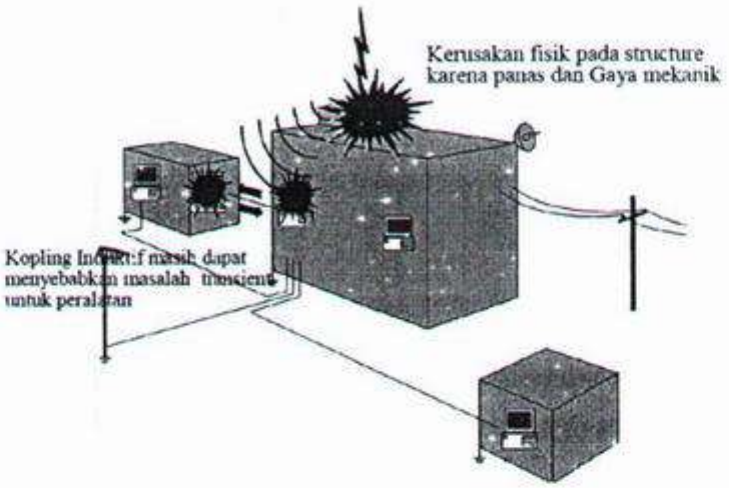
Gambar 3.1. SaLuran Transmisi

3.2. Bahaya Sambaran petir pada Bangunan

3.2.1. Bahaya sambaran langsng pada bangunan yang tidak diproteksi

Pada bangunan yang tidak dilengkapi sistem proteksi petir, sambaran petir akan menimbulkan kerusakan, dimana kerusakan tersebut dapat berupa kerusakan thermos, seperti terbakar pada bagian yang tersambar, bisa juga berupa mekanis, seperti atap runtuh, bangunan retak dan lain – lain. Bahan

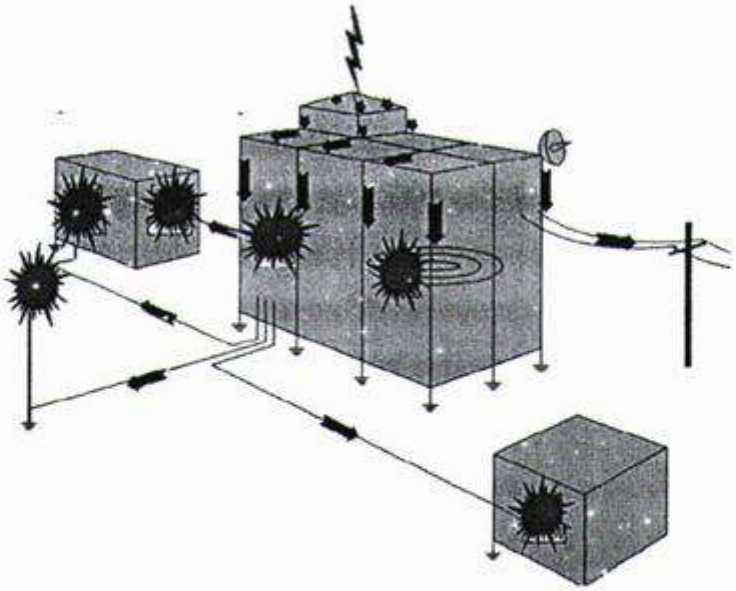
bangunan yang paling parah bila terkena sambaranyang bersifat kering. Selain dari itu juba akan menimbulkan keruakan pada peralatan listrik dan elektronik akibat induksi gelombang elektromagnetik.



Gambar 3.2 Bahaya sambaran langsng pada bangunan yang tidak diproteksi oleh sistem proteksi petir

3.2.2. Bahaya sambaran langsung pada bangunan yang diproteksi oleh sistem proteksi petir

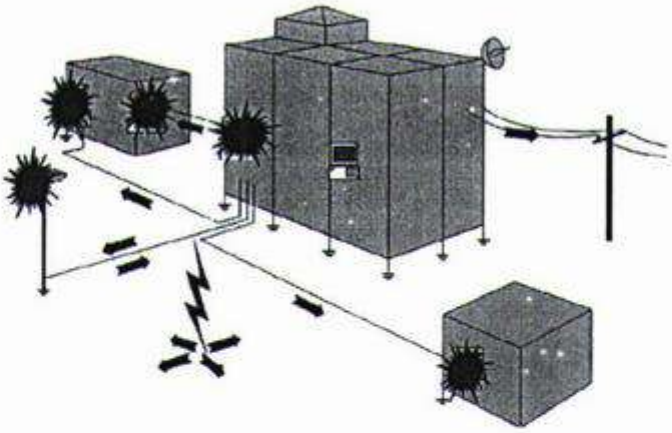
Sambaran petir memilki energi yang tinggi, sehingga ketika terjadi sambarn, arus sambaran akan diterima oleh sistem proteksi petir. Sistem Proteksi Petir menyediakan jalur ke tanah dengan resistansi rendah, sehingga Bangunan aman, namun peralatan listrik dan elektronik berrpotensi mengalami kerusakan akibat induksi gelombang elektromagnetik arus petir yang mengalir ke tanah



Gambar 3.3. Bahaya sambaran langsng pada bangunan yang diproteksi oleh sistem proteksi petir

3.2.3. Bahaya sambaran tidak langsung pada bangunan

Kerusakan jenis ini terjadi karena petir menyambar suatu titik lckasi, misalnya dekat dengan bangunan, sementara di lokasi tersebuut terdapat kabel distribusi tau kabel sambungan kerumah. Karen sambaran langsung ke tanah, arus petir akan menyebar mengakibatmn terjadinya induksi gelombang elektromagnetik, sehingga menyebbkan terjadanya kerusakan peralatan listrik dan elektronik.



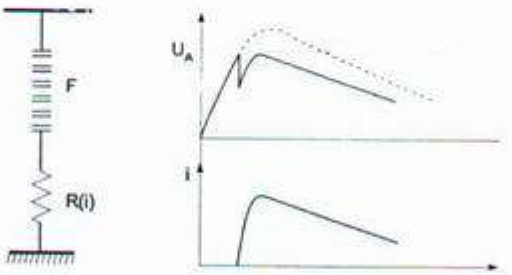
Gambar 3.4 Bahaya sambaran tidak langsung pada bangunan

4. Sistem Proteksi Petir pada Jaringan Listrik

Pada sistem proteksi ini dijaringan listrik transmisi/distribusi digunakan kawat tanah yang dipasang di bagian paling atas pada menara. Penggunaan kawat tanah dimaksudkan Sebagai penerima petir agar tidak menyambar langsung ke kawat fasa. Meskipun telah digunakan kawat fasa bukan berarti sistem telah aman. Arus yang mengalir di kawat tanah masih menginduksi kawt fasa, sehingga menimbulkan kenaikan tegangan diujung saluran yang berpotensi menimbulkan kerusakan peralatan. Oleh karena itu sistem proteksi ini harus dilengkapi dengan Arrester.

4.1. Penggunaan Arrester

Arrester adalah alat proteksi bagi peralatan listrik terhadap tegangan lebih, yang disebabkan oleh petir atau surja hubung (switching surge). Alat ini bersifat sebagai by-pass disekitar isolasi yang membentuk jalan dan mudah dilalui arus kilat ke sistem pentanahan sehingga tidak menimbulkan tegangan lebih yang tinggi dan tidak merusak isolasi peralatan. Jadi pada keadaan normal arrester berlaku sebagai isolator, bila timbul tegangan surja alat ini bersifat sebagai konduktor yang tahanannya relatif rendah, sehingga dapat mengalirkan arus yang tinggi ketanah.setelah surja hilang, arrester harus dapat dengan cepat kembali menjadi isolasi. dipasang antara kawat fasa dengan tanah



Gambar 4.1. Arrester

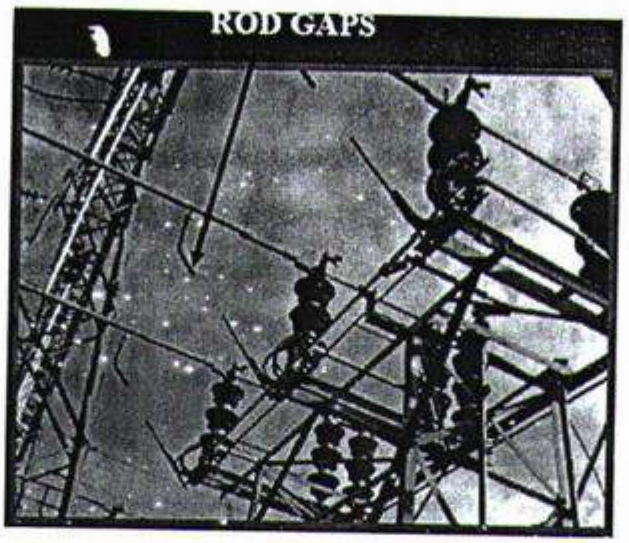
4.2. Macam – Macam Arrester

4.2.1. Rod Gap Arrester

Berupa batang elektroda yang diletakkan antara hantaran dan tanah.

Banyak digunakan pada :

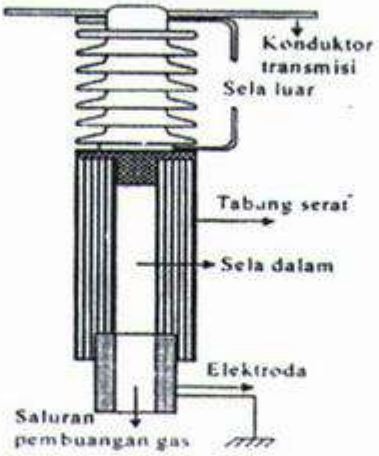
- Bushing Insulator dari trafo
- isolator hantaran udara, (Arching Horn)
- Pemutus daya (Circuit Breaker)



Gambar 4.2 Arrester pada saluran transmisi

4.2.2. Arrester Tipe Ekspulsi

Arrester ini mempunyai dua jenis sela, yaitu sela luar dan sela dalam. Sela dalam ditempatkan didalam tabung serat, bila diterminal arrester tiba suatu surja petir makakedua sela terpercik. Arus susulan yang terjadi memanaskan permukaan dalam tabung serat, akibatnya tabung mengeluarkan gas. Arus susulan merupakan arus sinusoidal sehingga pada periode tertentu akan mencapai nilai nol. Saat arus susulan mencapai nol,gas akan memadamkan arus susulan. Arus susulan paling lama bertahan dua periode, biasanya sudah padam dalam waktu setengah periode setelah arus susulan terjadi. Tetapi, pemadaman arus susulan masih tergantung pada tingkat arus hubung singkat pada lokasi penempatan arrester

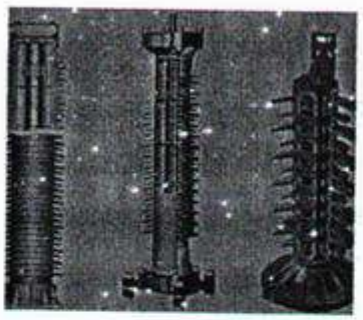


Gambar 4.3. Arrester tipe ekspulsi

4.2.3. Arrester Tipe Katup

Arrester ini terdiri atas beberapa sela percik yang dihubungkan seri dengan

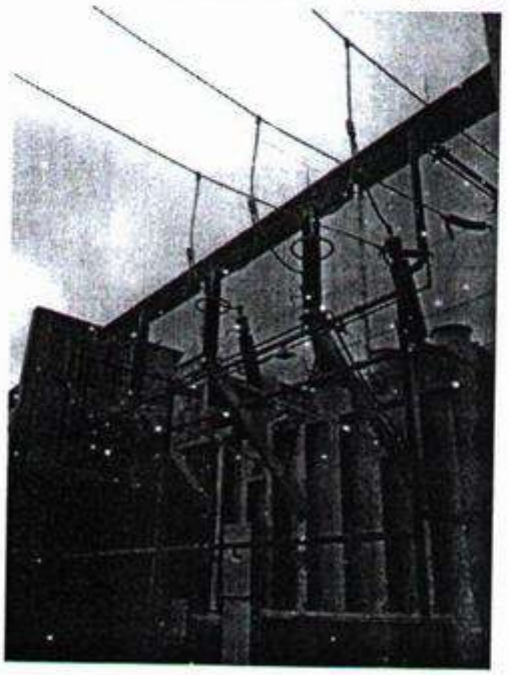
resistor tak linier. Resistor tak linier mempunyai tahanan yang rendah saat dialiri arus besar dan mempunyai tahanan yang besar saat dialiri arus kecil. Resistor tak linier yang umum digunakan untuk arrester terbuat dari bahan silicon karbid. Sela percik dan resistor tak linier keduanya ditempatkan dalam tabung isolasi tertutup, sehingga kerja arrester ini tidak dipengaruhi oleh keadaan udara sekitar.



Gambar 4.4. Arrester tipe Katup

4.3. Lokasi Penempatan Arrester

Arrester ditempatkan sedekat mungkin dengan peralatan yang dilindungi. Tetapi untuk memperoleh kawasan perlindungan yang lebih baik, maka ada kalanya arrester ditempatkan dengan jarak tertentu dari peralatan yang dilindungi. Jarak arrester dengan peralatan yang dilindungi berpengaruh terhadap besarnya tegangan yang tiba pada peralatan. Jika jarak arrester terlalu jauh, maka tegangan yang tiba pada peralatan dapat melebihi tegangan yang dapat dipikulnya.



Gambar 4.5. Lokasi penempatan Arrester

5. Sistem proteksi petir pada Bangunan

5.1. Proteksi External

Instalasi dan alat-alat di luar sebuah struktur untuk meredam dan menghantar arus petir ke sistem pembumian atau berfungsi sebagai ujung tombak penangkap muatan listrik/arus petir di tempat tertinggi. Sistem Proteksi Petir Eksternal menghindari bahaya langsung suatu sambaran petir pada instalasi-instalasi, peralatan-peralatan yang terpasang di luar gedung/bangunan, di menara dan bagian-bagian luar bangunan. Dalam hal ini termasuk juga pelindungan terhadap manusia yang berada di luar gedung. Sistem Proteksi Petir Eksternal pada dasarnya terdiri dari:

a. Terminasi udara (Air Terminal)

Terminasi udara adalah bagian sistem proteksi petir eksternal yang dikhususkan untuk menangkap sambaran petir, berupa elektroda logam yang dipasang secara tegak maupun mendatar. Terminai udara merupakan daerah atau zona yang khusus untuk menangkap petir pada radisu tertentu. Penangkap petir ditempatkan sedemikian rupa sehingga mampu menangkap semua petir yang menyambar tanpa mengenai bagian gedung, bangunan atau daerah yang dilindungi (zona proteksi).

Gambar 5.1 Air Terminal (penerima petir)

b. Konduktor penyalur arus petir (Down Conductor)

Down Conductor berfungsi sebagai penyalur arus petir yang mengenai Terminasi udara (terminal udara) dan diteruskan ke pembumian/grounding. [2, 5]Pemilihan jumlah dan posisi konduktor penyalur sebaiknya memperhitungkan kenyataan bahwa, jika arus petir dibagi dalam beberapa konduktor penyalur, resiko loncatan kesamping dan gangguan elektro magnetik didalam gedung berkurang. Berdasarkan standar SNI 7015 2014 bahwa setiap down conductor yang terpasang down conductor dipasang pada rute sependek mungkin serta tidak

menimbulkan, bahaya side-flash pada manusia / peralatan dan bahaya induksi terutama bagi peralatan sensitif.

c. **Pembumian (Grounding)**

Pentanahan adalah menanam satu/beberapa elektroda kedalam tanah dengan cara tertentu untuk mendapatkan tahanan pembumian yang diinginkan [4]. Elektroda pembumian tersebut membuat kontak langsung dengan bumi. Penghantar bumi yang tidak berisolasi yang ditanam dalam bumi dianggap sebagai bagian dari elektroda bumi.

5.2. Pemilihan tingkat proteksi untuk sistem proteksi petir (SPP)

Untuk setiap bangunan gedung yang dipertimbangkan, perancang SPP harus memutuskan apakah diperlukan SPP atau tidak. Jika diperlukan perancang harus memilih tingkat proteksi yang sesuai. ahap pertama prosedur pemilihan SPP menghendaki penilaian memadai terhadap

bangunan gedung yang dipertimbangkan sesuai rancangannya. Selanjutnya harus ditentukan dimensi bangunan gedung dan penempatan, aktivitas badai guntur (densitas sambaran petir tahunan) di daerah yang dipertimbangkan, juga harus ditentukan klasifikasi bangunan gedung. Data berikut ini memberikan latar belakang untuk penilaian:

a. frekuensi sambaran petir rata-rata tahunan Nd sebagai hasil perkalian densitas sambaran ke tanah Ng lokal dan area cakupan ekivalen Ae dari bangunan gedung;
b. frekuensi sambaran rata-rata tahunan Nc yang dapat diterima untuk bangunan gedung yang dipertimbangkan.

Perbandingan berikut menentukan apakah SPP diperlukan, dan jika diperlukan,

jenisnya apa :

a) Jika $Nd \leq Nc$ tidak diperlukan SPP.

b) Jika $Nd > Nc$, SPP dengan effisiensi $E \geq 1 - Nc/Nd$ sebaiknya dipasang dan tingkat

proteksi yang tepat dipilih menurut tabel 2.

Tabel 5.2.1 Fisiensi SPP sehubungan dengan tingkat proteks

Tingkat proteksi	Efisiensi SPP E
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

5.3. Metode proteksi sistem penerima petir

5.3.1. Metode jala (mesh size method)

Metode ini digunakan untuk keperluan perlindungan permukaan yang datar karena bisa melindungi seluruh permukaan bangunan. Daerah yang diproteksi adalah keseluruhan daerah yang ada di dalam jala-jala. Ukuran jala sesuai tingkat proteksi yang dipilih tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah.

Gambar 5.2. Metode jala (sangkar faraday)

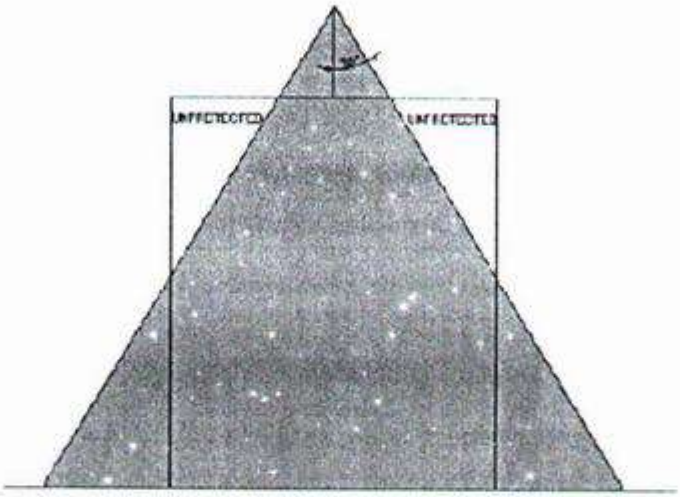
Tabel 5.1 Ukuran Jala Sesuai Tingkat Proteksi Yang Dipilih

Protecton level Tingkat proteksi	h (m) / R (m)	20	30	45	60	Mesh width (m) Lebar mata jala (m)
		α^o	α^o	α^o	α^o	
I	20	25	*	*	*	5
II	30	35	25	*	*	10
III	45	45	35	25	*	10
IV	60	55	45	35	25	20

* Rolling sphere and mesh only apply in these cases.
* Hanya menggunakan bola bergulir dan jala dalam kasus ini.

5.3.2. Metode sudut proteksi (protective anglemethod)

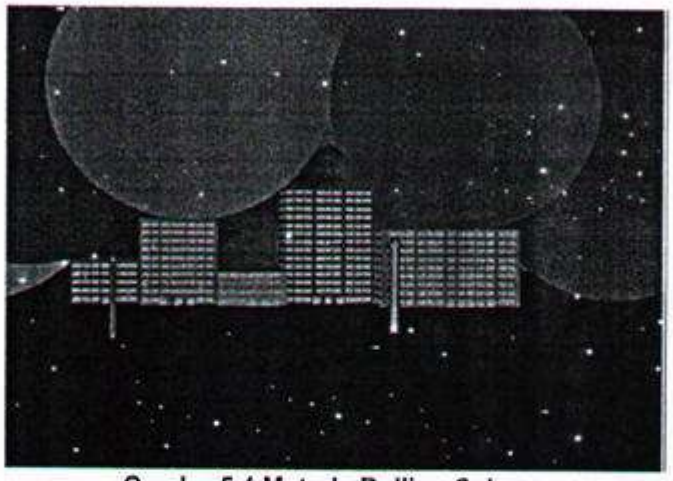
Daerah yang diproteksi adalah daerah yang berada di dalam kerucut dengan sudut proteksi sesuai dengan diatas .



Gambar 5.3 Metode Sudut proteksi

5.3.3. Metode Rolling Sphere

Metode bola bergulir baik digunakan pada bangunan yang bentuknya rumit. Dengan metode ini seolah-olah ada suatu bola dengan radius R yang bergulir di atas tanah, sekeliling struktur dan di atas struktur ke segala arah hingga bertemu dengan tanah atau struktur yang berhubungan dengan permukaan bumi yang mampu bekerja sebagai penghantar. Titik sentuh bola bergulir pada struktur adalah titik yang dapat disambar petir dan pada titik tersebut harus diproteksi oleh konduktor terminasi udara. Semua petir yang berjarak R dari ujung penangkap petir akan mempunyai kesempatan yang sama untuk menyambar bangunan



Gambar5.4 Metode Rolling Sphere

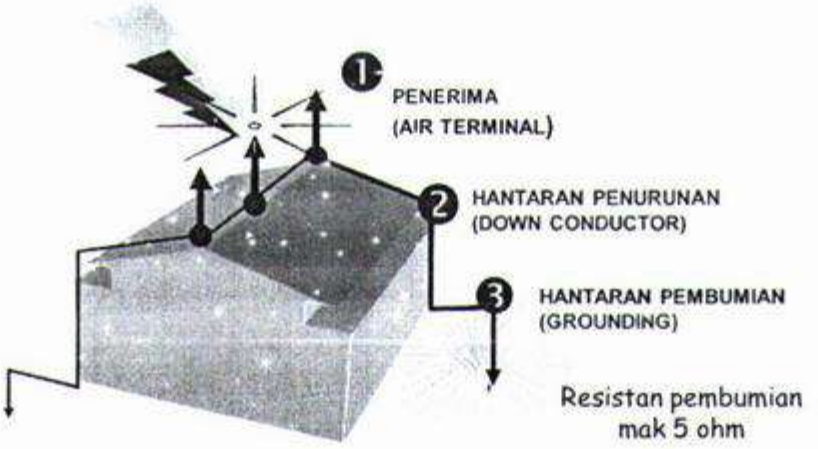
5.4. Instalasi proteksi petir pada Bangunan

5.4.1. Ketentuan Umum

Yang diatur oleh Peraturan Menteri ini adalah Instalasi Penyalur Petir non radioaktif di tempat kerja. Tempat kerja yang perlu dipasang instalasi penyalur petir antara lain:

- Bangunan yang terpencil atau tinggi dan lebih tinggi dari pada bangunan sekitarnya seperti: menara-menara, cerobong, silo, antena pemancar, monumen dan lain-lain;
- Bangunan dimana disimpan, diolah atau digunakan bahan yang mudah meledak atau terbakar seperti pabrik-pabrik amunisi, gudang penyimpanan bahan peledak dan lain-lain;
- Bangunan untuk kepentingan umum seperti: tempat ibadah, rumah sakit, sekolah, gedung pertunjukan, hotel, pasar, stasiun, candi dan lain-lain;
- Bangunan untuk menyimpan barang-barang yang sukar diganti seperti: museum, perpustakaan, tempat penyimpanan arsip dan lain-lain;
- Daerah-daerah terbuka seperti: daerah perkebunan, Padang Golf, Stadion Olah Raga dan tempat-tempat lainnya.

Instalasi penyalur petir ialah seluruh susunan sarana penyalur petir terdiri atas penerima (Air Terminal/Rod), Penghantar penurunan (Down Conductor), Elektroda Bumi (Earth Electrode) termasuk perlengkapan lainnya yang merupakan satu kesatuan berfungsi untuk menangkap muatan petir dan menyalurkannya ke bumi;

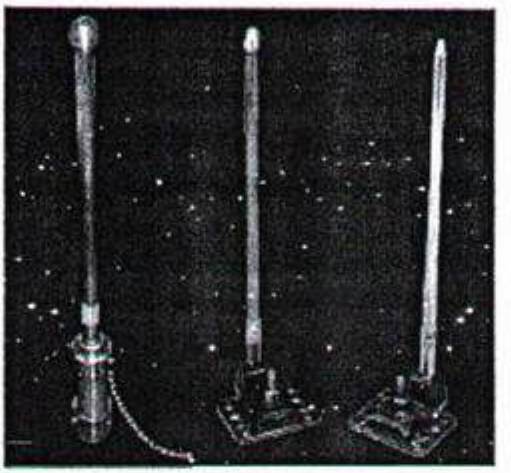


Gambar 5.5 Instalari Sistem Proteksi Petir

5.4.2. Instalasi penerima penyalur petir

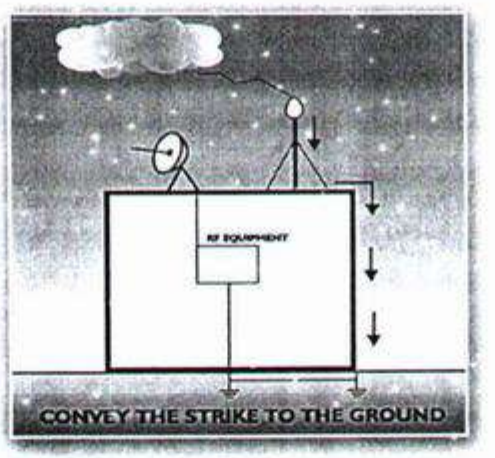
Penerima ialah peralatan dan atau penghantar dari logam yang menonjol lurus ke atas dan atau mendatar guna menerima petir; Sebagai penerima dapat digunakan: logam bulat panjang yang terbuat dari tembaga; hiasan-hiasan pada atap, tiang-tiang, cerobong-cerobong dari logam yang disambung baik dengan instalasi penyalur petir; atap-atap dari logam yang disambung secara elektris dengan baik. Dimensi minimum air terminal :

- Cu : 35 mm2
- Fe : 50 mm2
- Al : 70 mm2



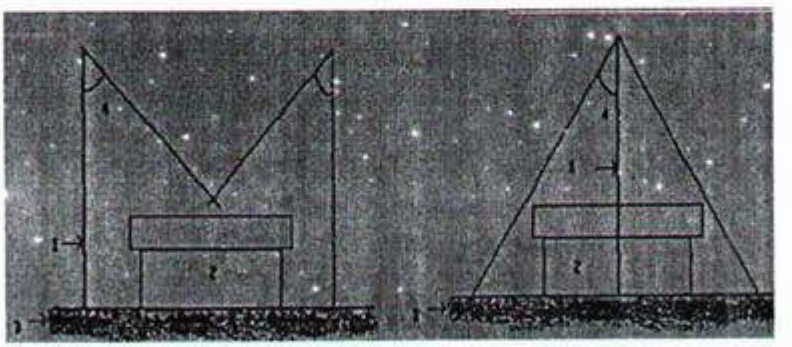
Gambar 5.6 Penerima petir

Penerima harus dipasang di tempat atau bagian yang diperkirakan dapat tersambar petir dimana jika bangunan yang terdiri dari bagian-bagian seperti bangunan yang mempunyai menara, antena, papan reklame atau suatu blok bangunan harus dipandang sebagai suatu kesatuan



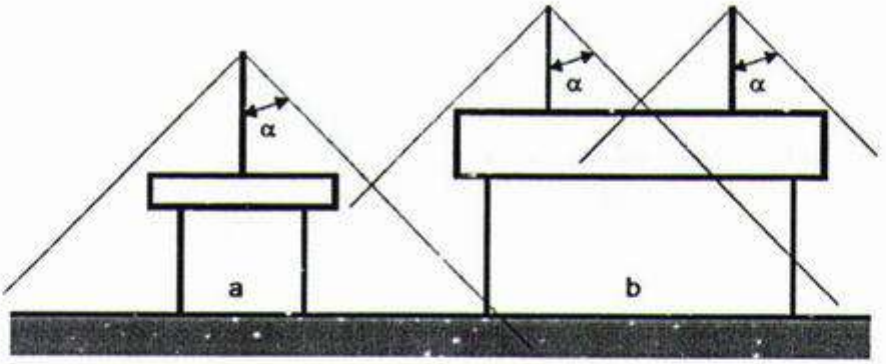
Gambar 5.7 Pemasangan penerima petir

Pemasangan penerima pada atap yang mendatar harus benar-benar menjamin bahwa seluruh luas atap yang bersangkutan termasuk dalam daerah perlindungan;



Gambar 5.8. Perlindungan penerima petir

Penerima yang dipasang di atas atap yang datar sekurang-kurangnya lebih tinggi 15 cm dari pada sekitarnya; Jumlah dan jarak antara masing-masing penerima harus diatur sedemikian rupa sehingga dapat menjamin bangunan itu termasuk dalam daerah perlindungan.



Gambar 5.9 Perlindungan penerima petir

Untuk menentukan daerah perlindungan bagi penerima dengan jenis Franklin dan sangkar Faraday yang berbentuk runcing adalah suatu kerucut yang mempunyai sudut puncak 112°; Untuk menentukan daerah perlindungan bagi penerima yang berbentuk penghantar mendatar adalah dua bidang yang saling memotong pada kawat itu dalam sudut 112°;

5.4.3. Instalasi Penghantar penurunan

Penghantar penurunan ialah penghantar yang menghubungkan penerima dengan elektroda bumi; Elektroda bumi ialah bagian dari instalasi penyalur petir yang ditanam dan kontak langsung dengan bumi; Penghantar penurunan harus dipasang sepanjang bubungan (nok) dan atau sudutsudut bangunan ke tanah sehingga penghantar penurunan merupakan suatu sangkar dari bangunan yang akan dilindungi; Jarak antara alat-alat pemegang penghantar penurunan satu dengan yang lainnya.

Tidak boleh lebih dari 1,5 meter; Penghantar penurunan harus dipasang lurus ke bawah dan jika terpaksa dapat mendatar atau melampaui penghalang; (5) Penghantar penurunan harus dipasang dengan jarak tidak kurang 15 cm dari atap yang dapat terbakar kecuali atap dari logam, genteng atau batu;

Instalasi penyalur petir dari suatu bangunan paling sedikit harus mempunyai 2 (dua) buah penghantar penurunan; Instalasi penyalur petir yang mempunyai lebih dari satu penerima, dari penerima tersebut harus ada paling sedikit 2 (dua) buah penghantar penurunan; Jarak antara kaki penerima dan titik pencabangan penghantar penurunan paling besar 5 (lima) meter. Bahan penghantar penurunan yang dipasang khusus harus digunakan kawat tembaga atau bahan yang sederajat dengan ketentuan:

- Penampang sekurang-kurangnya 50 mm2;
- Setiap bentuk penampang dapat dipakai dengan tebal serendah-rendahnya 2 mm.

Sebagai penghantar penurunan petir dapat digunakan bagian-bagian dari atap, pilarpilar, dinding-inding, atau tulang-tulang baja yang mempunyai massa logam yang baik; Khusus tulang-tulang baja dari kolom beton harus memenuhi syarat, kecuali:

- Sudah direncanakan sebagai penghantar penurunan dengan memperhatikan syarat-syarat sambungan yang baik dan syarat-syarat lainnya;
- Ujung-ujung tulang baja mencapai garis permukaan air di bawah tanah sepanjang waktu.

Kolom beton yang bertulang baja yang dipakai sebagai penghantar penurunan harus digunakan kolom beton bagian luar. Jarak minimum antara penghantar penurunan yang satu dengan yang lain diukur sebagai berikut;

- Pada bangunan yang tingginya kurang dari 25 meter maximum 20 meter;
- Pada bangunan yang tingginya antara 25-50 meter maka jaraknya (30 - 0,4 x tinggi bangunan);
- Pada bangunan yang tingginya lebih dari 50 meter maximum 10 meter.

Gambar 5.10. Kolom beton sebagai penghantar penurunan

Untuk bangunan-bangunan yang terdiri dari bagian-bagian yang tidak sama tingginya, tiaptiap bagian harus ditinjau secara tersendiri, kecuali bagian bangunan yang tingginya kurang dari seperempat tinggi bangunan yang tertinggi, tingginya kurang dari 5 meter dan mempunyai luas dasar kurang dari 50 m2

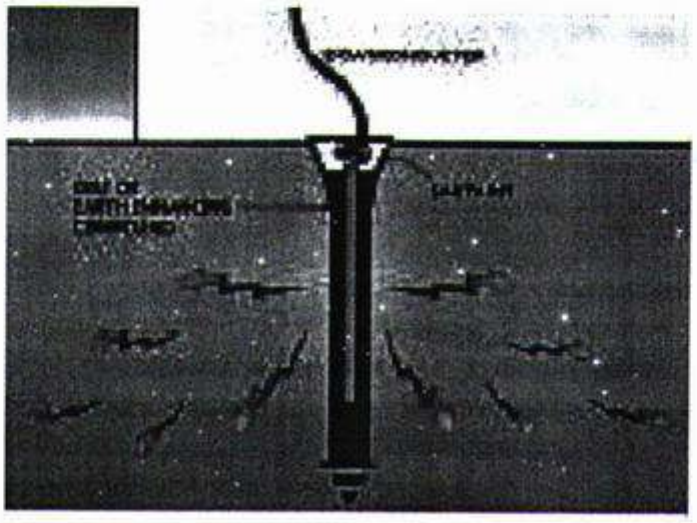
5.4.4. Instalasi Sistem Pembumian

a. Elektroda bumi harus dibuat dan dipasang sedemikian rupa sehingga tahanan pembumian sekecil mungkin; Sebagai elektroda bumi dapat digunakan:
   - Tulang-tulang baja dan lantai-lantai kamar di bawah bumi dan tiang pancang yang sesuai dengan keperluan pembumian;
   - Pipa-pipa jogam yang dipasang dalam bumi sccara tegak;
   - Pipa-pipa atau penghantar lingkar yang dipasang dalam bumi secana mendatar;
   - Pelat logam yang ditanam;
   - Bahan logam lainnya dan atau bahan-bahan yang cara pemakaian menurut ke tentuan pabrik pembuatnya.

b. Elektroda bumi tersebut harus dipasang sampai mencapai air dalam bumi. Elektroda bumi dapat dibuat dari:
   - Pipa baja yang disepuh dengan Zn (Zincum) dan ganis tengah sekurang-kurangnya 25 mm dan tebal sekurang-kurangnya 3,25 mm;
   - Batang baja yang disepuh dengan Zn dan ganis tengah sekurang-kurangnya 19 mm;
   - Pita baja yang disepuh dengan Zn yang tebalnya sekurang-kurangnya 3 mm dan ebar sekurang-kurangnya 25 mm;

c. Untuk daerah-daerah yang sifat korosifnya lebih besar, elektroda bumi harus di buat dari:
   - Pipa baja yang disepuh dengan Zn dan garis tengah dalam sekurang-kurangnya 50 mm dan tebal sekurang-kurangnya 3,5 mm;
   - Pipa dari tembaga atau bahan yang sederajat atau pipa yang disepuh dengan tembaga atau bahan yang sederajat dengan ganis tengah dalam sekurangkurangnya 16 mm dan tebal sekurang-kurangnya 3 mm;
   - Batang baja yang disepuh dengan Zn dengan garis tengah sekurang-kurang nya 25 mm;
   - Batang tembaga atau bahan yang sederajat atau batang baja yang disalut dengan tembaga atau yang sederajat dengan garis tengah sekurang-kurangnya 16 mm;
   - Pita baja yang disepuh dengan Zn dan tebal sekurang-kurangnya 4 mm dan lebar sekurang-kurangnya 25 mm.

d. Panjang suatu elektroda bumi yang dipasang tegak dalam bumi tidak boleh kurang dan 4 meter, kecuali jika sebagian dan elektroda bumi itu sekurang-kurangnya 2 meter di bawah batas minimum permukaan air dalam bumi; Tulang-tulang besi dan lantai beton dari gudang di bawah bumi dan tiang pancang dapat digunakan sebagai elektroda bumi yang memenuhi syarat apabila sebagian dari tulang-tulang besi ini berada sekurang-kurangnya 1 (satu) meter di bawah permukaan air dalam bumi; Elektroda bumi mendatar atau penghantar lingkar harus ditanam sekurang-kurangnya 50 cm didalam tanah



Gambar 5.11 Elektroda grounding

e. Instalasi Penyalur Petir pada bangunan yang menyerupai menara sepenti menara air, silo, mesjid, gereja, dan lain-lain harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut:
   - Bahaya meloncatnya petir;
   - Hantaran listrik;
   - Penempatan penghantar;
   - Daya tahan terhadap gaya mekanik;
   - Sambungan antara massa logam dan suatu bangunan.

f. Instalasi penyalur petir dari menana tidak boteh dianggap dapat melindungi bangunan-bangunan yang berada disekitannya.

--oo0oo--

LAMPIRAN :

CHECKLIST RIKSA UJI K3 INSTALASI PENYALUR PETIR

NO.	OBYEK	HASIL	NILAI RUJUKAN	METHODA
1	**PENERIMA**			
	a. JENIS PENERIMA	Sesuai/tidak sesuai	Permenaker 2/89 / SNI	Penilaian
	b. JARAK / RADIUS PROTEKSI	Sesuai/tidak sesuai	Permenaker 2/89 / SNI	Penilaian
	c. TINGGI AIR TERMINAL	Sesuai/tidak sesuai	Permenaker 2/89	Penilaian
	d. JUMLAH DAN JARAK	Sesuai/tidak sesuai	Permenaker 2/89	Penilaian
	e. TERMINAL (BERKARAT/TIDAK)	Sesuai/tidak sesuai	Permenaker 2/89	Penilaian
	f. GAMBAR BENTUK ATAP DAN UKURANNYA	Sesuai/tidak sesuai	Permenaker 2/89	Penilaian
2	**PENGHANTAR PENURUNAN**			
	a. JUMLAH DOWN CONDUCTOR	Sesuai/tidak sesuai	Permenaker 2/89 / SNI	Penilaian
	b. JARAK ANTAR KAKI PENERIMA DAN TITIK PERCABANGAN	Sesuai/tidak sesuai	Permenaker 2/89 / SNI	Penilaian
	c. LUAS PENAMPANG	Sesuai/tidak sesuai	Permenaker 2/89	Penilaian
	d. TEBAL PENAMPANG	Sesuai/tidak sesuai	Permenaker 2/89	Penilaian
	e. JARAK ANTAR PENGHANTAR PENURUNAN DENGAN LAIN	Sesuai/tidak sesuai	Permenaker 2/89 / SNI	Penilaian
	f. TINGGI BANGUNAN	..... m		pengukuran
	g. LUAS BANGUNAN	..... m^2		pengukuran
3	**PEMBUMIAN**			
	a. JENIS ELETRODA BUMI (BATANG/ROD, PITA, MESH)	Sesuai/tidak sesuai	Permenaker 2/89 / SNI	Penilaian
	b. DIAMETER PENAMPANG	Sesuai/tidak sesuai	Permenaker 2/89 / SNI	Penilaian
	c. KEDALAMAN ELEKTRODA	Sesuai/tidak sesuai	Permenaker 2/89 / SNI	Penilaian
	d. LUAS PENAMPANG	Sesuai/tidak sesuai	Permenaker 2/89 / SNI	Penilaian
	e. JARAK ANTAR ELEKTRODA BUMI SATU DENGAN LAIN	Sesuai/tidak sesuai	Permenaker 2/89 / SNI	Penilaian
4	**KONDISI MATERIAL**			
	a. AIR TERMINAL KLEM. BAUT & PENYANGGA	Baik/Tidak baik	Permenaker 2/89 / SNI	Penilaian
	b. PENGHANTAR DAERAH ATAP	Baik/Tidak baik	Permenaker 2/89	Penilaian
	KLEM. BAUT & PENYANGGA		/ SNI	
	c. PENGHANTAR TURUN KE TANAH	Baik/buruk	Permenaker 2/89	Penilaian
	KLEM. BAUT & PENYANGGA		/ SNI	
	d. KOTAK HUBUNG /	Baik/buruk	Permenaker 2/89	Penilaian

	BAK KONTROL KLEM. BAUT		/ SNI	
	e. AKAR / BATANG PEMBUMIAN	Baik/buruk	Permenaker 2/89 / Manufactur std.	Penilaian

	KLEM, BAUT		Permenaker 2/89	
	f. PENGHANTAR AKAR KE AKAR	Baik/buruk	/ SNI	Penilaian
5	**KONDISI PEMASANGAN SAMBUNGAN**			
	a. SAMBUNGAN KEPALA AIR TERMINAL	Baik/buruk	Permenaker 2/89 / SNI	Penilaian
	b. KLEM, BAUT & PENYANGGA	Baik/buruk	Permenaker 2/89 / SNI	Penilaian
	c. SAMBUNGAN HANTARAN PENURUNAN (DOWN CONDUCTOR) KE KEPALA PENANGKAL	Baik/buruk	Permenaker 2/89 / SNI	Penilaian
	d. SAMBUNGAN HANTARAN PENURUNAN (DOWN CONDUCTOR) KE HANTARAN	Baik/buruk	Permenaker 2/89 / SNI	Penilaian

\\

Laporan
Pengujian Instalasi Penyalur Petir

Nomor :.....
Tanggal :.....

1. Informasi Umum

Lokasi Bangunan yang diuji : .....
Nama : .....
Alamat : .....
Telephone : .....

Pemilik Instalasi yang diuji
Nama : .....
Alamat : .....
Telephone : .....

Alamat Penguji
Nama : .....
Alamat : .....
Telephone : .....

Alamat Designer
Nama : .....
Alamat : .....
Telephone : .....

2. Detil Bangunan
Nama Bangunan : .....
Lokasi : .....
Penggunaan : .....
Dibangun Tahun : .....
Dimensi Bangunan : .....

4. Obyek yang diuji

☐ External LPS ☐ Internal LPS

5. Informasi Pada Sistem Instalasi Penyalur Petir
Sistem Terminasi Udara

Sudut Proteksi : 112 (permen 02/89)
Bahan : ☐ Aluminium ☐ ☐ Copper ☐ ☐ ☐ ... .
Dimensi : ..... mm^2

1. Penghantar Penyalur (Down-conductor)

Bahan : ☐ Aluminium ☐ ☐ Copper ☐ ... .☐ ☐
Luas Penampang (mm^2) : .....
Jumlah Down Conductor : .....

2. Sistem Pentanahan

Bahan : ☐ Baja digalvanish ☐ ☐ Copper ☐ ☐ ☐ ... .
Type/Design : ☐ Horizontal earthing electrode
☐ Vertical earthing electrode
☐ Lainnya

8. Pengujian Dokumentasi Teknis

Lengkap dan sesuai Standard : ☐ YA ☐ TIDAK

8. Pengujian Lapangan
Kesempurnaan Kondisi IPP eksternal
Installation of all conductors and system components

Instalasi dan kondisi system terminasi udara : ☐ YA ☐ TIDAK
Instalasi dan kondisi down-conductors : ☐ YA ☐ TIDAK
Sistem Terminasi Pentanahan
– Semua terhubung ke pentanahan : ☐ YA ☐ TIDAK
– Komponen mengalami korosi : ☐ YA ☐ TIDAK

9. Pengukuran
Resistansi Sistem Pentanahan Total : ..... Ohm

Laporan/Interpretasi Hasil Pengujian

.....
.....

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Di uji oleh			
Pengawas			
Rekomendasi			

SOAL LATIHAN :

PRE/POST TEST (60 menit)
INSTALASI PENYALUR PETIR

1. Sebutkan Peralatan Pelindung Tegangan Lebih Petir pada jaringan/Peralatan Listrik :

   A. .....
   B. .....

2. Sebutkan jenis Arrester yang anda ketahui :

   Jawab : a .....
   b. .....
   c. .....

3. Sebutkan Peraturan yang mengatur instalasi Penyalur Petir yang anda ketahui :

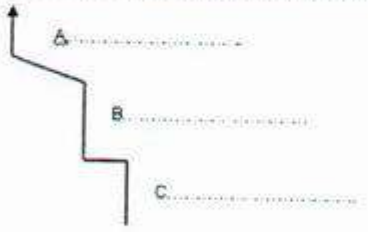
   a. .....
   b. .....
   c. .....

4. Pada system Instalasi Penyalur petir, menurut peaturan menteri tenaga Kerja no 02 Tahun 1989,Tinggi minimum suatu penerima petir adalah:
   A. 6m B.1m C. 0,15m D. 0,25m

5. Bila tinggi bangunan 20m, jarak antar down konduktor maksimum adalah:
   A. 6m B.10m C. 15m D.20m

6. Resistansi pembumian maksimum adalah:
   A. 5 Ohm B. 10 Ohm C. 15 Ohm D. 20 Ohm

7. Sebutkan nama komponen untuk instalasi penyalur petir di bawah ini :



8. Jenis bangunan : Sekolah; Lokasi : Jakarta
   Ukuran : 27m x 15m x 10m; Struktur : beton bertulang
   Atap : Baja ringan; Tinggi Penerima petir : 1,5 m

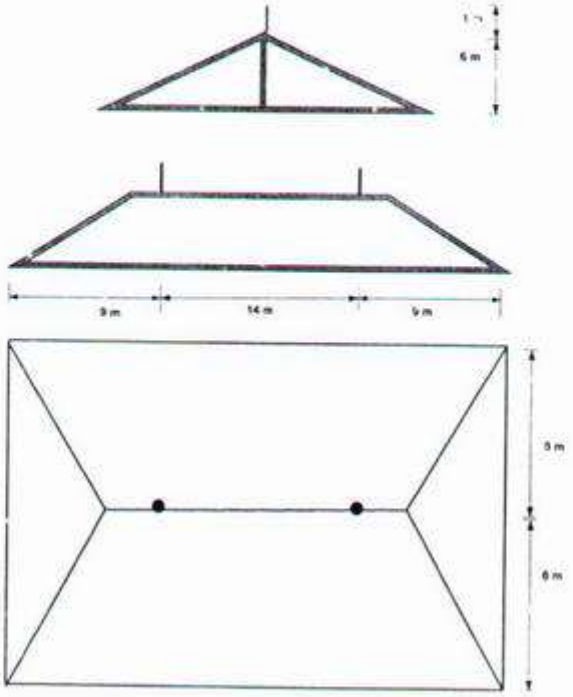
Pada soal di atas, apakah pemasangan air termination, down conductor dan pemegangnya sudah sesuai dengan permen 02/Men/1989

.....

.....

.....

9. Pemasangan penangkap petir sepertigambar di bawah :



Sesuai dengan permenaker no. : 02/Men/1989, apakah pemasangan tersebut telah memenuhi syarat, jelaskan :

Jawab :

.....

.....

.....

PT. Mandiri Maha Daya
Health & Safety Environment
Training Provider

MODUL
PELATIHAN K3 LISTRIK
PERSYARATAN K3 KETENTUAN UNTUK BERBAGAI RUANG DAN INSTALASI KHUSUS

MODUL PEMBINAAN & SERTIFIKASI KOMPETENSI K3
TEKNISI LISTRIK

PERSYARATAN K3
KETENTUAN UNTUK BERBAGAI RUANG DAN INSTALASI KHUSUS

JUNI - 2020

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas limpahan rahmat-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan revisi Materi Pembinaan dan Sertifikasi K3 Teknisi Listrik dengan topik bahasan **"Persyaratan K3 Ketentuan Untuk Berbagai Ruang dan Instalasi Khusus".** Materi ini merupakan materi kelompok inti yang disusun berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Pembinaan Pengawasan Ketenagalistrikan Dan K3 No: KEP.48/PPK&K3/VIII/2015 Tentang Pembinaan Teknisi Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Listrik dan isi dari materi ini berdasarkan standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) SNI 0225:2011 serta standar internasional IEC 60079.

Isi materi menjelaskan tentang ruang lingkup berbagai ruang dan instalasi khusus; ruang kerja listrik; ruang kerja listrik terkunci; ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik; ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan; ruang lembab termasuk ruang pendingin; ruang sangat panas; ruang berdebu; ruang dengan gas, bahan atau debu yang korosif; ruang radiasi; perusahaan kasar; pekerjaan dalam ketei uap, tangki dan bejana logam lainnya; peluncur, dok, galangan kapal dan sebagainya; derek dan lift listrik; instalasi rumah dan gedung khusus; gedung pertunjukan, gedung pertemuan, musium, pasar, toko dan gedung umum; instalasi listrik desa; instalasi semenlara; instalasi semi permanen; instalasi dalam masa pekerjaan pembangunan; instalasi generator (genset) darurat; instalasi pencahayaan darurat; instalasi listrik di dalam kamar mandi; instalasi ruang terbuka; kolam renang dan kolam lainnya; pencahayaan tanda dan pencahayaan bentuk; fasilitas pelayanan kesehatan dan jenis ruang khusus.

Kami menyadari materi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan kesempurnaan materi ini dimasa yang akan datang.

Kami mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah membantu proses penyelesaian revisi materi ini, terutama kepada rekan-rekan Tim narasumber K3 Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung yang telah berdiskusi dalam peyusunan isi materi, Direktur Jenderal Pembinaan Pengawasan Ketenagakerjaan dan K3 RI yang telah memberikan kepercayaan kepada kami untuk membuat revisi materi pembinaan dan sertifikasi K3 Listrik serta PT.Upaya Riksa Patra sebagai perusahaan jasa K3 pembinaan yang telah memberikan sdukungan dan bantuannya sehingga revisi materi ini bisa terealisasi. Semoga materi ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya para peserta training maupun peserta didik.

Bandung, Juni 2020

Penyusun

Daftar Isi

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	iii
Daftar Gambar	v
Daftar Tabel	vi
10.1. Latar Belakang	1
10.2. Tujuan Pembelajaran	1
10.2.1. Tujuan Pembelajaran Umum	1
10.2.2. Tujuan Pembelajaran Khusus	2
10.3.Jenis ruang khusus	2
10.3.1. Ruang kerja listrik (l) dan Ruang kerja listrik terkunci (lk)	5
10.3.2. Ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik	5
10.3.3. Ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan	16
10.3.4. Ruang lembab dan ruang pendingin	16
10.3.4.1.Ruang lembab	17
10.3.4.2 Ruang pendingin	19
10.3.5. Ruang sangat panas	20
10.3.6. Ruang berdebu	23
10.3.7. Ruang dengan gas, bahan atau debu yang korosif	24
10.3.8. Ruang radiasi (Sinar X)	26
10.3.9. Perusahaan kasar	27
10.3.10. Pekerjaan dalam ketel uap, tangki dan bejana logam lainnya	27
10.3.11. Peluncur, dok, galangan kapal dan sebagainya	28
10.3.12. Derek dan lif listrik	30
10.3.13. Instalasi rumah dan gedung khusus	31
10.3.14. Gedung pertunjukan, gedung pertemuan, musium, pasar, toko dan gedung umum lainnya	42
10.3.15. Instalasi sementara	45
10.3.16. Instalasi generator (genset) darurat	55
10.3.17. Instalasi penerangan darurat	62
10.3.18. Instalasi listrik di dalam kamar mandi	67

10.3.19. Instalasi ruang terbuka 67
10.3.20. Kolam renang dan kolam lainnya 75
10.3.21. Penerangan tanda dan penerangan bentuk 82
10.3.22. Fasilitas pelayanan kesehatan 104
10.3. 23. Jenis ruang khusus 113
10.4. Latihan evaluasi dan jawaban 121
Penutup 121
Daftar Pustaka

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Ruang kerja listrik 3

Gambar 2. Ruang uji laboratorium 6

Gambar 3. Ruang bahaya ledakan dan kebakaran 8

Gambar 4. Ruang pendingin 18

Gambar 5. Ruang panas 19

Gambar 6. Ruang berdebu 22

Gambar 7. Ruang dengan gas, bahan atau debu yang korosif 23

Gambar 8. Ruang radiasi 26

Gambar 9. Ruang Pekerjaan dalam ketel uap, tangki dan bejana logam lainnya 27

Gambar 10. Galangan kapal 28

Gambar 11. Derek dan Lift 30

Gambar 12. Instalasi rumah 31

Gambar 13. Gedung pertunjukan 33

Gambar 14. Tanda petunjuk 35

Gambar 15. Ruang genset 46

Gambar 16. Kamar mandi 63

Gambar 17. Klasifikasi zore kamar mandi 66

Gambar 18. Instalasi ruang terbuka 67

Gambar 19. Kolam renang dan lainnya 68

Gambar 20. Klasifikasi zone kolam renang 70

Gambar 21. Tanda (name plate) 77

Gambar 22. Fasilitas pelayanan kesehatan 83

Gambar 23. Contoh instalasi ruang operasi dengan penyama potensial 97

Gambar 24. Contoh penyama potensial di ruang operasi 98

Gambar 25. Zone rawan di runag operasi 99

Gambar 26. Contoh system distribusi instalasi listrik pada fasilitas pelayanan kesehatan 100

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hubungan antara kelas suhuperlengkapan, suhu permukaan dan suhu penyalaan 10

Tabel 2 Klasifikasi ruang medis 84

Tabel 3 Ruang Fasilitas Pelayaran Kesehatan 85

Tabel 4. Jenis perusahaan, jenis ruang dan katagori 106

MODUL 10

Ketentuan Untuk Berbagai Ruang dan Instalasi Khusus

10.1. LATAR BELAKANG

Listrik merupakan sumber energi yang dapat menimbulkan atau mempunyai potensi bahaya bahkan bencana yang merugikan, apabila perancangan, pemasangan, pemanfaatan sistem tenagan listrik tidak mematuhi kaidah-kaidah ataupun peraturan-peraturan bidang kelistrikan. Dari hasil identifikasi kecelakaan akibat listrik pada umumnya disebabkan oleh instalasi listrik yang dipakai tidak memenuhi syarat -syarat keselamatan dan kesehatan kerja (k3) atau standar yang berlaku. Upaya pengendalian diperlukan agar setiap peralatan dan pesawat yang menggunakan energi listrik,memerlukan pengamanan dan perlindungan yang memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

10.2. Tujuan Pembelajaran

10.2.1. Tujuan pembelajaran umum

Melalui pembelajaran dan pelatihan dalam modul ini diharapkan peserta memahami dengan baik pengertian ruang khusus, instalasi khusus, jenis-jenis ruang khusus, pemilihan peralatan, pemilihan Zone.

10.2.2. Tujuan pembelajaran khusus

Melalui program pembelajaran ini peserta diharapkan dapat :

a. Menjelaskan dasar hukum dan standar
b. Memeriksa kelengkapan dokumen gambar
c. Memeriksa kondisi lingkungan
d. Memeriksa prosedur kerja dan APD
e. Memeriksa dan menguji tingkat kehandalan proteksi
f. Memeriksa lay out instalasi
g. Membuat laporan pemeriksaan

10.3. Jenis ruang khusus

10.3.1. Ruang kerja listrik (l) dan Ruang kerja listrik terkunci (lk)

Untuk memilih peralatan atau perlengkapan listrik. harus disesuaikan dengan keadaan ruang kerja listrik. Berdasarkan penggunaannya ada beberapa beberapa macam ruang kerja listrik antara lain:

a. Ruang kerja listrik pada rumah tangga.

   Biasanya terdiri dari ruang tamu, ruang keluarga. kamar tidur dapur, kamar mandi/WC, luar: balkon, gerasi. taman.

b. Ruang kerja listrik untuk industri biasa.

   Pada umumnya terdiri dari ruang tamu/lobi. ruang kerja administras i, toilet, ruang produksi, tempat parkir jalan.

Ruang kerja listrik(l) dan ruang kerja listrik terkunci (lk) harus memenuhi ketentuan dan syarat yang ditetapkan seperti yang ditunjukan Gambar 1.

Ruang kerja listrik harus diawasi oleh pengawas ahli, kecuali ruang kerja listrik yang terkunci dan yang tidak ada orang di dalamnya.

Pengawas ahli harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

a..Keahliannya sesuai dengan jenis dan susunan instalasi yang terpasang di dalamnya.

b. Diberi wewenang masuk ke dalam ruang tersebut.

Ruang kerja listrik harus berukuran cukup besar sehingga instalasi listrik yang akan dipasang di dalamnya dapat diatur cukup leluasa dan mudah diperiksa. Ruang kerja listrik harus mempunyai penerangan yang baik dan tepat. Lantai, dinding, langit-langit dan bagian konstruksi lain dari ruang kerja listrik yang di dalamnya terdapat instalasi tegangan menengah dan atau tegangan tinggi, baik arus bolak-balik maupun arus searah, harus dibuat dari bahan yang tidak mudah terbakar atau bila hal yang demikian tidak dapat dipenuhi maka sisi dalamnya harus dilapisi dengan bahan yang tidak mudah terbakar.

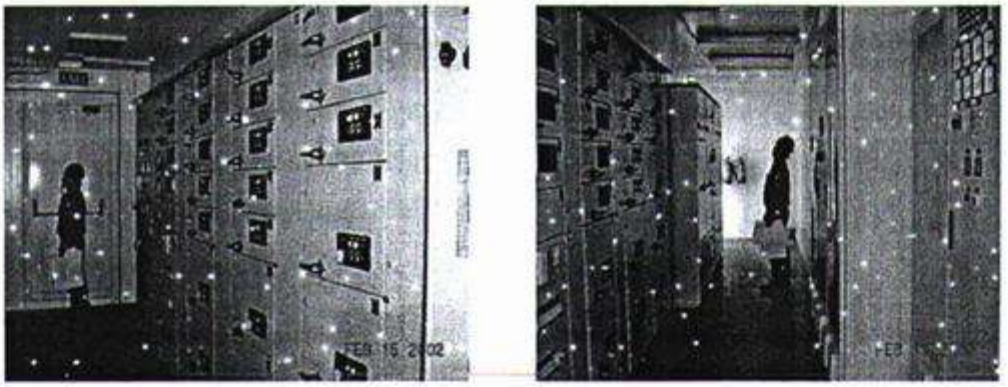
Ruang kerja listrik yang berada di udara terbuka, harus dikelilingi seluruhnya dengan pagar yang baik dan tepat, dengan tinggi minimum 2 meter di atas tanah,

atau dapat juga ditempuh cara lain asalkan cukup terjamin bahwa orang yang tidak berwenang tidak dapat masuk.

Untuk ruang kerja listrik terkunci, pemasangan instalasinya harus memenuhi ketentuan dan syarat yang ditetapkan dalam pasal ini.

Untuk ruang kerja listrik terkunci berlaku juga ketentuan yang sama dengan yang ditetapkan untuk ruang kerja listrik dalam (PUIL 2011 ps 8.2), sehingga memenuhi syarat sebagai berikut:

a. semua pintu harus membuka ke luar;
b. semua pintu harus dapat dibuka dari luar tanpa menggunakan anak kunci
c. semua pintu harus dapat dibuka dari dalam tanpa menggunakan anak kunci.



Gambar 1. Ruang kerja listrik

Dalam ruang kerja listrik terkunci tidak boleh dipasang mesin, pesawat, instrumen ukur dan perlengkapan lain, yang setiap hari berulang kali secara teratur dilayani, diamati, atau diperiksa di tempat.

Dalam ruang kerja listrik terkunci, bila ada penerangan lampu, lampu itu harus dipasang sedemikian rupa sehingga dapat dinyalakan dari tempat yang berdekatan dengan jalan masuk utama dan harus memberikan penerangan yang cukup. Pintu jalan masuk ke ruang kerja listrik terkunci, harus diatur sedemikian rupa.

- **Perlindungan**

Bagian dengan dan tidak terlindung harus tetap berjarak sekurang-kurangnya 1 meter, ditambah dengan 1 cm untuk tiap kilovolt penuh dari tegangannya, diukur secara proyeksi mendatar sampai pagar atau penghalang lain, seperti yang dimaksud dalam (PUIL 2011 ps 8.2.1.6). Ketentuan dalam (PUIL 2011 ps 8.2.2.1) tidak berlaku untuk bagian bertegangan, yang terletak lebih tinggi dari yang disyaratkan untuk penghantar udara tegangan yang sama. Untuk bagian yang tingginya lebih 2 meter di atas tanah, dan letaknya lebih tinggi dari yang disyaratkan untuk penghantar udara, maka jarak mendatar tersebut dapat dikurangi menurut perbandingan.

Pada tempat yang lebih rendah dari 1 meter, diukur dari bagian atas dinding yang sama sekali tertutup, bagian bertegangan dan tidak terlindung dibolehkan berjarak mendatar lebih kecil terhadap dinding itu.

Ruang kerja listrik atau ruang kerja listrik terkunci di dalam bangunan harus kering, harus dijaga agar tetap kering, dan harus berventilasi baik.

Pada tempat masuk ruang kerja listrik atau ruang kerja listrik terkunci harus dipasang papan tanda peringatan sebagai pemberitahuan yang juga melarang masuknya orang yang tidak berkepentingan. Pada tegangan menengah papan tanda peringatan itu harus dilengkapi dengan tanda kilat merah.

Papan tanda peringatan untuk ruang kerja listrik atau ruang kerja listrik terkunci, yang berada dalam udara terbuka, harus dipasang di tempat yang baik dan tepat, pada pagar, penghalang atau tutup, sehingga ruang kerja tersebut dapat diketahui dengan jelas dari luar dan dari semua arah.

Di gang, bordes, lorong, dan sebagainya, tidak boleh ada barang yang tidak pada tempatnya. Barang yang diperlukan untuk pekerjaan, jika tidak digunakan lagi, harus disimpan pada tempat yang telah disediakan.

Permukaan lantai gang, bordes dan lorong tidak boleh menyebabkan orang tergelincir atau tersandung. Gang pelayanan yang panjangnya lebih dari 6 meter harus dapat ditinggalkan melalui kedua ujungnya (lihat PUIL 2011 ps 6.4.2.4.b). Jika dipasang instalasi yang seluruhnya atau sebagian

memperbesar kemungkinan timbulnya kebakaran, maka harus disediakan alat yang baik dan tepat untuk memadamkan kebakaran. Hanya bahan pemadam api bersifat isolasi yang boleh digunakan.

- **Instalasi**

Lampu pijar, fiting lampu, kotak kontak, sakelar, dan sebagainya harus dipasang sedemikian rupa sehingga dapat dicapai dan dilayani dengan aman, tanpa didahului tindakan proteksi.

Lampu gantung tidak boleh dipasang di atas bagian bertegangan yang tidak terlindung. Untuk penghantar randah dalam ruang kerja listrik hanya boleh digunakan penghantar fleksibel berpelindung bukan logam. Ketentuan ini tidak berlaku untuk penghantar pembumian.

10.3.2. Ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik

Ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik harus memenuhi ketentuan (PUIL 2011 ps 8.2). Untuk instalasi pasangan tetap berlaku juga ketentuan yang disyaratkan untuk instalasi dalam ruang kerja listrik pada umumnya.

Ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik tidak boleh berdebu, harus bebas bahaya kebakaran atau ledakan. serta tidak boleh lembab.

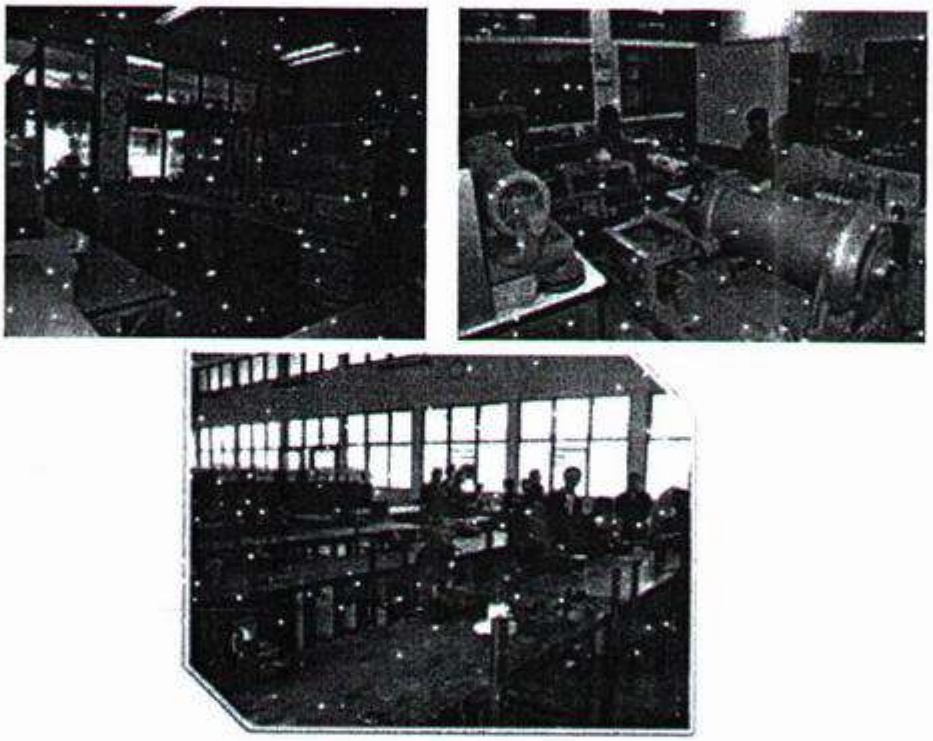
Dalam pabrik dan bengkel, ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik harus dipisahkan dari instalasi lain pabrik atau bengkel dengan baik dan tepat Pada pintu masuk harus dipasang papan tanda peringatan larangan masuk bagi orang yang tidak berwenang. Harus dicegah orang yang tidak ben.venang masuk kedalam ruang instalasi listrik tegangan menengah.

- **Instalasi**

Untuk instalasi pasangan tetap berlaku juga ketentuan yang disyaratkan untuk instalasi dalam ruang kerja listrik pada umumnya.

Instalasi pasangan tidak tetap boleh menyimpang dari ketentuan yang dimaksud dalam (PUIL 2011 ps 8.4.2.1), asalkan keselamatan petugas cukup terjamin dengan penataan ruang dan pemasangan instalasi yang baik dan tepat.

Ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik tidak boleh berdebu, harus bebas bahaya kebakaran atau ledakan, serta tidak boleh lembab. Dalam pabrik dan bengkel, ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik harus dipisahkan dari instalasi lain pabrik atau bengkel dengan baik dan tepat. Pada pintu masuk harus dipasang papan tanda peringatan larangan masuk bagi orang yang tidak berwenang.



Gambar 2. Ruang uji laboratorium

10.3.3. Ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan

Ketentuan dalam pasal ini berlaku untuk instalasi listrik di lokasi dan ruang yang digolongkan berbahaya karena disitu terdapat atau mungkin terdapat campuran udara dan gas, uap debu atau serat yang mudah terbakar atau meledak.

CATATAN :

a. Kata ruang dalam pasal ini dapat berarti "lokasi".

b. Penempatan perlengkapan instalasi listrik dalam Zone 0 sebaiknya Dihindarkan, kecuali jika perlengkapan tersebut sangat penting untuk proses ataupun penempatan di tempat lain tidak menguntungkan. Dengan perencanaan instalasi yang tepat, sering kali sebagian besar perlengkapan dapat ditempatkan di ruang tidak berbahaya, dan dengan demikian mengurangi perlengkapan khusus yang disyaratkan oleh pasal ini. Kadang-kadang bahaya dapat dikurangi dengan ventilasi yang memadai berasal dari sumber udara bersih, disertai penjagaan yang efektif terhadap kegagalan ventilasi.

c. Kata ruang berbahaya berarti ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan.

Ketentuan pasal ini tidak berlaku untuk instalasi listrik yang dibuat memenuhi persyaratan tertentu, sehingga dinyatakan aman dan dapat digunakan dalam ruang berbahaya. Instalasi yang aman tersebut harus tidak mampu melepaskan energi listrik atau panas (dalam keadaan normal ataupun abnormal) yang dapat menyalakan campuran udara berbahaya dengan konsentrasi yang paling mudah menyala. Yang dimaksud dengan keadaan abnormal, adalah kerusakan instalasi yang tak terduga karena kegagalan komponen listrik, adanya tegangan lebih, kesalahan penyetelan dan pemeliharaan, dan keadaan serupa yang lain.

CATATAN : Instalasi listrik yang aman mungkin digunakan untuk instrumentasi dan telekomunikasi, termasuk kendali jauh dan telemeter dengan arus listrik kecil.

- **Klasifikasi ruang**

Ruang dengan bahaya ledakan diklasifikasikan dalam zone berdasarkan frekuensi terjadinya dan lamanya keberadaan gas ledak dalam atmosfer sebagai berikut:

Zone 0 : Suatu ruang dimana terdapat atmosfer gas ledak secara terus menerus atau dalam waktu yang lama.

Zone 1 : Suatu ruang dimana mungkin terdapat atmosfer gas ledak dalam operasi normal.

Zone 2 : Suatu ruang dimana mungkin tidak terdapat atmosfer gas ledak dalam

operasi normal dan, jika hal ini terjadi, kemungkinannya tidak sering dan hanya akan beriangsung dalam waktu singkat.

CATATAN : Klasifikasi ruang ini sebaiknya ditentukan oleh petugas yang mempunyai keahlian dalam bidang material yang mudah menyala, proses dan perlengkapan, jika perlu agar ditetapkan dengan konsultasi dengan petugas keamanan, listrik dan petugas teknik lainnya.

Gambar 3. Ruang bahaya ledakan dan kebakaran

- **Kelompok perlengkapan**

Untuk penggunaan perlengkapan dalam zone 0, zone 1 atau zone 2 maka dikelompokan sebagai berikut :

Kelompok I: Perlengkapan untuk digunakan dalam penambangan (gas methan).

Catatan : penggunaan perlengkapan listrik kelompok I tidak termasuk dalam PUIL.

Kelompok II: Perlengkapan untuk digunakan dalam industri lainnya.

Untuk penggunaan gas dalam kelompok II, maka Kelompok II dibagi menjadi :

Kelompok IIA: Atmosfer yang mengandung aseton, ammonia, etylen alkohol, bensin, methan, propan, dan gas atau uap dengan bahaya yang ekivalen.

Kelompok IIB: Atmosfer yang mengandung acetaldehid, etylen, dan gas atau uap dengan bahaya yang ekivalen.

Kelompok IIC: Atmosfer yang mengandung acetylen, hidrogen, dan gas atau uap dengan bahaya yang ekivalen.

CATATAN 2: Untuk mendapatkan daftar gas dan uap yang berbahaya, agar merujuk ke Publikasi IEC 79-12.

- **Penggunaan dan penandaan**

Perlengkapan yang diperuntukkan untuk Zone 0 boleh digunakan untuk Zone 1 atau Zone 2 dengan kelompok gas yang sama. Perlengkapan yang diperuntukkan untuk Zone 1 boleh digunakan untuk Zone 2 dengan kelompok gas yang sama. Perlengkapan yang akan ditempatkan dalam ruang yang mengandung gas ledak harus mempunyai tanda pengenalnya, untuk memperlihatkan zone, kelompok gas, dan kelas suhu berdasarkan suhu sekeliling 40 ^{0} C.

- **Pemilihan perlengkapan listrik**

Untuk penggunaan perlengkapan listrik dalam ruang dimana terdapat gas ledak,

a) Klasifikasi ruang berbahaya (PUIL 2011 ps 8.5.2);

b) Suhu nyala gas atau uap yang terdapat di dalam ruang (Pub. IEC 79-12);

c) Selungkup perlengkapan yang sesuai dengan gas atau uap yang terdapat di dalam ruang;

d) Pengaruh eksternal dan suhu sekitar.

Untuk pemilihan perlengkapan yang sesuai dengan suhu pelayanan gas atau uap yang ada, maka harus digunakan perlengkapan sesuai dalam Tabel 10.1 di bawah ini

Tabel 1. Hubungan antara kelas suhuperlengkapan, suhu permukaan dan suhu penyalaan

Kelas suhu Perlengkapan listrik	Suhu permukaan maksimum perlengkapan (°C)	Suhu penyalaam gas atau uap (°C)
T1	450	>=450
T2	300	>=300
T3	200	>=200
T4	135	>=135
T5	100	>= 100
T6	85	>=85

Zone 0 : Dalam ruang Zone 0 hanya boleh digunakan perlengkapan listrik yang mempunyai tanda pengenal sebagai berikut:

a) perlengkapan yang secara intrinsik aman dengan kategori "ia"

b) perlengkapan lainnya yang khusus di desain untuk digunakan dalam Zone 0

c) perlengkapan berisi pasir "q" (lihat IEC 79-5)

d) perlengkapan dalam minyak "o" (lihat IEC 79-6)

e) perlengkapan keamanan yang ditingkatkan "e" (lihat IEC 79-7)

f) keamanan intrinsik "i" ("ia" atau "ib") (lihat IEC 79-11)

Zone 2 : Dalam ruang Zone 2 boleh dipasang perlengkapan listrik sebagai berikut:

a) perlengkapan listrik untuk Zone 0 dan Zone I, atau

b) perlengkapan listrik dengan selubung bertekanan untuk Zone 2, atau

c) perlengkapan listrik khusus yang didesain untuk Zone 2 (misalnya jenis proteksi ("n") (lihat IEC 79-15).

d) perlengkapan listrik lainnya sesuai dengan standar lainnya, yang dalam operasi normal tidak menimbulkan busur api atau penyalaan yang dapat memanaskan permukaan. Perlengkapan listrik ini tidak memerlukan tanda khusus, tetapi harus ditentukan oleh petugas yang ahli.

- **Proteksi dari pembusuran yang membahayakan**

a. Bahaya dari bagian bertegangan. Untuk mencegah terjadinya busur api yang dapat menyulut atmosfer gas ledak, maka harus dihindari setiap kontak dengan bagian bertegangan selain bagian yang aman secara intrinsik.

b. Arus gangguan ke bumi pada rangka atau selungkup harus dibatasi (besar dan lamanya) dan mencegah terjadi kenaikan potensial pada penghantar ikatan penyama pontensial.

c. Jika digunakan sistem TN, maka sebaiknya diterapkan sistem TN-S, dengan netral terpisah dan penghantar proteksi terpasang diseluruh sistem. Dalam ruang berbahaya, penghantar netral harus tidak boleh dihubungkan bersama, atau digabung dalam satu penghantar.

d. Sistem TN-C, yang mempunyai penghantar gabungan untuk fungsi netral dan fungsi proteksi yang berupa satu penghantar, tidak boleh digunakan dalam ruang berbahaya. Jika menggunakan sistem TT (penghantar pembumian system terpisah dari bagian konduktif terbuka) digunakan dalam Zone 1, maka harus menggunakan gawai proteksi arus sisa (GPAS), juga untuk sirkit tegangan ekstra

e. Jika menggunakan sistem IT (netral terpisah dari bumi atau dibumikan melalui impendans), maka harus dipasang gawai monitor untuk mengetahui secara dini gangguan bumi. Instalasi dalam Zone 0 harus terputus segera setelah terjadi angguan bumi pertama, oleh gawai monitor isolasi atau oleh GPAS.

f. Untuk instalasi dalam Zone 0 yang menggunakan berbagai tegangan harus

diperhatikan, agar arus gangguan bumi sekecil mungkin dalam besar dan jangka waktunya. Harus dipasang proteksi gangguan bumi untuk penggunaan tertentu dalam Zone 1.

- **Penyama potensial**

Untuk mencegah pembusuran yang membahayakan antara bagian logam rangka, maka penyama potensial perlu dipasang untuk instalasi pada Zone 0 dan Zone 1 dan mungkin juga diperlukan untuk instalasi dalam Zone 2. Oleh karena itu semua bagian konduktif terbuka harus dihubungkan ke penghantar ikatan penyama potensial.

Sistem ikatan dapat terdiri dari penghantar proteksi, konduit logam, selungkup kabel dari logam, baja pelindung kabel, semua rangka dari logam, tetapi tidak boleh dihubungkan dengan penghantar netral.

Ukuran penghantar antar bagian logam dari rangka harus berukuran paling kecil 10 mm^2 tembaga.

- **Sistem pengawatan**

a. Dalam merancang sistem pengawatan serta komponennya, maka harus diperkirakan lingkungan gas berbahaya, termasuk faktor mekanik, kimia dan termal.
b. Kabel berinti tunggal tanpa selubung (misalnya, NYA) tidak boleh digunakan sebagai penghantar yang bertegangan, kecuali yang terpasang di dalam panel hubung bagi,selungkup atau sistem konduit.
c. Sambungan kabel dan konduit kepada alat listrik harus dilaksanakan sesuai dengan jensi proteksi yang relevan.
d. Lubang untuk tempat masuk kabel atau konduit pada alat listrik harus ditutup dengan pengedap yang sesuai dengan jenis proteksi yang relevan.
e. Kabel dan konduit harus diberi pengedap, bila perlu, sehingga dapat mencegah air atau gas masuk.
f. Jalur masuk sistem pengawatan dari zone yang satu ke zone lainnya, atau dari zone berbahaya ke zone yang tidak berbahaya, harus menghambat

masuknya gas uap maupun cairan yang mudah terbakar dari satu ruang ke ruang lainnya dan mencegah

- **Sistem kabel**

Kabel yang berselubung logam, termoplastik atau elastomerik, termasuk kabel berisolasi mineral dapat digunakan untuk pengawatan yang permanen. Kabel yang berselubung logam berlipat atau kabel dengan pelindung kawat baja yang dianyam hanya boleh digunakan, jika mempunyai selubung kedap air.

Untuk perlengkapan yang portabel dan dapat dipindahkan, dengan tegangan tidak lebih dari 1000 V a.b. antar fase (atau 600 V ke bumi) atau 1500 V a.s antar kutub (atau 900 V ke bumi), maka kabel suplai harus berselubung karet yang cukup kuat, atau kabel dengan konstruksi kuat sejenis.

Jika diperlukan penghantar proteksi, maka penghantar ini di isolasi tersendiri dengan cara yang sama seperti untuk penghantar lainnya dan disatukan di dalam selubung kabel suplai, kecuali jika penghantar merupakan anyaman pelindung.

Perlengkapan listrik dengan arus pengenal yang tidak lebih dari 6 A untuk digunakan dalam ruang dengan tegangan tidak lebih dari 250 V ke bumi boleh dihubungkan ke kabel berselubung karet kuat yang biasa, kabel polipropilen kuat biasa, atau kabel yang mempunyai konstruksi kuat yang sama. Penghantar tembaga harus berukuran minimum 1,5 mm^2.

Kabel ini tidak boleh untuk perlengkapan portabel dan dapat dipindahkan yang mendapatkan tekanan mekanik berat, umpamanya lampu tangga, sakelar kaki. Untuk alat listrik portabel atau dapat dipindahkan, pelindung kabel atau anyaman fleksibel metalik tidak boleh digunakan sebagai pembumian utama, kecuali konduktansnya cukup dan tidak terputus.

Kabel tembaga yang terpasang pada penyangga dan kabel untuk alat telekomunikasi berukuran minimum 0,75 mm^2.

Kabel fleksibel di dalam ruang berbahaya harus dipilih dari yang berikut:

a) kabel fleksibel berselubung karet kuat yang biasa

b) kabel fleksibel berselubung polichloroprene kuat yang biasa,

c) kabel fleksibel berselubung karet kuat dan berat,

d) kabel berselubung polichloroprene kuat dan berat,

e) kabel berisolasi plastik ekivalen dengan kabel fleksibel berselubung karet kuat yang biasa.

Kabel berselubung lainnya yang tidak ditanam di dalam tanah atau dalam konduit berisi pasir atau tidak terlindung terhadap kebakaran harus berupa kabel yang tahan api (umpamanya sesuai IEC 332).

- **Sistem conduit untuk selungkup tahan api**

Konduit kaku terbuat dari logam harus digunakan. Harus terbuat dari konduit pejal yang ditarik tanpa sambungan atau dengan sambungan yang sesuai untuk menahan tekanan ledakan. Konduit harus dilengkapi dengan fiting pengedap sebagai berikut:

a) pada tempat masuk atau keluar dari ruang bahaya;

b) pengedap terdapat paling jauh 450 mm dari semua selungkup dimana terdapat penyalaan selama operasi normal;

c) pada setiap selungkup dimana terdapat pencabangan, sambungan atau terminasi pada konduit yang berdiameter 50 mm atau lebih;

d) untuk mengurangi dampak penumpukan tekanan oleh beberapa gas.

Pada konduit harus terdapat minimum lima ulir, agar antara selungkup dan konduit tersambung dengan lima ulir. Konduit harus dikencangkan agar semua ulir masuk.

Jika konduit digunakan sebagai penghantar proteksi, maka sambungan yang berulir harus mampu mengalirkan arus gangguan yang akan mengalir jika sirkuit diamankan dengan pengaman lebur atau pemutus beban.

Jika konduit terpasang dalam ruang yang korosif, maka harus dilakukan perlindungan yang sesuai. Setelah semua kabel terpasang di dalam konduit, fiting pengedap harus diisi dengan kompon yang tidak dapat mengkerut pada saat mengering dan kedap air serta tidak dapat rusak disebabkan oleh bahan kimia yang terdapat dalam ruang bahaya. Fiting pengedap dan kompon digunakan untuk membatasi tekanan yang

menumpuk, untuk mencegah gas panas masuk melalui sistem konduit dari selungkup yang berisi sumber penyalaan, dan mencegah masuknya gas yang berbahaya ke dalam ruang yang tidak berbahaya. Tebalnya kompon di dalam fiting pengedap harus sama dengan ukuran dalam konduit, tetapi tidak boleh kurang dari 16 mm.

Kabel yang tidak berselubung berinti tunggal dan banyak boleh dipasang di dalam konduit. Akan tetapi, jika di dalam konduit terpasang lebih dari dua kabel, maka jumlah dari luas penampang kabel, termasuk isolasinya, tidak boleh lebih dari 40% dari luas penampang konduit

- **Tanda**

Perlengkapan listrik yang dipasang dalam ruang berbahaya harus mempunyai tanda pengenal sebagai berikut:

a) Nama pabrikan dan atau merek;

b) Identifikasi pabrikan;

c) Simbol Ex, yang menandakan bahwa perlengkapan listrik tersebut dibuat dan diuji untuk kondisi atmosfer gas ledak atau tergabung pada aparat dimaksud,

d) Tanda untuk setiap jenis proteksi:

(o) untuk aparat dalam minyak;

(p) untuk selungkup bertekanan;

(q) untuk aparat berisi pasir;

(d) aparat untuk selungkup tahan api;

(e) untuk keamanan ditingkatkan;

(ia) untuk keamanan intrinsik katagori a;

(ib) untuk keamanan intrinsik katagori b;

e) Simbol untuk kelompok perlengkapan listrik:

1) I untuk perlengkapan listrik dalam tambang dimana terdapat gas tambang

2) II atau IIA atau IIB atau IIC untuk perlengkapan listrik dalam atmosfer gas

Jika perlengkapan listrik hanya boleh digunakan untuk suatu gas tertentu saja, maka simbol II diikuti dengan rumus kimia atau nama gas.

Untuk kelompok II, simbol menandakan kelas suhu atau suhu maksimum permukaan dalam ^{0}C atau kedua-duanya. Jika ditandai untuk kedua-duanya, maka kelas suhu harus dituliskan dalam kurung, misalnya sebagai berikut :

T1 atau 450 ^{0}C atau 450 ^{0}C (T1)

f) Perlengkapan untuk Kelompok II yang suhu permukaannya melebihi 450 ^{0}C mempunyai tanda suhu saja.

g) Jika perlu, nomor seri, tetapi tidak untuk:

1) lengkapan sambungan,

2) perlengkapan yang kecil

h) Jika telah mendapatkan sertifikat pengujian, maka dicantumkan tanda sertifikasi, sebaiknya dengan urutan berikut: tahun sertifikasi, kemudian diikuti dengan nomor seri sertifikasi tahun tersebut.

10.3.4. Ruang lembab dan ruang pendingin

10.3.4.1. Ruang lembab

Bagian instalasi yang dipasang dalam ruang lembab harus dapat diputuskan dari bagian instalasi lainnya dengan suatu sakelar yang dipasang setempat. Di samping ketentuan tindakan proteksi maka khusus untuk sistem dengan pembumian pengaman bagian instalasi yang juga meliputi cabang penghantar netral, penghantar netral itu harus dapat diputuskan bersamaan dengan penghantar fasenya. Benda bantu yang terbuat dari besi harus dilapisi seng atau dicat dengan cat yang bebas asam dan tahan lembab.

Mesin dan pesawat harus disusun dan dipasang sedemikian rupa sehingga air tidak dapat terkumpul di dalamnya. PHB harus berbentuk lemari atau kotak yang tertutup, dan terbuat dari bahan yang mutunya memadai.

Pengisolasian bagian bertegangan dari mesin dan pesawat harus mendapat perhatian khusus; selain itu harus dijaga pula agar isolasi tidak rusak oleh pengaruh lembab.

Bila penghantar harus dipasang dalam pelindung berdasarkan ketentuan maka untuk ini hanya boleh digunakan pipa logam yang tertutup dan berulir, kecuali bila digunakan pipa PVC atau sejenis. Penghantar untuk perlengkapan pasangan berpindah harus menggunakan kabel fleksibel. Fiting lampu yang digunakan harus memenuhi syarat yang tercantum dalam (PUIL 2011 ps 5.3.3.2). Tidak boleh digunakan fiting lampu yang di dalamnya dilengkapi dengan sakelar.

10.3.4.2 Ruang pendingin

Tiap ruang yang didinginkan, termasuk ruang pembekuan, pendinginan atau ruang lain yang didinginkan secara buatan khusus untuk menyimpan barang, harus dianggap sebagai ruang lembab. Instalasi listrik di dalam ruang tersebut dalam (PUIL 2011 ps 8.6.2.1) harus memenuhi syarat ruang lembab, kecuali instalasi listrik dalam ruang yang didinginkan dengan alat pendingin randah (portabel), dan yang sejenis (seperti room air conditioner, dsb).

Sistem instalasi listrik dalam ruang yang didinginkan sesuai ketentuan di atas harus sedemikian rupa sehingga tidak terdapat daerah kantong ataupun saluran yang memungkinkan terkumpulnya embun/uap air, dan tidak terdapat bagian yang memungkinkan masuknya uap air ke dalam instalasi listrik tersebut.

Jika digunakan pipa instalasi logam maka harus digunakan pipa dari jenis yang berulir, dan jika digunakan pipa termoplastik maka harus dipakai lem dan harus dilengkapi dengan fasilitas pengeluaran air yang sempurna. Pada setiap batas antara ruang yang didinginkan dan yang tidak, pipa instalasi tersebut harus diberi pengedap dengan kompon sehingga tidak bocor.

Penghantar yang digunakan dalam pipa harus penghantar yang berisolasi karet yang liat ataupun berisolasi termoplastik. Penghantar dengan isolasi PVC yang kaku pada umumnya tidak cocok untuk ruang yang suhunya lebih rendah dari -15 ^{0}C.

Tempat masuk penghantar baik ke fiting lampu, ke sakelar, atau ke alat listrik lainnya harus ditutup rapat dengan kompon.

Penghantar suplai yang dipasang ke dalam ataupun di dalam ruang pendingin, hanyalah penghantar yang diperlukan untuk menyalurkan aliran listrik untuk ruang tersebut.

Sakelar, PHB, alat pengatur dan kotak kontak hanya boleh dipasang di dalam ruang pendingin, bila tidak ada jalan lain, perlengkapan tersebut harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak menjadi rusak sebagai akibat terkumpulnya uap air ataupun karena pembekuan.

Bentuk fiting lampu harus sedemikian rupa sehingga uap air tidak dapat masuk dari atas dan terdapat saluran ke luar bagi uap air itu. Fiting lampu TL harus merupakan suatu kotak, yang di dalamnya terdapat semua komponennya. Kotak tersebut harus mempunyai fasilitas yang memungkinkan uap air tersalur ke luar, sehingga tertahannya uap air di dalam kotak ataupun pada fiting itu sendiri dapat dicegah.

Motor yang digunakan harus cocok untuk kondisi ruang jika di dalam ruang motor mungkin langsung kena air, motor itu harus tertutup seluruhnya. Boleh juga dipakai motor dengan pelindung kedap percikan, asalkan semua tindakan proteksi sudah dilakukan, sehingga kemungkinan terkumpulnya air/uap-air di sekitar kumparan ataupun bagian bertegangan lainnya sudah dihindarkan. Tempat masuk dan keluarnya kawat penghantar ke kotak terminal harus diberi pengedap.

Gambar 4. Ruang pendingin

10.3.5. Ruang sangat panas

Untuk instalasi listrik dalam ruang sangat panas berlaku ketentuan (Ruang lembab).

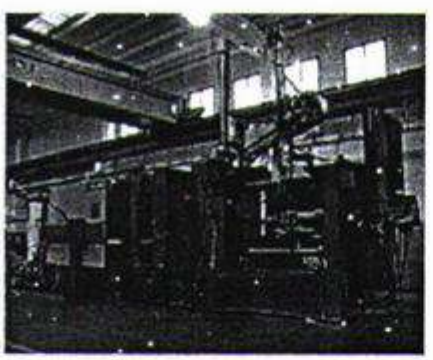
(PUIL 2011 ps 8.6.1), kecuali jika ditetapkan lain dalam (PUIL 2011 ps 8.7.2).

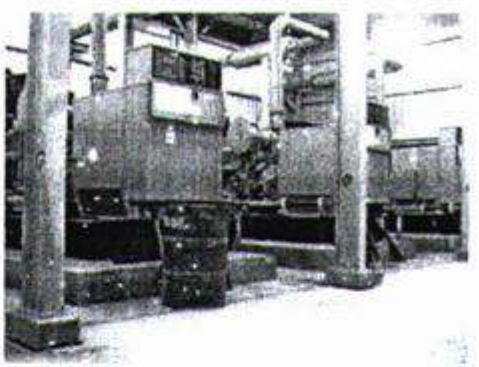
Pada tempat yang bersuhu demikian tingginya sehingga ada kemungkinan bahan isolasi dan pelindung penghantar pasangan normal akan terbakar, meleleh, atau lumer, harus diperhatikan ketentuan berikut:

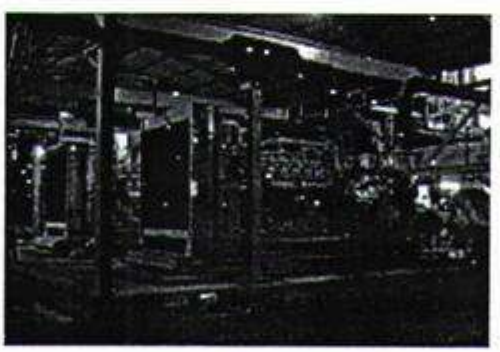
a) Hanya armatur penerangan, pesawat pemanas, dan alat perlengkapan lainnya beserta penghantar yang bersangkutan saja yang boleh dipasang ditempat itu.

b) Sebagai penghantar dapat dipakai penghantar regang pada isolator dengan jarak titik tumpu maksimum 1 meter, atau kabel jenis tahan panas yang sesuai untuk suhu ruang itu.

c) Pada tempat dengan bahaya kerusakan mekanis, penghantar telanjang harus seluruhnya dilindungi dilindungi dengan selungkup logam yang kuat, atau dengan alat yang sama mutunya, untuk mencegah bahaya sentuhan.







Gambar 5. Ruang panas

10.3.6. Ruang berdebu

Industri yang bekerjanya menyebabkan debu antara lain : pabrik pemecah batu. kapur. semen, pabrik tepung dan sebagainya. Peralatan listrik yang digunakan harus tahan terhadap debu. Perlengkapan yang akan digunakan dalam ruang yang berdebu ditandai dengan penandaan untuk kelas A sebagai berikut:

- DIP (Dust Ignition Protection), diikuti dengan A untuk kelas A. kemudian diikuti dengan 21 dan 22 untuk menyatakan Zona dimana perlengkapan boleh ditempatkan.
- Untuk perlengkapan kelas B digunakan penandaan yang sama, hanya dengan mengganti tanda A dengan B.
- Untuk semua perlengkapan, maka suhu maksimum yang diijinkan dicantumkan pada selungkup.
- Semua perlengkapan yang ditempatkan dalam Zona 21 dan 22 harus harus memenuhi ketentuan publikasi IEC.

- **Definisi**

  a) debu adalah partikel kecil dalam atmosfer yang bertumpuk disebabkan oleh berat sendiri, tetapi juga dapat mengambang di udara untuk sementara waktu.

  b) debu mudah terbakar adalah debu yang mudah menyala jika bercampur dengan udara.

  c) debu konduktif adalah debu yang mempunyai resistivitas sama atau kurang dari 10^3 Ω m.

  d) atmosfer debu ledak adalah debu yang bercampur dengan udara pada tekanan atmosfer merupakan campuran yang berbentuk debu atau serat yang mudah terbakar yang setelah menyala, pembakarannya menyebar keseluruh campuran lainnya.

  e) selungkup kedap debu adalah selungkup yang dapat mencegah masuknya partikel debu yang dapat terlihat.

f) selungkup pelindung debu adalah selungkup yang tidak seluruhnya mencegah masuknya debu, tetapi tidak dapat masuk dalam jumlah yang cukup sehingga mengganggu beroperasinya perlengkapan. Debu tidak boleh terkumpul di dalam selungkup sehingga dapat menyebabkan bahaya penyalaan.

g) suhu maksimum permukaan adalah suhu tertinggi dari bagian permukaan perlengkapan listrik jika diuji pada kondisi bebas debu

h) suhu maksimum permukaan yang diizinkan adalah suhu tertinggi pada permukaan perlengkapan listrik yang boleh dicapai dalam penggunaan untuk menghindari penyalaan.

i) Zone 21 adalah suatu ruang dimana terdapat atau mungkin terdapat debu yang mudah terbakar berupa kabut, selama proses normal, pengerjaan, atau operasi pembersihan, dalam jumlah yang cukup untuk dapat menyebabkan terjadinya konsentrasi yang dapat meledak dari debu yang mudah terbakar atau menyala jika bercampur dengan udara.

j) Zone 22 adalah suatu ruang yang tidak diklasifikasikan sebagai Zone 21, dimana kabut debu mungkin terjadi tidak terus menerus, dan muncul hanya dalam waktu singkat, atau dimana terdapat pengumpulan atau penumpukan debu yang mudah terbakar dalam kondisi abnormal, dan menimbulkan peningkatan campuran debu yang dapat menyala di udara. Jika setelah terjadi kondisi abnormal, tidak menjamin pembuangan tumpukan atau lapisan debu, maka ruang tersebut harus diklasifikasikan sebagai Zone 21.

k) Perlengkapan kedap debu Kelas A Selungkup harus memenuhi persyaratan IP 6X (PUIL 2011 ps 3.4.6).

l) Perlengkapan yang dilindungi terhadap debu Kelas A Selungkup harus memenuhi persyaratan untuk IP 5X (PUIL 2011 ps 3.4.6)

m) Perlengkapan kedap debu Kelas B Perlengkapan harus sesuai dengan persyaratan IEC 1241-1-1, 4.2.3 dengan persyaratan IEC 1241-1-1, 4.2.4

n) Perlengkapan yang akan digunakan dalam ruang yang berdebu ditandai dengan penandaan untuk Kelas A sebagaiberikut:

DiP (Dust Ignition Protection), diikuti dengan A untuk Kelas A, kemudian diikuti dengan 21 atau 22 untuk menyatakan Zone dimana perlengkapan boleh ditempatkan.

Untuk perlengkapan Kelas B digunakan penandaan yang sama, hanya dengan menggantikan tanda A dengan B. Untuk semua perlengkapan, maka suhu maksimum yang diizinkan dicantumkan pada selungkup.

o) Semua perlengkapan yang ditempatkan dalam Zone 21 dan 22 harus memenuhi ketentuan dalam Publikasi IEC 1241-1-1, 3.1, 3.2 dan 3.3.

Gambar 6. Ruang berdebu

Suhu maksimum permukaan yang diijinkan adalah suhu tertinggi pada permukaan perlengkapan listrik yang boleh dicapai dalam penggunaan untuk menghindari penyalaan.

Zona 21 adalah suatu ruang dimana terdapat atau mungkin terdapat debu yang mudah terbakar berupa kabut. selama proses normal, pengerjaan. atau operasional pembersihan. dalam jumlah yang cukup untuk dapat menyebabkan terjadinya konsentrasi yang dapat meledak dari debu yang mudah terbakar atau menyala jika bercampur dengan udara.

Zona 22 adalah suatu ruang yang tidak diklasifikasikan sebagai Zona 21, dimana kabut debu mungkin terjadi tidak terus menerus. dan muncul hanya dalam waktu singkat. atau dimana terdapat pengumpulan atau penumpukan debu yang mudah terbakar dalam kondisi abnormal, dan menimbulkan peningkatan campuran debu yang dapat menyala di udara.

Perlengkapan kedap debu kelas A, selungkup harus memenuhi syarat IP 6X

Perlengkapan yang dilindungi terhadap debu kelas A, selungkup harus memenuhi persyaratan untuk IP 5X. Perlengkapan kedap debu kelas B, perlengkapan harus sesuai dengan persyaratan IEC.

Ruang berdebu merujuk ke publikasi IEC 1241-1-2, 1241-2-1, 1241-2-2

Dalam ruang berdebu, mesin dan pesawat harus dipasang, diatur, dan dilindungi sedemikian rupa sehingga perlengkapan tersebut tidak akan mengalami kerusakan akibat debu yang ada di sekitarnya. PHB harus dari jenis tertutup dan kedap debu.

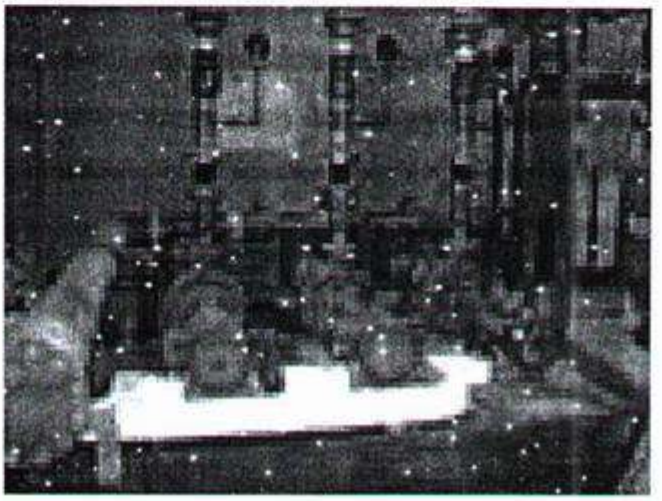
Dalam ruang berdebu, kabel yang tidak berselubung (misalnya NYA) hanya boleh dipasang di dalam pipa instalasi dari logam yang berulir, atau harus ditempuh cara lain yang setara untuk mencegah masuknya debu.

Penghantar untuk perlengkapan randah (portabel) harus digunakan kabel berselubung yang fleksibel.Penggunaan fiting lampu pijar dalam ruang berdebu, harus memenuhi (PUIL 2011 ps 5.3.3.2.1).

10.3.7. Ruang dengan gas, bahan atau debu yang korosif

Untuk ruang dengan gas atau debu yang korosif mengacu ke Publikasi IEC 1241-1-1, IEC 1241-1-2, IEC 1241-2-1 dan IEC 1241-2-2.

Mesin, pesawat, dan penghantar listrik, serta pelindung yang bersangkutan harus didesain, dilindungi, dipasang dan dihubungkan sedemikian rupa sehingga tahan terhadap pengaruh yang merusak dari bahan, debu, atau gas yang korosif itu.



Gambar 7. Ruang dengan gas, bahan atau debu yang korosif

Industri yang bekerjanya mengunakan gas dan rawan terhadap bahaya kebakaran dan ledakan antara lain : pabrik penyulingan minyak. pabrik pengolahan bahan bakar minyak dan sebagainya.

Selain itu, mesin. pesawat, dan penghantar listrik serta pelindung yang bersangkutan harus didesain, dilindungi, dipasang dan dihubungkan sedemikian rupa sehingga tahan terhadap pengaruh yang rusak dari bahan. debu, atau gas yang korosif itu.

10.3.8. Ruang radiasi (Sinar X)

Seluruh permukaan lantai tempat perlengkapan sinar X berdiri harus dilapisi bahan isolasi (sesuai dengan IEC 601-1),

Pada seluruh bagian logam yang tidak bertegangan dari perlengkapan sinar X harus dipasang penghantar proteksi yang baik Sakelar harus mudah dicapai

dan dikenal dengan jelas. Kabel fleksibel yang digunakan harus dari jenis pemakaian kasar dan berat atau dari jenis berselubung logam yang fleksibel.

- Seluruh permukaan lantai tempat perlengkapan sinar X berdiri harus dilapisi bahan isolasi (sesuai dengan IEC)
- Pada seluruh bagian logam yang tidak bertegangan dari perlengkapan sinar X harus dipasang penghantar proteksi yang baik.
- Sakelar harus mudah dicapai dan dikenal dengan jelas.
- Kabel fleksibel yang digunakan harus dari jenis pemakaian kasar dan berat atau dari jenis berselubung logam yang fleksibel.

Catatan : khusus untuk penggunaan pada fasilitas pelayanan kesehatan agar merujuk ke publikasi IEC 336, 407, 522, 526, 601-2-8, 601-2-15, 601-2-32, 627 dan 806

Semua instalasi perlengkapan panel pengatur harus dipasang di luar ruang beradiasi.

Untuk instalasi berlaku persyaratan dalam (PUIL 2011 ps 8.10.1)

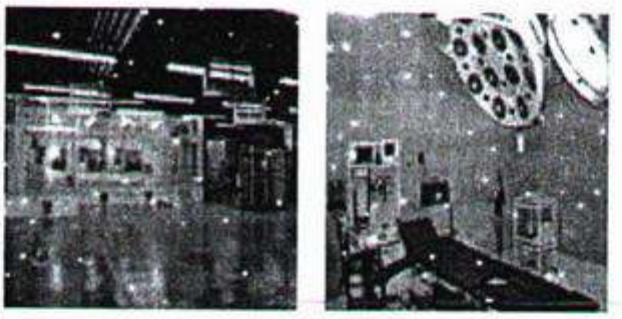
Catatan : khusus untuk penggunaan pada fasilitas pelayanan kesehatan agar merujuk ke publikasi IEC 336, 407, 522, 526, 601-2-8, 601-2-15, 601-2-32, 627 dan 806

- **Sel Radioaktif**

Sel radioaktif ialah suatu ruang untuk menyimpan, mengolah, membentuk, atau memproses bahan radioaktif.

- Semua lampu dalam sel radioaktif harus dipasang dalam jarak jangkauan dari manifulator.
- Semua lampu sedapat mungkin harus tertanam didinding dan ditutup dengan tutup yang tembus cahaya. sedemikian rupa sehingga mudah dilepas hanya dengan menggunakan manifulator yang ada.
- Semua lampu harus diletakan sedemikian rupa sehingga dapat dilihat dari jendela pelindung.

- Semua kabel harus dipasang dalam pipa dan ditanam dalam tembok (dinding sel) minimum sedalam 1cm dari permukaan dinding.
- Semua lampu harus dapat dilayani dari luar sel.
- Semua kotak kontak yang ada didalamnya harus dapat dilihat dari jendela pelindung.
- Dalam ruang didaerah panas sekitar sel radioaktif yang mengandung udara radioaktif, semua pipa instalasi listrik sedapat mungkin harus ditanam dalam tembok. Kabel yang ada dilangit-langit supaya ditunjang dengan baik dengan ketinggian minimum 3meter.
- Semua permukaan sakelar. tusuk kontak, dan kotak kontak harus terdiri dari bahan yang tidak mudah terbakar, harus licin, kuat dan tanpa lekukan yang tajam. Pemasangan dalam dinding harus rata dalam satu bidana.



Gambar 8. Ruang radiasi

10.3.9. Perusahaan kasar

PHB dalam perusahaan kasar harus berupa lemari hubung bagi yang memenuhi syarat sebagai berikut:

a) harus tertutup;

b) harus tahan terhadap kerusakan mekanis.

Semua jenis penghantar yang dipasang, harus dipasang dalam pipa instalasi atau sekurang-kurangnya dengan jalur penghantar tertutup yang cukup kuat. Untuk penghantar randah hanya boleh digunakan penghantar, yang berselubung karet atau bahan yang sama mutunya, fleksibel dan berkonstruksi kuat, atau juga penghantar jenis lain dengan pelindung

logam yang fleksibel. Kotak kontak, tusuk kontak, atau sakelar harus dilengkapi dengan selungkup dari logam, atau dari bahan lain yang cukup kuat dan tahan terhadap kerusakan mekanis.

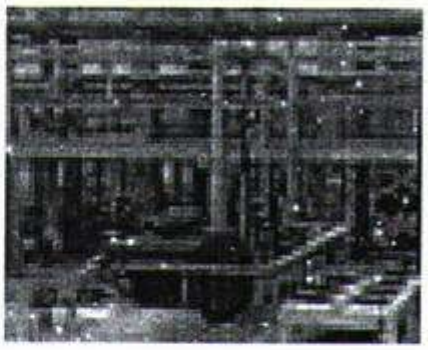
Lampu penerangan harus dipasang atau dilindungi sedemikian rupa sehingga cukup terhindar dari kerusakan mekanis.

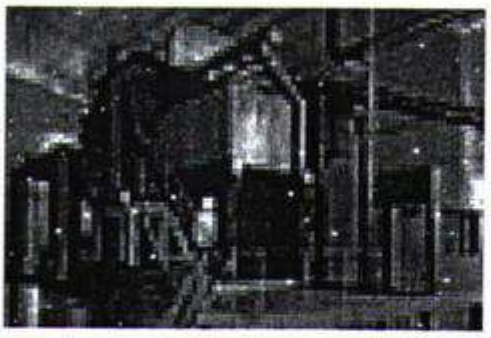
10.3.10. Pekerjaan dalam ketel uap, tangki dan bejana logam lainnya

Untuk keperluan alat penerangan dan alat listrik lainnya pada pekerjaan dalam ketel uap, tangki, dan bejana logam lainnya tidak boleh menggunakan tegangan lebih dari 50 V. Jika tenaga yang dibutuhkan untuk keperluan yang disebut dalam (PUIL. 2011 ps 8.12.1.1) diambil dari suatu instalasi dengan tegangan lebih dari 50 V maka bagian logam dari ketel uap atau bejana logam lainnya harus dibumikan dengan baik pada suatu titik.

Untuk penghantar fleksibel hanya boleh digunakan penghantar fleksibel berselubung karet dengan konstruksi kuat atau berselubung bahan lain yang sama mutunya, atau penghantar yang berperisai logam fleksibel.

Pada tegangan lebih dari 50 V, jika digunakan penghantar dengan perisai logam fleksibel, dibagian dalam perisai logam itu harus berselubung karet atau selubung yang sama mutunya.





Gambar 9. Ruang Pekerjaan dalam ketel uap, tangki dan bejana logam lainnya

10.3.11. Peluncur, dok, galangan kapal dan sebagainya

Jika pada peluncur, dok, galangan kapal dan sebagainya, digunakan tenaga listrik, badan kapal dari logam harus dibumikan dengan baik. Untuk pemasangan instalasi listrik pada peluncur, dok, galangan kapal dan sebagainya, berlaku ketentuan dalam (PUIL 2011 ps dan 8.11). Untuk penghantar mesin dan pesawat randah berlaku juga ketentuan dalam (PUIL 2011 ps 8.12).

Ketentuan dalam (PUIL 2011 ps 8.13.3.1) tidak berlaku untuk penghantar mesin dan pesawat randah, yang dipasang untuk waktu lama pada suatu tempat dan di luar jangkauan tangan.

Gambar 10. Galangan kapal

10.3.12. Derek dan lif listrik

Bagian derek dan lif yang dapat dimasuki orang, harus dirancang sedemikian rupa sehingga sentuhan terhadap kolektor atau saluran kontak tidak mungkin terjadi.

BKT dari derek dan lif harus dilengkapi dengan penghantar proteksi yang baik atau ditempuh cara proteksi lain yang setaraf, untuk mencegah terjadinya tegangan sentuh yang berbahaya. PHB pada instalasi derek dan lif harus erbentuk lemari tertutup atau berbentuk lain yang setaraf.

PHB dengan relai otomatis, baik sebagai pengendali jauh maupun sebagai pengendali lain yang sejenis, boleh dipasang menyimpang dari

ketentuan (PUIL 2011 ps 8.14.2.1) asalkan PHB itu dipasang dalam ruang lain yang terpisah. Selain itu ia harus diamankan pula terhadap sentuh tak langsung, misalnya dengan isolasi proteksi sebagaimana ditentukan.

Derek harus dapat langsung dimatikan dari tempat operator, selain itu suplai tenaga harus dapat dimatikan pula dengan pemutus sirkit yang letaknya di lantai ruang kerja tidak jauh dari tempat operator bekerja.

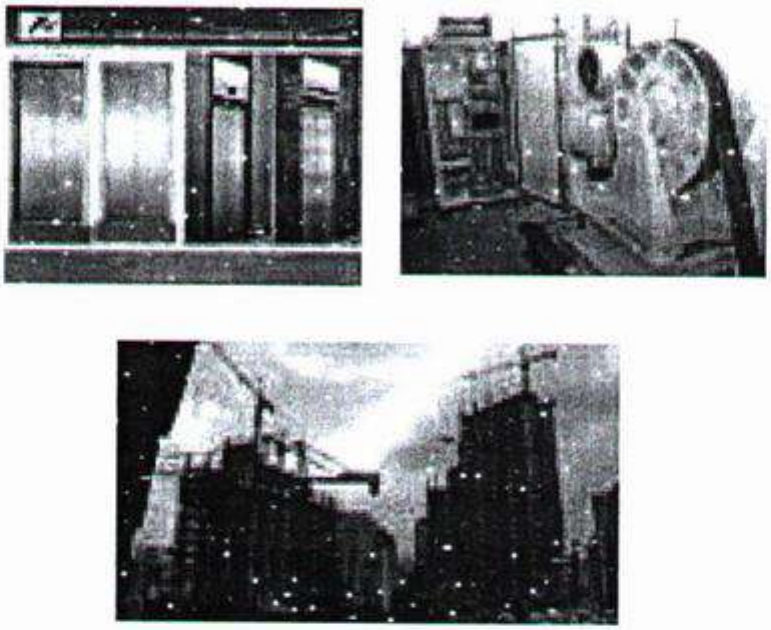
Penghantar berisolasi karet atau bahan yang setaraf harus dipasang dalam pipa instalasi atau jalur penghantar tertutup dan tahan kerusakan mekanis. Penghantar jenis lain harus diberi perlindungan yang setaraf. Penghantar fleksibel yang sering dipindah-pindahkan,

hanya boleh digunakan jika berisolasi karet dengan konstruksi kuat, penghantar berisolasi lain yang setaraf dengan perisai logam yang fleksibel. Perlengkapan rem yang dilayani dengan listrik, harus dibuat sedemikian rupa sehingga rem itu bekerja dengan sendirinya, jika tegangannya hilang.

Tinggi angkat beban harus dibatasi dengan sakelar pembatas. Sakelar pembatas harus dipasang pada ujung dari tiap arah gerak alat.

Instalasi lif dengan penggerak tromol harus dilengkapi dengan otomat yang dapat menghentikan tromol apabila tegangan tarik pada kabel gantung menjadi lebih kecil dari tegangan tarik dalam keadaan kerja normal dan lif kosong atau bila beban melebihi kapasitas maksimum.

Pintu masuk lif harus diatur sedemikian rupa sehingga lif tidak dapat bekerja bila pintu belum tertutup sempurna. Lif pengangkut orang harus dilengkapi dengan perlengkapan, yang memungkinkan untuk membunyikan alarm dari dalam. Penghantar dari PHB pembagi ke PHB lif tidak boleh dicabang untuk pemakaian lain. PHB lif hanya boleh digunakan untuk keperluan lif termasuk penerangan di dalamnya.



Gambar 11. Derek dan Lift

10.3.13. Instalasi rumah dan gedung khusus

Yang dimaksud dengan instalasi rumah dan gedung khusus dalam pasal ini adalah:

a) Gedung pertunjukan

b) instalasi listrik desa dan rumah sederhana di desa;

c) instalasi sementara;

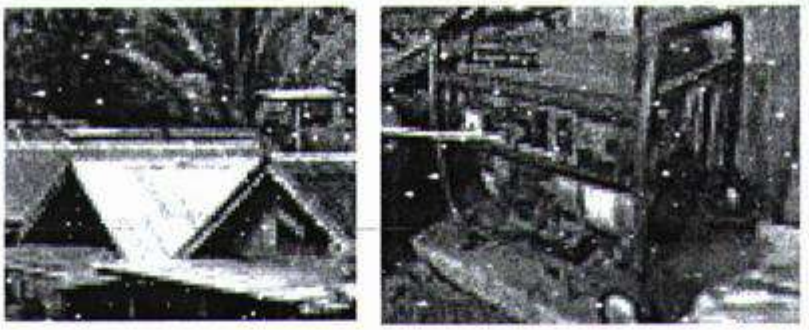
d) instalasi semi permanen;

e) Instalasi pembangunan;

f) instalasi genset darurat;

g) instalasi penerangan darurat;

h) instalasi listrik di dalam kamar mandi.



Gambar 12. Instalasi rumah

10.3.14. Gedung pertunjukan, gedung pertemuan, musium, pasar, toko dan gedung umum lainnya

Penggunaan tegangan ke bumi lebih dari 300 V dalam ruang yang dimaksudkan untuk masyarakat umum harus dihindarkan. Instalasi penerangan harus dipisahkan dari instalasi tenaga mulai dari PHB. Sakelar untuk penerangan, pengaman lebur dan pemutus sirkit sedapat mungkin dikelompokkan terpusat dan ditempatkan sedemikian rupa sehingga tidak dapat dihampiri maupun dimanfaatkan oleh umum. Perlengkapan listrik untuk panggung dan ruang yang ada hubungannya dengan panggung tersebut harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan bahaya jika tersentuh.

Resistans pengendali dari perlengkapan listrik untuk panggung tidak boleh dipasang pada penghantar netral atau penghantar nol. Resistans pengendali yang tidak terlindung boleh digunakan dengan syarat harus dipasang pada tempat yang bebas kebakaran dan hanya dimasuki oleh pengawas ahli. Sebagai penghantar randah (portabel) untuk alat listrik di panggung harus digunakan penghantar fleksibel yang baik. Instalasi yang digunakan sementara selama pertunjukan boleh menyimpang dari ketentuan umum pemasangan penghantar, asalkan kerusakan isolasinya dihindarkan dengan cara pemasangan yang tepat, dan instalasi itu selama penggunaannya harus selalu dalam pengawasan. Instalasi dengan penghantar

tanpa isolasi tidak diperkenankan. Kawat yang digunakan untuk pengatur layar dan perlengkapan panggung lainnya, tidak boleh digunakan sebagai penghantar arus atau penghantar pembumian.

Hanya kabel yang diperlukan agar panggung dapat bekerja secara baik yang boleh dipasang di bagian ini. Kabel fleksibel untuk perlengkapan panggung harus dari jenis berselubung karet pemakaian biasa, berat atau ekstra berat atau yang setaraf. Hal ini idak berlaku untuk sambungan kabel fleksibel kecil, seperti untuk lampu berdiri yang digunakan sementara pada waktu mempersiapkan panggung.

Kabel yang dimaksud dalam ayat ini, jika perlu harus dilindungi terhadap kerusakan mekanis. Untuk ruang pemain musik selain kabel yang tersebut di atas dapat pula digunakan kabel termoplastik ringan (kabel senur).

- **Penerangan ruang**

Penyambungan titik penerangan di tempat umum harus diambil sekurang kurangnya dari dua sirkit akhir, dan bila mungkin dari dua fase. Hal tersebut tidak berlaku untuk ruang kecil, seperti toilet dan lain-lain,

Penyambungan titik penerangan untuk koridor (selasar), tangga dan ruang lain yang biasa digunakan oleh pemeran dan petugas, bila mungkin diambil dari sekurangkurangnya dua sirkit akhir. Hal-hal yang dimaksud pada ayat ini berlaku pula untuk penerangan darurat pada (PUIL 2011 ps 8.16.4.1).

Bagian auditorium suatu ruang pertunjukan atau pertemuan harus dilengkapi dengan lampu penerangan yang memberikan penerangan minimum, yang tidak dapat dapat diredupkan lagi, dan yang memungkinkan penonton melihat jalan dengan jelas.

Titik-titik lampu untuk menghasilkan penerangan minimum yang dimaksudkan pada (PUIL 2011 ps 8.16.3.3) harus merupakan salah satu sirkit akhir yang diperuntukan khusus untuk maksud tersebut, dengan pengaman lebur atau pemutus sirkit .

Gambar 13. Gedung pertunjukan

Resistans pengendali dari perlengkapan listrik untuk panggung tidak boleh dipasang pada penghantar netral atau penghantar nol. Resistans pengendali yang tidak terlindung boleh digunakan dengan syarat harus dipasang pada tempat yang bebas kebakaran dan hanya dimasuki oleh pengawas ahli.

Sebagai penghantar randah (portabel) untuk alat listrik di panggung harus digunakan penghantar fleksibel yang baik. Instalasi yang digunakan sementara selama pertunjukan boleh menyimpang dari ketentuan umum pemasangan penghantar, asalkan kerusakan isolasinya dihindarkan dengan cara pemasangan yang tepat, dan instalasi itu selama penggunaannya harus selalu dalam pengawasan. Instalasi dengan penghantar tanpa isolasi tidak diperkenankan. Kawat yang digunakan untuk pengatur layar dan perlengkapan panggung lainnya, tidak boleh digunakan sebagai penghantar arus atau penghantar pembumian.

Hanya kabel yang diperlukan agar panggung dapat bekerja secara baik yang boleh dipasang di bagian ini. Kabel fleksibel untuk perlengkapan panggung harus dari jenis berselubung karet pemakaian biasa, berat atau ekstra berat atau yang setaraf. Hal ini tidak berlaku untuk sambungan kabel fleksibel kecil, seperti untuk lampu berdiri yang digunakan sementara pada waktu mempersiapkan panggung.

Kabel yang dimaksud dalam ayat ini, jika perlu harus dilindungi terhadap kerusakan mekanis. Untuk ruang pemain musik selain kabel yang tersebut di atas dapat pula digunakan kabel termoplastik ringan (kabel senur).

- **Penerangan ruang**

Penyambungan titik penerangan di tempat umum harus diambil sekurang kurangnya dari dua sirkit akhir, dan bila mungkin dari sekurang-kurangnya dua fase. Hal tersebut tidak berlaku untuk ruang kecil, seperti toilet dan lain-lain,

Penyambungan titik penerangan untuk koridor (selasar), tangga dan ruang lain yang biasa digunakan oleh pemeran dan petugas, bila mungkin diambil dari sekurangkurangnya dua sirkit akhir. Hal-hal yang dimaksud pada ayat ini berlaku pula untuk penerangan darurat pada (PUIL 2011 ps 8.16.4.1).

Bagian auditorium suatu ruang pertunjukan atau pertemuan harus dilengkapi dengan lampu penerangan yang memberikan penerangan minimum, yang tidak dapat dapat redupkan lagi, dan yang memungkinkan penonton melihat jalan dengan jelas.

Titik-titik lampu untuk menghasilkan penerangan inimum yang dimaksudkan pada (PUIL 2011 ps 8.16.3.3) harus merupakan salah satu sirkit akhir yang diperuntukan khusus untuk maksud tersebut, dengan pengaman lebur atau pemutus sirkit.

- **Tanda petunjuk**

Di sebelah atas pintu darurat, harus dipasang tanda petunjuk "KELUAR" "EXIT" atau "PINTU DARURAT" yang diberi penerangan; tanda-tanda tersebut harus dapat jelas terlihat walaupun penerangan ruang tersebut padam.

Di tempat umum bila tanda yang dimaksud pada (PUIL 2011 ps 8.16.3.5.1), tidak dapat terlihat secara langsung, penerangan harus diatur sedemikian rupa sehingga tanda anak panah yang menunjuk arah yang harus diikuti dapat terlihat jelas walaupun penerangan ruang tersebut padam.

Hal yang disyaratkan pada (PUIL 2011 ps 8.16.3.5.1 dan 8.16.3.2) berlaku pula pada pintu-pintu dimana berada para pemain dan para petugas bagian panggung, atau di koridor dan tangga yang menuju ke bagian tersebut, yang akan dilalui jika harus ke luar.

Hal ini tidak berlaku untuk ruang-ruang kecil seperti Toilet.

Gambar 14. Tanda petunjuk

Hal yang disyaratkan dalam (PUIL 2011 ps 8.16.3.5.1 dan 8.16.3.5.2 dapat dipenuhi dengan kotak, armatur lampu berventilasi cukup, ditutup dengan kaca atau plastik, ditulisi kata-kata yang diperlukan sebesar kira-kira 8 cm dengan tulisan cetak, atau gambar anak panah berwarna putih pada warna dasar hijau.

Kotak fiting lampu tersebut harus didesain sedemikian rupa sehingga memberi penerangan yang rata dan cukup pada tulisan atau tanda panah tersebut. Tulisan dan tanda panah harus dapat dengan mudah dikenal dan terlihat dari setiap arah walaupun penerangan ruang yang normal (umum) dinyalakan. Ruang di panggung yang biasa digunakan ketika auditorium digunakan, atau pada waktu itu kemungkinan digunakan termasuk lorong, tangga, gedung tempat menyimpan hiasan panggung, bangku dan barang lainnya yang digunakan pada saat ada acara, harus diterangi secukupnya. Alat enerangan perlengkapan panggung dan penghantarnya harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

a) Instalasi tidak boleh bertegangan ke bumi di atas 300 V.
b) Perlengkapan yang dapat menimbulkan bahaya kebakaran harus berpelindung.

c) Gawai proteksi harus dipasang pada bagian penghantar yang dipasang tetap.

d) Bagian bertegangan dan tak berisolasi hanya diperkenankan jika bagian tersebut dilindungkan terhadap terhadap sentuhan.

e) Penampang penghantar pasangan berpindah harus sekurang-kurang 2,5 mm^2.

f) Perlengkapan yang menggunakan lampu busur harus dilengkapi dengan suatu alat yang dapat mencegah jatuhnya bagian yang dapat menyebabkan kebakaran seperti arang arang berpijar.

g) Ukuran penghantar dari semua alat penerangan, harus diperhitungkan untuk pembebanan serentak dari semua lampu.

Ruang proyektor harus diterangi secukupnya dengan penerangan utama. Setiap ruang proyektor harus dilengkapi dengan sekurang-kurangnya sebuah lampu yang dihubungkan ke sirkit penerangan sesuai (PUIL 2011 ps 8.16.4).

Ruang proyektor hanya boleh berisi perlengkapan dan sirkit yang diperlukan ruang proyektor ini, termasuk sakelar dan kendali untuk lampu auditorium.

Bagian luar atau bagian sejenis dari lampu panggung yang terbuat dari logam yang menggantung, yang dimungkinkan menjadi bertegangan jika terjadi kegagalan dan yang tidak diisolasi dengan baik terhadap gantungan kawat yang terbuat dari logam harus dilengkapi dengan pengaman pembumian yang baik, atau ditempuh cara proteksi lain yang serupa. Jika penerangan utama diruang umum dapat diredupkan, harus dimungkinkan dinyalakan kembali dari suatu tempat yang tidak bergantung dari perlengkapan peredup tersebut. Jika ada ruang proyektor, penyalaan kembali harus dapat dilakukan dari luar ruang proyektor, dan dari dekat setiap gerbang masuk ruang tersebut.

- **Penerangan Darurat**

Gedung dan bangunan yang dimaksud dalam pasal ini harus dilengkapi dengan sistem penerangan darurat, yang bila terjadi kegagalan suplai normal ke sistem penerangan akan terhubung secara otomatis. Kuat penerangan darurat di koridor auditorium dan di ruang publik harus sekurangkurangnya 1,3 lux (PUIL 2011 ps 8.22.3.2) Hal ini tidak berlaku untuk ruang kecil seperti toilet dan lain-lain. Penerangan darurat di bagian panggung, koridor, tangga panggung, dan tempat pengaturan lampu sorot, dan ruang proyektor harus memungkinkan orang melihat jalannya dengan mudah. Lampu darurat harus dapat mempertahankan tingkat penerangannya seperti yang disyaratkan pada (PUIL 2011 ps 8.22.3.3).

CATATAN : Ruang panggung yang dimaksud dalam 8.16.4.3 terdiri atas bagian panggung, dan ruang pelengkapnya, yang terdiri atas ruang hias, ruang salon rambut, ruang setrika, bengkel, lorong tangga dan lain-lain. Ketentuan ayat ini dapat dipenuhi bila tingkat penerangan cukup sehingga orangorang dapat melihat jalan yang menuju ke luar.

Instalasi penerangan darurat harus mendapat suplai dari sebuah atau beberapa baterai yang digunakan khusus untuk maksud ini, dengan kapasitas sekurang-kurangnya dapat menyalakan lampu darurat seluruhnya pada tingkat penerangan yang memenuhi syarat, terus menerus selama sekurang-kurangnya ½ jam tanpa pengisian (PUIL 2011 ps 8.22.6.1.2).

Jika luas lantai auditorium dan balkon melebihi 600 m^2 penerangan darurat harus dibagi sekurang-kurangnya dalam dua bagian yang kira-kira sama, yang setiap bagiannya disuplai dari baterai yang berbeda.

Baterai harus ditempatkan pada ruang tahan kebakaran terpisah dari ruang lain yang dihubungkan dengan ruang ini hanya melalui pintu yang tahan kebakaran, dan dilengkapi perlengkapan yang dapat menutup sendiri. Hal

tersebut tidak berlaku untuk baterai kecil yang digunakan untuk beberapalampu yang dipasang berdekatan.

Pada bagian luar pintu masuk ke ruang baterai harus dipasang tanda peringatan yang jelas bahwa dilarang merokok dan tidak boleh menyalakan api dalam ruang tersebut.

Instalasi pengisi baterai harus dapat mengisi kembali baterai yang telah kosong sampai penuh selama 10 jam, dan harus dilengkapi dengan pemutus otomatis yang dapat mencegah mengalirnya kembali arus dari baterai ke instalasi pengisi baterai.

Kelompok lampu darurat di ruang panggung, tidak boleh disatukan dengan kelompok lampu darurat untuk ruang umum lainnya.

Penerangan darurat harus menyala atau dihubungkan ke baterai secara otomatis, segera setelah tegangan utama jatuh di bawah 80% dari tegangan kerjanya.

Selain harus memenuhi (PUIL 2011 ps 8.16.4.12, penerangan darurat di bioskop harus dapat pula dinyalakan atau dihubungkan ke baterai dengan menekan tombol yang ditempatkan di tempat-tempat yang cocok dan terutama di dekat gerbang masuk utama oditorium. Di dekat tombol tekan tersebut harus dipasang tanda pemberitahuan yang jelas dengan kata-kata "PENERANGAN DARURAT" dan petunjuk cara menyalakan.

Penerangan darurat di tempat umum harus hanya dapat dipadamkan melalui tombol tekan yang ditempatkan di ruang tersebut sesuai dengan (PUIL 2011 ps 8.16.5.7).

Penyalaan atau pemadaman penerangan di tempat publik, seperti yang diterangkan terdahulu, harus dapat dilakukan dalam keadaan apapun jika penerangan darurat disambung sesuai dengan (PUIL 2011 ps 8.16.4.1) Hal yang disyaratkan dalam ayat ini berarti bahwa suatu sakelar yang menyalakan penerangan darurat secara manual harus dikombinasikan dengan sakelar untuk melayani penerangan sesuai dengan (PUIL 2011 ps.8.16.3.5) . PUIL 2011 ps.8.16.5).

- **Perlengkapan listrik**

PHB yang ditempatkan antara instalasi dan jaringan listrik umum dan PHB untuk penerangan darurat sesuai (PUIL 2011 ps 8.16.4.1) tidak boleh dipasang dalam ruang yang dekat dengan umum atau di dekat jalan masuk bangunan; ruang ini dipisah dari ruang lainnya dengan dinding yang tahan api dan jarak antara ruang ini dan tempat di mana sambungan kabel masuk harus sekecil mungkin.

PHB yang dimaksud dalam (PUIL 2011 ps 8.16.5.1) ini di bagian luarnya harus diberi petunjuk yang jelas mengenai cara penggunaan PHB ini.

PHB untuk sirkit akhir penerangan harus disambungkan tersendiri dan langsung ke PHB utama jaringan listrik umum. Sekering atau pemutus sirkit yang mengamankan sirkit akhir penerangan darurat sesuai (PUIL 2011 ps 8.16.5.1) harus ditempatkan dalam PHB yang mendapat suplai langsung dari baterai.

PHB yang berisi sirkit akhir untuk penerangan harus dirancang atau dipasang sedemikian rupa sehingga tidak mudah dibuka oleh umum.

Pengaman lebur dan pemutus sirkit yang mengamankan perlengkapan panggung yang bergerak harus ditempatkan di bagian yang tetap (tidak bergerak).

Sakelar yang digunakan untuk pelayanan lampu penerangan harus ditempatkan dalam ruang yang tidak berdekatan dengan umum dekat gerbang masuk dan harus terpisah dari tempat sekelilingnya oleh dinding yang tahan api, dengan syarat bahwa sakelar untuk penerangan minimum memenuhi ketentuan (PUIL 2011 ps 8.16.3.3) harus dipasang dalam ruang yang disyaratkan pada (PUIL 2011 ps 8.16.5.1). Hal ini tidak berlaku untuk sakelar yang disyaratkan pada (PUIL 2011 ps 8.16.3.9 dan 8.16.4.13), asalkan sakelar-sakelar ini tidak dapat dilayani oleh umum. Fiting harus terbuat dari bahan yang tidak mudah-terbakar.

Fiting lampu (lampholder) untuk penerangan darurat harus dari jenis B22 (bayonet). Lampu pijar dan perlengkapan listrik lainnya

di bagian panggung harus ditempatkan atau dilindungi sedemikian rupa sehingga tidak terkena bahan yang mudah terbakar. Lampu sorot harus ditempatkan sedemikian agar tidak dapat menyentuh layar walaupun tutup lampu dibuka. Lampu di bagian panggung harus dilindungi terhadap kerusakan mekanis dengan cara memasang pelindung atau perlengkapan serupa. Hal ini tidak berlaku pada lampu yang dipasang sementara ketika mempersiapkan panggung.

- **Instalasi listrik desa**

Yang dimaksud dengan instalasi listrik desa adalah instalasi listrik untuk pembangkitan, distribusi, pelayanan, dan pemakaian tenaga listrik di desa dengan konstruksi yang disederhanakan.

Instalasi listrik desa hanya berlaku bagi daerah perdesaan (di desa), dan diterapkan pada satu lokasi atau kasus berdasarkan kondisi yang masih memerlukannya dengan memperhatikan persyaratan-persyaratannya. Ketentuan dalam pasal ini diperuntukan bagi instalasi rumah sederhana di desa dengan batas alat pembatas arus maksimum 10 A dan tegangan nominal maksimum 230 volt fase tunggal.

- **Ketentuan khusus**

Instalasi-rumah sederhana tidak memerlukan gambar instalasi. Instalasi-rumah sederhana boleh dipasang oleh pelaksana instalasi listrik desa yang telah disahkan oleh instansi yang berwenang. Instalasi dipasang terbuka, kabelnya dipasang pada permukaan dinding, tiang rumah dan bagian dari bangunan lainnya yang terbuat dari atau dialasi dengan kayu/papan dan bahan lainnya yang tidak mudah tersulut api. Instalasi hanya terdiri atas satu sirkit yang dilengkapi dengan gawai proteksi arus lebih maksimum 10 A.

PHB yang digunakan harus dari jenis tertutup dengan kotak dari bahan yang tidak mudah terbakar PHB dipasang pada didinding tembok atau papan.

- **Instalasi khusus**

Instalasi-rumah sederhana tidak memerlukan gambar instalasi. Instalasi-rumah sederhana boleh dipasang oleh pelaksana instalasi listrik desa yang telah disahkan oleh instansi yang berwenang.

Instalasi dipasang terbuka, kabelnya dipasang pada permukaan dinding, tiang rumah dan bagian dari bangunan lainnya yang terbuat dari atau dialasi dengan kayu/papan dan bahan lainnya yang tidak mudah tersulut api. Instalasi hanya terdiri atas satu sirkit yang dilengkapi dengan gawai proteksi arus lebih maksimum 10 A.

PHB yang digunakan harus dari jenis tertutup dengan kotak dari bahan yang tidak mudah terbakar PHB dipasang pada didinding tembok atau papan.

- **Penghantar**

Sebagai penghantar digunakan kabel berisolasi ganda (misalnya NYM) yang terdiri atas dua atau tiga inti tembaga pejal dengan penampang tiap intinya minimum 1,5 mm^2 . Kabel dicabangkan dalam kotak pencabangan dengan penyambungan yang baik. Titik beban Jumlah titik beban maksimum sembilan buah, termasuk kotak kontak sejumlah maksimum tiga buah. Kotak kontak yang digunakan harus dari jenis yang dilengkapi kontak proteksi, dan dipasang setinggi minimum 1,25 m dari lantai.

Pembumian untuk instalasi rumah sederhana dilaksanakan dengan memasang elektrode bumi yang dihubungkan dengan terminal pembumian pengaman pada PHB secara langsung.

Ketentuan dalam pasal ini diperuntukan bagi instalasi rumah sederhana di desa dengan batas alat pembatas arus maksimum 10 A dan tegangan nominal maksimum 230 volt fase tunggal

- **Sambungan rumah desa (SRD)**

Ketentuan ini berlaku bagi sambungan rumah untuk instalasi sebagaimana dimaksud dalam (PUIL 2011 ps 8.17.2). SRD terdiri dari kabel instalasi berinti dua dengan penampang setiap intinya minimum 4

mm^2 Cu atau yang setaraf. Selain yang tersebut dalam (PUIL 2011 ps 8.17.3.2), SRD boleh menggunakan dua penghantar yang terdiri atas satu penghantar fase berisolasi dengan penampang minimum 4 mm^2 Cu atau yang setaraf, dan satu penghantar netral atau penghantar proteksi yang mempunyai KHA sekurang-kurangnya sama dengan dengan penghantar fasenya. Bahan isolasi untuk SRD harus tahan cuaca dan sinar matahari daerah tropis. Panjang rentang SRD maksimum 45 meter dengan memperhitungkan kekuatan tarik SRD nya.

Jumlah rumah/sambungan per SRD maksimum tujuh buah, atau panjang SRD maksimum (seri) 200 meter. SRD harus dilengkapi dengan pengaman lebur atau MCB dengan nilai nominal maksimum 10 A dan bila diperlukan sebuah meter kWh yang dipasang di bagian luar rumah.

10.3.15. Instalasi sementara

Instalasi sementara ialah instalasi, yang sebelum dipasang dan digunakan dengan pasti dapat ditetapkan bahwa penggunaan hanya untuk waktu paling lama 3 bulan, dan perlindungan terhadap bahaya kebakaran dan hubungan bumi.

Di tempat masuk ke ruang mesin dan ke ruang PHB harus terdapat penghalang dan tanda peringatan yang jelas yang melarang masuknya orang yang tidak berwenang.

Pada instalasi tegangan menengah harus dibuat pagar dan pintu yang dapat dikunci untuk mencegah orang yang tidak berwenang masuk ke tempat yang dimaksud dalam (PUIL Jumlah rumah/sambungan per SRD maksimum tujuh buah, atau panjang SRD maksimum (seri) 200 meter. SRD harus dilengkapi dengan pengaman lebur atau MCB dengan nilai nominal maksimum 10 A dan bila diperlukan sebuah meter kWh yang dipasang di bagian luar rumah. 2011 ps 8.18.1.2).

Mesin, instrumen, penghantar dan semua perlengkapan pasangan berpindah, semuanya harus memenuhi ketentuan yang berlaku untuk masing-masing.

Proteksi dari sentuhan pada bagian bertegangan, proteksi terhadap kebakaran, dan begitu pula pembumian, harus dibuat secara mekanis kuat dan memenuhi semua ketentuan yang berlaku.

Untuk ruang lembab dan ruang sangat panas, bagian luar dari fiting lampu hanya boleh terbuat dari porselen atau bahan isolasi yang sama mutunya, sepanjang lampu tersebut dipasang dalam jarak capaitangan.

Untuk lemari hubung bagi tegangan rendah tidak boleh digunakan kayu sebagai bahan konstruksi, akan tetapi boleh sebagai bahan isolasi.

Untuk penerangan berlaku ketentuan (PUIL 2011 ps 4.4.1.2).

- **Penghantar**

Penghantar yang dipasang tetap, tidak perlu memenuhi sepenuhnya persyaratan umum yang berlaku, misalnya mengenai bahan penghantar, jarak antara titik lampu, jarak antara penghantar berisolasi, jarak sampai bagian konstruksi, begitu pula mengenai bahan pengikatnya, asalkan memenuhi syarat keamanan instalasi dan keselamatan manusia.

Penghantar berisolasi tegangan rendah yang menembus dinding, langit-langit dan sebagainya, yang terdiri atas bahan yang tidak menghantar tidak perlu menggunakan pipa penembus. Untuk melindungi kabel rumah (NGA dan NYA) terhadap kerusakan mekanis, boleh digunakan kayu atau bahan lain yang sejenis. Dalam ruang biasa dengan sedikit bahaya kerusakan mekanis, perlindungan semacam itu tidak diperlukan.

Kabel rumah yang dipakai sebagai penghantar luar tegangan rendah dapat dipasang serendah-rendahnya tiga meter dari permukaan tanah. Sebagai penyangga dapat dipakai bambu. Penghantar tersebut yang dipasang di atas atap, emper dan sebagainya boleh tercapai tangan. Tidak perlu dipakai isolator tarik, isolator lonceng dan sebagainya. Pemasangan penghantar udara tanpa isolasi harus memenuhi (PUIL 2011 ps 7.14)

- **Penerangan pesta**

Untuk instalasi sementara pada penerangan pesta di luar, penyimpangan dari yang diuraikan dalam (PUIL 2011 ps 8.18.1.1 dan 8.18.1.2) dibolehkan asalkan diatur sedemikian rupa sehingga seluruhnya memenuhi syarat umum dalam buku ini, yang berhubungan dengan perlindungan bagian bertegangan terhadap sentuhan, dan perlindungan terhadap bahaya kebakaran dan hubungan bumi.

- **Instalasi semi permanen**

Instalasi semi permanen untuk tegangan menengah seluruhnya harus memenuhi ketentuan umum yang berlaku untuk tegangan itu. Instalasi semi permanen untuk tegangan rendah harus memenuhi ketentuan yang berlaku untuk instalasi permanen.

Penghantar yang digunakan sekurang-kurangnya harus dari jenis penghantar berisolasi karet atau PVC.

- **Instalasi dalam masa pekerjaan pembangunan**

Sepanjang dalam pasal ini tidak ditetapkan lain, berlaku (PUIL 2011 ps 8.18) dengan memperhatikan (PUIL 2011 9.13.4.1). Instalasi listrik di tempat yang lembab, seperti dalam galian, dalam ruang bawah tanah dan sebagainya harus dipasang sedemikian rupa sehingga instalasi tidak kena air, dan sedapat mungkin di luar jangkauan tangan. Penghantar suplai yang tidak untuk dipindah-pindahkan sedapat mungkin harus memenuhi ketentuan umum yang berlaku. Bagian luar dari fiting lampu harus dibuat dari bahan porselin, atau bahan isolasi lain yang setara. Untuk melindungi perlengkapan harus dipasang pengaman lebur atau gawai proteksi lain pada sirkit yang bersangkutan. Lemari hubung bagi harus diberi perlindungan terhadap percikan air.

Penghantar berisolasi harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas orang. Sambungan pada penghantar berisolasi harus diberi isolasi yang cukup.

10.3.16. Instalasi generator (genset) darurat

Keadaan darurat adalah keadaan yang tidak biasa atau tidak dikehendaki yang membahayakan keselamatan manusia, bahaya kebakaran dan keamanan bangunan serta isinya, yang ditimbulkan karena penyediaan listrik utama terganggu.

Penerangan darurat pada umumnya dipasang di gedung-gedung umum yang banyak dikunjungi orang seperti hotel, pasar, toserba, gedung pertunjukan, tempat ibadah, gelanggang olah raga, rumah sakit dan gedung lainnya yang sejenis.

Genset darurat dapat menyediakan daya untuk beberapa keperluan seperti pendinginan, pelayanan alat bantu pernapasan mekanis, ventilasi jika penting untuk keselamatan jiwa, penerangan dan tenaga untuk kamar operasi di rumah sakit, sistem alarm kebakaran, proses industri yang bila aliran listrik terputus dapat menyebabkan bahaya yang serius, komunikasi dan hal lain yang sejenis.

Pasal ini berlaku untuk instalasi genset darurat Untuk penerangan darurat lihat (PUIL 2011, PS.8.22).

- **Ruang lingkup**

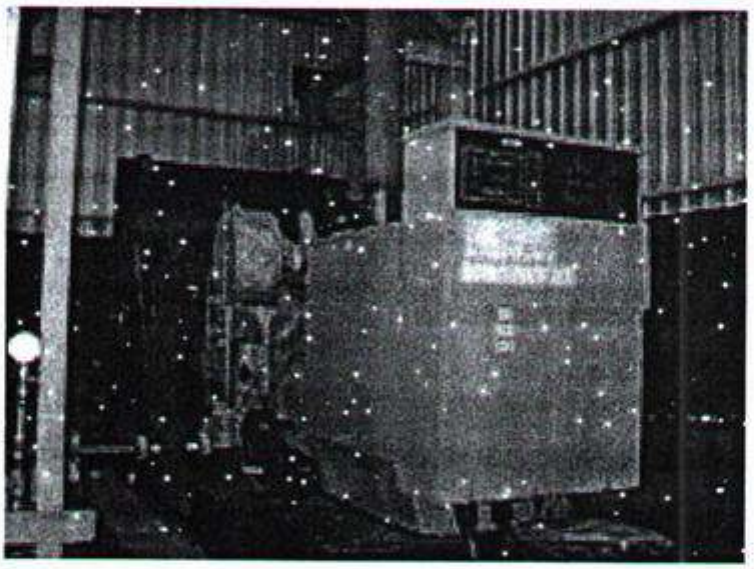
Pasal ini mengatur sistem penyediaan tenaga listrik dan instalasi untuk keadaan darurat suatu bangunan yang klasifikasi tegangannya termasuk tegangan rendah a.b. Ketentuan ini tidak berlaku untuk pelayanan dengan keandalan amat tinggi atau suplai tanpa putus (misalnya rumah sakit).

Sumber tenaga listrik yang ditetapkan adalah generator dengan penggerak mula mesin diesel atau turbin gas. Ketentuan ini mengatur kebutuhan pada pusat pembangkitan dan perlengkapan penunjang, menetapkan besarnya pembebanan untuk keadaan darurat, sistem proteksi di dalam gedung dan tindakan yang harus diambil dalam rangka uji fungsi dan perawatan instalasi

CATATAN :

a) Untuk bangunan yang menggunakan jaringan tegangan menengah yang mensuplai transformator di beberapa bagian gedung, ketentuan ini dapat disesuaikan, asalkan tetap memperhatikan tingkat keandalan.

b) Daya untuk penerangan darurat dapat diambil dari suplai terpisah (baterai atau generator) atau genset seperti ditentukan dalam pasal ini. Jika digunakan genset seperti tersebut dalam pasal ini harus diperhatikan persyaratan (PUIL ps. 8.22) yang lebih ketat.



Gambar 15. Ruang genset

Perlengkapan tidak boleh diletakkan pada daerah yang memungkinkan terendam air. Ruang penempatan generator dan PHB-nya sebaiknya terpisah dari ruang PHB utama atau dipisahkan dengan dinding tahan api, dengan masing-masing pintu masuk. PHB keadaan darurat utama membutuhkan juga tempat/ruang yang terpisah.

Untuk menghadapi kebocoran yang berbahaya dari bahan bakar atau air, sebaiknya disediakan sistem penampungan dan saluran pembuangnya.

Jalan ke luar masuk diatur sedemikian rupa sehingga tidak akan tertutup oleh bangunan baru di kawasan tersebut. Harus dilakukan tindakan dan

penyediaan sarana untuk memperkecil akibat buruk dari suara dan asap ketika pusat pembangkitan darurat digunakan.

- **Konstruksi bangunan**

Ruang harus tahan kerusakan dan terpisah dari bagian gedung lainnya dengan konstruksi tahan api yang memenuhi syarat.

Tidak boleh ada pipa pelayanan lain yang masuk ke ruang ini selain pipa untuk sistem darurat ini dan pipa proteksi terhadap api. Jika perlu untuk menembus atau memecah tembok maka ketentuan tahan api dan tingkat kebisingan harus tetap terpenuhi.

- **Kebutuhan ruang**

Pintu ke luar masuk bangunan instalasi harus disesuaikan untuk keperluan pemasangan perlengkapan, pemeliharaan dan penggantian bagian perlengkapan jika diperlukan.

Semua pintu harus membuka ke luar dan sebaiknya dilengkapi dengan alat yang bisa menutup sendiri. Luas bangunan bergantung pada susunan dan ukuran perlengkapan yang bergantung pada kapasitas sistem. Harus tersedia jarak sekurang-kurangnya ¾ m sekitar perlengkapan guna perawatan perlengkapan. Ventilasi udara harus diatur sedemikian rupa sehingga udara dapat mengalir sehingga suhu mesin tidak naik melampaui batas suhu kerja bila mesin beoperasi terus menerus. Ujung saluran di tembok sebelah luar tidak boleh berjarak kurang dari 3 m dari lubang-lubang terbuka atau gedung di sebelahnya. Perlengkapan pemadam api harus disediakan perlengkapan pemadam api manual yang dapat mencakup ruang tersebut.

- **Lampu penerangan darurat**

Harus ada lampu yang dinyalakan oleh baterai yang terpisah dari baterai untuk keperluan asut maupun keperluan kendali. Kapasitas baterai harus sekurang- kurangnya dapat menyalakan lampu yang bersangkutan selama 30 menit.

- **Generator darurat**

Kapasitas beban

Generator darurat harus dapat memenuhi beban sebagai berikut:

a).Kelengkapan pPenggerak utama yang menggunakan tenaga listrik dan perlengkapan pengasut yang memerlukanpengisian.

b) Lif keadaan darurat dengan anggapan pada suatu kumpulan lif hanya satu lif yang bekerja.

c) Daya yang digunakan untuk menurunkan lif.

d) Kipas untuk mengisap asap.

e) Pompa air untuk sistem pemadam kebakaran saat terjadinya kebakaran.

f) Pemanfaat listrik yang digunakan pada saat terjadinya kebakaran.

g) Penerangan darurat yang dihubungkan ke generator tersebut.

h) Jumlah beban lainnya yang dapat disuplai dari sistem pembangkit tersebut kecuali yang tersebut dalam (PUIL 2011 ps 8.21.3.1.2).

- **Beban tambahan**

Beban yang tidak tercakup di atas dapat disambungkan tanpa perlu menambahkan kapasitas pembangkit, kalau tersedia fasilitas untuk memutus beban-beban ini pada saat pembangkit mencapai beban penuh. Pengendalian ini harus otomatis kecuali kalau pusat pembangkit berada di bawah pengawasan terus-menerus.

Untuk pemasangan yang ekonomis penyambungan perlengkapan listrik sebaiknya berurutan sebagai berikut:

a) Lampu darurat (menyala dalam waktu tertentu sesuai peraturan yangberlaku);

b) Pompa air sprinkler;

c) Sistem ventilasi (jika diperlukan) yang direncanakan untuk mengisap asap;

d) Lif (jika ada);

e) Daya untuk pompa booster air; dan beban lain.

- Kapasitasgenerator dan penggerak utama

Keluaran generator (kW, kVA) harus cukup mampu untuk memikul beban dasar dan beban asut dari motor lain tanpa menimbulkan fluktuasi yang berlebihan pada tegangan suplainya. Unit mesin generator harus mempunyai kemampuan sedemikian rupa sehingga seluruh beban lampu yang tersambung dapat disuplai olehnya segera setelah kecepatan penuh tercapai.

Pusat pembangkit untuk pelayanan darurat harus dapat mencapai kecepatan penuh dan siap memikul beban dalam waktu 15 detik sejak diterimanya sinyal asut. Beban penuh harus siap dipikul dalam waktu 30 detik berikutnya (jumlah 45 detik).

- **Penggerak utama**

Penggerak utama harus memenuhi ketentuan yang berlaku (PUIL 2011 ps 8.21.3.2.3). Generator harus memenuhi ketentuan yang berlaku. Pada waktu dimasukkan beban penuh turun tegangan sebaiknya tidak melebihi 25% dan dalam waktu 0,5 detik tegangan sudah pulih kembali dalam batas 5% dari tegangan normal.

Rakitan

Penggerak utama, generator, kopling dan dudukan mesin harus dipilih yang sesuai satu sama lain.

CATATAN : Sebaiknya diperhatikan ketersediaan suku cadang di pasaran

- **Uji coba pekerjaan**

Harus dilaksanakan uji coba berfungsinya penggerak utama dan generator dengan beban yang dapat diatur dan harus memenuhi persyaratan bekerja dan kemampuan daya nominal. Tangki bahan bakar harus disediakan dalam ruang pembangkit masing-masing untuk setiap unit penggerak utama, dengan kapasitas beban penuh selama 8 jam. Tempat pengisian bahan bakar harus ditempatkan cukup jauh dari baterai dan perlengkapan lainnya. Untuk setiap tangki bahan bakar

harus tersedia alat duga bahan bakar yang mudah terlihat. Untuk isi 2/3 bagian harus diberi tanda yang mengingatkan perlunya pengisian kembali. Alat duga dibuat sedemikian rupa sehingga kalau rusak, minyak tidak akan bocor. Pemipaan bahan bakar harus disusun sedemikian rupa sehingga tercegah masuknya lumpur dan endapan kotoran minyak dan udara yang dapat mengakibatkan tersumbatnya pipa. Semua keran harus diberi tanda keadaan tertutup atau terbuka. Pipa bahan bakar harus dilindungi terhadap panas yang berlebihan dan terhadap kerusakan mekanik.

- **Sistem pembuangan gas**

Setiap sistem pembuangan gas harus dilengkapi dengan peredam dan sistem pipa atau cerobong untuk membuang semua gas ke luar bangunan, cukup jauh dari jendela atau cerobong pemasukan udara ke bangunan itu sendiri atau ke bangunan di sebelahnya.

Semua pipa dan alat sambung pipa, jika perlu harus dilindungi secukupnya agar terlindung dari bahaya kebakaran, dan agar tidak ada bagian yang menonjolbersuhu lebih dari 70 ^{0}C.

- **Pendingin**

Setiap penggerak utama jika mungkin harus mempunyai sistem pendingin tersendiri, baik pendingin air maupun pendingin udara. Sistem pendingin tersebut tidak boleh bergantung pada sumber dari luar, termasuk sumber airnya. Jika air didinginkan di luar bangunan dengan menggunakan menara pendingin atau bak pendingin atau sistem apapun, harus diperhatikan agar kemungkinan kebakaran tidak akan mempengaruhi sistem pendinginan tersebut.

- **Pemasangan**

Untuk memperkecil pengaruh getaran mesin, setiap mesin dapat dilengkapi peredam yang dipasang pada pondasi yang dirancang khusus untuk keperluan tersebut. Harus dipasang tanda peringatan pada tempat yang menyolok di atas

atau di dekat mesin, untuk mengingatkan kemungkinan asutan yang tiba-tiba dapat membahayakan orang yang berada di sekitarnya.

Contoh kata peringatan adalah :

Awas Bahaya

Mesin Dapat Hidup Sendiri Jangan dekat-dekat

- **Pengasutan penggerak utama**

Setiap penggerak utama harus dilengkapi dengan sistem pengasut,yang terdiri atas penyimpan energi dengan perlengkapan pengisinya yang otomatis. Perlengkapan ini harus berkapasitas cukup untuk 2 x operasi yang berurutan seperti berikut : operasi utama dimulai pada persediaan daya penuh, dan operasi kedua berlangsung setelah pengisian selama 4 jam. Selama pengisian ini perlengkapan pengisi harus secaraotomatis mengisi penyimpan energi secukupnya untuk menjalankan daur kedua. Setelahitu untuk periode 20 jam berikutnya perlengkapan pengisi harus mencapai pengisianpenuh, kemudian siap melakukan daur asut berikutnya dan besarnya pengisian harus sebanding sehingga kalau tidak diasut, pengisian tetap berjalan untuk mengganti kebocoran normal sehingga tidak merusak. Sistem asut harus dapat bekerja tanpa pemanasan awal. Sistem asut ulang harus sebagai berikut:

a) Untuk mesin diesel yang menggunakan pengasut listrik :

Tiga pengasutan otomatis yang terpisah, masing-masing tidak kurang dari 5 detik dengan selang waktu tidak lebih dari 5 detik, disusul dengan beberapa pengasutan manual selama 15 detik berikutnya.

b) Untuk diesel yang diasut langsung dengan angin:

Tiga kali pengasutan berturut-turut dalam waktu yang normal disusul dengan tiga pengasutan manual.

c) Untuk turbin gas

d) Seperti a) dan b) untuk memperoleh keandalan yang setara.

Harus disediakan perlengkapan hidrometer, manometer dan semacamnya dalam ruang mesin untuk memudahkan pemeriksaan tingkat isi sumber

energi. Setiap perlengkapan randah (portabel) harus dipasang tetap atau ditaruh dalam kotak- kotak yang baik. Untuk diesel yang dipasang dalam ruang yang suhu kelilingnya dapat turun di bawah 10 ^{0}C, harus disediakan perlengkapan yang memudahkan pengasutan, misalnya dengan gawai pemanas atau gawai yang mengatur bahan bakar berlebihan yang dikendalikan secara otomatis.

Baterai untuk pengasutan harus ditempatkan dekat dengan motor pengasut dengan tata letak yang akan menghindarkan percikan asam pada perlengkapan yang vital. Baterai harus ditutup dengan bahan isolasi.

- **Kendali**

Sistem kendali harus menjalankan suplai listrik darurat secara otomatis termasuk memantau bekerjanya sistem pengasutan, menerima isyarat tegangan suplai, mengasut sistem pembangkitan, memantau tegangan generator, mengalihkan beban, memantau proteksi, memutuskan beban dan mematikan sistem pembangkitan. Bekerjanya perlengkapan pengisi energi, pengasut, dan semua fasilitas pemanas mesin, harus senantiasa diawasi agar dapat diketahui bahwa sirkitnya berfungsi dengan baik. Terjadinya suatu kesalahan harus menyebabkan bekerjanya alarm kesalahan.

Tegangan suplai utama harus selalu dipantau. Dalam hal tegangan turun sampai atau di bawah 80% dari tegangan nominal selama lebih dari 3 detik pada satu atau lebih dari fase manapun, beban darurat harus terputus dari sumber utama dan mulai mengasut mesin secara otomatis .

Jika pengasutan otomatis tidak menghidupkan mesin, maka alarm harus berbunyi yang disertai indikator "Gagal". Keluaran generator harus dipantau, dan jika mesin telah stabil pengasutan motor mesin harus berjalan berurutan. Tanda "Generator Sedang Beroperasi" harus timbul. Selama generator bekerja, perlengkapan pengukur generator harus terus dipantau. Jika salah satu besaran menyimpang dari batas yang ditetapkan oleh pihak pensuplai, beban harus dilepaskan dan mesin dimatikan, dan alarm kesalahan dinyalakan. Jika tegangan sumber utama pada semua fase kembali di atas 80% dari nilai

nominal dan tetap demikian selama 5 menit, beban darurat harus diputuskan dari generator dan sumber utama tersambung kembali. Motor besar mungkin perlambatan waktu beberapa detik untuk menghindarkan ketidakserempakan penyambungan motor dengan generator.

Jika pembuat mesin mengharuskan adanya periode beban ringan sebelum berhenti (misalnya untuk mencegah kerusakan yang disebabkan oleh perubahan suhu yang mendadak) ketentuan tersebut harus dipenuhi dengan sistem kendali.

- **Alarm**

Semua alarm dan sinyal harus terlihat pada panel generator dan diperluas ke tempat pusat pengawasan, jika ada.

- **Pelayanan manual**

Harus ada pengasut manual yang dipasang di penggerak utama dan dapat membuka solenoid bahan bakar dan menjalankan mesin, terpisah dari sirkit kendali otomatis.

Harus dipasang peringatan yang jelas, yang menyatakan bahwa bila dijalankan secara manual, mesin terlepas dari pemantauan proteksi otomatis, jadi harus tetap diawasi

- **Konstruksi**

Semua relai, dan gawai kendali harus dipasang dalam kotak tidak mudah terbakar dan dilindungi terhadap debu dan gas. Relai yang dapat dicabut harus mempunyai pegangan yang kokoh, kalau tidak maka relai itu harus dipasang tegak untuk mencegah terlepas karena pada saat pengoprasian.

- **Catu daya**

Kendali, alarm dan sinyal dapat menggunakan baterai tersendiri dan catu daya atau disuplai dari sistem baterai pengasut jika dirancang khusus dan

diuji untuk dapat bekerja pada keadaan tegangan terminal yang rendah pada pengasutan dingin. Semua baterai harus ditempatkan menjadi satu.

- **Pencegahan**

Harus diusahakan agar sakelar kendali tidak mudah dicapai, dengan cara mengunci ruang, dan kuncinya disimpan dalam kotak di dekat pintunya, yang kacanya mudah dipecahkan

- **Hubungan paralel beberapa generator**

Jika diperlukan lebih dari satu generator, dianjurkan agar beban darurat dibagi dalam bagian-bagian yang terpisah sehingga generator tidak dipasang paralel. Tetapi untuk operasi yang ekonomis, dibolehkan pengaturan sakelar untuk menyatukan beban dan menghubungkan paralel beberapa generator.

- **Instrumen**

Harus ada beberapa instrumen untuk memperlihatkan keadaan kerja penggerak utama (seperti tekanan minyak pelumas, suhu air dan atau udara pendingin), ukuran persediaan bahan bakar, jumlah jam kerja, besaran generator (termasuk frekuensi, tegangan, arus sesaat dan beban maksimum yang diperkenankan untuk operasi dalam jangka waktu 15 menit), arus pengisian dan pemakaian baterai.

- **Penyambungan keluar**

Jika mesin dipasang dengan menggunakan dudukan fleksibel, maka seluruh penyambung ke mesin harus menggunakan perlengkapan yang fleksibel pula (termasuk sambungan pipa bahan bakar, kabel, udara buang, dan lain-lain).

- **Petunjuk operasi**

Petunjuk operasi dengan rincian cara pemeliharaan harus dipasang dalam ruang generator dengan bingkai yang berkaca. Buku harian harus pula ada dalam

ruang tersebut atau dijelaskan di dalam petunjuk pemeliharaan dan tempat penyimpanannya.

10.3.17. Instalasi penerangan darurat

- **Ruang ingkup**

  Ketentuan ini mengatur keperiuan minimum instalasi penerangan darurat yang harus dipasang dalam suatu bangunan. Maksud dari penerangan darurat adalah menyediakan penerangan yang secukupnya bila terjadi kegagalan dalam suplai listrik normal agar dalam keadaan darurat:

  a) Orang yang berada di dalam bangunan tersebut dapat dengan mudah mencari jalan keluar dalam keadaan darurat.

  b) Mencegah kepanikan.

- **Persyaratan pokok**

Sumber listrik yang digunakan untuk penerangan darurat tidak boleh bergantung kepada suplai normal dan harus ditempatkan dalam bangunan, bersebelahan dengan bangunan, atau di dalam kompleks bangunan tersebut. Penerangan yang diperlukan yang tersebut dalam (PUIL 2011 ps 8.22.3) di bawah ini harus dapat tersedia dalam waktu 15 detik sejak matinya sumber utama dan harus bekerja secara otomatis

CATATAN : Dalam suatu bangunan, bila tenaga darurat tersedia melalui sauatu generator yang dapat berjalan dan mengambil alih beban dalam waktu lebih dari 15 detik, maka diperlukan baterai atau perlengkapan lain yang dapat menyediakan penerangan minimum yang ditetapkan ketentuan ini. Sepanjang tidak ditentukan lain dalam pasal ini, instalasi penerangan darurat harus memenuhi pula persyaratan lain yang berlaku.

- **Jenis penerangan**

Penerangan ini terdiri atas sebuah lampu atau luminair, selain lampu tanda keluar yang disyaratkan dalam ketentuan yang berlaku, yang ditempatkan di dekat lampu tanda keluar dan dapat terlihat secara langsung atau tidak langsung dari segala tempat yang membutuhkan. Yang dimaksudkan terlihat secara tidak langsung disini adalah suatu permukaan yang faktor pemantulannya tidak kurang dari 30% yang bila diterangi oleh lampu atau luminair tersebut penerangannya mencapai sekurang-kurangnya satu lux. Terdiri dari penerangan yang menerangi lorong keluar yang berbahaya, seperti tangga dan lain-lain. Penerangannya harus sekurang-kurangnya 5 lux. Pada lantai di bawah lampu atau sekurang-kurangnya 1,3 lux pada tangga, bordes dan bagian-bagian lainnya.

Penerangan anti panik

a) Penerangan pada suatu auditorium, ruang rapat dan ruang tempat pertemuan lainnya harus sekurang-kurangnya 5 lux;
b) Letak sumber penerangan harus sedemikian rupa sehingga pada seluruh lantai kuat penerangannya tidak ada yang lebih kecil dari 1,4 lux;
b) pada setiap sangkar lif harus tersedia penerangan darurat.

CATATAN : Pada setiap sangkar lif harus pula tersedia sebuah alat telepon (interkom).

- Jenis sistem

Sistem instalasi listrik yang digunakan harus sebagai berikut :

Jenis A

Menggunakan sirkit yang terpisah; fiting lampu darurat dapat terpisah atau disatukan dengan armatur dari lampu utama.

Jenis B

Dengan sirkit biasa yang disuplai dari sumber utama dan dari sumber yang terpisah dengan peraturan pengalihan secara otomatis. Sumber utama dapat

mensuplai daya secara langsung atau melalui transformator, dan suplai darurat dapat berupa generator, baterai atau baterai dengan inverter.

Jenis C

Dengan lampu atau baterai otomatis yang masing-masing tersambung dan mendapat pengisian dari sumber utama.

Penampang kabel harus sedemikian rupa sehingga susut tegangan antara sumber tenaga dan setiap fiting lampu sesuai dengan (PUIL 2011 ps 4.2.3.1)

CATATAN : Jika digunakan tegangan ekstra rendah, diperbolehkan susut tegangan 10 %.

Fiting lampu untuk lampu darurat harus berwarna merah atau diberi tanda yang jelas. Pada gedung bertingkat, setiap lantai harus dilayani oleh satu sirkit akhir saja. Setiap sirkit akhir harus mempunyai gawai proteksi tersendiri berupa pengaman lebur atau pemutus sirkit. Kabel yang digunakan pada instalasi darurat mutunya harus sekurang-kurangnya sama dengan kabel instalasi yang ditentukan untuk instalasi biasa.

Perlengkapan yang menggunakan tenaga listrik kecil seperti bel, lampu sinyal, tanda ELUAR dan lain-lain, yang biasanya diperlukan bila gedung sedang digunakan,

- Sumber daya darurat
- Baterai (tanpa atau dengan inverter)

Baterai dari jenis timbal harus mempunyai karakteristik kerugian yang rendah, dan dinyatakan demikian oleh pembuatnya (pabriknya).

CATATAN : Baterai untuk menjalankan kendaraan tidak memenuhi ketentuan ini.

Baterai harus mempunyai kapasitas untuk dapat mempertahankan tingkat penerangan ketika penerangan utama padam untuk waktu sekurang-kurangnya satu jam dalam rumah sakit dan untuk waktu sekurang-kurangnya setengah jam untuk tempat lainnya. Baterai harus dilengkapi dengan pengisi baterai (battery charger) yang mengatur muatan baterai sehingga dapat mencapai ketentuan di atas. Pengisi baterai harus dapat mengisi baterai sampai muatan 80 % dari kapasitas penuh dalam waktu 14 jam, kecuali untuk jeni C yang berupa baterai berpengedap waktu pengisian tidak boleh lebih dari 24 jam sampai muatan 80 %. Jika beban tambahan dengan arus kecil disambung ke baterai maka kekuatan arus pengisian harus disesuaikan. Harus dipasang ampermeter atau lampu indikator untuk mengetahui besarnya arus pengisian, kecuali untuk jenis C. Untuk sambungan dari terminal baterai ke alat pengatur harus digunakan kabel jenis khusus. Seluruh sambungan harus disolder atau menggunakan sepatu kabel.

Semua lubang yang dilalui kabel harus dilengkapi dengan selongsong isolasi dan bila menerobos bangunan, kabel harus dilindungi dengan pipa bukan logam.

Untuk baterai yang tidak dimasukan ke dalam kotak atau yang tidak ditempatkan dalam ruang khusus, terminal baterai harus ditutup dengan penutup dari bahan isolasi dan tahan karat.

Baterai dari jenis A dan B harus ditempatkan dalam kotak atau pada suatu dudukan yang tahan karat, Kotak atau dudukan dipasang di lantai atau di dinding dan harus tahan terhadap kemungkinan terjadinya gempa seperti juga dipersyaratkan bagi bangunannya.

Ruang sekitar baterai harus cukup sehingga seluruh keperluan pemeliharaan seperti penambahan air baterai, pemeriksaan berat jenis elektrolit dapat dilakukan dengan sebaik- baiknya.

Baterai harus ditaruh di tempat yang sejuk, kering dan mempunyai ventilasi cukup. Harus tersedia sebuah hidrometer yang ditaruh pada suatu wadah yang tahan karat.

- **Persyaran tambahan untuk inverter baterai**

Perlengkapannya dapat terdiri pengisi baterai, baterai dan inverter. Pada waktu sumber suplai normal hilang, inverter baterai harus dapat mengatur, meneruskan pemberian suplai kepada beban dalam jangka waktu yang tersebut dalam (PUIL 2011 ps 8.22.6.1.2)

Variasi persentase tegangan keluaran inverter tak boleh melebihi persentase variasi tegangan masukan baterai. Tingkat interferensi radio inverter tidak boleh lebih besar dari ketentuan yang berlaku. Perlengkapan inverter harus mendapat ventilasi secukupnya.

Pada inverter harus mempunyai kendali, sebagai berikut ini, kecuali untuk jenis C:

a) Sakelar yang memisahkan sistem dari baterai, dan

b) Lampu indikator untuk memantau kerja inverter dan kerja pengisian.

Pada inverter harus terdapat instrumen ukur berikut ini, kecuali untuk jenis C:

a) Tegangan keluaran a.b.;

b) Tegangan baterai a.s;

c) Arus keluaran a.b.

Semua komponen harus mempunyai kemampuan yang lebih dari cukup pada kerja normal. Untuk proteksi perlengkapan secara menyeluruh harus dipasang pengaman lebur yang karakteristik dan kemampuannya memadai untuk proteksi perlengkapan semikonduktor.

Sistem ini harus dirancang dan dibuat sedemikian rupa sehingga komponennya mudah dipelihara dan diperbaiki.

Untuk kemampuan sampai 3,5 kW atau 4 kVA, mesin penggerak utama menggunakan BB bensin atau berupa mesin diesel yang dijalankan dengan sistem pendingin. Untuk mesin yang besarnya lebih dari kemampuan tersebut esin penggerak utamanya berupa mesin diesel. Mesin diesel yang digunakan harus memenuhi persyaratan yang berlaku.

Mesin harus mempunyai tangki bahan bakar yang cukup besar yang dapat beroperasi dengan beban penuh selama 4 jam. Tangki bahan bakar harus dilengkapi dengan alat duga bahan bakar. Setiap katup, selain katup untuk kebakaran, dalam perpipaan suplai bahan bakar harus terlihat jelas

mulai dari titik masuk sampai ke kamar mesin dan harus jelas terlihat apakah tertutup atau terbuka. Pipa minyak harus dicegah terhadap kemungkinan masuknya lumpurdan endapan dan kemungkinan tersumbat karena kemasukan udara. Harus ada sumber energi tersimpan dalam bentuk baterai, udara tekan, dan yang sejenis agar mesin dapat berputar. Energi tersimpan tersebut harus dilengkapi dengan pengukur agar memungkinkan pengecekan tingkatan muatan energinya setiap waktu. Harus ada suatu cara untuk mengembalikan muatan energinya setiap waktu 4 jam. Perlengkapan tersebut harus disambung ke suplai utama dan ke suplai generator dan harus secara otomatis berubah dari pengisian tinggi

Mesin harus dilengkapi dengan perlengkapan yang disyaratkan dalam (PUIL 2011 ps 8.22.7). Perlengkapan kendali ini dapat berfungsi untuk menghentikan mesin secara otomatis secepat-cepatnya 5 menit setelah menerima sinyal bahwa sumber utama telah pulih kembali.

Mesin harus dilengkapi dengan suatu sakelar pencoba agar dimungkinkan ujimenjalankan mesin. Harus pula dilengkapi dengan indikator yang berbunyi (alarm) dan tampak (lampu) bila mesin gagal diasut atau berhenti. Jika sinyal bunyi terdengar. Mesin harus dilengkapi dengan perlengkapan petunjuk tekanan minyak pelumas, suhu air pendingin, pencatat jam operasi, voltmeter dan amperemeter. Jika mesin melayani juga beban tambahan yang telah disetujui selain beban penerangan darurat dan beban kecil lainnya yang telah disetujui, amperemeter harus dilengkapi petunjuk besarnya beban maksimum.

Mesin harus dibuat kokoh. Semua perlengkapan transmisi daya mekanik harus dibuat dengan kekuatan yang cukup sesuai dengan persyaratan yang berlaku. Harus ada media pendingin khusus, seperti air dan/atau udara yang menggunakan radiator, udara pendingin atau bak air untuk mendinginkan mesin. Seluruh relai listrik dan perlengkapannya kendali harus dipasang dalam kotak logam dan dilindungi terhadap debu dan uap. Harus ada pencegahan penyentuhan sakelar oleh orang yang tidak berkepentingan.

Mesin harus dipasang sedemikian rupa sehingga selalu terhindar dari pengaruh cuaca dan memudahkan pemeliharaan. Harus ada jarak sekurang-kurangnya 0,75 m di sekeliling mesin tersebut. PHB tidak boleh menghalangi jalan masuk.

Suara bising dari pembuangan gas hasil pembakaran mesin, dan pengaruh getaran mesin, harus memenuhi persyaratan amdal yang berlaku

- **Sistem kendali**

Dalam hal sistem PHB ganda dalam gedung bertingkat banyak, penerangan darurat harus dapat dinyalakan dengan gawai pengindera yang dipasang pada setiap sirkit cabang, dan kegagalan pada suatu sirkit cabang tidak boleh menyebabkan dalam seketika tanpa penerangan darurat.

CATATAN :

a) Dalam hal sirkit radial yang sederhana dimana sirkit cabang berpangkal pada PHB cabang yang mensuplai gedung tidak lebih dari dua lantai, sirkit cabang dapat dipantau dari ujung PHB utama.

b) Dalam hal gedung bertingkat lebih dari dua, yang disuplai dari saluran tegak utama, syarat pada (PUIL ps 8.22.7.1) dapat dipenuhi dengan cara memantau saluran tegaknya sendiri

c) Jika saluran khusus digunakan untuk lantai-lantai dari bangunan berlantai lebih dari dua, cukup memantau sirkit pada PHB utama kemana saluran tersebut tersambung.

d) Jika bangunan atau bagian dari bangunan bertingkat lebih dari dua disuplai oleh sirkit cabang, gawai pengindera perlu dipasang pada masing-masing PHB utama. Jika penerangan tangga disuplai dari satu sirkit, maka sirkitnya harus dikendalikan tersendiri.

Ketentuan (PUIL 2011 ps 8.22.7.1 dan 8.22.7.2) dapat dipenuhi dengan cara memasang gawai pengindera pada setiap tempat yang memerlukan untuk memantau sebagian atau seluruh sistem, atau dengan menyediakan

penerangan darurat tersendiri pada tempat-tempat yang membutuhkan. Jika pengindera majemuk menggerakkan genset, adalah cukup untuk menghubungkan gawai pengindera tersebut pada sirkit lingkar.

Jika daya utama untuk penerangan darurat berfase banyak, penerangan darurat itu harus dapat bekerja jika terjadi kegagalan pada fase yang manapun.

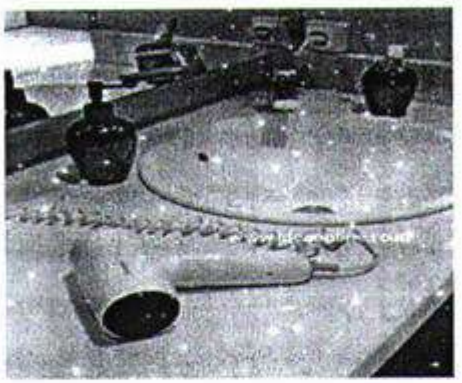
Jika dikehendaki, penerangan darurat atau bagian-bagiannya, dapat dinyalakan dari sumber utama untuk suatu bagian, asalkan pada segala kemungkinan kedudukan sakelar, ketika sedang digunakan penerangan normal, penerangan darurat akan menyala ketika terjadi kegagalan pada sumber utama. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan sakelar majemuk atau beberapa sakelar tunggal yang menjalankan beberapa kontaktor khususnya pada sistem instalasi jenis A, jenis B atau dengan menyalakan lampu pada jenis C.

Pembatasan lamanya menggunakan suplai darurat dapat dilakukan untuk suatu gangguan sumber utama selama tidak kurang dari 1 atau ½ jam sesuai dengan ketentuan (PUIL 2011 ps 8.22.6.1.2).

Papan peringatan yang menyolok harus dipasang pada atau di dekat semua sakelar suatu instalasi listrik yang menyalakan penerangan darurat jika sakelar tersebut dimatikan.

10.3.18. Instalasi listrik di dalam kamar mandi

Persyaratan dalam pasal ini meliputi persyaratan untuk instalasi listrik yang dipasang di dalam kamar mandi, dimana dimungkinkan terdapat bak rendam (bath tub), pancuran air untuk mandi dan daerah di sekelilingnya, dimana terdapat bahaya terkena kejut listrik yang lebih tinggi disebabkan oleh turunnya resistan tubuh manusia dan kontak tubuh dengan potensial bumi.



Gambar 16. Kamar mandi

CATATAN : Khusus untuk lokasi kamar mandi untuk pelayanan kesehatan, mungkin perlu persyaratan khusus.

- **Klasifkasi zona**

Zone 0 merupakan bagian dalam dari bak rendam, bak mandi atau bak pancuran mandi.

Zone 1 dibatasi oleh bidang vertikal mengeliling bak rendam dan bak pancuran air, dan untuk pancuran air tanpa bak , dan bak mandi, masing-masing merupakan bidang vertikal 0,60 m dari kepala pancuran dan dari pinggir bak mandi, dan oleh lantai serta bidang horisontal 2,25 m di atas lantai.

Zone 2 dibatasi oleh bidang vertikal di luar zone 1 dan suatu bidang vertikal yang paralel dan berjarak 0,60 m di luar Zone 2,

Zone 3 dibatasi oleh bidang vertikal di luar Zone 2 dan sebuah bidang vertikal yang paralel dan berjarak 2,40 m di luar Zone 2, dan oleh lantai serta bidang paralel 2,25 m di atas lantai

- **Proteksi dari kejut listrik**

Jika menggunakan tegangan ekstra rendah (lihat 3.3.1), maka proteksi dari sentuh langsung harus dilengkapi dengan::

a) Penghalang atau selungkup dengan tingkat proteksi paling sedikit IP2X (lihat 3.4.2) atau

b) isolasi yang mampu menahan tegangan uji 500 V selama 1 menit

Ikatan penyama potensial suplemen lokal harus menghubungkan semua bagian konduktif terbuka dalam Zone 1, 2 dan 3 dengan penghantar proteksi pada BKT yang terdapata dalam semua zona.

- **Penerapan tindakan dari proteksi dari kejut listrik**

Dalam Zone 0, dan juga dalam kamar mandi dengan bak mandi dalam Zone 1 dan Zone 2, hanya diizinkan menerapkan proteksi dengan tegangan ekstra rendah dengan tegangan nominal tidak melebihi 12 V, dan sumber proteksi terpasang di luar zone tersebut.Tindakan proteksi dengan memasang rintangan (PUIL 2011 3.4.3) dan menempatkan perlengkapan di luar jangkauan (lihat 3.4.4) tidak diizinkan. Tindakan proteksi dengan menempatkan perlengkapan pada lokasi tidak konduktif (PUIL 2011 3.9) dan ikatan penyama potensial bebas bumi (PUIL 2011 3.10) tidak di izinkan.

- **Pemilihan dan pemaasangan perlengkapan listrik**

Perlengkapan listrik paling sedikit harus mempunyai tingkat proteksi sebagai berikut :

Zone 0: IPX7

Zone 1: IPX5

Zone 2: IPX4

Zone 3: IPX1

Khusus Zone 2 dan Zone 3 untuk kamar mandi dengan bak mandi dan yang digunakan untuk pemandian umum harus menggunakan IPX5.

- **Pengawatan**

Pengawatan yang dipasang di luar atau tertanam dalam dinding kurang dari 5 cm, harus dipasang pengawatan yang sesuai tanpa menggunakan selubung logam (misalnya, dengan menggunakan pipa dari bahan isolasi.

Untuk Zone 0, 1 dan 2, pengawatan diperbolehkan hanya untuk keperluan suplai perlengkapan yang terdapat dalam zone tersebut. Kotak sambung tidak boleh dalam Zone 0, 1 dan 2.

Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHB)

a) Dalam Zone 0, 1 dan 2, dan juga dalam Zone 3 kamar mandi dengan bak mandi dan pancuran, PHB serta lengkapannya tidak boleh dipasang;

b) Dalam Zone 3, pemasangan kotak kontak hanya diizinkan jika:

   1) setiap kotak kontak dilengkapi dengan transformator pemisah (lihat 3.11.2.1), atau

   2) disuplai dengan tegangan ekstra rendah (lihat 3.3.1.) atau

   3) diproteksi dengan GPAS dengan arus operasi sisa tidak melebihi 30 mA

c) Setiap sakelar dan kotak kontak harus berjarak minimum 0,60 m dari lubang pintu untuk kotak pancuran air yang dirakit terlebih dahulu.

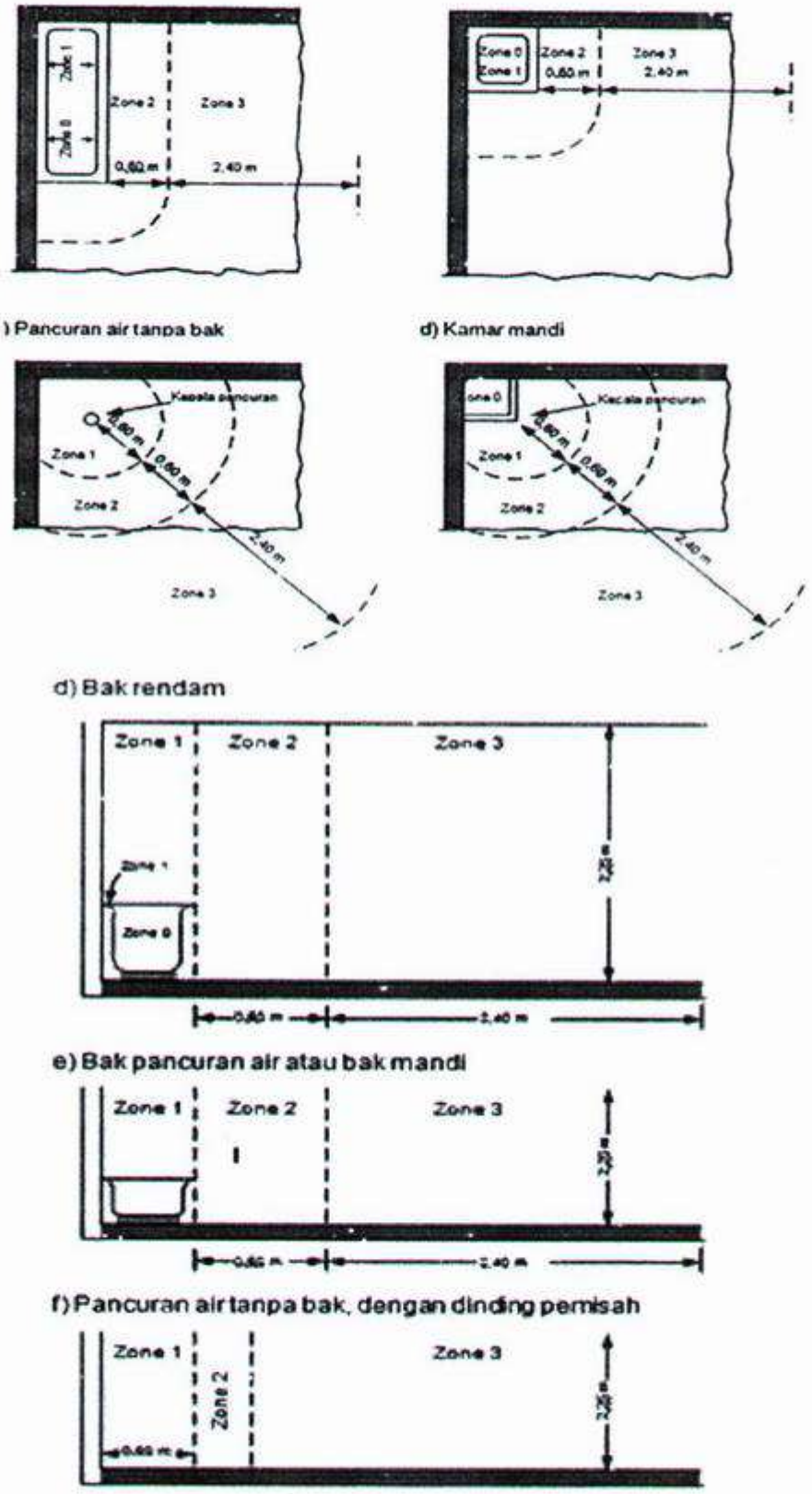
- **Perlengkapan lain yang dipasang**

Persyaratan berikut tidak berlaku untuk alat yang disuplai dengan tegangan ekstra rendah.

Dalam Zone 0, hanya diizinkan untuk menggunakan perlengkapan listrik yang khusus diperuntukkan untuk digunakan dalam bak rendam.

Dalam Zone 1, hanya diizinkan memasang pemanas air, kecuali dalam kamar mandi dengan bak mandi.

Dalam Zone 2, hanya diizinkan memasang pemanas air dan lampu dengan Kelas II, kecuali dalam kamar mandi dengan bak mandi



Gambar 17. Klasifikasi zore kamar mandi

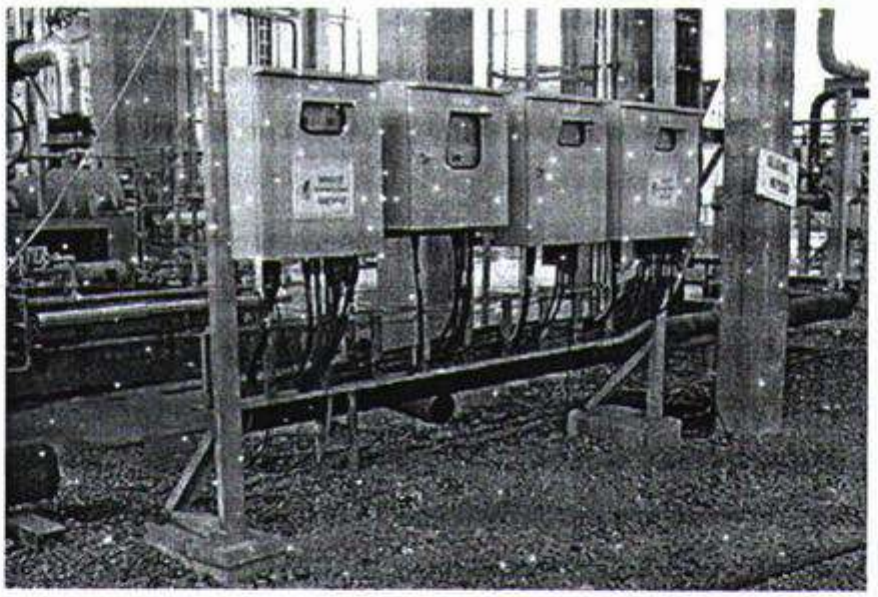
10.3.19. Instalasi ruang terbuka

Pasal ini berlaku untuk perlengkapan dan instalasi listrik yang dipasang di luar bangunan. Perlengkapan dan instalasi listrik harus dibuat sedemikian rupa sehingga tahan terhadap pengaruh cuaca.

- **Penghantar**

Untuk penghantar yang berbeda di udara luar berlaku (PUIL 2011 ps 7.14, dan 9.8). Untuk penghantar dalam tanah berlaku (PUIL 2011 ps 7.13 dan 9.7)..

Kabel yang dipasang di udara, harus digantung pada kawat penggantung atau disangga cukup kuat. Untuk pembebanan dan proteksi penghantar berlaku (PUIL 2011 ps 7.3 dan 7.5). Hubungan penghantar dengan alat listrik harus dibuat sedemikian rupa sehingga masuknya air, serangga, dan debu dapat dihindarkan.



Gambar 18. Instalasi ruang terbuka

10.3.20. Kolam renang dan kolam lainnya

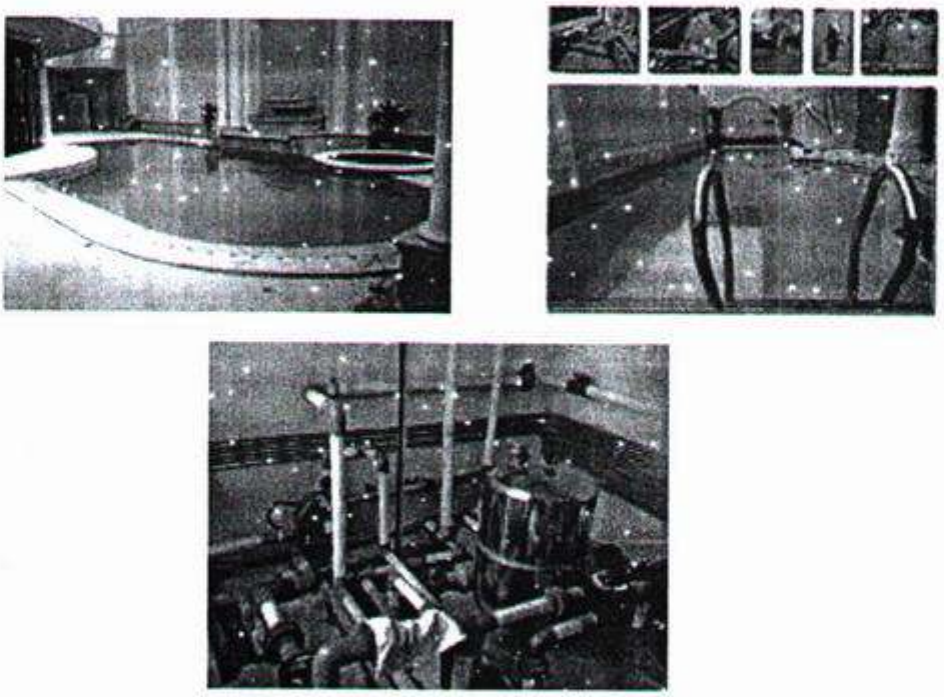
Ruang lingkup

Ketentuan dalam pasal ini berlaku bagi konstruksi dan instalasi pengawatan listrik untuk pengawatan listrik perlengkapan di dalam atau di

dekat kolam renang, kolam hias, kolam terapi dan sebagainya yang dipasang tetap.

Semua perlengkapan listrik, yang dipasang dalam air atau pada dinding harus dari jenis yang telah disahkan untuk tujuan penggunaannya.

Selain harus memenuhi ketentuan dalam pasal ini, pengawatan dan perlengkapan yang berada di dalam atau di dekat kolam renang harus pula memenuhi persyaratan lain yang tersebut dalam PUIL 2011 2011.



Gambar 19. Kolam renang dan lainnya

- **Klasifikasi**

a) Zone 0

Zone ini adalah bagian dalam dari kolam termasuk semua lekukan pada Dinding dan lantai kolam dan kolam pembersih kaki dab bagian dalam dari air mancur .

b) Zone 1

Zone ini dibatasi oleh :

1) Zone 0;

2) bidang vertikal 2 m dari pinggir kolam;

3) lantai atau permukaan dimana manusia mungkin berada;

4) bidang mendatar 2,5 m di atas lantai atau permukaan.

Jika terdapat papan loncat, block start, dan lain sebagainya di kolam renang, maka Zne 1 dibatasi oleh :

1) bidang vertikal yang terletak 1,5 m disekeliling papan loncat, block start dan lain sebagainya;
2) bidang horizontal 2,55 m di atas permukaan tertinggi yang dapat ditempati oleh manusia.

c) Zone 2

Zone ini dibatasi oleh :

1) bidang vertikal di luar Zone 1 dan bidang paralel 1,5 m dari bidang pertama;
2) lantai atau permukaan dimana mungkin berada manusia dan suatu

Untuk daerah air mancur tidak terdapat Zone 2.

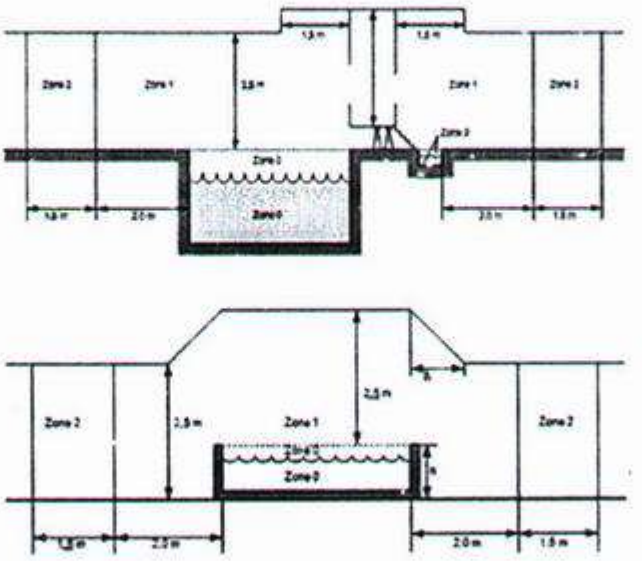
- **Proteksi untuk keselamatan**

Penerapan proteksi dengan tegangan ekstra rendah: SELV dan PELV (lihat 3.3.1).

Persyaratan untuk sirkit tidak dibumikan (SELV)

Untuk semua tegangan ang digunakan, maka proteksi dari sentuh langsung harus dilengkapi:

a) penghalang atau selungkup yang mempunyai tingkat proteksi paling sedikit IP2X atau IPXXB, atau
b) isolasi yang mampu menahan tegangan uji 500 V a.b. selama 1 menit.



Gambar 20. Klasifikasi zone kolam renang

Semua BKT dalam Zone 0,1 dan 2 harus dihubungkan dengan penghantar ikatan penyama potensial dan dihubungkan pada penghantar proteksi dari BKT dari perlengkapan yang berada dalam zone tersebut.

Proteksi dengan lokasi tidak konduktif dan dengan ikatan penyama potensial lokal bebas bumi tidak dapat diterapkan.

- **Persayaratn khusus untuk setiap zone**

Selain untuk air mancur, dalam Zone 0 dan 1, hanya diizinkan menggunakan SELV yang mempunyai tegangan nominal yang tidak melebihi 12 V a.b. atau 30 V a.s., dengan sumber proteksi dipasang di luar zone 0, 1 dan 2.

Perlengkapan yang hanya digunakan untuk dalam kolam bila manusia berada di luar zone 0, harus disuplai oleh sirkit yang diproteksi dengan:

a) SELV (lihat 3.3.1), dengan sumber proteksi dipasang di luar Zone 0, 1 dan 2; atau

b) pemutusan suplai secara otomatis (lihat 3.7), dengan menggunakan gawai proteksi arus sisa dengan arus operasi sisa pengenal tidak lebih dari 30 mA;atau

c) separasi listrik (lihat 3.11), sumber pemisah hanya menyuplai satu bagian atau perlengkapan yang dipasang di luar Zone 0, 1 dan 2.

Kotak kontak untuk sirkit yang menyuplai perlengkapan demikian dan gawai kendali untuk perlengkapan tersebut harus diberi tanda peringatan, agar diperingatkan, bahwa perlengkapan tersebut hanya boleh digunakan dalam keadaan kolam renang tidak terdapat manusia.

Dalam Zone 0 dan 1 hanya diterapkan proteksi sebagai berikut :

a) SELV dengan sumber proteksi dipasang pada zone 0 dan 1 atau
b) pemutusan suplai secara otomatis dengan menggunakan gawai proteksi arus operasi sisa pengenal tidak melebihi 30 mA; atau separasi listrik, dengan sumber pemisah yang menyuplai satu bagian perlengkapan dipasang di luar Zone 0

CATATAN : Pada air mancur tidak terdapat Zone 2.

Harus menerapkan satu atau lebih tindakan proteksi sebagai berikut :

a) SELV dengan sumber proteksi dipasang di luar zone 0, 1 dan 2
b) pemutusan suplai secara otomatis dengan menggunakan gawai proteksi arus operasi sisa pengenal tidak melebihi 30 mA; separasi listrik, dengan sumber pemisah yang memasok setiap perlengkapan dipasang di luar zone 0,1 dan 2.

- **Pengaruh luar**

Perlengkapan listrik paling sedikit harus mempunyai tingkat proteksi sebagai berikut :

a) zone 0: IPX8
b) zone 1: IPX5

Tetapi untuk kolam renang di dalam bangunan yang biasanya tidak dicuci dengan semburan air harus IPX4

- **Pengawatan**

Ketentuan berikut berlaku untuk sistem pengawatan di luar dan pengawatan di dalam dinding atau dalam lantai dengan kedalaman yang tidak melebihi 5 cm

Dalam Zone 0, 1 dan 2, sistem pengawatan tidak boleh menggunakan selubung logam yang dapat disentuh. Selubung logam yang di luar jangkauan harus dihubungkan pada ikatan penyama potensial.

CATATAN : Kabel sebaiknya dipasang di dalam konduit yang terbuat dari bahan isolasi.

Dalam Zone 0 dan1, sistem pengawatan harus dibatasi hanya untuk suplai pada perlengkapan yang berada dalam zone tersebut.

Untuk air mancur, persyaratan tambahan berikut harus dipenuhi :

a) Kabel untuk perlengkapan listrik dalam Zone 0 harus dipasang sejauh mungkin dari pinggir kolam, dan kabel yang berada di dalam kolam harus sependek mungkin. Kabel harus dipasang di dalam pipa agar mudah memasang dan/atau mengganti kabel.

b) Dalam Zone 1 kabel harus dipasang dengan perlindungan mekanis yang memadai. Kabel yang digunakan harus dari jenis khusus untuk keperluan tersebut. Kotak sambung tidak boleh dipasang zone 0 dan 1, kecuali dalam zone 1, jika diizinkan untuk penggunaan sirkit SELV.

- **Panel hubung bagu dan panel kendali**

Dalam Zone 0 dan 1 tidak boleh dipasang panel hubung bagi dan panel kendali, termasuk kotak kontak.

Untuk kolam renang kecil, dimana tidak mungkin emasang kotak kontak dan sakelar di luar Zone 1, maka kotak kontak dan sakelar sebaiknya dilengkapi dengan tutup yang bukan logam, jika dipasang di luar jangkauan tangan (1,25 m) dari batas Zone 0, dan dipasang paling 0,3 m di atas lantai, dan harus diproteksi dengan

a) SELV dengan tegangan nominal tidak melebihi 25 V a.b atau 60 V a.s, dan sumber proteksi dipasang di luar Zone 0 dan 1; atau

b) pemutusan suplai secara otomatis dengan menggunakan gawai proteksi arus sisa dengan arus operasi sisa pengenal tidak melebihi 30 mA; atau

c) separasi listrik tersendiri, sumber pemisah berada di luar Zone 0 dan 1.

Dalam Zone 2, kotak kontak dan sakelar hanya diizinkan jika sirkit suplainya diproteksi dengan salah satu dari tindakan proteksi berikut :

a) dengan SELV, dan sumber proteksi dipasang di luar Zone 0,1 dan 2;

b) dengan pemutusan suplai secara otomatis dengan menggunakan gawai proteksi arus sisa yang arus operasi sisa pengenalnya tidak melebihi 30 mA;

c) separasi listrik, sumber pemisah berada di luar Zone 0, 1 dan 2.

Perlengkapan lainnya :

Dalam Zone 0 dan 1, hanya boleh dipasang perlengkapan yang menggunakan listrik yang dipasang permanen, yang dimaksudkan untuk digunakan di kolam renang dengan mengindahkan (PUIL 2011 ps 8.25.6.5 dan8.25.8).

Perlengkapan yang diperuntukkan dioperasikan hanya jika manusia berada di luar zone 0 boleh digunakan di semua zone dengan syarat sirkitnya diamankan sesuai (PUIL 2011 ps 8.25.1.7).

Instalasi pemanas yang ditanam dalam lantai boleh dipasang, dengan syarat :

a). Diproteksi dengan SELV dan sumber proteksi dipasang di luar zone 0, 1 dan 2 atau

b) ditutup oleh grid logam tertanam yang dibumikan atau selubung logam tertanam yang dibumikan dihubungkan ke ikatan penyama potensial suplemen dengan syarat sirkit suplainya diberi proteksi tambahan dengan gawai proteksi arus sisa dengan arus operasi sisa pengenal tidak melebihi 30 mA.

- **Lampu kolam renang di dalam air**

Armatur lampu untuk digunakan di dalam air atau terkena air harus sesuai dengan persyaratan yang tercantum dalam Publikasi IEC 60598-2-18 .

Lampu di bawah air yang ditempatkan di belakang lubang pada dinding kolam, dan dilayani dari sebelah belakang harus sesuai dengan persyaratan dari Publikasi IEC 60598 dan harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak terjadi hubungan konduktif yang disengaja maupun tidak disengaja antara setiap BKT dari fiting lampu di dalam air dan bagian konduktif lain dari lubang lampu di dinding kolam. Perlengkapan listrik dalam Zone 0 dan 1 harus tidak dapat dicapai, umumnya dengan penggunaan kaca bervariasi atau dengan anyaman kawat yang hanya dapat dibuka dengan menggunakan perkakas.

Armatur lampu dalam Zone 0 dan 1 harus terpasang tetap dan harus sesuai dengan Publikasi IEC 60598-2-18. Pompa listrik harus sesuai dengan persyaratan dalam Publikasi IEC 60335-2-41.

Perlengkapan magun (pasangan tetap) yang khusus diperuntukkan untuk digunakan di kolam renang dan kolam lainnya (umpamanya kelompok penyaringan, semburan air) yang disuplai dengan tegangan rendah yang bukan SELV pada tegangan nominal yang yang tidak melebihi 12 V a.b. atau 30 V a.s. diperbolehkan dalam zone 1 dengan semua persyaratan berikut :

a) Harus ditempatkan dalam selungkup yang ekivalen dengan isolasi suplemen yang memberikan perlindungan terhadap benturan mekanis AG2;

b) Perlengkapan tersebut hanya dapat dicapai melalui jendela (atau pintu) dengan penghantar yang bertegangan. Kabel suplai dan sarana pemutus utama harus dari konstruksi kelas II atau dipasang sedemikian rupa yang memberi proteksi yang ekivalen;

c) Bila jendela (atau pintu) dapat dibuka, maka tingkat proteksi perlengkapan harus paling sedikit IPXXB;

d) Sirkit suplai perlengkapan tersebut harus diproteksi dengan :

1) SELV pada tegangan nominal yang tidak melebihi 25 V a.b. atau 60 V a.s., dan sumber pengaman dipasang di luar Zone 0, 1 dan 2; atau
2) gawai proteksi arus sisa dengan arus operasi sisa nominal tidak melebihi 30 mA; atau
3) separasi listrik, dengan sumber pemisah dipasang di luar Zone 0, 1 dan 2.

Untuk kolam renang kecil dimana tidak mungkin menempatkan armatur di luar Zone 1, maka armatur dalam zone 1 diizinkan, jika dipasang di luar jangkauan tangan dari batas zone (1,25 m) dan di proteksi dengan:

a) SELV, atau
b) gawai proteksi arus sisa dengan arus operasi sisa nominal tidak melebihi 30 mA, atau
c) diproteksi dengan separasi listrik, dan sumber pemisah dipasang di luar zone 0 dan 1. Sebagai tambahan, armatur harus mempunyai selungkup yang memberikan isolasi kelas II atau ekivalen dan dengan proteksi mekanis AG2.

10.3.21. Penerangan tanda dan penerangan bentuk

Ruang lingkup pasal ini meliputi pemasangan penghantar dan perlengkapan keperluan penerangan tanda dan penerangan bentuk.

Definisi

a) Penerangan tanda ialah penerangan listrik yang terpasang tetap atau pasangan berpindah, yang dimasudkan untuk memberikan keterangan atau menarik perhatian dengan menggunakan perkataan, gambar, atau tanda, seperti lampu reklame, lampu tanda nama, dan sejenisnya.
b) Penerangan bentuk ialah susunan lampu pijar atau lampu tabung gas untuk menyatakan bentuk dan menarik perhatian halayak terhadap hal khusus seperti bentuk sebuah bangunan, jendela pamer dan sebagiannya.

Setiap instalasi penerangan bentuk dan penerangan tanda kecuali yang dapat dipindah-pindahkan, harus dikendali dengan menggunakan sakelar atau pemutus, yang harus dapat dilayani dari luar, harus membuka semua penghantar yang tidak dibumikan, dan harus sesuai keperluan instalasi tersebut seperti tahan terhadap pengaruh cuaca dan lain-lain.

a) Sakelar atau alat pemutus arus sebagaimana ditentukan dalam ayat ini harus tampak dari penerangan tanda atau penerangan bentuk yang dikendalikannya, atau dapat pula dipasang ditempat lain asalkan alat tersebut dapat dikunci.

b) Sakelar alat kedip dan alat lain sejenisnya yang mengendalikan transformator harus dari jenis yang disahkan atau harus mempunyai arus nominal yang besarnya tidak boleh kurang dari dua kali arus nominal transformator. Pada instalasi arus bolak balik untuk keperluan beban induktif kecuali motor, dapat juga digunakan sakelar momen yang umum dipakai untuk itu, asalkan bebannya tidak melebihi arus nominal sakelar.

- **Pembumian**

a) Lampu, jalur penghantar, kotak penyambung pipa instalasi, dan rangka logam lainnya harus dibumikan sesuai ketentuan dalam BAB 3, kecuali jika berisolasi dari bumi dan dari permukaan yang dapat menghantarkan, dan tidak dapat dicapai oleh orang yang tidak berkepentingan.

b) Bagian logam penerangan bentuk yang tidak bertegangan harus dihubungkan satu dengan yanglaindengankawat penghantardandibumikan.

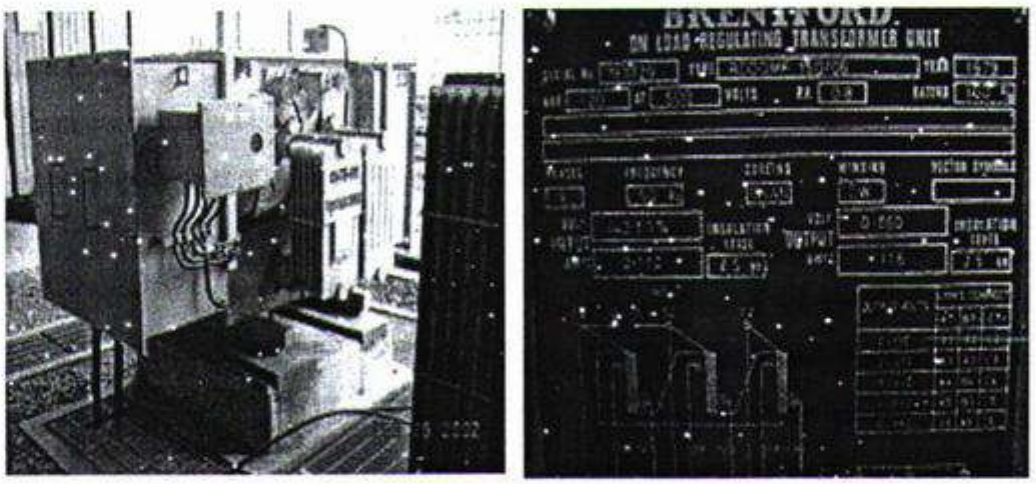
c) Penerangan tanda yang dapat dipindah-pindahkan terdiri dari lampu pijar atau lampu fluoresen dengan tegangan terbuka tidak boleh melebihi 50 V ke bumi, tidak perlu dibumikan.

Jumlah beban kotak kontak, lampu dan transformator yang dihubungkan pada sirkit akhir tidak boleh membebani sirkit akhir itu lebih dari 20 A.

- **Pemberi tanda**

a) Penerangan tanda harus diberi pelat nama yang mencantumkan nama pembuat, jumlah fiting lampu untuk yang menggunakan lampu pijar, serta arus beban penuh dan tegangan suplai untuk lampu tabung gas. Pelat nama harus dapat terlihat dengan jelas sesudah dipasang.

b) Transformator harus diberi pelat nama yang mencantumkan nama pembuat, dan untuk transformator lampu tabung gas harus dicantumkan pula arus nominal, tegangan suplai, dan tegangan menengah atau tegangan tinggi pada sirkit.



Gambar 21. Tanda (name plate)

Selungkup untuk penerangan tanda dan penerangan bentuk harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

a) Penghantar dan terminal dalam lemari atau kontak penerangan tanda, dan jalur penghantar penerangan bentuk harus tertutup kecuali penghantar suplainya.

b) Cut-out, alat kedip dan alat lain sejenis harus tertutup dalam kotak logam dengan pintu yang dapat dibuka dengan mudah.

c) Kotak atau selungkup harus cukup kuat dan kokoh.

d) Kecuali penerangan tanda pasangan dalam yang dapat dipindah-pindahkan, penerangan tanda dan tanda enerangan bentuk harus dibuat dari logam atau bahan lain yang tidak mudah terbakar. Kayu dapat digunakan untuk dekorasi luar asalkan ditempatkan pada jarak tidak kurang dari 5 cm dari fiting lampu atau bagian penghantar arus yang terdekat.

Semua bagian besi dari selungkup harus digalvanisasi atau dilindungi dengan cara lain terhadap korosi.

Selungkup pasangan luar harus tahan cuaca dan harus mempunyai sejumlah lubang pembuangan air yang cukup

- **Penerangan tanda dan penerangan bentuk tegangan rendah, Pemasangan penghantar**

a) Penghantar dapat dipasang sebagai instalasi terbuka pada isolator, dalam pipa logam, atau dalam jalur kabel yang terbuat dari logam.

b) Penghantar yang digunakan harus dari jenis yang disahkan untuk pemakaian umum, dan harus dari ukuran yang cukup sesuaikeperluannya.

c) Penghantar yang dipasang dalam jalur kabel berperisai logam, atau selungkup, yang terkena pengaruh cuaca, harus dari jenis yang diperbolehkan untuk kondisi tersebut, kecuali apabila pipa penghantar atau selungkup dibuat kedap hujan dan dilengkapi dengan pembuangan air.

d) Penghantar pada instalasi terbuka yang dipasang pada isolator harus memenuhi persyaratan untuk instalasi terbuka.

Penghantar dapat disangga langsung oleh fiting lampu apabila jarak yang satu terhadap yang lain tidak lebih dari 30 cm.

Fiting lampu harus dari jenis tanpa sakelar dan dibuat dari bahan yang sesuai dengan keperluannya. Fiting lampu ini tidak boleh digunakan untuk

- **Penerangan tanda dan penerangan bentuk tegangan menengah**

Pemasangan penghantar

a) Penghantar dapat dipasang sebagai instalasi tersembunyi pada isolator,dalam pipa kaku, dalam pipa fleksibel, atau dalam pipa kedap air.

b) Penghantar harus dari jenis yang disahkan dan harus sesuai dengan tegangan instalasi.

c) Belokan tajam pada penghantar harus dicegah.

d) Penghantar instalasi tersembunyi pasangan dalam, yang dipasang pada isolator harus terpisah yang satu terhadap yang lain dan terhadap benda lain kecuali terhadap isolatornya. Dengan jarak tidak kurang dari 3 cm untuk tegangan di atas 10.000 V, dan tidak kurang dari 2 cm untuk tegangan dibawah 10.000 V.

Penghantar ini harus dipasang dalam jalur yang dilapisi dengan bahan yang tidak mudah terbakar dan digunakan khusus untuk keperluan tersebut, dengan pengecualian bahwa penghantar sirkit primer juga dapat diletakkan di dalamnya.

Isolator yang digunakan harus dari bahan yang tidak mudah terbakar dan tidak menyerap air.

Apabila penghantar diselubungi dengan timbal atau selubung logam lainnya, dan permukaannya tidak boleh rusak di tempat selubung itu berakhir.

Dalam jendela pamer dan tempat sejenis, penghantar yang tergantung di udara dengan bebas dan jauh dari bahan mudah terbakar dan tidak ada kemungkinan terkena.

- **Transformator**

a) Tegangan terbuka sirkit sekunder transformator tidak boleh melebihi 15.000 V dengan toleransi sebesar 1000 V tambahan pada pengujian. Pada transformator yang ujungnya dibumikan, tegangan terbuka sirkit sekunder tidak boleh melebihi 7.500 V dengan toleransi 500 V tambahan pada pengujian.

b) Transformator harus dari jenis yang disahkan untuk keperluannya dan harus dibatasi daya nominalnya sebesar maksimum 4.500 VA. Transformator jenis

lilitan dan inti terbuka harus dibatasi sampai 5.000 V dengan toleransi 500 V tambahan pada pengujian dan pada penggunaan dalam ruang untuk keperluan penerangan tanda kecil yang portabel. Transformator untuk keperluan penerangan bentuk tidak boleh mempunyai arus sekunder nominal yang melebihi 30 mA.

c) Transfomator yang digunakan untuk pasangan luar harus dari jenis yang tahan cuaca atau dilindungi terhadap pengaruh cuaca dengan menempatkannya tertutup dalam kotak logam pelindungter sendiri.

d) Lilitan tegangan tinggi dari transformator tidak boleh dihubungkan parallel.maupun seri kecuali pada dua buah transformator yang masing-masing mempunyai satu ujung dari lilitan tegangan tingginya dihubungkan dengan selungkup logamnya; dalam hal ini kedua transformator itu dapat dihubungkan seri untuk bersama-sama membentuk sebuah transformator dengan titik tengah yang dibumikan. Hubungan pembumian tersebut harus menggunakan kawat berisolasi dengan ukuran tidak kurang dari 2,5 mm^2.

Pengecualian :

Transformator untuk penerangan tanda kecil yang portabel pada jendela pamer dan tempat sejenis, yang dilengkapi dengan penghantar penghubung yang terpasang secara permanen pada lilitan sekunder dalam kotak transformator dan mempunyai penghantar penghubung berukuran lebih kecil dari 2,5 mm^2 akan tetapi tidak lebih kecil 1,5 mm^2 dan harus dari jenis yang disahkan untuk keperluan tersebut.

e) Transformator harus dapat dicapai dengan mudah dan dipasang kokoh pada tempatnya.

Lampu tabung gas listrik harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

a) Lampu tabung gas harus dirancang sedemikian rupa sehingga tidak menyebabkan suatu tegangan lebih yang kontinu pada transformator;

b) Lampu tabung gas harus dipasang secukupnya dengan penyangga dari bahan yang tidak mudah terbakar dan tidak menyerap air;

c) Lampu tabung gas tidak boleh menyentuh bahan yang mudah menyala dan ditempatkan sedemikian rupa sehingga tidak mungkin terkena gangguan mekanik.

Jika bekerja dengan sistem tegangan yang melebihi 7.500 V tabung harus disangga oleh penyangga dari bahan yang tidak mudah terbakar, tidak menyerap dan tidak konduktif, dan harus dipertahankan hingga jarak antara tabung dan permukaan terdekat tidak kurang dari 6 mm.

Terminal dan pemegang elektrode lampu tabung gas harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

a) Terminal tabung harus tidak dapat dicapai oleh orang yang tidak berwenang dan harus dijauhkan dari bahan yang mudah terbakar dan logam yang dibumikan, atau harus dipasang dalam keadaan tertutup. Jika tertutup, terminal harus dipisahkan dari bagian logam yang dibumikan dan bahan yangmudah terbakar dengan pemisah dari bahan yang tidak mudah terbakar, tidak menyerap, dan tidak konduktif, yang disahkan keperluan tersebut, atau dipisahkan sejauh 4 cm dengan pemnisah udara.

b) Apabila tabung tidak berujung pada pemegang elektrode yang khusus dirancang untuk keperluan itu, maka semua bagian bertegangan dari terminal tabung dan penghantar harus disangga sedemikian rupa sehingga berjarak tidak kurang dari 4 cm antara penghantar yang satu dengan yang lainnya atau antara penghantar dan bagian logam yang dibumikan.

c) Di tempat elektrode menembus dinding selungkup penerangan tanda untuk pasangan luar, atau untuk pasangan dalam yang bekerja dengan sistem tegangan melebihi 7.500 V, harus digunakan pipa bushing kecuali jika disediakan pemegang elektrode. Rakitan terminal elektrode harus disangga tidak lebih.

d) Selungkup dari bahan logam untuk elektrode harus mempunyai kekuatan yang cukup.

e) Selungkup yang terbuat dari bahan isolasi harus tidak mudah terbakar, tidak menyerap air, dan sesuai untuk tegangan sirkit

Pintu atau tutup yang dapat terbuka, membuka atau dapat memberi kesempatan untuk mencapai bagian dalam yang tidak terisolasi dari suatu penerangan tanda untuk pasangan dalam, atau dari suatu penerangan untuk yang sistem tegangannya melebihi 1000 V dan dipasang di tempat yang dapat dicapai oleh umum, harus dilengkapi dengan sakelar yang pada waktu pintu atau penutup dibukakan, membuka aliran primer; atau harus dilengkapi dengan sakelar yang dapat dikunci sehingga diperlukan alat khusus untuk dapat membukanya.

10.3.22. Fasilitas pelayanan kesehatan

- **Ruang lingkup**

a) Yang disebut ruang dalam pasal ini dapat terdiri atas lebih dari satu kamar, tetapi bertalian dari segi fungsinya.

b) Ruang fasilitas pelayanan kesehatan antara lain berfungsi sebagai tempat pemeriksaan, pengamatan, pengobatan, pemulihan, perawatan, dan rehabilitasi medik, dan sebagai ruang penunjang untuk manusia dan hewan (lihat Tabel 8.27-2).

e) Perlengkapan elektromedik ialah perlengkapan listrik beserta lengkapan dan kabel penghubungnya, yang secara langsung atau tidak langsung, digunakan untuk melayani perawatan kesehatan manusia dan hewan.

Gambar 22. Fasilitas pelayanan kesehatan

- **Klasifikasi ruang**

Menurut jenis tindakan proteksi terhadap bahaya karena gangguan listrik, ruang 2E.

Ruang Kelompok 1

Dalam ruang ini terputusnya aliran listrik karena gangguan, tidak berbahaya, baik bagi penderita maupun bagi tenaga kerja; pemeriksaan dan pengobatan pada umumnya dapat dihentikan atau diulangi.

Ruang Kelompok 1E

Ruang ini menggunakan perlengkapan elektromedik yang dayanya diperoleh dari jaringan listrik umum. Jika listrik ini terputus karena gangguan, perlengkapan harus berjalan terus dengan bantuan catu daya pengganti khusus (CDPK) yang dalam tempo beberapa detik telah mengambil alih tugas jaringan listrik umum. Pemeriksaan dan pengobatan dapat terhenti beberapa detik tanpa membahayakan penderita.

Ruang kelompok 2E

Ruang ini juga menggunakan perlengkapan elektromedik yang dayanya diperoleh dari dari jaringan listrik umum. Aliran listrik dalam ruang ini tidak boleh terputus karena pemeriksaan dan pengobatan penderita harus tetap berlangsung. Jika terjadi gangguan pada jaringan listrik umum, CDPK mengambil alih tugas jaringan listrik umum tanpa aliran terputus.

Tabel 2 Klasifikasi ruang medis

Tabel 8.27-1. Klasifikasi ruang medis
penggolongan jenis ruangan (kolom 2) ke kelompok (kolom 1) ditentukan oleh jenis penggunaan secara kedokteran (kolom 3 dan 4) serta perlengkapan kedokteran. Alat dasar itu suatu jenis ruang tertentu dapat digolongkan ke dalam lebih dari satu kelompok.

(1)	(2)	(3)	(4)
Kelompok	Jenis ruangan sesuai Penggunaan	Jenis penggunaan secara kedokteran	Contoh
1	Ruang perawatan Ruang fisiotrapi Ruang hidrotrapi Ruang pijit Ruang praktek dokter umum, hewan dan gigi Ruang radio-diagnostik dan terapi Ruang pemeriksaan endoskopi Ruang angiografi Ruang dialisa Ruang pemeriksaan intensif	Tanpa memasukkan bagian dari pesawat secara pembedahan (implantasi), bedah kecil namun tanpa tindakan terhadap organ dalam tubuh	Penggunaan pesawat listrik Kedokteran pada atau di dalam tubuh melalui lobang alamiah
	Ruang cuci bedah Ruang sterilisasi	Ruang penunjang untuk ruang bedah didalam kelompok 2E	Substerilisasi Desinfeksi
1E	Ruang praktek kedokteran umum Ruang bersalin Ruang endoskopi Ruang bedah rawat jalan Ruang pemeriksaan intensif	Dengan memasukkan bagian dari pesawat secara pembedahan, bedah kecil, juga dengan tindakan terhadap organ tubuh	Kateter dalam pembuluh darah besar, namun tidak kateter jantung
2E	Ruang persiapan bedah Ruang bedah Ruang pemulihan Ruang bedah gips Ruang bedah rawat jalan Ruang pemeriksaan intensif Ruang pengamatan intensif Ruang pengobatan intensif Ruang Kateterisasi jantung Ruang radio-diagnostik dan terapi Ruang angiografi Ruang endoskopi Ruang bersalin klinis	Dengan memasukkan bagian dari pesawat secara pembedahan, bedah besar, tindakan ke dalam jantung atau terhadap jantung yang dibebaskan, atau memperoleh fungsi vital dari pesawat listrik kedokteran	Bedah organ segala jenis, kateter dalam pembuluh darah besar, termasuk kateter

Tabel 8.27-2 Ruang Fasilitas Pelayanan Kesehatan

1 Ruang periksa

1.1 Ruang periksa biasa, adalah ruang untuk memeriksa penderita tanpa menggunakan perlengkapan elektromedik.

1.2 Ruang periksa khusus

a) Ruang periksa endoskopi adalah ruang tempat alat endoskopi digunakan untuk memeriksa di dalam tubuh, baik melalui lubang alamiah maupun buatan pada tubuh termasuk didalamnya antara lain laryngoscopi, bronchoskopi, esofagoskopi, gastroskopi, sistoskopi, kolposkopi, funduskopi (mata) dan laparoskopi.

b) Ruang radiologi diagnostik adalah ruang tempat digunakannya sinar pengion (baik yang dibangkitkan oleh generator atau sinar dari radio-isotop) untuk menggambarkan bagian-bagian dalam dari tubuh, baik secara anatomis maupun fungsional.

CATATAN Termasuk di dalam jenis ini semua pemeriksaan dengan foto rontgen polos (tanpa kontras) dan pemeriksaan radiologis dengan kontras seperti urografi, pemeriksaan organ pencernaan, bronkografi, scintigrafi organ-organ tubuh.

c) Ruang periksa *electroencephalography* (EEG).
d) Ruang periksa *electrocardiography* (ECG).
e) Ruang kateterisasi jantung, adalah ruang tempat pemeriksaan dilakukan dengan memasukkan kateter besaran vital.

Termasuk juga pengambilan contoh darah langsung dari jantung serta pemasukan bahan kontras ke dalam jantung.

2 Ruang pengamatan

2.1 Ruang pengamatan biasa, adalah ruang untuk pengamatan sebelum tindakan operasi atau tindakan yang menggunakan anestesia.

2.2 Ruang pengamatan khusus, adalah ruang pengamatan intensif tempat beberapa pesawat pengukuran elektromedik seperti EEG, ECG, secara serentak dihubungkan pada penderita atau dimana sebuah kateter atau transduser pengukur pesawat dimasukkan ke dalam tubuh.

3 Ruang pengobatan

3.1 Ruang pengobatan biasa, adalah ruang tempat dilakukannya medika mentosa.

3.2 Ruang pengobatan khusus/tindakan :

1) Ruang bedah adalah ruang tempat tindak pembedahan dilakukan sesuai dengan jenis serta tingkat tindakan pembedahan, dilakukan analgesia atau anestesia, tersedia pula pesawat untuk pengamatan dan resusitasi, pesawat rontgen dan pawai kedokteran lainnya antara lain: *cauter*, laser;

2) Ruang bedah gips adalah ruang tempat pembalutan gips dilakukan dengan anestesi;

3) Ruang bedah rawat jalan adalah ruang tempat tindak pembedahan kecil dilakukan, bila perlu dengan pemakaian perlengkapan elektromedik;

4) Ruang bersalin, adalah ruang yang menurut ketentuan digunakan untuk persalinan;

5) Ruang dialisa, adalah ruang tempat penderita mengalami pencucian darah;

Tabel 8.27-2 (lanjutan)

6) Ruang radiasi internal, adalah ruang tempat penderita mendapat radiasi berada di dalam tubuh penderita. Termasuk dalam pengertian ruang aplikasi manual dan *remote after loading*;

7) Ruang radiasi eksterna, adalah ruang tempat penderita mendapat radiasi yang dibangkitkan generator maupun berasal dari radioisotop, seperti: telecobalt.

4 Ruang pemulihan

Adalah ruang untuk pemulihan penderita setelah tindakan anestesia umum digunakan dan efek anestesia menurun di bawah pengawasan.

5 Ruang rawat

5.1 Ruang rawat biasa adalah ruang tempat penderita dirawat secara biasa.

5.2 Ruang rawat khusus, adalah ruang tempat penderita dirawat secara khusus.

1) ruang rawat pasien bedah;

2) ruang rawat intensif (ICU), adalah ruang tempat pengamatan dan pengobatan intensif dilakukan dan penderita dengan waktu yang panjang dihubungkan dengan pesawat elektromedik untuk pengamatan dan bila perlu juga perangsang kegiatan tubuh;

3) ruang rawat intensif koroner (ICCU) pada dasarnya sama dengan butir 2), tetapi khusus untuk penderita jantung;

4) ruang rawat pengobatan radiasi interna, adalah ruang tempat penderita dengan pengobatan bahan radioisotop di dalam badannya;

5) ruang rawat khusus bayi.

6 Ruang rehabilitasi medik

Adalah ruang tempat dilakukan usaha rehabilitasi medik.

6.1 Ruang hydroterapi, adalah ruang tempat penderita mendapat secara hydroterapi

6.2 Ruang fisioterapi, adalah ruang tempat penderita mengalami pengobatan secara fisioterapi termasuk pijat.

7 Ruang penunjang

Ruang penunjang, adalah ruang yang tidak termasuk dalam ruang yang tersebut pada butir 1 sampai dengan 6, seperti: laboratorium, farmasi, cuci, dapur, sterilisasi, dan sebagainya.

- **Cara pengawatan dan perlengkapan**

Perlengkapan listrik, termasuk perlengkapan elektromedik atau yang digunakan dalam ruang fasilitas pelayanan kesehatan, harus memenuhi syarat dalam beberapa subayat di bawah ini.

Perlengkapan yang harus dihubungkan secara khusus hanya boleh dipasang jika semua prasarananya telah disiapkan. Syarat khusus untuk itu tercantum dalam rincian teknis dan gambar instalasi yang disediakan oleh pabrikan.

Perlengkapan dalam ruang fasilitas pelayanan kesehatan harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak dipengaruhi oleh perlengkapan non medik (misalnya komputer, pemancar, dan pesawat panggil) yang secara fungsi berhubungan, atau memperoleh kelistrikan dari penghantar yang sama tetapi terdapat di luar ruang tersebut.

Bila tegangan, arus, atau frekuensi yang digunakan berbeda-beda, kontak tusuk yang digunakan harus tidak dapat dipertukarkan.

Dalam ruang kelompok 2E dan di atas langit-langitnya hanya boleh dipasang penghantar untuk perlengkapan dalam ruang itu saja.

Hanya inti dari sirkit utama yang boleh dipasangkan pada kabel berinti banyak, atau dalam satu pipa untuk kabel berinti tunggal. Berbagai sirkit bantu hanya boleh dipasangkan pada sirkit utamanya dalam satu jalur penghantar (misalnya pipa), jika semuanya terhubung pada satu perlengkapan dan disuplai dari sumber yang sama.

Pada setiap sirkit dalam ruang pelayanan kesehatan, yang menggunakan gawai proteksi arus sisa yang memenuhi (PUIL 2011 8.27.3.6), harus dipasang satu penghantar proteksi.

Hal yang sama bagi sirkit arus fase tiga yang betul-betul simetris.

CATATAN : Pencegah gangguan frekuensi sering kali dipasang antara penghantar netral dan penghantar fase, supaya arus sisa yang melalui penghantar proteksi tidak menjadi lebih tinggi dari yang dibolehkan.

Kabel yang dicabangkan tidak boleh dipasang dalam ruang Kelompok 2E

a) PHB harus dipasang di luar ruang pelayanan kesehatan dan harus mudah dicapai.

b) Tiap ruang pelayanan kesehatan dan ruang bukan pelayanankesehatan harus mempunyai PHB tersendiri (lihat butir 3)).

1. PHB untuk ruang kelompok 2 E harus langsung dihubungkan ke PHB utama bangunam. Bila instalasi diperluas, PHB tersebut boleh dihubungkan ke PHB cabang yang digunakan untuk ruang kelompok ini.
2. Daya untuk PHB ruang Kelompok 1 dan 1E boleh disalurkan ke PHB cabang yang digunakan untuk ruang bukan pelayanan kesehatan.
3. Dalam hal ini harus dipasang penghantar proteksi tersendiri pada penghantar yang menyalurkan daya pada PHB cabang.

c) PHB untuk ruang pelayanan kesehatan dan ruang bukan pelayanan kesehatan

1. PHB untuk kedua ruang itu dipisahkan oleh dinding dan mempunyai tutup masing-masing;
2. PHB berisolasi pengaman. Lemari terbuat dari bahan penghantar, hanya diizinkan jika penghantar proteksi dipasang juga pada penghantar yang menyalurkan daya ke PHB ruang bukan pelayanan kesehatan.

d) Bagian PHB yang terhubung pada aparat catu daya pengganti dan segala penghantarnya dipisahkan oleh dinding dengan tutup tersendiri.

e) Pengujian isolasi untuk tiap sirkit harus dapat dilaksanakan tanpa membuka terminal terminal penghantar netral, misalnya dengan memasang terminal pemisah pada PHB tersebut.

f) Penampang rel penghantar proteksi harus sama dengan penampang rel penghantar fase tetapi sekurang-kurangnya 16 mm^2 Cu.

- **Tindakan proteksi**

Untuk menghindari bahaya sentuh tak langsung harus dilakukan dengan cara yang cocok tiap kelompok ruang pelayanan kesehatan. Ruang yang pada saat yang sama, atau untuk sementara, dapat digolongkan dalam berbagai kelompok, izin proteksinya hanya diberikan untuk satu kelompok saja. Tindakan proteksi berlaku bagi semua perlengkapan yang bertegangan di atas 25 V antar fase atau antara fase dan bumi. Cara proteksi harus dipilih yang cocok dengan ruang, ditambah syarat untuk tiap kelompok sebagai berikut :

a) Jenis proteksi yang diiizinkan untuk ruang Kelompok 1 dan 1E ialah :
   - isolasi proteksi (PUIL 2011 ps.8.3.8 dan 3.9) dengan memperhatikan (PUIL 2011, ps 8.27.3.3)
   - tegangan ekstra rendah (PUIL 2011 ps 3.3.1) .dengan memperhatikan (PUIL 2011 ps 8.27.3.4);
   - sistem IT dengan memperhatikan (PUIL 2011 ps 8.27.3.5) ,
   - gawai proteksi arus sisa dengna dengan memperhatiakn (PUIL 2011.27.3.6).

b) Macam proteksi yang diperkenankan untuk ruang Kelompok 2E ialah :
   - isolasi proteksi (PUIL 2011 ps 3.8 dan 3.9) dengan memperhatikan (PUIL 2011 ps 8.27.3.3);
   - tegangan ekstra rendah proteksi (PUIL 2011 ps 3.3.1) dengan memperhatikan (PUIL 2011 ps 8.27.3.4);
   - sistem IT dengan memperhatikan (PUIL 2011 ps 8.27.3.5) , untuk aparat penyambung kotak tusuk melebihi 25 V.
   -

(a) gawai proteksi arus sisa dengan memperhatikan 8.27.3.6 untuk : peranti dengan daya sambung lebih dari 5 kVA, jika terputusnya aliran listrik karena hubungan bumi pertama tidak menimbulkan bahaya, baik bagi penderita maupun bagi operator;

(b) pesawat rontgen, walaupun dengan daya lebih kecil dari 5 kVA;

(c) perlengkapan listrik lain dengan sambungan magun dan tidak digunakan untuk pelayanan medik;

(d) penerangan umum ruang.

Isolasi di tempat kaki berpijak saja tidak diizinkan sebagai isolasi proteksi (lokasi tidak konduktif).

Tegangan nominal dari tegangan rendah proteksi tidak boleh melebihi 25 V.

Untuk sistem IT harus diperhatikan hal-hal berikut :

a) Harus menggunakan transformator pasangan tetap yang dipasang di luar ruang fasilitas pelayanan kesehatan.

b) Setiap ruang atau setiap kumpulan ruang Kelompok 2E beserta semua ruang yang bersebelahan tetapi berfungsi sebagai bagian dari ruang

Kelompok 2E harus tersedia paling sedikit satu transformator. Lebih dari satu transformator dapat dihubungkan paralel jika semuanya melayani satu ruang atau kumpulan ruang.

c) 1) Mengingat syarat yang ketat bagi keandalan catu daya listrik, maka gawai proteksi transformator tersebut pada butir b) harus sedemikian rupa sehingga pada hubung bumi pertama aliran listrik tidak terputus (misalnya transfomator ditempatkan di atas isolasi)

2) Setiap ruang yang termasuk Kelompok 2E harus disediakan paling sedikit 2 (dua) buah kotak kontak. Khusus dalam ruang operasi harus disediakan paling sedikit 5 buah kotak kontak yang tersambung pada sekurang- kurangnya tiga sirkit akhir (jika mungkin tiga fase yang berlainan) dan dipasang paling sedikit 1,25 m dari lantai.

d) Sebagai proteksi hubung pendek dan beban lebih dari sirkit beban hanya boleh digunakan pemutus sirkit arus lebih. Pemutus sirkit ini harus bekerja secara selektif dengan gawai proteksi yang dipasang di depannya

e) Transformator tersebut di atas harus mempunyai kumparan yang terpisah, dan berisolasi ganda yang diperkuat. Beberapa syarat tambahan :

1) Tegangan nominal pada sisi sekunder tidak boleh lebih dari 230 V; hal itu berlaku juga untuk tegangan antar fasa pada tegangan tiga fasa.

2) Transformator harus dilengkapi dengan pelindung statis antara lilitan primer dan lilitan sekunder. Pelindung ini harus dapat disambungkan pada penyama potensial khusus atau penghantar proteksi dengan penghantar berisolasi.

CATATAN : Mengingat pemakaian, pengaruh kegagalan listrik, dan arus bocor maka
a) daya pergenal transformator harus antara 3,15 kVA, dan 8 kVA;
b) gawai proteksi isolasi harus dipasang secara sistematis.

f) Setiap sistem IT harus dilengkapi dengan gawai monitor isolasi yang memenuhi syarat berikut:

1) Impedans arus bolak-balik (Zi) dari monitor tersebut paling sedikit 100 kΩ.

2) Harus ada isyarat bila resistans isolasi turun sampai 50 kΩ.

3) Setiap ruang atau kumpulan ruang, di tempat yang mudah terlihat atau terdengar, harus dipasang aparat pemberi isyarat dan dalam ruang itu harus selalu ada petugas.

Aparat pemberi isyarat tersebut berupa:

(a) lampu berwarna hijau yang menyala sebagai isyarat bahwa

(b) lampu berwarna kuning yang menyala jika nilai isolasi berada di bawah nilai yang sudah ditentukan. Lampu ini tidak dapat ipadamkan atau dinyalakan lewat akelar.

(c) isyarat bunyi dipasang paralel dengan lampu berwarna kuning yang dapat dihentikan, tetapi tidak dapat diputuskan.

(d) tombol tekan untuk uji coba.

4) Untuk setiap penghantar proteksi harus dipasang sebuah resistans coba 42 kΩ melalui tombol tekan untuk uji coba sesuai dengan butir 3) antara penghantar fase dan penghantar proteksi.

- **Penghantar proteksi**

Untuk setiap sirkit beban harus dipasang satu penghantar proteksi tersendiri, mulai dari PHB utama bangunan atau sambungan rumah. Untuk ruang praktek dokter dari ruang Kelompok 1, penghantar proteksi ini dipasang mulai dari PHB cabang untuk ruang praktek dokter tersebut.

Bila menggunakan sistem TN, penghantar proteksi dan penghantar fase harus berada dalam satu pipa atau merupakan salah satu penghantar dari kabel berinti banyak. Penampang penghantar proteksi harus sekurang-kurangnya sesuai dengan Tabel 3.16-1.

Tidak diizinkan menggunakan sebuah penghantar bersama untuk lebih dari satu sirkit beban, kecuali bila digunakan penghantar bersama menurut catatan (PUIL 2011 ps 8.27.3.7.2.2 butir b) di bawah ini. Kontak proteksi dari kotak kontak yang berdekatan dari berbagai sirkit beban boleh dihubungkan yang satu dengan yang lain. Pada unit instalasi yang sudah berupa barang jadi dari pabrik (seperti rel untuk penerangan), penghantar proteksi, dan penyama potensial yang sudah terpasang pada perlengkapan pakai dapat dihubungkan melalui rel yang disambungkan dengan penghantar berpenampang paling sedikit 16 mm^2 Cu, kepada rel penghantar proteksi dari PHB yang bersangkutan atau rel penyama potensial sesuai (PUIL 2011 ps 8.27.3.8.2.1). Resistans antara rel penghantar proteksi yang terakhir dengan kontak proteksi dari kotak kontak atau dengan kontak penghantar proteksi pada perlengkapan pakai, tidak boleh lebih dari 0,2 Ω untuk ruang Kelompok 2E.

CATATAN : Dengan memperhitungkan resistans kontak, syarat ini berarti, bahwa Untuk penampang minimum 2,5 mm² Cu, panjangnya hanya maksimum 20 m; keterbatasan itu dapat di atasi, dengan cara.

1) memperbanyak PHB cabang, atau
2) memasang sejumlah rel penghantar proteksi yang saling dihubungkan dengan penampang minimum 16 mm² Cu dan tersambung terus sampai dengan PHB.

Dalam PHB dan pada rel penghantar proteksi, setiap penghantar proteksi harus diberi tanda yang jelas sesuai dengan gambar instalasi.

Penghantar proteksi harus ditandai sesuai dengan (PUIL 2011 ps 3.6.2.2) dan berisolasi untuk tegangan nominal 500 V.

- **Penyama potensial khusus**

Dalam ruang fasilitas pelayanan kesehatan harus terpasang penyama potensial. Semua bagian yang bersifat penghantar harus dihubungkan ke penyamapotensial itu jika resistansnya terhadap penghantar proteksi lebih kecil dari 7 kΩ. Selain itu dalam ruang Kelompok 2E, semua bagian yang bersifat penghantar di dalam daerah 2,5 m dari tempat penderita harus dihubungkan ke penyama potensial jika resistannya terhadap penghantar proteksi lebih kecil dari 2,4 kΩ. Pengujian dilakukan dengan tegangan searah paling sedikit 100 V. Syarat ini tidak berlaku untuk bagian konduktif yang diisolasi sehingga sentuhan tidak langsung dapat dihindarkan.

Barang berikut harus selalu dihubungkan dengan penghantar penyama potensial khusus:

a) semua pipa logam;
b) pelindung terhadap medan listrik yang mengganggu dan lantai yangbersifat penghantar;
c) rel penahan perlengkapan dan sistemkanal;

d) BKT perlengkapan magun berisolasi proteksi yang mungkin tersentuh, dan BKT perlengkapan dengan tegangan ekstra rendah;

e) perlengkapan yang bersifat penghantar yang mungkin tersentuh atau biasa disentuh (misalnya meja operasi, pipa gas, bak mandi kecuali bak untuk elektrogalvanisasi).

Penghantar penyama potensial yang disebut dalam (PUIL 2011 ps 8.27.3.8.1) harus dihubungkan pada rel penyama potensial.Rel penghantar proteksi tersebut dalam 8.27.3.7 dan rel penyama potensial harus berada dalam satu kotak. Kedua rel di atas harus dihubungkan ke penghantar yang berpenampang minimum 16 mm^2 Cu, dan harus dapat dilepas. Penghantar penyama potensial dengan penampang minimum 4 mm^2 Cu harus berisolasi untuk tegangan nominal minimum 500 V dan diberi warna loreng hijau-kuning (PUIL 2011 ps 3.3.2.2). Antar rel penyama potensial dari ruang atau kelompok ruang yang dilengkapi aparat ukur atau aparat pengamat yang sama fungsinya (misalnya perlengkapan untuk fungsi tegangan aksi organ tubuh), harus dipasang penghantar penyama potensial khusus dengan penampang minimum 16 mm^2 Cu. Pada rel penyama potensial harus tersambung penghantar penyama potensial secara teratur dan jelas, mudah dilepas dan disambungkan, ditandai dengan jelas dan permanen menurut fungsinya. Bagian konduktif yang termasuk dalam penyama potensial yang sama, semuanya harus secara langsung tersambung ke rel penyama potensial. Bagian konduktif, seperti pipa gas dalam satu ruang boleh disambungkan ke rel penyama potensial. Dalam ruang Kelompok 2E harus disediakan alat penghubung satu kutub yang sudah diamankan terhadap kemungkinan terlepas tanpa sengaja, untuk memungkinkan penyambungan penghantar penyama potensial bagi perlengkapan pasangan tidak tetap yang digunakan dalam ruang itu. Untuk ruang Kelompok 2E berlaku juga hal berikut :

Resistans antara rel penyama potensial di satu pihak, dan semua bagian yang terhubung pada penyama potensial itu termasuk juga alat penghubungnya ipihak lain, tidak boleh lebih dari 0,2Ω. Antara rel penyama potensial disatu pihak dan perlengkapan atau bagiannya yang terpasang magun dan terhubung

pada penghantar proteksi atau penghantar penyama potensial dipihak lain, dalam jarak 2,5 m dari tempat penderita, tidak boleh ada tegangan lebih besar dari 10 mV dalam keadaan gangguan.

CATATAN : Bila setelah dilakukan tindakan penyamaan tegangan dan dalam keadaan tanpa gangguan, pada BKT yang menuju ke daerah aman yang masih terdapat tegangan 10 mV, maka harus:

a) dipasang sekat isolasi;

b) dilapisi atau diselubungi dengan isolasi.

- **Tindakan proteksi terhadap bahaya ledakan dan kebakaran**

Proteksi terhadap ledakan

Di dalam daerah bahaya ledakan, ruang fasilitas pelayanan kesehatan, hanya boleh dipasang perlengkapan berikut :

a) Perlengkapan elektromedik jenis pelaksanaan „AP-G" dan „AP-M" (perlengkapan dengan uji anastesi);

b) (dalam Zone M) juga perlengkapan listrik lainnya yang pelaksanaannya sesuai dengan (PUIL 2011 ps 8.5)

CATATAN : Yang dimaksud dengan daerah bahaya ledakan ialah:

Zone G, juga disebut sistem gas medis tertutup, mencakup seluruh rongga (tidak selalu harus tertutup) yang secara terus menerus ataupun tidak, membuat, menggunakan, dan dialiri campuran gas yang mudah meledak dalam jumlah sedikit (tidak termasuk udara yang mudah meledak).

Zone M, juga disebut daerah sekitar kegiatan medis, mencakup bagian dari ruang tempat udara yang mudah meledak dapat terbentuk sebagai akibat penggunaan bahan analgetik pembersih kulit aatau disinfektan dalam jumlah sedikit dan dalam waktu yang singkat. Bila dalam hal luar biasa di ruang fasilitas pelayanan kesehatan sesuai dengan fungsinya dapat timbul zone bahaya ledakan yang lain dari zone G dan M, dizone tersebut berlaku ketentuan dalam (PUIL ps 8.5)

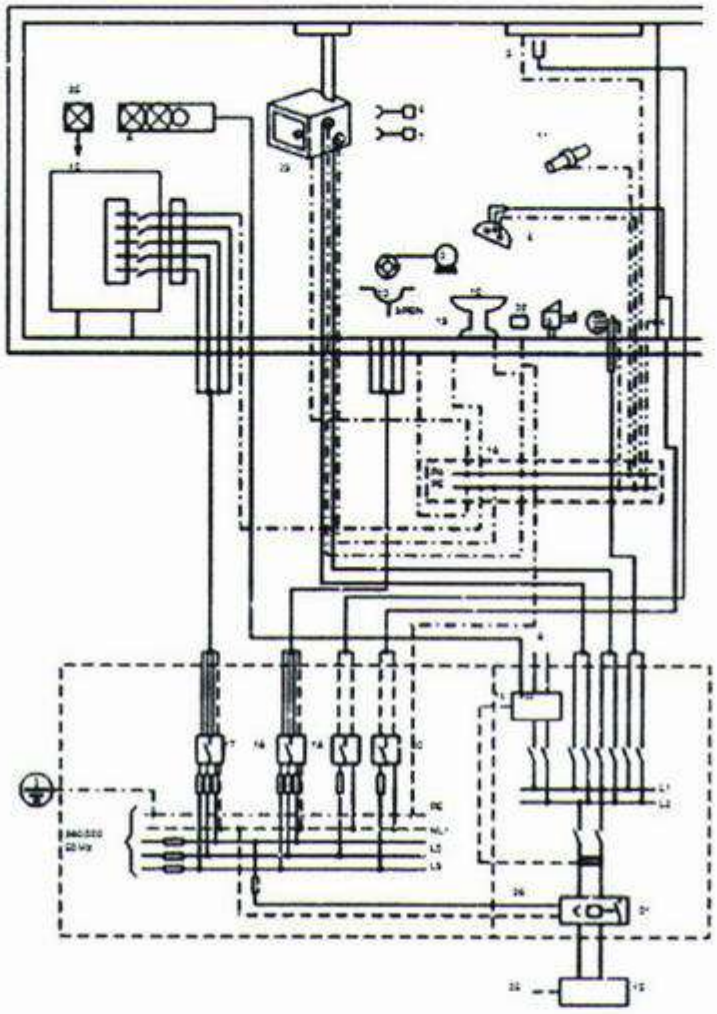
Perlengkapan listrik yang dapat menimbulkan percikan api, baik dalam keadaan biasa maupun saat ada gangguan, harus sekurang-kurangnya berada 20 cm dari tempat gas keluar (misal, gas anastesi) dan tidak boleh berada pada arah arus gas..

- **Proteksi dari arus kebakaran**

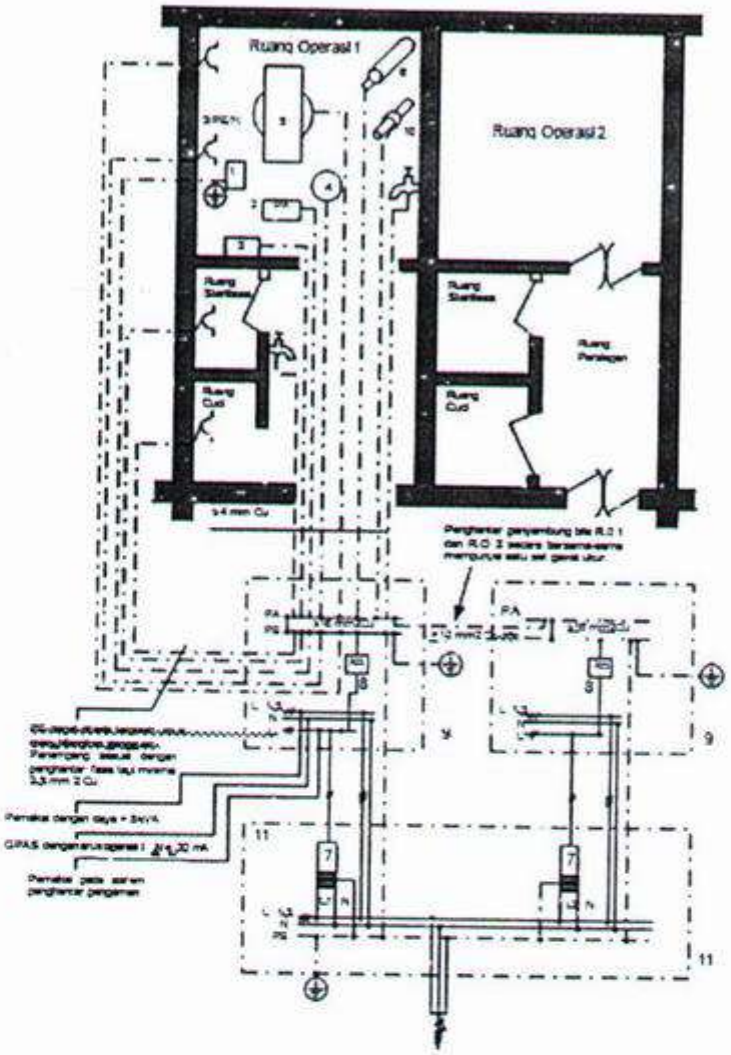
Bila bagian perlengkapan mencakup pipa yang berisi gas yang memudahkan terjadinya kebakaran, misalnya zat asam atau gas gelak (N_20), untuk bagian ini berlaku hal berikut :

a) Tempat ke luar gas harus berjarak minimum 20 cm dari bagian perlengkapan listrik yang dapat menimbulkan percikan api yang dapat menyulut gas, baik dalam keadaan biasa maupun bila ada gangguan. Perlengkapan listrik tadi tidak boleh ditempatkan pada arah gas mengalir.

b) Bila penghantar listrik dan pipa untuk gas yang memudahkan terjadinya kebakaran dipasang bersama-sama dalam satu jalur, pipa, atau kotak, maka penghantar listrik harus minimum memenuhi syarat untuk jenis NYM. Untuk kabel telepon hanya diperlukan tindakan pencegahan, bila hasil perkalian dari tegangan tanpa beban dan arus hubung pendek melebihi 10 VA.



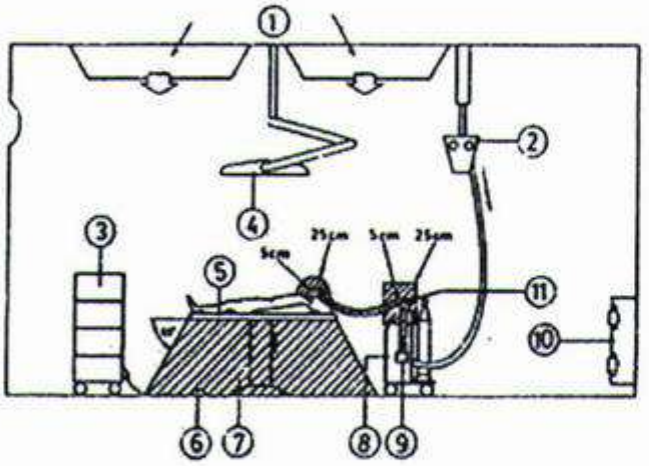
Gambar 23. Contoh instalasi ruang operasi dengan penyama potensial



Gambar 24. Contoh penyama potensial di ruang operasi

Keterangan

1. Gawai rontgen atau alat lain dengan daya ≥ 5 kVA
2. Perlengkapan penyambungan untuk penyama potensial
3. Lemari instrumen pada resistan 24 milliΩ terhadap rel penghantar proteksi PE
4. Lampu operasi
5. Meja operasi
6. Pelindung penghantar
7. Transformator untuk sistem penghantar pelindung dengan pelindung statis
8. Perlengkapan pengukur isolasi
9. PHB untuk ruang operasi
10. Instalasi gas, air dan pemanas ruang
11. Dinding penyekat



Keterangan
1. Masukan sistem tata udara
2. Kolom gas anastetik
3. Perlengkapan medik
4. Lampu operasi
5. Pendenta
6. Sakelar injak
7. Zone M
8+9Perlengkapan gas anastetik
10. Keluaran sistem tata udara
11. Zone G.

ZONE G
ZONE M

Gambar 25. Zone rawan di runag operasi

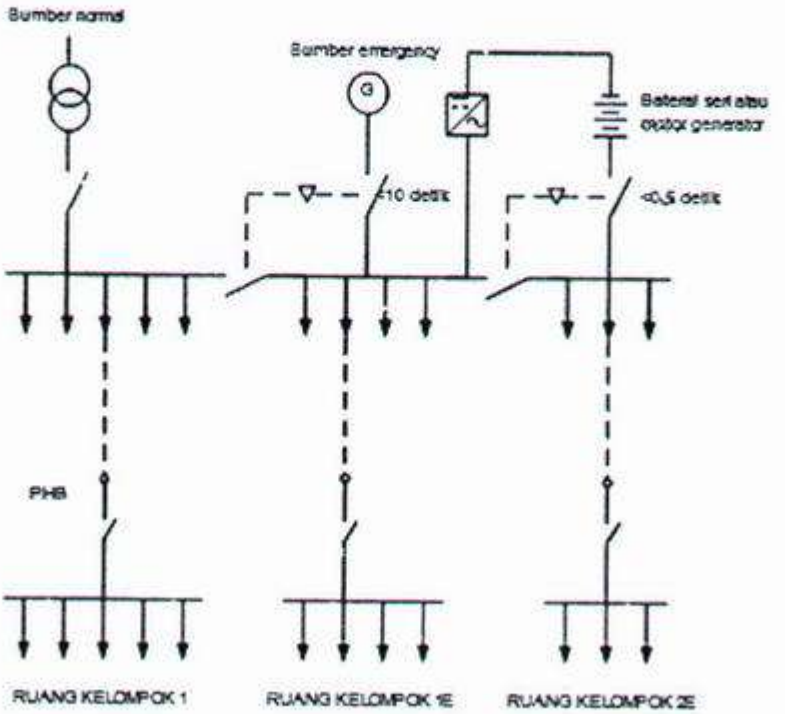
- **Pengganti khusus (CDPK)**

Bila aliran listrik terputus dalam ruang pelayanan kesehatan Kelompok 1E dan 2E, perlengkapan seperti yang disebutkan dalam (PUIL 2011 ps 8.27.5.2) harus dapat bekerja terus dengan daya dari suatu CDPK, dengan mengindahkan ketentuan di bawah ini.

CDPK tidak dapat mengganti CDP seperti yang disyaratkan dalam (PUIL 2011 ps 8.21) sebaliknya CDP yang sesuai dengan (PUIL 2011 ps 8.21) tidak dapat menggantikan CDPK.

CONTOH :

CDPK dalam sistem distribusi instalasi listrik pada fasilitas pelayanan kesehatan diberikan dalam Gambar dibawah ini :



Gambar 26. Contoh system distribusi instalasi listrik pada fasilitas pelayanan Kesehatan

CATATAN : Dalam hal ini masing-masing ketentuan yang berlaku dalam persyaratan pembangunan rumah sakit harus dipenuhi.

Dalam setiap ruang bedah atau ruang kegiatan medis lain yang dapat digolongkan pada Kelompok 1E dan 2E, sekurang-kurangnya harus ada seperangkat lampu bedah yang dapat dinyalakan dengan tenaga dari CDPK, misalnya dari baterai. Waktu pindah beban paling lambat 0,5 detik. Padamnya satu lampu dari seperangkat lampu tidak boleh menghentikan kegiatan pembedahan. Pada CDPK harus juga terhubung lampu penerangan khusus bila padamnya penerangan umum akan membahayakan penderita. Perlengkapan medis yang digunakan untuk menjamin kesinambungan fungsi bagian badan manusia yang penting, harus dapat berjalan normal kembali

selambatlambatnya dalam waktu 10 detik. CDPK dapat juga dihubungkan dengan sirkit lain dari sistem penghantar proteksi dari ruang Kelompok 2E sesuai dengan (PUIL 2011 ps 8.27.3.5), bila CDPK tersebut memang sudah direncanakan untuk itu. Jika tidak semua kotak kontak tersambung pada CDPK, kotak kontak yang tersambung padanya harus diberi tanda yang jelas dan permanen.

- **Persyaratan umum**

CDPK harus terjamin kerjanya sekurang-kurangnya selama 3 jam.

CDPK harus secara otomatis mengambil alih beban bila:

a) tegangan jaringan umum turun lebih dari 10%

b) tegangan pada PHB hilang, paling sedikit pada satu penghantar fase.

Penghubungan kembali pemanfaatan listrik pada jaringan umum atau CDP harus dilaksanakan dengan penangguhan waktu secukupnya. Tindakan proteksi terhadap sentuh tak langsung harus tetap dilaksanakan, bila menggunakan CDPK. Syarat menurut (PUIL 2011 ps 8.27.3.5) tidak perlu ipenuhi bila tindakan proteksi dengan penghantar proteksi menurut (PUIL 2011 ps 8.27.3) tetap dipertahankan.

CATATAN : Dengan pengecualian ini maka pada beban yang kecil sumber daya bekerja lebih ringan karena arus mula dari transformator untuk sistem penghantar proteksi tidak ada. Bekerjanya CDPK dalam setiap ruang atau kelompok ruang harus disertai isyarat yang mudah terlihat.

CATATAN : Untuk mengamankan pemberian daya, sebaiknya ditambah juga alat ukur beban dengan penunjukan beban tertinggi yang dapat diberikannya.

Pembangkit tenaga listrik harus dipasang di luar ruang pelayanan kesehatan, kecuali pembangkit tenaga listrik pengganti rendah. Semua kabel dan penghantarnya harus terpisah dan berjarak minimum 5 cm dari kabel penghantar listrik lainnya atau dipisahkan dengan sekat yang tidak mudah terbakar. Kabel dan penghantar ini tidak boleh ditarik melintasi ruang dengan bahaya kebakaran, dan harus dilindungi dari kemungkinan kerusakan mekanik.

Untuk gambar instalasi listrik, PHB, dan penghantar berlaku ketentuan dalam (PUIL 2011 Bagian 4, 6 dan 7).

Bila CDPK harus melayani lebih dari satu sirkit, selektivitas proteksi arus lebih harus terjamin bila terjadi hubung pendek. Bila menggunakan CDPK, perubahan tegangan yang lebih besar dari ± 10% tegangan nominal pada titik sambung dengan perlengkapan pakai, hanya diizinkan bila berlangsung tidak lebih dari waktu alih beban seperti dimaksud pada (PUIL 2011 ps 8.27.5.2.1).

- **Pembangkit Tenaga Listrik (PTL)**

PTL dengan mesin penggerak harus memenuhi syarat dalam (PUIL 2011 bagian dan 8.21, sejauh tidak ditentukan lain dalam pasal 8.27 ini. Baterai yang diperkenankan untuk digunakan sebagai CDPK hanya jenis Ni-Cd atau baterai Pb dengan permukaan kutub positif yang luas. Baterai kendaraan bermotor tidak boleh digunakan.

- **Memelihara muatan baterai**

  a) Keadaan muatan baterai harus terjamin dengan sistem otomat pengisian muatan.

  b) Perlengkapan pengisian harus dibuat sedemikian rupa sehingga baterai yang telah bekerja selama 3 jam terus menerus dengan beban nominal pada cos $\varphi = 0{,}8$, dapat diisi penuh kembali dalam waktu 6 jam.

  c) Bila suatu CDP yang sesuai dengan 8.21 tersedia, baterai dari CDPK harus juga terhubung pada CDP ini agar muatannya terjamin bila jaringannya terganggu,

- **Menguji instalasi**

Agar instalasi listrik dapat digunakan dengan baik, instalasi itu perlu diulang uji secara berkala dan pengguna instalasi harus mempunyai dokumen berikut :

a) diagram umum (diagram listrik dalam bentuk sederhana) PHB, termasuk catu daya pengganti umum dan catu daya pengganti khusus;
b) gambar instalasi listrik sesuai dengan (PUIL 2011 ps 4.1.2.3);
c) petunjuk penggunaan dan pemeliharaan;
d) buku uji atau berita acara pengujian mengenai hasil semua pengujian sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Pengujian sebelum penggunaan yang pertama dilakukan sesuai dengan (PUIL 2011 ps 9.5.6)

- **Pengujian tambahan pada penggunaan pertama**

Resistans penghantar proteksi dan penghantar penyama potensial harus diuji.

Pengujian menurut (PUIL 2011 pd 8.27.3.8.2.8) harus dilakukan sedapat mungkin pada saat instalasi seluruh bangunan mengalami pembebanan penuh; semua perlengkapan elektromedik baik yang tetap maupun yang randah, dihidupkan atau dinyalakan.

Pengukuran harus dilakukan dengan voltmeter tegangan efektif dengan resistan dalam sekitar 1 kΩ . Daerah frekuensi voltmeter tersebut hendaknya tidak melampaui terlalu jauh dari 1 kHz.

CDPK harus diuji menurut (PUIL 2011 ps 8.27.5).

Instalasi listrik dalam ruang fasilitas pelayanan kesehatan yang dipasang sesuai dengan ketentuan ini, setelah mengalami perubahan atau penambahan harus tetap memenuhi syarat dalam ketentuan ini. Untuk itu, instalasi harus diuji sesuai dengan (PUIL 2011 ps 8.27.6.2 dan 8.27.6.4.2). Gambar instalasi listrik dan diagram PHB harus diperbaiki jika terjadi perubahan atau penambahan pada instalasi. (PUIL 2011 ps 8.27.6.5)

Untuk mempertahankan tingkat keamanan yang tinggi dari seluruh instalasi haruslah dilakukan pengujian berkala terhadap instalasi yang digunakan. Hasil pengujian harus dicatat dalam buku uji sesuai dengan (PUIL 2011 ps 8.27.6.1).

Pengujian berkala dilaksanakan sebagai berikut :

a) Pengujian sesuai dengan (PUIL 2011 ps 8.27.6) harus dilakukan oleh orang juru sekurang-kurangnya setahun sekali.
b) Pengujian monitor isolasi dan sakelar proteksi arus sisa harus dilakukan oleh petugas yang ditunjuk dengan menekan tombol uji sekurang-kurangnya setengah tahun sekali.
c) Uji coba CDPK harus dilakukan dengan pembebanan sekurang-kurangnya 50 % daya nominal : selama 15 menit untuk catu daya statis dan converter berputar dan 60 menit untuk catu daya dinamis, dilaksanakan oleh petugas sekurang-kurangnya sebulan sekali sesuai dengan petunjuk pembuat perlengkapan catu daya.

10.3. 23. Jenis ruang khusus

Dalam tabel ini "ruang khusus" yang terdapat paling banyak dalam perumahan, bangunan, pabrik, bengkel, perkebunan, dan perusahaan, dibagi dalam golongan sesuai dengan sifat masing-masing ruang.

Huruf dalam tanda kurung, petunjuk kategori dari ruang yang dimaksud, adalah seperti berikut:

(n) ruang kering

(l) ruang kerja listrik

(lk) ruang kerja listrik terkunci

(d) ruang berdebu

(blg) ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan gas

(bld) ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan debu

(bks) ruang dengan bahaya kebakaran serat

(ko) ruang dengan gas, uap atau debu yang korosif

(lb) ruang lembab dan basah

(p) ruang sangat panas

(k) ruang kerja kasar

(r) ruang radiasi

Jika suatu jenis ruang kerja tertentu, tergantung pada keadaan, dapat dimasukkan dalam berbagai kategori "ruang khusus" (misalnya sering kali bersifat ruang kasar dan kadangkadang bersifat ruang normal), maka tanda petunjuk yang bersangkutan ditempatkan berturut-turut, dengan pengertian, bahwa petunjuk dari kategori jenis ruang yang paling banyak terjadi , ditempatkan terdepan : (k), (n).

Jika suatu ruang termasuk serentak dalam beberapa kategori (jadi misalnya, berdebu bersamaan panas), maka petunjuk dari kedua kategori itu dihubungkan satu sama lain dengan tanda tambah, yang bersam-sama ditempatkan dalam satu kurung (d+p).

Penggolongan (d+lb), (d), berarti bahwa jenis ruang yang bersangkutan biasanya berdebu dan lembab, dan kadang-kadang hanya berdebu, tergantung pada penggunaan ruang tersebut.

Tabel ini dimaksudkan hanya untuk digunakan sebagai pedoman dalam penerapan ketentuan yang bersangkutan dan untuk memberi keterangan pendahuluan kepada yang berkepentingan tentang keadaan yang harus diperhitungkan dalam berbagai ruang kerja untuk menentukan pilihan mengenai bahan listrik yang akan digunakan dalam ruang itu dan cara pelaksanaan instalasinya.

Di samping itu selalu ada kemungkinan untuk meninjau keadaan ruang secara tersendiri tanpa memperhatikan masuk tidaknya dalam tabel ini, untuk kemudian dimasukkan dalam suatu kategori tertentu. Pertimbangan yang mengahsilkan penggolongan di bawah ini, didasarkan atas keadaan ruang yang bersangkutan, jika berada dalam bangunan.

Pada akhirnya harap diperhatikan, bahwa dalam perusahaan besar akan terdapat bagian pabrik, yang tidak berhubungan langsung dengan proses produksi pabrik sebenarnya, misalnya penggergajian kayu pada pabrik teh, bagian las gardu induk listrik yang besar, ruang generator dalam pabrik karet dan sebagainya.

Tabel 4. Jenis perusahaan, jenis ruang dan katagori

No.	Jenis Perusahaan/Pabrik	Jenis Ruang	Ketagori
A1	Air mineral	1.1.Pengisi dan pembilas 1.2. Gudang	(lb) (n)
2	Aki (pengisian)	2.1 Lemari asam 2.2 Ruang lainnya	(big), (n), (big)
3	Alat besar (bengkel)	3. Bengkel	(k)
4	Asam arang	4. Semua ruang	(n)
5	Aspal	5.. Semua ruang	(n)
6	Asam belerang	6. Semua ruang	(n)
7	Agar-agar	7.1. Pencucian bahan baku 7.2. Pemasakan 7.3. Penyaringan 7.4. Percetakan	(lb) (p) (lb), (n) (lb), (n)
B1	Bata dan genting	1.1.. Ruang pembakaran 1.2. Ruang pencetakan 1.3. Ruang lainnya	(P) (fb) (n)
2	Batik	2.1. Pembatikan 2.2. Pengecatan 2.3.Pengeringan	(n) (fb) (lb)
3	Batu	3.1. Penimbunan batu 3.2. Ruang laiinya	(n) (d)
4.	Briket batu bara	4.1. Penimbun batu bara 4.2. Ruang pengukiran 4.3. Instalasi pencampur 4.4. Pencucian 4.5. Mesin pres	(d), (bid) (d), (bid) (d), (bid) (ib) (P)
5.	Belerang	5. semua ruang	(lb) + (ko)
6.	Bir	6.1. Pendingin 6.2. Pencucian 6.3. Pengisian botl 6.4. Ruang laiinya	(lb) (lb) (lb) (n)
7.	Bioskop	7.1. Proyeksi 7.2. Ruang lainnya	(n), (bks) (n)
8.	Beras	8.1 Gudang 8.2. Ruang laiinya	(bid) (n)
9.	Binatu	9.1 Teromol pencuci dan centrifugal 9.2 Pengeringan 9.3 Penyimpanan barang cucian	(lb) (n) (lb),(n)

10.	Bihun	10.1 Pencucian 10.2 Penggilingan 10.3 Pemisahan 10.4 Pembukusan	(n) (P), (n) (lb) (n), (d)
11.	Sepeda	11.1 Penggilingan karet 11.2 Cetakban 11.3 Penyelesaian	(P) (n) (n)
C1	Cat	1.1 Pengglingan serbuk 1.2 Bahan pelarut 1.3 Ruang lainnya	(n),(d) (big) (n)
D1	Damar	1.1 Gudang 1.2 Desintegrator 1.3 Ruang lainnya	(n) (big) (d)
E1	Es	1.1 Bak Es 1.2 Kompresor 1.3 Ruang lainnya	(lb) (lb),(n),(ko) (lb)
G1	Galvanisir	1.1Ruang pengilapan dengan keping bulu kempa 1.2 Ruang pengilapan lainnya 1.3 Ruang bak Galvani	(d) (n) (lb), (ko)
2	Gambir	2.1 Instalasi penyaringan 2.2 Gudang	(lb) (n)
3	Gas	3.1 Gudang batu bara 3.2 Pemecah batu bara 3.3 Ban pengangkutan dan tabung penumpahan bara 3.4 Generator gas air 3.5 Tungku dapur pembakaran (retort) 3.6 Pemurnian cara basah 3.7 Bangsal pemurnian	(d), (bid) (d), (bid) (d), (bid) (P+d) (P+d) (bid) (lb)
4	Gaplek	4.1 Gudang gaplek 4.2 Ruang lainnya	(n) (kb)
5	Gula	5.1 Tempat pemadam kapur 5.2 Penggilingan 5.3 Belerang 5.4 Di bawah bofders 5.5 Centrifugal 5.6 Gudang 5.7 Pengeringan 5.8 Penyediaan	(d) (lb) (ko) (lb), (k+lb) (lb) (n) (d), (n) (d), (n)
I1	Intan	1. Suma ruangan	(n)
K1	Kaleng	1. Semua ruang	(lb)
2	Kapuk	2. Semua ruang	(bks), (bid)
3	Kapur	3.1 Dapur	(p+ko)

		3.2 Penggergajian kapur mati 3.3 Ruang lainnya	(d) (ko)
4	Kayu	4.1 Penggergajian 4.2 Penggosokan kayu 4.3 Ruang lainnya	(d), (bks) (bid) (k)
5	Karet	5.1. Penggingan karet pres 5.2. Ruang lainnya	(d) (lb)
6	Karet dan getah perca	6.1 Mesin pengolahan permulaan 6.2 Penggilingan karet dan bak pengumpul 6.3 Pengasapan 6.4 Penyaring 6.5 Ketel 6.6. 8angsal penyediaan barang yang selesai	(lb) (lb) (lb) (lb) (p), (n) (n)
7	Kapas pemurnian	7.1 Semua ruang	(n)
8	Ketel uap (rumah)	.8.1 Ketel Uap 8.2 Abu dan lorong abu 8.3 Pengapian 8.4. Penimbunan dan penggilingan batu bara 8.5 Penyimpanan minyak	(P). (n) (d), (P), (k) (P). (d), (n) (n), (d), (b) (bid) (big), (n)
9	Kina	9, semua ruangan	(d)
10	Kinine	10.1 Penggilingan contoh mesin simepel 10.2 Centrifugal, bahan kasar pulih, ketel kocok, instalasi penyaringan air, dan ekstrasi, instalasi pemurni, tempat ampas	(d) (lb)
11	Klise	11.1 Bak cuci 11.2 Bak pembilas 11.3 Ruang lainnya	(lb) (lb) (n)
12	Koka	12.1 Penggilingan 12.2 Ruang lainnya	(d) (n)
13	Kompresor udara	13.1 Ruang di bawah tanah 13.2 Ruang lainnya	(n), (lb) (n)
14	Kopi	14.1 Mesin ampas 14.2 Bak fermentasi dan bak cuci 14.3 Pengering 14.4 Pengupasan biji kopi 14.5 Gudang kopi	(lb) (lb) (P) (n) (n)
15	Kopi (penggorengan)	15.1 Tromol kisi	(P)
16	Kulit (penyamakan)	16.1 Instalasi pencucian 16.2Pembersihan	(lb) (tb)

		16.3 Penyamakan kulit 16.4 Ruang lainnya	(lb) (n)
17	Kimia (laboratorium)	17.1 Bak cuci dan pembilas 17.2 Pembakaran 17.3 Lemari asam 17.4 Ruang lainnya	(lb) (P). (n) (ko) (n)
18	Kembang gula	18.1 Pemasakan gula 18.2Pencetakan 18.3 Pembungkusan	(P) (n) (n)
19	Katon	19.2 Penggilingan 19.3 Pencetakan/lembar 19.4 Pemotongan	(P), Ob) (lb) (lb) ,(n)
20	Kecap	20.1 Pemasakan 20.2 Peragian 20.3 Pengendapan 20.4 Pencucian botol 20.5 Pengepresan/pengisian	(n) (lb) (lb) (lb+n) (n)
21	Kompeksi	21.1 Pemotongan 21.2 Penjahitan 21.3 Pembungkusan	(n) (n) (n)
22	Korek api	22.1 Pembuatan batang dan kotak 22.2 Pencampuran bahan kimia 22.3 Pengislan/pembungkus	(n) (db) (n)
23	Ketas	23.1 Mesin pemotong jerami 23.2 Mesin kertas kasar, bak pengendap, ketel pemasak, dapur perekat 23.3 Lainnya	(d) (lb) (n)
L1.	Limun	1.1 Pengisian dan pembilasan 1.2 Gudang	(lb) (n)
2	Leburan timah	2.1 Dapur peleburan pengeccoran 2.2 Ruang lainnya	(n) (n)
3	Listrik rumah	3.1 Serambi, lorong, pendopo dapur, dan kamar kecil 3.2 Kamar mandi, tempat pencucian dan pembilasan 3.3 Ruang lainnya	(n) (lb) (n)
M1	Minyak kelapa	1.1 Instalasi pengolahan	(n),

		minyak 1.2. Gudang kopra dan tangki minyak	(lb)
2	Miyak kelapa sawit	2.1 Instalasi penjaringan 2.2 Tempat jambangan 2.3 Pengisian dan gudang 2.4 Pengolahan 2.5 Ruang lainnya	(n) (n) (n) (n), (lb) (n)
3	Minyak sereh dan eteris lainnya	3.1. Penyulingan 3.2 Penyadapan 3.3 Pemotongan, ruang ketel masal dan ketel penyulingan 3.4 Ruang lainnya	(lb) (lb) (lb) (n)
4	Minyak bumi (instalasi pemurnian)	4.1 Pompa minyak dan pengisian 4.2 Pengangkutan dan pengumpulan minyak 4.3. Pendinginan 4.4. Parafin 4.5 Instalasi kondensor 4.6 Pengolahan asam sulfat dan dioksid 4.7 Ruang lainnya	(big) (big) (lb) (lb) (lb) (ko) (n)
5	Margarine	5.1 Pembekuan minyak 5.2 Pembuatan gas hidrogen pembungkus	(big) (big)
6	Mekanik halus (bengkel)	6.1 Bengkel	(k)
7	Minyak goreng	7.1 Penampungan minyak mentah 7.2.Pemasakan 7.3. Pengalengan	(P), (lb) (n)
8	Mobil (bengkel)	8.1 Instalasi diko 8.2 Pengisian aki 8.3 Lemari asam 8.4 Pengerjaan logam	(bid) (n), (big) (big) (k)
9	Mebel	9.1 Pengerjaan kayu 9.2 Ruang lainnya	(d), (n) (n)
P1	Padi (penggilingan)	1.1 Gudang padi dan beras 1.2.Ruang lainnya	(n) (lb), (n)
2	Pendingin (instalasi)	2.1 Pendingin 2.2 Kompresor	(lb), (n), (ko) (lb)
3	Penjagalan	3.1 Semua ruang	(n)
4	Polywood	4.1 Penggergajian 4.2 Mesin penyayat	(bid) (lb), (P)

		4.3 Dapur perekat 4.4Penguapan kayu	(lb) (P)
5	Pompa minyak bumi	5.1. Pompa 5.2 Ruang lainnya	(lb) (n)
6	Pompa lateks, air, dsb	6. pompa	(lb)
7	Pompa minyak kelapa, minyak kepala sawit dsb	7. Semua ruang	(n)
8	Pompa minyak tanah	8.1 Pompa minyak tanah 8.2 Tangki minyak tanah	(big) (big)
9	Pupuk bukan petrokimia (tulang, kompas, dll	9.1 Penggilingan 9.2 Gudang	(big) (d)
10	Peternakan	10.1 Kandang 10.2 Pemerahan susu 10.3 Botol 10.4 Pembagian	(n) (lb), (ko) (lb) (lb), (n)
11	Pengolahan biji timah (instalasi)	Pusat tenaga listrik	(n) (n)
12	Percetakan	Plastik sistem kalender	(n)
13	Pengawetan makanan	13.1 Gudang kaleng, dll 13.2 Ruang lainnya	(n) (n)
14	Pusat tenaga listrik	14.1 Generator 14.2 Instalasi hubung dan bagi 14.3 Di bawah tanah	(n) (lk) (lb), (n)
15	Plastik sistem kalender	15.1 Penggilingan 15.2 Kalender 15.3 Cetak kembang	(n) (d) (P)
R1	Romanit/alat peledak	1.1 Pencampuran 1.2Gudang bahan peledak 1.3 Gudang bahan penyala mesiu 1.4 Parafine dan pengisianbangsal, penyediaan barang yang selesai) 1.5 Pengeringan 1.6 Ruang lainnya	(n), (P) (bid) (bid) (bid) (lb)
2	Roti	2.1 Adonan 2.2 Pembakaran 2.3 Gudang tepung	(n) (P), (n) (n)
S1	Sabun	1.1 Instalasi pemanasan sabun 1.2 Ruang lainnya	(n) (lb)
2	Semen	2.1 Silo batu, silo semen, silo batu bara,	(n) (d)

		gudangsemen 2.2 Pembungkusan semen 2.3 Penggilingan serbuk batu bara 2.4 Penggilingan cat 2.5 Gudang batu kapur dan tanah Nat 2.6 Penggilingan basah 2.7 Tangki endapan 2.8 Dapur	(d) (d) (lb) (lb)
3	Serat	3.1 Penyisiran serat 3.2 Pemilihan 3.3 Pencucian 3.4 Dapur pengering 3.5 Gudang 3.6 Pengepresan bal serat 3.7 Periengkapan hackling	(lb) (P) (n) (bks) (lb) (big) (n)
4	Serutu dan sigarte	4.1 Pencampuran dan pengeringan 4.2 Ruang lainnya	(bks) (n), (bks)
5	Spirtus	5.1 Alat pengisi 5.2 Peragian 5.3 Instalasi 5.4 Ruang lainnya	(n) (big) (lb)
6	Susu	6.1 Distribusi/pengisian 6.2 Pendingin 6.3 Pengolahan 6.4 Tabung susu 6.5 Ruang lainnya 6.6 Tempat boto!	(lb) (lb) (lb) (lb) (n), (lb)
7	Sirup	7.1 Pemasakan 7.2 Pencucian botol; 7.3 Pengisian	(lb) (P) (n)
T1	Tegel semen	1.1 Gudang'semen 1.2 Penggilingan semen 1.3 Alat pemecah batu 1.4 Mesin aduk 1.5 Pres tegel 1.6 Pengilapan 1.7 Gudang tegel	(d) (d) (d) (d) (lb) (lb)
2	Teh	2.1 Pelayuan	(lb)

		2.2 Giling 2.3 Gudang 2.4 Fermentasi 2.5 Pengeringan 2.6 Pemilihan 2.7 Pembungkusan	(n) (n) ((n) (lb) (d), (P), (n)
3	Textil	3.1 Pemintalan 3.2 Kelos 3.3 Pertenunan 3.4 Pemasakan 3.5 Pencelupan 3.6 Ruang lainnya	(n), (d) (d), (bks) (d), (bks) (lb) (lb)
4	Teoung beras, taipoka	4.1 Gudang bahan baku 4.2 Pengolahan basah 4.3 Pengolahan kering 4.4 Desintegrator 4.5 Pengeringan 4.6 Ruang lainnya	(n) (n) (lb) (bid) (bid)) (bid)
5	Tepung tulang	5.1 Penggilingan 5.2 Gudang tulang 5.3 Gudang tepung	(bid) (n) (d)
6	Tahu	6.1 Pencucian 6.2 Penggilingan 6.3 Pemasakan 6.3Penyaringan	(lb) (lb) (lb) (p), (b)
7	Transformator	7.1 Ruang PHBK	(lb)
V1	Vulkanisir ban	1.1 Pengupasan/serut 1.2 Pelapisan karet	(l) (lk) (d)
Z1	Zat asam	1. Semua ruangan	(n)

10.4. Latihan evaluasi dan jawaban

Petunjuk khusus:

- Pertanyaan teridiri dari 10 soal Essay.
- Jawab dengan singkat dan jelas.

Pertanyaan:

1. Jelaskan apa yang dimaksud instalasi ruang khusus dan berikan contoh ruangannya (minimal 5 ruangan).

   Jawaban:

Instalasi ruang khusus adalah instalasi yang dipasang pada ruang yang di desain secara khusus dan aman jika terjadi potensi bahaya listrik yang diakibatkan karena pengaruh debu, ledakan dan kebakaran.

5 (lima) contoh ruangan instalasi khusus:

Ruang genset, ruang Transformator, ruang kubical, ruang rontgen, ruang pendingin.

2. Jelaskan maksud dari katagori dari sebuat peralatan berikut ini:

   T2 dan de

   Jawaban:

   Alat tersebut permukaan bisa menerima temperatur dari luar maksimum 3500C, dan alat tersebut bisa memproteksi api dari luar (kedap api)

3. Sebutkan persyaratan untuk ruang kerja listrik terkunci berdasarkan PUIL 2011 pasal 8 ayat 2,

   Jawaban:

   a. semua pintu harus membuka ke luar;
   b. semua pintu harus dapat dibuka dari luar tanpa menggunakan anak kunci
   c. semua pintu harus dapat dibuka dari dalam tanpa menggunakan anak

4. Jelaskan apa yang dimaksud dengan Segitiga Api

   Jawaban:

   Kebakaran terjadi jika ketiga unsur (Bahan/material yang mudah terbakar, sumber panas dan unsur oksigen 20% secara bersmaan ada, jika salah satu unsur tersebut tidak ada maka kebakaran akan terjadi.

5. Sebutkan persayaratan untuk penggunaan perlengkapan listrik dalam ruang dimana terdapat gas ledak.

   Jawaban:

   a) Klasifikasi ruang berbahaya (PUIL 2011 ps 8.5.2);
   b) Suhu nyala gas atau uap yang terdapat di dalam ruang (Pub. IEC 79-12);
   c) Selungkup perlengkapan yang sesuai dengan gas atau uap yang terdapat di dalam ruang;
   d) Pengaruh eksternal dan suhu sekitar

6. Jelaskan perbedaan zone 0 dengan zone 2

Jawaban:

Zone 0 merupakan wilayah yang sering terjadi gangguan, secara kuantitatif kejadiannya dalam 1 tahun lebih dari 100 jam, sedangkan zone 2 merupakan wilayah yang sangat jarang terjadi gangguan jika terjadi gangguan waktunya sangat singkat, secara kuantitatif kejadiannya dalam 1 tahun kurang dari 10 jam

7. Sebutkan tanda pengenal untuk perlengkapan listrik yang dipasang dalam ruang berbahaya?

Jawaban:

a) Nama pabrikan dan atau merek;

b) Identifikasi pabrikan;

c) Simbol Ex, yang menandakan bahwa perlengkapan listrik tersebut dibuat dan diuji untuk kondisi atmosfer gas ledak atau tergabung pada aparat dimaksud,

d) Tanda untuk setiap jenis proteksi, misalnya (o) untuk aparat dalam minyak; (p) untuk selungkup bertekanan

e) Simbol untuk kelompok perlengkapan listrik:

1) I untuk perlengkapan listrik dalam tambang dimana terdapat gas tambang

2) II atau IIA atau IIB atau IIC untuk perlengkapan listrik dalam atmosfer gas

Untuk kelompok II, simbol menandakan kelas suhu atau suhu maksimum permukaan dalam ^{0}C atau kedua-duanya. Jika ditandai untuk kedua-duanya, maka kelas suhu harus dituliskan dalam kurung, misalnya sebagai berikut :

T1 atau 450 ^{0}C atau 450 ^{0}C (T1)

f) Perlengkapan untuk Kelompok II yang suhu permukaannya melebihi 450 ^{0}C mempunyai tanda suhu saja.

g) Jika perlu, nomor seri, tetapi tidak untuk:

1) lengkapan sambungan,

2) perlengkapan yang kecil

i) Jika telah mendapatkan sertifikat pengujian, maka dicantumkan tanda sertifikasi, sebaiknya dengan urutan berikut: tahun sertifikasi, kemudian diikuti dengan nomor seri sertifikasi tahun tersebut.

8. Jelaskan menurut PUIL yang dimaksud dengan instalasi rumah dan gedung khusus adalah:

Jawaban:

a) Gedung pertunjukan

b) instalasi listrik desa dan rumah sederhana di desa;

c) instalasi sementara;

d) instalasi semi permanen;

e) Instalasi pembangunan;

f) instalasi genset darurat;

g) instalasi penerangan darurat;

h) instalasi listrik di dalam kamar mandi.

9. Sebutkan persyaratan instalasi untuk ruang pertunjukan.

Jawaban:

a) Instalasi tidak boleh bertegangan ke bumi di atas 300 V.

b) Perlengkapan yang dapat menimbulkan bahaya kebakaran harus berpelindung.

c) Gawai proteksi harus dipasang pada bagian penghantar yang dipasang tetap.

d) Bagian bertegangan dan tak berisolasi hanya diperkenankan jika bagian tersebut dilindungkan terhadap terhadap sentuhan.

e) Penampang penghantar pasangan berpindah harus sekurang-kurang 2,5 mm^2.

f) Perlengkapan yang menggunakan lampu busur harus dilengkapi dengan suatu alat yang dapat mencegah jatuhnya bagian yang dapat menyebabkan kebakaran seperti arang arang berpijar.

g) Ukuran penghantar dari semua alat penerangan, harus diperhitungkan untuk pembebanan serentak dari semua lampu.

10. Sebutkan persyaratan umum untuk catu daya pengganti (CDP)

Jawaban :

- CDP harus terjamin kerjanya sekurang-kurangnya selama 3 jam.
- CDP harus secara otomatis mengambil alih beban bila:

  a) tegangan jaringan umum turun lebih dari 10%

  b) tegangan pada PHB hilang, paling sedikit pada satu penghantar fase.

Petunjuk khusus:

- Pertanyaan teridiri dari 20 soal pilhan ganda.
- Pilih jawan yang dianggap paling benar.

Pertanyaan:

1. Yang termasukj kedalam ruang instalasi khusus
   a) Ruang genset
   b) Ruang transformatord
   c) Ruang kubical
   d) Ruang radioaktif
   e) Jawaban a, b, c dan d benar

   Jawaban : e
2. 85^0C pada peralatan listrik termasuk kedalam klasifikasi temperatur
   a) T1
   b) T3
   c) T5
   d) T6
   e) T2

   Jawaban: d
3. Diantara zone berikut ini yang termasuk zone paling bahaya adalah
   a) 0
   b) 1
   c) 2
   d) 3
   e) Jawaban a, b dan c salah

   Jawaban: a
4. Arti dari simbol Ex pada peralatan listrik adalah
   a) Ruangan berpotensi aman
   b) Ruangan berpotensi semi aman
   c) Ruangan berpotensi sangat aman
   d) Ruangan nerpotensi bahaya

e) Ruangan berpotensi sangat bahaya

Jawaban : e

5. Peralatan listrik yang mampu menerima lingkungan panas, hujan dan dipasang di luar termasuk kategori IP
   a) 25
   b) 35
   c) 45
   d) 55
   e) 65

Jawaban : e

6. Sistem pembumian yang tidak di ijinkan dipasang untuk ruang SPBU
   a) TT
   b) IT
   c) TN-S
   d) TN-C
   e) Jawaban a,b,c dan salah

Jawaban : d

7. Pada peralatan tertulis II C termasuk kedalam golongan
   a) Oksigen
   b) Nitrogen
   c) CO_2
   d) H_2O
   e) Jawaban a,b,c dan salah

Jawaban : b

8. Prinsip dasar dari segitiga api adalah
   a) Ada oksikegen 20 %
   b) Ada bahan panas
   c) Ada bahan yang mudah terbakar
   d) Jawaban a,b dan c benar
   e) Jawaban a,b dan c salah

Jawaban : d

9. Apa yang dimaksud dengan instalasi listrik desa
   a) instalasi listrik untuk pembangkitan, distribusi, pelayanan, dan pemakaian tenaga listrik di desa dengan konstruksi yang disederhanakan
   b) Instalasi listrik desa hanya berlaku bagi daerah perdesaan (di desa), dan diterapkan pada satu lokasi atau kasus berdasarkan kondisi yang masih memerlukannya dengan memperhatikan persyaratan-persyaratannya.
   c) rumah sederhana di desa dengan batas alat pembatas arus maksimum 10 A dan tegangan nominal maksimum 230 volt fase tunggal.
   d) Jawaban a, b dan c benar
   e) Jawaban a, b dan c salah

Jawaban : d

10. Klasifikasi temperatur T3
    a) 85^0C
    b) 100^0C
    c) 135^0C
    d) 200^0C
    e) 450^0C

Jawaban : d

11. Jenis proteksi (p)
    a) Minyak
    b) Tekanan
    c) Pasir
    d) Air
    e) Api

Jawaban : b

12. Sistem yang diperbolehkan pada ruang SPBU
    a) TT
    b) IT
    c) TN-S
    d) TN-C
    e) awaban a,b,c dan salah

Jawaban : c

13. Arti dari IP65 adalah
    a) Peralatan dipasang di out door
    b) Peratan yang tahan panas
    c) Peralatan yang tahan hujan
    d) Jawaban a, b dan c salah
    e) Jawaban a, b dan c benar

Jawaban : d

14. Berapa lama dipersyaratkan Genset beroperasi
    a) 0,5 Jam
    b) 1,0 jam
    c) 2,0 jam
    d) 3,0 jam
    e) Jawaban a,b dan c salah

Jawaban : d

15. Perlengkapan listrik yang dipasang dalam ruang berbahaya harus mempunyai tanda pengenal
    a) Nama pabrikan dan atau merek;
    b) Identifikasi pabrikan;
    c) Simbol Ex,
    d) Tanda untuk setiap jenis proteksi,
    e) Jawaban a, b dan c benar

: **Jawaban : e**

16. Apa yang dimaksud dengan debu konduktif
    a) Partikel kecil dalam atmosfer yang bertumpuk disebabkan oleh berat sendiri, tetapi juga dapat mengambang di udara untuk sementara waktu.

b) Debu yang mudah menyala jika bercampur dengan udara.
c) Debu yang mempunyai resistivitas sama atau kurang dari10^3 Ω m.
d) Debu yang bercampur dengan udara pada tekanan atmosfer merupakan campuran yang berbentuk debu atau serat yang mudah terbakar yang setelah menyala, pembakarannya menyebar keseluruh campuran lainnya.
e. Jawaban a, b, c dan d benar

Jawaban : c

17. Sebutkan persyaratan instalasi untuk ruang pertunjukan.

a) Instalasi tidak boleh bertegangan ke bumi di atas 300 V.
b) Perlengkapan yang dapat menimbulkan bahaya kebakaran harus berpelindung.
c) Gawai proteksi harus dipasang pada bagian penghantar yang dipasang tetap.
d) Bagian bertegangan dan tak berisolasi hanya diperkenankan jika bagian tersebut dilindungkan terhadap terhadap sentuhan
e) Jawaban a, b, c dan d benar

Jawaban : d

18. Untuk persayaratn PHB pada ruangan kasar

a) harus tertutup;
b) harus tahan terhadap kerusakan mekanis.
c) Semua jenis penghantar yang dipasang, harus dipasang dalam pipa instalasi atau sekurang-kurangnya dengan jalur penghantar tertutup yang cukup kuat.
d) Jawaban a, b dan c benar
e) Jawbana a, b dan c salah

Jawaban : d

19. Ruang fasilitas pelayanan kesehatan antara lain berfungsi sebagai

a) tempat pemeriksaan
b) tempat pengamatan dan pemulihan
c) tempat pengobatan dan perawatan
d) rehabilitasi medik
e) Jawaban a, b, c dan benar

Jawaban : d

20. Simbol tanda bahaya

a) EP
b) IP
c) EX
d) XE
e) PI

Jawabn : c

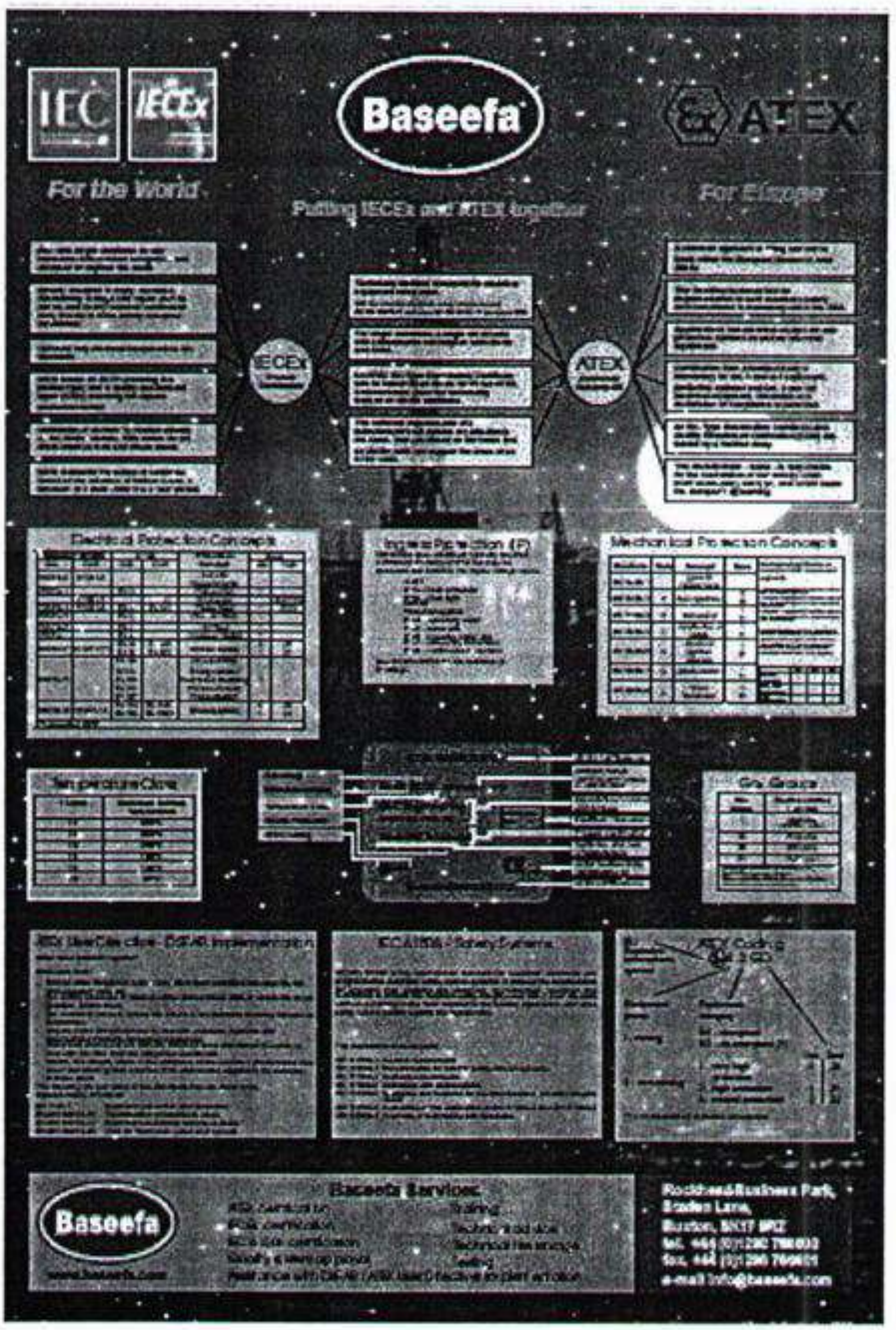
PENUTUP

Instalasi listrik beserta perlengkapannya dapat dipasang di semua jenis tempat kerja. Yang harus diperhatikan adalah menyesuaikan instalasi dan peralatan sesuai dengan jenis ruang kerja. Hal ini untuk menjaga agar tidak terjadi kerusakjan maupun kecelakaan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Standar Nasional Indonesia. 2011. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011. Jakarta: Yayasan PUIL 2011 (SNI 04-0225-2011)
2. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2004. Sosialisasi Standar Latih Kompetensi (SLK) Tenaga Teknik Ketenagalistrikan Bidang Distribusi Tenaga Listrik. Jakarta: Pusat Diklat Energi dan Ketenagalistrikan.
3. Publikasi IEC I60364 Part 7, Requirements for special installations or locations. 4. Publikasi IEC 336. 407. 522. 526. 601-2-8, 601-2-15, 601-2-32, 627 dan 806
3. Publikasi IEC 601-2-11 part 2, 601-2-17 part 2 dan 798
4. NFA

LAMPIRAN


IEC
IECEx
Baseefa
ATEX
For the World
Putting IECEx and ATEX together
For Europe
IECEx
ATEX
Baseefa
Baseefa Services

BF-06RK&IK

CHECKLIST RIKSA UJI K3 RUANG KHUSUS DAN INSTALASI KHUSUS

NO	OBYEK	HASIL	NILAI RUJUKAN	METODE
A. Ruang Kerja Listrik Tidak Terkunci (I) dan Terkunci (Ik)				
1.	Ada personel Ahli / Teknisi K3 Listrik sebagai pengawas ruang kerja listrik kecuali ruang kerja listrik terkunci	Ada/Tidak Ada	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
2.	Jarak Kubikel/PHB dengan dinding	Sesuai/Tidak sesuai	NFPA : 3'	Penilaian
3.	Jarak Kubikel /PHB dengan Kubikel/PHB 0 -150 V	Sesuai/Tidak sesuai	NFPA : 3'	Penilaian
4.	Jarak Kubikel /PHB dengan kubikel/PHB 151-600 V	Sesuai/Tidak sesuai	NFPA : 4'	Penilaian
5.	Jarak Kubikel /PHB dengan kubikel/PHB 600 V - 20 kV	Sesuai/Tidak sesuai	NFPA : 4'	Penilaian
6.	Jarak Kubikel /PHB dengan dinding 25 KV - 75 kV	Sesuai/Tidak sesuai	NFPA : 6'	Penilaian
7.	Jarak Kubikel /PHB dengan dinding ≥75 KV	Sesuai/Tidak sesuai	NFPA : 8'	Penilaian
8.	Pencahayaan	Baik/Tidak baik	Permen 5 tahun 2018: 100 lux	Penilaian
9.	Konstruksi lantai, dinding, plafon di ruang listrik TM dan TT	Baik/Tidak baik	PUIL 2011 Bab 8 : bahan tidak mudah terbakar	Penilaian
10.	Ruang kerja listrik pada udara terbuka	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8 : tinggi 2 m	Penilaian
11.	Jarak bagian/penghangtar tanpa isolasi yang bervoltase	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8 : 1 m + 1cm/KV	Penilaian
12.	Area klasifikasi dan ventilasi	Baik/Tidak baik	PUIL 2011 Bab 8 : kering dan baik	Penilaian
13.	Papan/tanda peringatan pada pintu masuk	Ada/Tidak ada	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian

14.	Papan/tanda peringatan pada ruang kerja listrik di Udara Terbuka	Ada/Tidak ada	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
15.	Pemasangan lampu pijar, fiting lampu, kotak kontak, sakelar dll	Aman/Tidak aman	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
16.	Pemasangan lampu gantung	Aman/Tidak aman	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
17.	Jenis konduktor rendah yang dipakai	Baik/Tidak baik	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
18.	Pemasangan mesin, pesawat dan instrumen ukur dll pada Ruang Kerja Listrik Terkunci	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
19.	Pemasangan lampu dan saklar penerangan pada Ruang Kerja Listrik Terkunci	Aman/Tidak aman	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
20.	Konstruksi pintu jalan masuk pada Ruang Kerja Listrik Terkunci	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
B. Ruang Uji Bahan Listrik dan Laboratorium Listrik				
1.	Konstruksi lantai, dinding, plafon di ruang listrik TM dan TT	Baik/Tidak baik	PUIL 2011 Bab 8 : bahan tidak mudah terbakar	Penilaian
2.	Jarak bagian/penghangtar tanpa isolasi yang bervoltase	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8 : 1 m + 1cm/KV	Penilaian
3.	Area klasifikasi dan ventilasi	Baik/Tidak baik	PUIL 2011 Bab 8 : kering dan baik	Penilaian
4.	Papan/tanda peringatan pada pintu masuk	Ada/Tidak ada	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
5.	Pemasangan lampu pijar, fiting lampu, kotak kontak, sakelar dll	Aman/Tidak aman	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
6.	Pemasangan lampu gantung	Aman/Tidak aman	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
7.	Jenis konduktor rendah yang dipakai	Baik/Tidak baik	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian

8.	Pemasangan mesin, pesawat dan instrumen ukur dll	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
9.	Pemasangan lampu dan saklar penerangan	Aman/Tidak aman	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
10.	Konstruksi pintu jalan masuk pada Ruang Kerja Listrik	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
11.	Kondisi lingkungan kerja	Baik/Tidak baik	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
12.	Konstruksi penataan ruang	Baik/Tidak baik	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
C. Ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan				
1.	Penggunaan perlengkapan untuk Zone 0	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8: Kategori "ia"	Penilaian
2.	Penggunaan perlengkapan untuk Zone 1	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8: Kategori "ia", "ib", "p", "q", "o", "e",	Penilaian
3.	Penggunaan perlengkapan untuk Zone 2	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8: Kategori "ia", "ib", "p", "q", "o", "e", "n"	Penilaian
4.	Sistem pembumian	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8: TN-S	Penilaian
5.	Equipotensialterhadap kondukstor proteksi, konduit logam, selungkup kabel dari logam, baja pelindung kabel, BKT dan BKE	Baik/Tidak baik	PUIL 2011 Bab 8: Bonding semua BKT dan BKE	Penilaian
6.	Konduktor untuk equipotensial/bonding	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8: 10 mm2	Penilaian
7.	Penggunaan jenis penghantar untuk pengkawatan	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8: Thermoplastik/ elastomerik	Penilaian

8.	Ukuran konduktor tembaga	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8: Min 1,5 mm2	Penilaian
D. Ruang Lembab dan Ruang pendingin				
1.	Bentuk PHB dan pemasangannya	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
2.	Bagian instalasi harus dapat diputuskan dari bagian instalasi lainnya dengan sakelar yang dipasang setempat	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
3.	Uap air tidak terkumpul pada pesawat/mesin atau peralatan lainnya	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
4.	Jenis dan fungsi penghantar yang digunakan	Aman/Tidak aman	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
5.	Penggunaan kode indeks proteksi (IP) pada semua perlengkapan dan peralatan listrik pada Zone 0 Kamar Mandi	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8: IP X7	Penilaian
6.	Penggunaan kode indeks proteksi (IP) pada semua perlengkapan dan peralatan listrikpada Zone 1 Kamar Mandi	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8: IP X5	Penilaian
7.	Penggunaan kode indeks proteksi (IP) pada semua perlengkapan dan peralatan listrikpada Zone 2 Kamar Mandi	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8: IP X4	Penilaian
8.	Penggunaan kode indeks proteksi (IP) pada semua perlengkapan dan peralatan listrikpada Zone 3 Kamar Mandi	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8: IP X1	Penilaian
9.	Penggunaan kode indeks proteksi (IP) pada semua perlengkapan dan peralatan listrikpada Zone 0 Kolam Renang	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8: IP X8	Penilaian
10.	Penggunaan kode indeks proteksi (IP) pada semua perlengkapan dan peralatan listrikpada Zone 1 Kolam Renang	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8: IP X5	Penilaian
11.	Penggunaan kode indeks proteksi (IP) pada semua perlengkapan dan peralatan listrikpada Zone 2 Kolam Renang	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8: IP X2	Penilaian
12.	Sistem Pengawatan	Sesuai/Tidak sesuai	Tanpa selubung logam	Penilaian
13.	Bonding semua BKT dan BKE	Baik/Tidak Baik	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
14.	Rating ELCB	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8: 30 mA	Penilaian
15.	Pemasangan kabel tanah	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8:	Penilaian

			NYFGBY, NYRGBY, NKBA dan sederajat	
16.	Penanaman kabel tanah	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8: 60 cm/80 cm	Penilaian
E. Ruang sangat panas				
1.	Penempatan perlengkapan dan peralatan listrik	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
2.	Perlindungan konduktor	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
F. Ruang berdebu, runag dengan gas/debu yang korosif				
1.	Penggunaan kode indeks proteksi (IP) pada semua perlengkapan dan peralatan listrik pada Zone 20	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
2.	Penggunaan kode indeks proteksi (IP) pada semua perlengkapan dan peralatan listrikpada Zone 21	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
3.	Penggunaan kode indeks proteksi (IP) pada semua perlengkapan dan peralatan listrikpada Zone 22	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
4.	Pemasangan perlengkapan dan peralatan listrik	Aman/Tidak aman	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
5.	Penempatan PHB	Aman/Tidak aman	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
6.	Perlindungan terhadap perlengkapan dan peralatan listrik	Baik/Tidak baik	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian

G. Ruang Radiasi				
1.	Seluruh permukaan lantai dilapisi bahan insulasi	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
2.	Seluruh BKT dan BKE ditanahkan	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
3.	Pemasangan saklar	Baik/Tidak baik	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
4.	Penggunaan jenis kabel fleksibel	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
5.	Pemasangan lampu penerangan	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian

6.	Pemasangan konduktor aktiv didalam pipa dan didalam tembok	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian
7.	Semua permukaan sakelar, tusuk kontak, kotak kontak dari bahan yang tidak mudah terbakar, licin, kuat dan tanpa lekukan yang tajam;	Sesuai/Tidak sesuai	PUIL 2011 Bab 8	Penilaian

PT. Mandiri Maha Daya
Health & Safety Environment
Training Provider

MODUL
PELATIHAN K3 LISTRIK
IDENTIFIKASI BAHAYA LISTRIK

IDENTIFIKASI POTENSI BAHAYA LISTRIK

Listrik merupakan sumber energi yang dapat menimbulkan atau mempunyai potensi bahaya bahkan bencana yang merugikan, apabiia perancangan, pemasangan, pemanfaatan sistem tenaga listrik tidak mematuhi kaidah-kaidah ataupun peraturan-peraturan bidang kelistrikan.

Dari hasil identifikasi kecelakaan akibat listrik pada umumnya disebabkan oleh instalasi listrik yang dipakai tidak memenuhi syarat-syarat keselamatan dan kesehatan kerja (k3) atau standar yang berlaku. Upaya pengendalian diperlukan agar setiap peralatan dan pesawat yang menggunakan energi listrik, memerlukan pengamanan dan perlindungan yang memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

Keselamatan yang berhubungan dengan ketenagalistrikan (electrical safety)pada dasarnya adalah segala upaya atau langkah-langkah pengamanan terhadap instalasi tenaga listrik, peralatan serta pemanfaat listrik untuk mewujudkan kondisi andal dan aman, baik bagi pekerja maupun masyarakat umum.

Kita menyadari benar bahwa belum seluruh anggota masyarakat mengerti atau menyadari adanya potensi bahaya dari penggunaan listrik. Sebagian sudah menyadari, tetapi belum mengetahui bagaimana prosedur untuk menangani pemanfaat listrik dengan benar.

Potensi bahaya listrik adalah :

a. Bahaya kejut listrik,
b. Panas yang ditimbulkan oleh energi listrik dan
c. Medan listrik.

Pekerja dapat mengalami bahaya listrik pada kondisi-kondisi sebagai berikut:

a. Pekerja berhubungan/menyentuh kedua konduktor pada rangkaian listrik yang bertegangan.
b. Pekerja berada pada bagian antara konduktor yang ditanahkan (grounding) dan konduktor yang tidak ditanahkan (grounding)

c. Pekerja berada pada bagian konduktor yang ditanahkan dengan material yang tidak ditanahkan.

Dampak cidera akibat bahaya arus kejut pada manusia (pekerja) tergantung:

a. Besar arus yang mengalir ke tubuh manusia
b. Bagian tubuh yang terkena
c. Lama/ durasi pekerja terkena arus kejut

Besar arus yang mengalir tergantung besar beda potensial dan resistansi. Efek arus kejut pada manusia dapat mengakibatkan kematian.

Arus kejut listrik yang mengenai tubuh akan menimbulkan:

a. Menghentikan fungsi jantung dan menghambat pernafasan.
b. Panas yang ditimbulkan oleh arus dapat menyebabkan kulit atau tubuh terbakar, khususnya pada titik dimana arus masuk ke tubuh.
c. Beberapa kasus dapat menimbulkan pendarahan, atau kesulitan bernafas dan gangguan saraf.
d. Gerakan spontan akibat terkena arus listrik, dapat mengakibatkan cidera lain seperti akibat jatuh atau terkena/tersandung benda lain.

Kecelakaan listrik disebabkan oleh kombinasi tiga faktor, yaitu :

a. Peralatan/instalasi yang tidak aman
b. Tempat kerja berada di lingkungan yang tidak aman
c. Praktik kerja yang tidak aman

Pengendalian bahaya listrik dari sentuh langsung

1. Mengisolasi bagian aktif
2. Menutup dengan Penghalang atau Selungkup
3. Membuat rintangan
4. Memberi Jarak aman atau diluar jangkauan
5. Menggunakan alat pelindung diri.

Pengendalian yang harus dilakukan antara lain :

a. Menutup semua instalasi yang terbuka
b. Mengisolasi bagian aktif/ konduktor
c. Memperbaiki penutup instalasi yang rusak
d. Memperbaiki atau mengganti peralatan yang rusak
e. Menghindari lingkungan kerja yang tidak aman
f. Mengecek / memeriksa kondisi kawat atau core kabel
g. Memeriksa dan melakukan pengukuran grounding
h. Menggunakan peralatan/ sistem grounding yang benar
i. Menghindari penggunaan yang melebihi kapasitasnya
j. Memeriksa dan memelihara peralatan listrik dengan baik
k. Menggunakan peralatan/ sistem pengaman

Tips aman dari bahaya listrik

a. Gunakan sarung tangan dan sepatu khusus untuk bahaya listrik;
b. Simpan peralatan listrik yang tidak digunakan di tempat yang kering;
c. Jangan menggunakan peralatan listrik yang basah/ lembab;
d. Usahakan tempat kerja listrik terang;
e. Pastikan tidak mendekati potensi bahaya listrik;
f. Jangan membawa alat dengan kabel;
g. Jangan mencabut/menyentak untuk melepaskan tusuk kontak;
h. Jaga kabel dari panas, minyak dan benda tajam;
i. Lepaskan dari sumber listrik, peralatan yang tidak digunakan;
j. Ganti setiap peralatan yang rusak;
k. Menyediakan sistem 'tidak menyalahkan' untuk pelaporan kesalahan dan protocol yang mencegah peralatan listrik yang rusak dari penggunaan sampai diperbaiki;
l. Pastikan bahwa saklar daya utama untuk mematikan daya listrik mudah dijangkau dan jelas ditandai, sehingga dapat dengan cepat dimatikan dalam keadaan darurat.

PT. Mandiri Maha Daya
Health & Safety Environment
Training Provider

MODUL
PELATIHAN K3 LISTRIK

PERTOLONGAN PERTAMA PADA KECELAKAAN DITEMPAT KERJA TERHADAP GANGGUAN KHUSUS

PERTOLONGAN PERTAMA PADA KECELAKAAN DITEMPAT KERJA

TERHADAP GANGGUAN KHUSUS

I. PENDAHULUAN

Salah satu sumber bahaya ditempat kerja adalah adanya bahaya aliran listrik dan lingkungan kerja pada ruang tertutup dan terbatas (confined spaces). Sumber bahaya ditempat kerja menjadi penyebab terjadinya kasus kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Maka dari itu tenaga kerja perlu mendapatkan periindungan yang memadai dari kecelakaan dan sakit yang dapat terjadi sewaktu-waktu. Untuk menangani kecelakaan kerja yang terjadi diperlukan pengetahuan dan keterampilan dalam bidang Pertolongan Pertama pada Kecelakaan Kerja(P3K).

Untuk penanganan pertolongan pertama kasus cedera akibat serangan sengatan listrik dan pertolongan pertama kecelakaan diruang tertutup dan terbatas perlumendapatkan pengetahuan dan keterampilan khusus. Untuk itu sebagai calon petugas P3K ditempat kerja harus mendapatkan materi ini.

Dengan mengetahui cara pertolongan yang benar berkaitan dengan sumber bahaya tersebut diatas diharapkan pertolongan pertama dapat dilakukan dengan baik tanpa membahayakan keselamatan diri petugas kerja P3K.

II. P3K PADA CEDERA AKIBAT LISTRIK

Pertolongan pertama akibat cedera listrik perlu mendapatkan pertolongan dengan cara yang tepat serta aman baik terhadap korban maupun petugas penolongnya. Sering pekerja atau buruh mengetahui adanya sumber bahaya ini, tetapi tidak mengerti bagaimana cara mencegah dan pengendaliannya. Begitu juga pada waktu terjadi kecelakaan oleh karena keadaan panik maka pelaksanaan pertolongannya terjadi kesalahan dan korban serta penolongnya menjadi cedera bahkan meninggal dunia.

Banyak tempat kerja yang terdapat sumber bahaya listrik, baik dengan sumber listrik dengan tegangan rendah, tinggi maupun extra tinggi, maupun dengan arus searah

maupun bolak balik. Hal tersebut akan mempengaruhi tingkat pajanan dan keparahan korban.

A. FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEPARAHAN PADA CIDERA AKIBAT LISTRIK

Apabila seseorang terkena aliran listrik akan terjadi cidera dengan tingkat keparahan berbeda-beda tergantung beberapa hal antara lain :

1. Voltage (Kekuatan Listrik)
2. Amper (Arus Listrik)
3. Type Arus (searah bolak/balik)
4. Lama Kontak
5. Area Kontak
6. Jalan Arus
7. Banyaknya jaringan Resistance

   Didalam tubuh terdapat jaringan yang konductor dan non konductor
8. Kandungan Air dalam Jaringan

   Seperti diketahui bahwa air adalah bahan yang sangat konduktor

Tubuh manusia terdapat beberapa jaringan yang berbeda, yaitu jaringan yang dapat menghantar listrik (konduktor) dan jaringan yang tidak menghantar listrik (tidak konduktor/resisten). Tingkat ketahanan tubuh setiap manusia berbeda beda tergantung keadaan tubuh, lingkungan dan kondisi cuaca. Tingkat resistansi menurun apabila kondisi kulit itu basah misalnya karenga keringat atau kontak dengan air. Jaringan tubuh yang konduktor adalah pembuluh darah dan otot. Sedangkan jaringan yang tidak konduktor adalah tulang, kulit kering, syaraf tepi.

Arus merupakan faktor yang mematikan pada kejutan listrik. Tegangan hanya berperan untuk menentukan banyaknya arus yang akan mengalir melalui resistansi tubuh. Arus yang dibutuhkan untuk menyalakan lampu 10 watt adalah lebih dari 8 sampai 10 kali arus yang dapat membunuh manusia. Tegangan 120 V adalah cukup untuk menyebabkan arus mengalir yang dapat membunuh manusia.

B. AKIBAT SENGATAN LISTRIK

1. Akibat Arus Searah

Secara umum akibat tersengat arus searah adalah terjadinya perubahan elektrolit dalam tubuh. Tetapi keadaan ini juga kan mempengaruhi system dalam tubuh kita tergantung berbagai hal seperti tersebut diatas. Hal ini berbeda dengan akibat tersengat arus bolak balik.

2. Akibat Arus Bolak Balik

Pada orang yang terkena arus bolak balik akan terjadi : kejang otot, berkeringat, kerusakan jaringan, vertikel fibrilasi sampai henti jantung, otak kurang O2 dan meninggal. Pada voltage dan frequensi 100 v & 60 Hz menyebabkan vertical fibrillation, voltage tinggi dapat menyebabkan paralysis pernafasan, arus diatas 20 mA dapat menyebabkan kontraksi otot pernafasan dada, dll. Secara lebih lengkap dapat dilihat pada table berikut dari beberapa sumber

Tabel 1. Akibat Arus Searah

BESAR ARUS (mA)	AKIBAT
0,5 mA	• Dirasakan
Lebih dari 5 mA	• Painful Schock
Lebih dari 10 mA	• Kontraksi otot "no-let-go" danger • 0,1 detik tidak terjadi gangguan • 0,5 detik kelumpuhan sementara, pernafasan, pingsan • I detik ventrical fibrilasi
Lebih dari 30 mA	• Lung paralysis - usually temporary
Lebih dari 50mA	• Possible Ventricular Fibrilasi (Heart dysfunction usually fatal)
100 mA sampai 4 amps	• Certain ventricular fibrillation, fatal
Lebih 4 amps	• Heart paralysis , severe burn. Usually cause by >600 volt

Tabel 2. Akibat Arus Bolak Balik

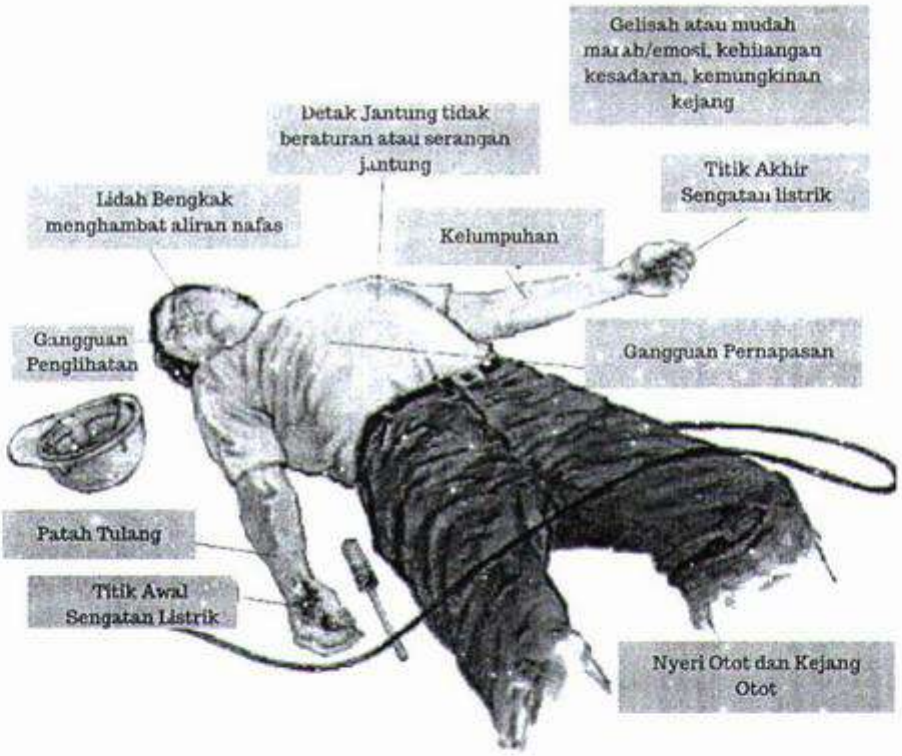
CURRENT (mA)	EFFECT
0,5 -2	• Dirasakan
2-10	• Terasa nyeri sesuai meningkatnya arus
10-25	• Kejang dan tidak dapat melepaskan • Meningkatnya tekanan darah • Berbahaya disebabkan sesak nafas karena kontraksi otot
25-80	• Kontraksi otot lebih berat • Kadang tulang rawan patah • Peningkatan tenaga darah • Hilang kesadaran disebabkan gangguan jantung dan paru-paru
Over 80	• Tempat terkena aliran terbakar • Meninggal karena ventricular vibrilation

C. GEJALA DAN TANDA AKIBAT SENGATAN LISTRIK

Untuk mengetahui apakah seorang terkena aliran listrik dapat diperiksa dengan menemukan gejala dan tanda antara lain :

1. Cidera (luka bakar akibat listrik masuk dan keluar)
2. Mati klinis (hilang kesadaran , henti nafas, henti jantung)
3. Kerusakan Jaringan (Kulit/sub kutis, saraf, otot, tulang patah, mata, ginjal, saluran pencernaan, pembuluh darah , pembuluh darah, jantung/irama, konduksi, infark)
4. Kejang (kontraksi otot tidak teratur).
5. Gelisah, nyeri otot, kelumpuhan, gangguan penglihatan

Cedera Akibat Listrik



D. TINDAKAN PERTOLONGAN PADA KONDISI DARURAT BAHAYA LISTRIK

Pendekatan Kecelakaan :

1. Jangan panik dalam menghadapi situasi kecelakaan
2. Hubungi pihak berwenang secepat mungkin
3. Jika memungkinkan minta bantuan dari personil yang ahli dalam kelistrikan
4. Mendekati lokasi kejadian kecelakaan secara berhati-hati

Penilaian lokasi kejadian :

1. Lakukan pemeriksaan korban secara visual untuk mendeteksi apakah korban masih terhubung dengan konduktor yang aktif
2. Permukaan metal, obyek – obyek yang dekat dengan korban atau permukaan tanah itu sendiri kemungkinan masih mengeluarkan energi listrik
3. Anda bisa menjadi korban jika anda menyentuh korban yang masih teraliri listrik atau permukaan masih bersifat konduktif.
4. Jangan menyentuh korban atau permukaan yang bersifat konduktif jika mereka masih listrik
5. Putuskan aliran listrik jika memungkinkan

Metode Pemutusan Aliran Listrik

1. Kabel ektensi atau kabel power kemungkinan memberikan aliran listrik pada peralatan elektris portabel
2. Putuskan sambungan pada peralatan listrik portable untuk menghilangkan energi listrik.
3. Putuskan aliran listrik pada MCB/circuit breaker untuk menghilangkan energi listrik pada peralatan elektris tetap

Bahaya dan Solusinya

1. Waspada terhadap bahaya seperti energi yang tersimpan, panas permukaan dan api.
2. Apabila anda tidak bisa memutus aliran listrik, tingkatan kewaspadaan anda
3. Pastikan tangan dan kaki anda dalam keadaan kering
4. Jika tersedia, gunakan perlengkapan pelindung seperti sarung tangan khusus tegangan tinggi dan sepatu khusus

5. Berdiri pada permukaan yang bersih dan kering
6. Pergunakan material non konduktif untuk menjauhkan korban dari konduktor.

Penyelamatan pada tegangan tinggi

1. Dibutuhkan pelatihan khusus untuk penyelamatan pada tegangan tinggi
2. Wajib menggunakan perlengkapnpelindung seperti sarung tangan khusus tegangan tinggi dan sepatu khusus
3. Sebaiknya menggunakan alat khusus yang telah terisolasi

Alat-alat yang telah terisolasi

1. Alat-alat yang telah terisolasi dengan rating tegangan tinggi dapat menyelamatkan korban jiwa
2. Pergunakan peralatan seperti *hots stick* atau *shotgun stick* untuk menjauhkan korban dari konduktor yang masih mengalirkan listrik
3. Pada beberapa kasus, tali atau kabel non konduktif dapat digunakan untuk menjauhkan untuk menjauhkan korban dari konduktor.

Penyelamatan korban

1. Jika memungkinkan, berdiri pada lapisan karet yang kering atau material lain yang tidak mengalirkan listrik.
2. Jangan menyentuh korban ataupun material yang bersifat konduktif yang berada didekat korban hingga aliran listrik diputus
3. Ketika aliran listrik telah diputuskan, periksa korban untuk menentukan apakah korban harus dipindahkan.
4. Berikan pertolongan pertama pada kecelakaan kepada korban

Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan

1. Korban mungkin memerlukan napas buatan
2. Apabila korban masih bernapas dan nadinya masih berdenyut, berikan pertolongan pertama untuk luka korban sesuai jenis dan kondisi luka.
3. Bila korban mengalami syok, tangani segera

4. Pastikan korban mendapatkan perawatan medis secepatnya
5. Berikan personil medis informasi mengenai level tegangan, durasi shock dan titik masuk serta titik keluar sengatan listrik Dokter yang menangani korban harus mendapatkan informasi yang detil dan spesifik agar dapat mendiagnosa dan merawat korban dengan baik. Dokter akan memutuskan apakah korban akan dikirim ke "Pusat Trauma atau Luka Bakar.