

Edisi 2014

Penjelasan **PUIL 2011**

(PERSYARATAN UMUM INSTALASI LISTRIK 2011)



CEO's Copper Message



Each year, electrical failures or malfunctions cause thousands of electrical fires in the country, resulting in hazards and property loss. Proper electrical installation and safety assessment is crucial. No one could overstate the importance of electrical safety knowledge. It is imperative to know how to work safely with or within the vicinity of electricity because electrical current in regular businesses and homes have enough power to cause fatality and irreversible detriment.

The International Copper Association Southeast Asia Ltd. (ICASEA) is the leading organization for promoting the use of copper in Southeast Asia. ICASEA increases awareness and usage of copper by communicating the unique attributes that make this sustainable element an essential contributor to the formation of life, to advances in science and technology, and to a higher standard of living.

ICASEA strategic initiatives include a portfolio of market development programs that include raising the awareness of the advantages and versatility of copper applications in building industry with various stakeholders. They include the regulators, housing development bodies, private developers, contractors, consultants, engineers & architects etc. Our programs focus on enhancing safety, reliability, design, health and electrical efficiency. We also facilitate the setting up of building codes that use copper effectively, efficiently and safely.

This PUIL 2011 handbook is thus put together to provide and share best practices for electrical installation and inspection. We are confident that this handbook will contribute to improving competitiveness and installation standards through enhanced knowledge and management of building wiring and cabling.

A handwritten signature in black ink that reads "Steven Sim". The signature is fluid and cursive, with a horizontal line underneath the name.

Steven Sim
Chief Executive Officer
International Copper Association Southeast Asia Ltd.

**DIREKTUR JENDERAL KETENAGALISTRIKAN
KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL
Kata Sambutan**

*Bismillahirrahmanirrahim,
Assalamu'alaikum warahmatullahii wabarakatuh*



Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah, saya menyambut baik kehadiran buku **"Penjelasan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011"**. Sebuah buku yang berisi tentang penjelasan persyaratan dan spesifikasi teknik peralatan listrik pada instalasi listrik rumah tangga, perkantoran, hotel dan bangunan lainnya.

Kerap kali kita membaca dan mendengar adanya berita kebakaran yang diduga diakibatkan oleh listrik pada beberapa media massa (surat kabar dan televisi) yang mengakibatkan kerugian harta benda bahkan menyebabkan kehilangan nyawa manusia. Oleh karena itu, menjadi tanggung jawab kita bersama sebagai pemangku kepentingan (stakeholders) ketenagalistrikan untuk berupaya mengurangi kebakaran

yang diakibatkan oleh listrik.

Untuk memenuhi keselamatan ketenagalistrikan sebagaimana diamanatkan Pasal 44 ayat (1) Undang-Undang Nomor 30 tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan, Pemerintah mewajibkan setiap instalasi tenaga listrik terlebih dahulu diuji laik operasi.

Pemerintah berupaya terus melengkapi regulasi keselamatan ketenagalistrikan termasuk regulasi instalasi listrik tegangan rendah yang diatur dalam PUIL. Badan Standarisasi Nasional telah menetapkan PUIL 2011 menjadi SNI 0225 tahun 2011 dan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral akan memberlakukan PUIL 2011 sebagai standar wajib, dengan demikian seluruh pemangku kepentingan wajib mengikuti ketentuan dalam PUIL 2011.

PUIL 2011 memuat ketentuan spesifikasi teknis dan cara pemasangan instalasi listrik, namun demikian, dengan adanya buku "Penjelasan PUIL 2011" ini, dapat membantu masyarakat dalam pemilihan peralatan listrik, sebagai panduan pelaksana (instalatir) dalam pemasangan instalasi listrik dan membantu lembaga inspeksi teknis dalam pelaksanaan uji laik operasi. Dengan terbitnya buku ini diharapkan juga dapat mengurangi perbedaan pendapat dalam mengartikan persyaratan teknis dan besar-besaran listrik yang diatur dalam PUIL 2011.

Kepada segenap tim penyusun buku ini kami ucapkan terima kasih, demikian juga kepada International Copper Assosiation Southeast Asia (ICA SEA) atas partisipasinya dalam penyusunan buku ini. Semoga buku ini bermanfaat dalam mewujudkan keselamatan ketenagalistrikan di Indonesia.

DIREKTUR JENDERAL KETENAGALISTRIKAN



JARMAN

Kata Pengantar

Salah satu faktor penting bagi terpenuhinya keselamatan ketenagalistrikan adalah pemasangan instalasi listrik yang memenuhi ketentuan dan atau standar yang diatur dalam Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) sebagai acuan untuk pemasangan instalasi listrik.

PUIL sejak pertamakali diterbitkan pada tahun 1964 telah mengalami beberapa kali perubahan yaitu PUIL 1977, PUIL 1987, PUIL 2000 dan terakhir PUIL 2011. Sejak tahun 2000, PUIL sebagai Peraturan Umum Instalasi Listrik berubah menjadi Persyaratan Umum Instalasi Listrik dan diberlakukan secara wajib. Terbitnya PUIL 2011 (SNI 0225:2011), akan menjadi acuan baru pemasangan instalasi listrik, yang merevisi PUIL sebelumnya dalam rangka mengikuti perkembangan teknologi dan perkembangan standar Internasional.

Mengingat PUIL berisikan persyaratan, spesifikasi teknik dan besaran listrik yang digunakan sebagai pegangan pemasangan instalasi listrik, maka untuk memudahkan masyarakat serta agar terhindar dari keraguan dalam hal pemilihan spesifikasi, jenis dan cara pemasangan peralatan listrik, disusunlah buku penjelasan PUIL 2011 yang berisi tentang keterangan tambahan, perhitungan dan jenis gambar peralatan listrik yang diperlukan, dengan nama: Penjelasan PUIL 2011. Buku ini merupakan buku pelengkap/tambahan yang menjelaskan hal-hal yang diatur dalam PUIL 2011, maka buku ini tidak dapat digunakan secara mandiri tanpa disertai dengan buku PUIL 2011, atau dengan kata lain buku ini harus digunakan bersama-sama dengan buku PUIL 2011.

Buku ini merupakan rintisan, karena itu hanya sebagian ayat/subayat dalam PUIL 2011 yang dijelaskan. Diharapkan untuk masa mendatang akan lebih banyak lagi ayat/subayat dalam PUIL 2011 yang perlu dijelaskan. Kami harapkan para pembaca dapat memberikan saran, usulan dan masukan untuk penyempurnaan buku ini.

Untuk berhasilnya penerbitan buku ini kami ucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Direktur Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral beserta jajarannya.
2. CEO International Copper Association Southeast Asia Ltd. beserta jajarannya.

Semoga buku ini bermanfaat bagi para pengguna dan pada akhirnya bermanfaat dalam mewujudkan keselamatan ketenagalistrikan di Indonesia.

Jakarta, Agustus 2014

Tim Penyusun

Tim Penyusun

Pengarah

Ir. Jarman, M.Sc (Direktur Jenderal Ketenagalistrikan)

Ir. Agoes Triboesono, M.Eng (Direktur Teknik dan Lingkungan Ketenagalistrikan)

Penanggungjawab

Ir. Jisman P. Hutajulu, MM (Kasubdit Standardisasi Ketenagalistrikan)

Penyusun

Ir. Bartien Sayogo (HIMAPUIL), Ketua

Ir. Fadjar Widjaja (HIMAPUIL), Anggota

Ir. Sahala T. Sinaga (HIMAPUIL), Anggota

Ir. Soemarjanto (HIMAPUIL), Anggota

Ir. Djoni S. Soetarman (HIMAPUIL), Anggota

Sahat Simangunsong, ST, MT (Ditjen Ketenagalistrikan), Anggota

CEO's Copper Message	i
Sambutan Direktur Jenderal Ketenagalistrikan	iii
Kata Pengantar	v
Tim Penyusun	vii
Daftar Isi	viii
Bagian 1 :	1
Pendahuluan, prinsip fundamental dan definisi	
Bagian 2:	23
Desain instalasi listrik	
Bagian 3:	31
Asesmen karakteristik umum	
Bagian 4 – 41	41
Proteksi untuk keselamatan – Proteksi terhadap kejut listrik	
Bagian 4-42	67
Proteksi untuk keselamatan – Proteksi terhadap efek termal	
Bagian 4-43:	75
Proteksi untuk keselamatan – Proteksi terhadap arus lebih	
Bagian 5-52:	89
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik – Sistem perkawatan	
Bagian 5-53:	177
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik – Isolasi, penyakelaran dan kendali	
Bagian 5-54:	185
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik – Susunan pembumian, konduktor proteksi dankonduktor ikatan proteksi	

Bagian 5-55:	203
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik – Perlengkapan lain	
Bagian 5-510:	209
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik – Perlengkapan listrik	
Bagian 5-511:	219
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik – Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK) serta komponennya	
Bagian 6	227
Verifikasi	
Bagian 7:	233
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik – Konduktor dan pemasangannya	
Bagian 8:	239
Ketentuan untuk berbagai ruang dan instalasi khusus	



Bagian 1

Pendahuluan,
prinsip fundamental
dan definisi

10.1 Ketentuan terkait

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

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

PENJELASAN

Undang-undang Nomor 15 Tahun 1985 tentang Ketenagalistrikan telah dicabut dan dinyatakan tidak berlaku oleh Undang-undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan. Peraturan pelaksanaan menurut UU No. 15 Tahun 1985 tetap berlaku sepanjang tidak bertentangan atau diganti berdasarkan UU No. 30 Tahun 2009.

10.2 Penamaan, penunjukan dan pemberlakuan

10.2.1 Penamaan

Persyaratan ini secara lengkap bernama Persyaratan Umum Instalasi Listrik Tahun 2011, disingkat PUIL 2011, untuk selanjutnya dalam standar ini disebut PUIL.

PENJELASAN

Jika dalam penerbitan PUIL 1964, 1977 dan 1987 nama buku ini adalah Peraturan Umum Instalasi Listrik, maka mulai penerbitan tahun 2000, namanya menjadi Persyaratan Umum Instalasi Listrik dengan tetap mempertahankan singkatannya yang sama yaitu PUIL. Penggantian "Peraturan" menjadi "Persyaratan" dianggap lebih tepat karena pada perkataan "peraturan" terkait pengertian adanya kewajiban untuk mematuhi ketentuannya dan jika tidak maka berlaku suatu sanksi; suatu peraturan hanya dapat diterbitkan oleh otoritas atau regulator yang berwenang. PUIL sebagai Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan Peraturan Menteri ESDM diberlakukan sebagai SNI wajib (merupakan regulasi), sehingga menjadi "peraturan" yang harus dipatuhi.

10.2.3 Pemberlakuan

PUIL diberlakukan untuk seluruh wilayah Republik Indonesia.

PENJELASAN

Hal ini berarti PUIL diberlakukan di seluruh pelosok Indonesia, termasuk di setiap kompleks atau lokasi milik asing di Indonesia, sepanjang masuk dalam ruang lingkup PUIL.

10.3 Penafsiran dan penyimpangan

10.3.1 Penafsiran

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

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

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

10.3.2 Penyimpangan

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

PENJELASAN

Lihat PENJELASAN 10.6.3.

10.6 Penyempurnaan

10.6.1 Usulan untuk mengubah, menambah dan/atau menyempurnakan PUIL 2011 dapat diajukan kepada instansi yang berwenang.

Instansi yang berwenang saat ini adalah Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Direktorat Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi, dengan alamat:

Jl. H.R. Rasuna Said Blok X-2, Kav. 07-08, Kuningan, Jakarta 12950.

11 Ruang lingkup

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

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

PENJELASAN

Yang dimaksud dengan instansi yang berwenang saat ini adalah Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, dengan alamat:

Jl. H.R. Rasuna Said Blok X-2, Kav. 07-08, Kuningan, Jakarta 12950.

Yang dimaksud dengan Panitia Teknis yang menangani PUIL adalah Panitia Teknis PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional.

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

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

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

CATATAN

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

11.2 PUIL mencakup:

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

CATATAN

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

11.3 PUIL tidak berlaku untuk:

- perlengkapan traksi listrik, termasuk perlengkapan gelinding (rolling stock) dan sinyal;
- perlengkapan listrik kendaraan bermotor, kecuali yang dicakup dalam Bagian 8, jika ada.
- instalasi listrik dalam kapal dan anjungan lepas pantai portabel dan magun;
- instalasi listrik dalam pesawat udara;
- instalasi pencahayaan jalan umum yang merupakan grid daya publik;
- instalasi pada tambang dan tempat penggalian;
- perlengkapan supresi interferens radio, kecuali jika mempengaruhi keselamatan instalasi;
- pagar listrik;
- sistem proteksi petir eksternal untuk bangunan (LPS);

CATATAN

Fenomena atmosfer dicakup dalam PUIL, tapi hanya sejauh yang terkait dengan efek pada instalasi listrik (misalnya yang berkaitan dengan pemilihan gawai proteksi surja)

- aspek tertentu instalasi lift;
- perlengkapan listrik pada mesin;

11.4 PUIL tidak dimaksudkan untuk berlaku pada:

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

CATATAN

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

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

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

PENJELASAN

Secara singkat ruang lingkup PUIL mencakup instalasi voltase rendah 1000 V a.b. atau 1500 V a.s., terutama untuk perumahan, industri dan komersial dan lokasi lain yang diatur oleh PUIL (lihat Bagian 8 PUIL).

Ruang lingkup PUIL tidak mencakup jaringan distribusi voltase rendah PLN serta instalasi voltase menengah.

Ruang lingkup PUIL tidak mencakup instalasi pencahayaan umum (penerangan jalan) yang merupakan bagian jaringan publik.

131 Proteksi untuk keselamatan**131.1 Umum**

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

CATATAN

Pada instalasi listrik bahaya berikut dapat timbul, yaitu:

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

131.2 Proteksi terhadap kejut listrik**131.2.1 Proteksi dasar (proteksi terhadap sentuh langsung)****CATATAN**

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

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

Proteksi dapat dicapai dengan salah satu metode berikut:

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

131.2.2 Proteksi gangguan (proteksi terhadap sentuh tak langsung)**CATATAN**

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

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

Proteksi dapat dicapai dengan salah satu metode berikut:

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

131.3 Proteksi terhadap efek termal

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

131.4 Proteksi terhadap arus lebih

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

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

131.5 Proteksi terhadap arus gangguan

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

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

CATATAN

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

131.6 Proteksi terhadap gangguan voltase dan tindakan terhadap pengaruh elektromagnetik

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

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

CATATAN

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

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

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

PENJELASAN

Subayat 131.1 hingga 131.6 merupakan persyaratan yang harus dipenuhi untuk proteksi terhadap keselamatan manusia, ternak dan harta benda. Hal ini akan dijelaskan secara lebih rinci dalam Bagian 4-41 hingga 4-44 PUIL.

131.8 Proteksi perlengkapan dan instalasi listrik

131.8.1 Perlengkapan listrik

131.8.1.1 Pada setiap perlengkapan listrik harus tercantum dengan jelas:

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

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

PENJELASAN

Perlengkapan listrik yang memenuhi persyaratan adalah yang memenuhi persyaratan standar perlengkapan tersebut, sedangkan untuk perlengkapan listrik yang SNI nya dinyatakan wajib, adalah perlengkapan listrik yang sudah lulus pengujian sesuai SNI terkait dan mendapatkan sertifikat produk dari Lembaga Sertifikasi Produk yang sudah diakreditasi oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN), serta diberi label SNI pada produknya.



Gambar – Label SNI

131.8.1.3 Setiap perlengkapan listrik tidak boleh dibebani melebihi kemampuannya.

PENJELASAN

Kemampuan perlengkapan listrik dinyatakan dalam daya pengenal (kVA atau kW) atau arus pengenal (A atau kA) atau arus maksimum yang diizinkan (A atau kA). Kemampuan untuk konduktor dinyatakan sebagai kapasitas hantar arus (KHA), dinyatakan dalam Ampere (A).

131.8.2 Instalasi listrik

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

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

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

PENJELASAN

Instalasi listrik terpasang harus diverifikasi oleh KONSUIL (Komite Nasional Keselamatan untuk Instalasi Listrik) atau PPIILN (Perkumpulan Pemeriksa Instalasi Listrik Nasional), yang saat ini telah mendapat izin dan pengesahan dari instansi/lembaga yang berwenang, yaitu Direktorat Jendral Ketenagalistrikan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Setelah dinyatakan memenuhi syarat maka instalasi listrik dinyatakan laik operasi dan akan diterbitkan Sertifikat Laik Operasi, sehingga instalasi listrik dapat dioperasikan.

Verifikasi dijelaskan lebih rinci di Bagian 6 PUIL.

132 Desain**132.1 Umum**

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

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

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

132.2 Karakteristik suplai yang tersedia

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

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

132.2.2 Fungsi konduktor:

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

CATATAN

Fungsi beberapa konduktor dapat digabungkan dalam konduktor tunggal.

PENJELASAN

Yang dimaksud dengan konduktor lin adalah konduktor fase.

132.2.3 Nilai dan Toleransi :

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

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

132.5 Kondisi lingkungan

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

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

CATATAN

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

132.6 Luas penampang konduktor

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

- a) suhu maksimum yang diizinkan;
- b) drop voltase yang diizinkan;
- c) stres elektromagnetik yang mungkin terjadi karena arus gangguan bumi dan hubung pendek;
- d) stres mekanis lain yang mungkin mengenai konduktor;
- e) impedans maksimum berkaitan dengan berfungsinya proteksi hubung pendek;
- f) metode instalasi.

CATATAN

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

132.6.1 Ukuran konduktor dinyatakan dalam satuan metrik.

132.6.2 Jika bahan konduktor tidak dijelaskan dalam PUIL, yang dimaksudkan adalah konduktor tembaga.

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

PENJELASAN

Sesuai Tabel 52.F.2 dan 52.F.3 ukuran luas penampang untuk konduktor aluminium minimum adalah 10 mm².

132.7 Jenis perkawatan dan cara pemasangan

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

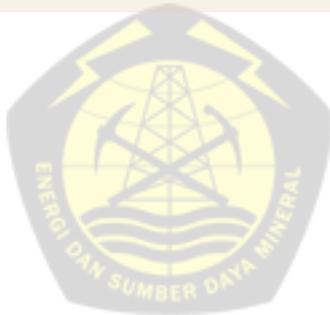
- sifat lokasi;
- sifat dinding atau bagian lain bangunan yang menyangga perkawatan;
- dapat teraksesnya perkawatan oleh manusia atau ternak;
- voltase;
- stres elektromekanik yang mungkin terjadi karena arus gangguan bumi dan hubung pendek;
- interferens elektromagnetik;
- stres lain yang mungkin mengenai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

133.1 Umum

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

PENJELASAN

Umumnya perlengkapan listrik yang digunakan dalam instalasi listrik sudah ada SNI nya (khususnya untuk instalasi rumah tangga dan sejenis) dan sudah diberlakukan sebagai SNI wajib, misalnya untuk antara lain kabel PVC, kotak kontak dan tusuk kontak, sakelar, GPAS (gawai proteksi arus sisa), luminer. Jadi seharusnya digunakan perlengkapan listrik yang bertanda SNI.

**134.1 Pemasangan**

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

134.1.1.1 Pengawatan harus dilakukan sehingga bebas dari hubung pendek dan hubung bumi.

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

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

134.1.1.4 Jika tidak ada ketentuan lain, perlengkapan listrik tidak boleh ditempatkan di:

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

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

134.1.1.6 Perlengkapan listrik harus dipasang dengan rapi dan dengan cara yang baik dan tepat.

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

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

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

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

PENJELASAN

Saat ini IEC 60445 dan IEC 60446 sudah direvisi dan digabung menjadi satu: IEC 60445, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification - Identification of equipment terminals, conductor terminations and conductors*

Sesuai SNI 6629.1:2011, "Kabel berinsulasi PVC dengan voltase pengenalan sampai dengan 450/750 V – Bagian 1: Persyaratan Umum", maka warna konduktor lin adalah hitam, coklat, abu-abu.

Selengkapnya adalah sbb:

4.1 Identifikasi inti dengan warna

4.1.1 Persyaratan umum

identifikasi inti kabel harus dicapai dengan menggunakan insulasi berwarna atau dengan metode lain yang sesuai.

Setiap inti kabel hanya boleh mempunyai satu warna, kecuali inti yang diidentifikasi dengan kombinasi warna hijau-kuning.

Warna hijau dan kuning, jika tidak dikombinasikan, tidak boleh digunakan untuk setiap kabel multiinti.

CATATAN

Warna merah dan putih sebaiknya dihindari.

4.1.2 Skema warna

Skema warna yang lebih disukai untuk kabel fleksibel dan kabel inti tunggal adalah:

- kabel inti tunggal : tidak ada skema warna yang lebih disukai;
- kabel dua inti : tidak ada skema warna yang lebih disukai;
- kabel tiga inti : hijau-kuning, biru, coklat; atau coklat, hitam, abu-abu;
- kabel empat inti : hijau-kuning, coklat, hitam, abu-abu; atau biru, coklat, hitam, abu-abu;
- kabel lima inti : hijau-kuning, biru, coklat, hitam, abu-abu; atau biru, coklat, hitam, abu-abu, hitam;

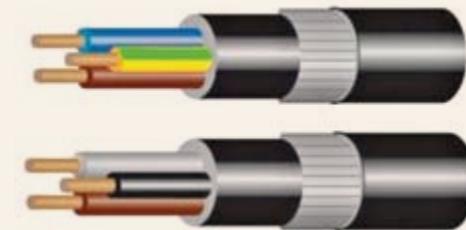
Warna harus dapat diidentifikasi dengan jelas dan tahan lama. Daya tahannya harus diperiksa dengan pengujian sesuai 1.8 IEC 60227-2 (SNI 6629.2).

CATATAN

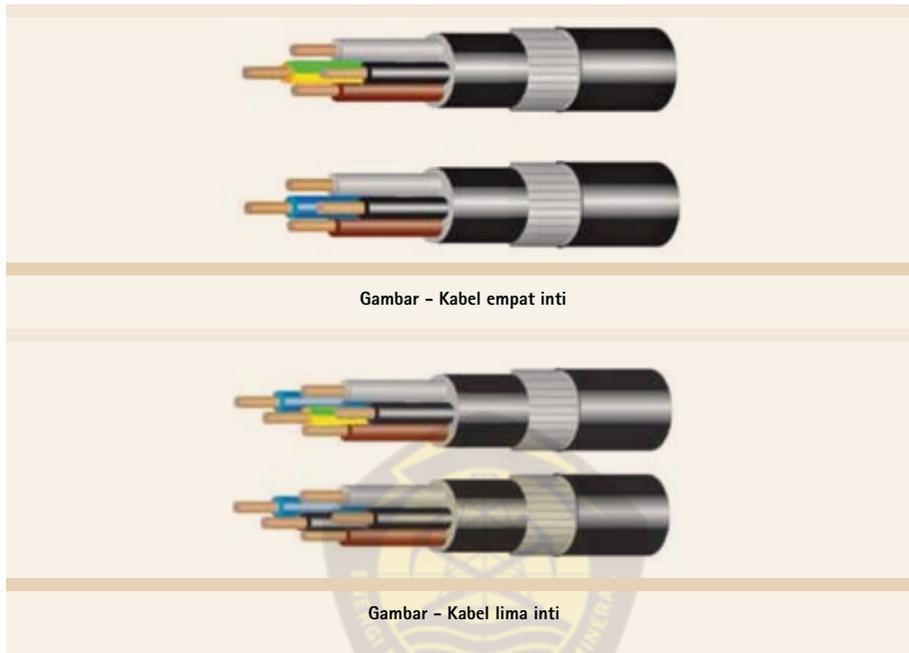
Untuk konduktor proteksi dan konduktor netral, lihat PENJELASAN 134.1.10.2.



Gambar – Kabel dua inti



Gambar – Kabel tiga inti



Gambar - Kabel empat inti

Gambar - Kabel lima inti

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

134.1.10 Penandaan dan polaritas

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

134.1.10.2 Konduktor proteksi dan konduktor netral harus bisa diidentifikasi dengan warna.

PENJELASAN

Konduktor proteksi harus berwarna loreng hijau-kuning, konduktor netral harus berwarna biru (lihat 5210 Bagian 5-52 PUIL).



Gambar - Identifikasi warna konduktor netral dan konduktor proteksi

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

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

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

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

134.1.11 Sambungan listrik

PENJELASAN

Lihat Subayat 7.11 Bagian 7 PUIL.

134.1.11.1 Semua sambungan listrik harus baik dan bebas dari gaya tarik.

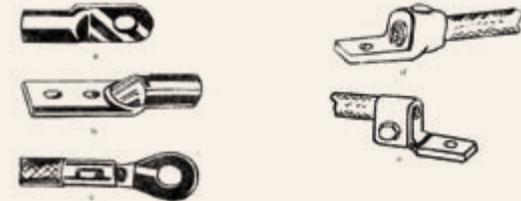
134.1.11.2 Sambungan antara konduktor serta antara konduktor dan perlengkapan listrik yang lain harus dibuat sedemikian sehingga terjamin kontak yang aman dan andal.

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

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

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

PENJELASAN



Gambar - Beberapa macam bentuk sepatu kabel

134.1.11.6 Sambungan puntir hanya dapat dilaksanakan:

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

Sambungan puntir tidak boleh dilakukan pada konduktor pembedahan.

PENJELASAN

Persyaratan sambungan puntir ini harus dipenuhi semuanya. Jika salah satu tidak terpenuhi, maka dilarang menyambung dengan sambungan puntir.

Contoh sambungan puntir dengan lasdop:



Langkah 1

Kupas kira-kira 2,5 cm insulasi dari ujung kabel yang akan disambung.

Puntir ujung kawat tanpa insulasi sedikitnya satu setengah puntiran searah jarum jam.

Langkah 2

Potong puntiran kawat hingga sambungan kawat menjadi 1,25 cm.

Langkah 3

Tutup sambungan kawat dengan lasdop dengan memuntir searah jarum jam.

Gambar - Sambungan puntir dengan lasdop

134.2 Verifikasi awal

PENJELASAN

Lihat Bagian 6 PUIL.

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

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

134.3 Verifikasi Periodik

Direkomendasikan bahwa setiap instalasi listrik dikenai verifikasi periodik.

PENJELASAN

Lihat Bagian 6 PUIL.

Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral no. 05 Tahun 2014 tentang Tata Cara Akreditasi dan Sertifikasi Ketenagalistrikan, Sertifikat Laik Operasi untuk konsumen voltase rendah berlaku paling lama 15 (limabelas) tahun, setelah itu dapat diperpanjang untuk jangka waktu yang sama. Hal ini berarti setiap 15 tahun instalasi konsumen voltase rendah harus diverifikasi ulang untuk mendapatkan Sertifikat Laik Operasi yang baru.

Bagian 2

Desain instalasi listrik



2.3 Cara perhitungan kebutuhan maksimum di sirkit utama dan sirkit cabang

2.3.1 Cara menentukan kebutuhan maksimum

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

- Dengan perhitungan, seperti dikemukakan dalam 2.3.2.
- Dengan penaksiran, seperti dikemukakan dalam 2.3.3.
- Dengan pengukuran atau pembatasan, seperti dikemukakan dalam 2.3.4.

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

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

2.3.2 Perhitungan kebutuhan maksimum di sirkit utama dan sirkit cabang

2.3.2.1 Dasar perhitungan

2.3.2.1.1 Umum

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

2.3.2.1.2 Pertimbangan khusus

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

2.3.2.1.3 Bagian campuran rumah dan bukan rumah

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

2.3.2.2 Instalasi rumah tunggal dan instalasi rumah ganda

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

CATATAN

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

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

1	2	3	4	5
Kelompok beban	Instalasi rumah tunggal atau unit petak per fase	Gedung rumah petak ^(a, b)		
		2 sampai 5 unit petak per fase	6 sampai 20 unit petak per fase	21 atau lebih petak per fase
		Beban satuan hunian		
A. Pencahayaan	2 A untuk 1 sampai 20 titik + 2 A untuk tiap tambahan 20 titik atau bagian daripadanya	6 A	5 A + 0,25 A tiap unit petak	0,5 A tiap unit petak
(i) Pencahayaan di luar kelompok (ii) dan kelompok beban H di Bawah (c, m)				
(ii) Pencahayaan luar yang melebihi 1000 W (hl)	75 % dari beban tersambung	Tidak ada perkiraan untuk tujuan kebutuhan maksimum		
B. (i) KKB dan KK yang tidak melebihi 10 A (e, m) Perlengkapan yang tersambung permanen tidak melebihi 10 A dan tidak termasuk kelompok beban lain (n).	5 A untuk 1 sampai 20 titik + 5A untuk tiap tambahan 20 titik atau bagian daripadanya	10 A + 5 A tiap unit petak	15 A + 3,75 A tiap unit petak	0,5 A + 1,9 A tiap unit petak
(ii) Untuk instalasi yang mencakup satu atau lebih KK 15 A, di luar KK yang sudah terpasang untuk menyuplai perlengkapan yang termasuk dalam kelompok C, D, E, F, G dan L (e, f)	10 A	10 A	10 A	10 A

Tabel 2.3-1 Lanjutan

1	2	3	4	5
(iii) Untuk instalasi yang mencakup satu atau lebih KK 20 A di luar KK yang sudah terpasang untuk menyuplai perlengkapan Yang termasuk dalam kelompok C, D, E, F, G dan L (e, f)	15 A	15 A	15 A	15 A
C. Dapur listrik, peranti masak, perlengkapan binatu atau KK dengan arus pengenal lebih dari 10 A untuk sambungan ke per-lengkapan tersebut (e)	50 % beban tersambung	15 A	2,8 A per unit petak	2,8 A per satuan petak
D. Perlengkapan pemanas udara atau AC, sauna yang tersambung tetap atau KK dengan arus pengenal lebih dari 10 A untuk menghubungkan perlengkapan tersebut (e,g,k).	75 % beban tersambung	75 % beban tersambung	75 % beban tersambung	75 % beban tersambung
E. Pemanas air sesaat (f)	33,3 % beban tersambung	6 A per unit petak	6 A per unit petak	100 A + 0,8 A per unit petak
F. Pemanas air tandoan (i) Beban terkendali (K)	Bila arus beban penuh lebih kecil dari nilai yang diperoleh untuk kelompok beban lain yang sesuai, tidak ada perkiraan untuk kebutuhan maksimum (k).			
(ii) Jenis lain (j)	Arus beban penuh	6 A per unit petak	6 A per unit petak	100 A + 0,8 A per unit petak
G. Pemanas Spa dan kolam renang (k)	75 % dari Spa terbesar, tambah 75 % kolam renang terbesar, tambah 25 % dari sisanya.			
Beban tidak terkait dengan hunian tunggal - tersambung pada setiap fase, (pencahayaan umum, binatu umum, lift motor dan sebagainya).				
H. Pencahayaan bersama (h,i)	Tidak berlaku	Beban tersambung penuh	Beban tersambung penuh	Beban tersambung penuh

Tabel 2.3-1 Lanjutan

1	2	3	4	5
I. KKB dan KKK tidak termasuk dalam kelompok J dan M di bawah (d..e.f perlengkapan tersambung tetap tidak melebihi 10 A.	Tidak berlaku	2 A per titik	2 A per titik	1 A per titik
J. Peranti dengan kemampuan lebih dari 10 A, dan KK untuk Penyambungan : (i) Pengering pakaian, pemanas air, mesin cuci yang dilengkapi Pemanas sendiri, ketel untuk cuci (e).	Tidak berlaku	50 % beban tersambung	50 % beban tersambung	50 % beban tersambung
(ii) Pemanas ruangan, perlengkapan pendingin udara, sauna Yang terpasang tetap (g).	Tidak berlaku	75 % beban tersambung	75 % beban tersambung	75 % beban tersambung
(iii) Pemanas Spa dan pemanas kolam renang.	Tidak berlaku	75 % dari Spa terbesar ditambah 75 % dari kolam renang yang terbesar, ditambah 25 % dari sisanya.		
K. Lift	Sesuai dengan 2.3.3.3 Tabel 2.3-2	Tidak ada perkiraan untuk perhitungan beban maksimum. Sesuai dengan 2.3.2.3 Tabel 2.3-2 untuk penentuan ukuran dari sirkit cabang.		
L. Motor	Sesuai dengan 2.3.3.3 Tabel 2.3-2 kolom 2	Sesuai dengan 2.3.2.3 Tabel 2.3-2 kolom 2.		
M. Peranti termasuk KK di luar kelompok A sampai dengan L di atas seperti penggiling keramik, mesin las, pemancar radio, mesin sinar - X dan sejenisnya.	Beban tersambung 5 A atau kurang .Tidak ada nilai perkiraan untuk menentukan kebutuhan maksimum.	Beban tersambung 10 A atau kurang. Tidak ada penilaian untuk penentuan kebutuhan maksimum.		
	Beban tersambung 5 A lebih : Diperkirakan oleh instansi pemeriksa yang berwenang	Beban tersambung diatas 10 A. Diperkirakan oleh instansi pemeriksa yang berwenang.		

CATATAN 1

Untuk Tabel 2.3-1:

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

- m) Suatu KK yang terpasang setinggi lebih dari 2,3 m di atas lantai untuk penyambungan ke suatu peranti rumah tangga yang tidak lebih dari 100 W atau suatu lumener dapat dimasukkan sebagai titik pencahayaan dalam kelompok beban A (i). Suatu peranti tidak lebih dari 100 W, yang tersambung permanen atau tersambung pada KK yang terpasang lebih dari 2,3 m di atas lantai dapat dianggap sebagai titik pencahayaan.
- n) Setiap bagian dari perlengkapan yang tidak melebihi 10 A, yang tersambung secara permanen, dapat dimasukkan dalam kelompok beban B (i) sebagai titik tambahan.

PENJELASAN

Tabel di atas berlaku untuk instalasi dimana besar beban listriknya tidak dibatasi, seperti di Australia yang menerapkan standar ini.

Di Indonesia yang bebannya dibatasi sesuai tarif PLN, maka tabel di atas tidak dapat diterapkan, karena terbatasnya arus yang dapat mengalir di instalasi tersebut.

Misalnya pelanggan 450 VA, arus yang dapat mengalir hanya 2 A, karena dibatasi oleh MCB PLN. Pelanggan 900 VA, arus yang dapat mengalir hanya 4 A. Pelanggan 2200 VA, arus yang dapat mengalir hanya 10 A.

Tabel di atas hanya dapat diterapkan untuk pelanggan besar (terutama untuk komersial dan industri) dimana besar arus yang diizinkan masih sesuai dengan penerapan tabel tersebut.

Sebelum ada revisi untuk Tabel 2.3-1, direkomendasikan luas penampang sirkit akhir minimum terutama untuk instalasi perumahan dan sejenis untuk beberapa peralatan/gawai sbb:

Pencahayaan	1,5 mm ² .
Kotak kontak	2,5 mm ² .
Pengondisi udara (AC) untuk rumah tangga dan sejenis	2,5 mm ² .

Bagian 3

Asesmen
karakteristik umum



312.2 Jenis pembumian sistem

Jenis pembumian sistem berikut diperhitungkan dalam standar ini.

CATATAN

Kode yang digunakan mempunyai arti berikut:

Huruf pertama – Berkaitan dengan sistem daya ke bumi:

T = hubungan langsung sebuah titik ke bumi;

I = semua bagian aktif diisolasi dari bumi; atau satu titik dihubungkan ke bumi melalui impedans tinggi.

Huruf kedua – Berkaitan dengan bagian konduktif terbuka (BKT) instalasi ke bumi.

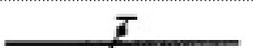
T = hubungan listrik langsung dari BKT ke bumi, tidak tergantung pada pembumian sembarang titik sistem daya.

N = hubungan listrik langsung BKT ke titik sistem daya yang dibumikan (dalam sistem a.b., titik yang dibumikan dari sistem daya secara normal adalah titik netral atau, jika titik netral tidak ada, konduktor lin).

Huruf berikutnya (jika ada) – Susunan konduktor netral dan konduktor proteksi.

S = fungsi proteksi diberikan oleh konduktor yang terpisah dari konduktor netral atau dari konduktor lin yang dibumikan (atau dalam sistem a.b. fase yang dibumikan).

C = fungsi netral dan proteksi digabung dalam konduktor tunggal (konduktor PEN).

Penjelasan simbol pada Gambar 31A1 hingga 31M menurut IEC 60617-11	
	Konduktor netral (N), konduktor titik tengah (M)
	Konduktor proteksi (PE)
	Gabungan konduktor proteksi dan konduktor netral (PEN)

312.2.1 Sistem TN

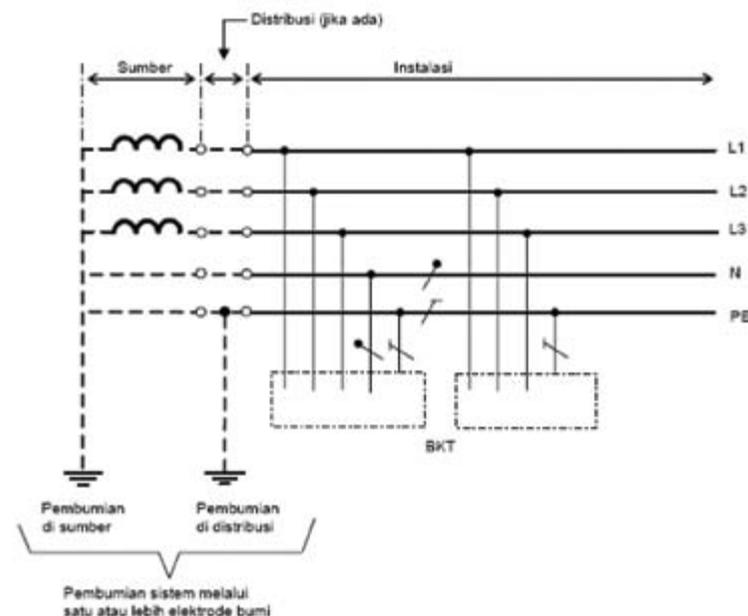
312.2.1.1 Sistem sumber tunggal

Sistem daya TN mempunyai satu titik yang dibumikan langsung pada sumber, BKT instalasi dihubungkan ke titik tersebut melalui konduktor proteksi. Tiga jenis sistem TN dipertimbangkan sesuai susunan konduktor netral dan proteksi, sebagai berikut:

- sistem TN-S, digunakan konduktor proteksi yang terpisah pada seluruh sistem (lihat Gambar 31A1).

CATATAN

Untuk simbol, lihat penjelasan yang diberikan pada 312.2.



CATATAN Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

Gambar 31A1 – Sistem TN-S dengan konduktor netral dan konduktor proteksi terpisah pada seluruh sistem

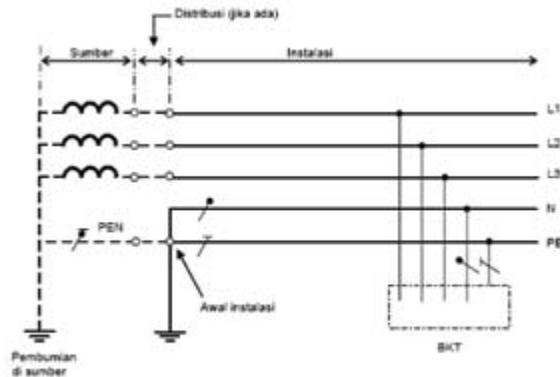
PENJELASAN

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 digabung pada satu konduktor PEN. Contoh: jaringan distribusi PLN.

Pada sistem TN-C-S, fungsi konduktor netral dan konduktor proteksi digabungkan dalam konduktor tunggal pada sebagian sistem (lihat Gambar 31B2).

CATATAN

Untuk simbol lihat penjelasan yang diberikan pada 312.2



CATATAN Pembumian tambahan dari PEN pada distribusi dan PE pada instalasi dapat diberikan.

Gambar 31B2 – Sistem TN-C-S trifase, 4-kawat dengan PEN terpisah menjadi PE dan N di awal instalasi (lazim di Indonesia)

PENJELASAN

Sistem ini adalah sistem yang paling lazim di Indonesia.

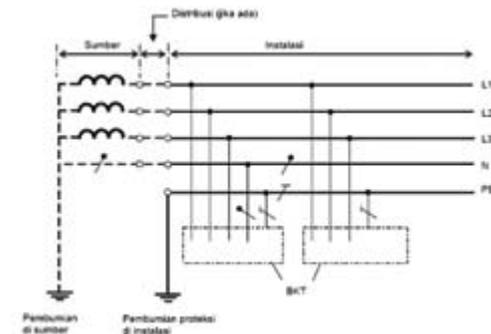
Ciri-ciri sistem TN-C-S:

- satu titik sumber dibumikan (kode T);
- BKT (Bagian Konduktif Terbuka) dihubungkan ke konduktor PE yang tergabung dengan konduktor N, untuk kemudian dibumikan (kode N);
- konduktor proteksi PE dan konduktor netral N dari sumber (PLN) digabung menjadi satu konduktor PEN (kode C);
- konduktor PE dan konduktor N pada instalasi pelanggan terpisah (kode S), tapi dihubungkan di satu titik, biasanya di panel pelanggan (biasa disebut "dijumper"). Pada Gambar dihubungkan di titik awal instalasi;
- jadi merupakan kombinasi antara sistem TN, C dan S, karena itu dinamakan TN-C-S.

BKT (Bagian Konduktif Terbuka - *exposed conductive part*) adalah bagian konduktif perlengkapan yang dapat disentuh dan yang secara normal tidak bertegangan, tetapi dapat menjadi bertegangan bila insulasi dasar gagal (terjadi hubung pendek). BKT dapat berupa selungkup atau bodi peralatan/perlengkapan.

312.2.2 Sistem TT

Sistem TT hanya mempunyai satu titik yang dibumikan langsung dan BKT instalasi dihubungkan ke elektrode bumi yang independen secara listrik dari elektrode bumi sistem suplai (lihat Gambar 31F1).



CATATAN Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

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

PENJELASAN

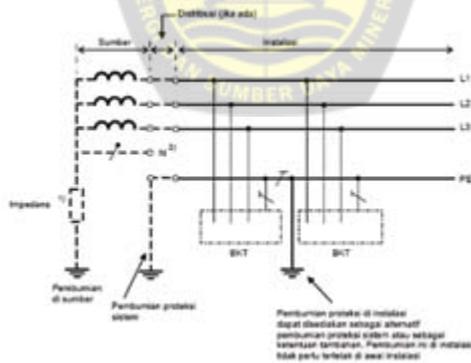
Sistem ini adalah sistem yang lazim di Eropa. Di Indonesia, terutama digunakan untuk instalasi yang banyak memakai perangkat elektronik atau komunikasi..

Ciri-ciri sistem TT:

- satu titik sumber dibumikan (kode T);
- BKT dihubungkan ke konduktor PE untuk kemudian langsung dibumikan tanpa dihubungkan ke konduktor N (kode T);
- 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.

312.2.3 Sistem IT

Sistem daya IT mempunyai semua bagian aktif diisolasi dari bumi atau satu titik dihubungkan ke bumi melalui impedans. BKT instalasi listrik dibumikan secara independen atau secara kolektif atau ke pembumian sistem menurut 411.6 Bagian 4-41 (lihat Gambar 31G1).



CATATAN Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

- 1) Sistem dapat dihubungkan ke bumi melalui impedans yang cukup tinggi. Hubungan ini dapat dilakukan misalnya pada titik netral, titik netral buatan, atau konduktor lin.
- 2) Konduktor netral dapat didistribusikan atau tidak didistribusikan.

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

PENJELASAN

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:

- sumber diisolasi atau dihubungkan dengan impedans yang cukup tinggi terhadap bumi, sehingga dapat dianggap diisolasi juga (kode I).
- BKT dihubungkan ke konduktor PE untuk kemudian langsung dibumikan tanpa dihubungkan ke konduktor N (kode T);
- konduktor PE dan konduktor N instalasi terpisah di seluruh instalasi.
- konduktor N dapat didistribusikan (lazim di Indonesia) atau tidak didistribusikan di seluruh instalasi.

PENJELASAN

Sistem pembumian TN-C-S, TT dan IT seperti di atas adalah 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 konduktor proteksi), 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.

Sistem pembumian arus searah juga belum lazim di Indonesia.

Rekomendasi pemilihan sistem TT, TN dan IT dijelaskan dalam Lampiran F Bagian 4-41 seperti di bawah ini.

Rekomendasi pemilihan sistem TT, TN dan IT

Jenis pembumian sistem	Proteksi tambahan terhadap sentuh langsung	Gawai proteksi untuk sentuh tak langsung	Gawai proteksi untuk bahaya kebakaran	Rekomendasi	Contoh penerapan
1.Sistem TT	GPAS \leq 30 mA	GPAS	GPAS \leq 500 mA	Bila proteksinya lengkap, direkomendasikan untuk instalasi dengan risiko bahaya dan gangguan paling kecil, termasuk masalah kesesuaian elektromagnet (KEM atau EMC)	Semua bangunan perkantoran dan industri yang memerlukan instalasi yang handal, termasuk gedung pintar dan industri komputer, elektronik, telekomunikasi.
2.Sistem TN-S	GPAS \leq 30 mA	GPAL atau GPAS	GPAS \leq 500 mA	Seperti sistem TT	Seperti sistem TT
3.Sistem TN-C	Tidak bisa	GPAL	Tidak bisa	Dilarang karena risiko sentuh langsung dan kebakaran tinggi serta mempunyai masalah KEM	
4.Sistem TN-C-S	GPAS \leq 30 mA	GPAL atau GPAS	GPAS \leq 500 mA	Dengan konduktor netral dihubungkan dengan konduktor proteksi di PHBK konsumen, serta dibumikan, merupakan sistem yang umum berlaku di Indonesia	Untuk rumah tangga, industri dan perkantoran yang tidak peka terhadap masalah KEM.
5.Sistem IT	GPAS \leq 30 mA	Gawai monitor insulasi GPAL atau GPAS	GPAS \leq 500 mA	Direkomendasikan jika kontinuitas suplai menjadi kebutuhan utama	Untuk ruang khusus di rumah sakit, dan industri atau perkantoran khusus
Keterangan					
a) GPAS: Gawai Proteksi Arus Sisa; GPAL: Gawai Proteksi Arus Lebih.					
b) Untuk proteksi dengan mempergunakan lebih dari satu jenis gawai proteksi, maka perlu diperhatikan koordinasinya.					

314.1 Setiap instalasi harus dibagi dalam sirkit, jika diperlukan, untuk:

- mencegah bahaya dan meminimalkan kesulitan jika terjadi gangguan;
- memfasilitasi inspeksi, pengujian dan pemeliharaan yang aman (lihat juga Bagian 5-53);
- memperhitungkan bahaya yang mungkin timbul dari kegagalan sirkit tunggal seperti sirkit pencahayaan;
- mengurangi kemungkinan trip yang tak diinginkan dari GPAS karena arus konduktor PE yang berlebihan
- yang tidak disebabkan gangguan;
- mengurangi efek EMI;
- mencegah energisasi tak langsung pada sirkit yang dimaksudkan akan diisolasi.

PENJELASAN

Pembagian instalasi harus memperhatikan Subayat 511.2.5, Pengelompokan perlengkapan sirkit dari Bagian 5-511 PUIL sbb:

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

- kelompok perlengkapan instalasi daya sebaiknya terpisah dari kelompok perlengkapan instalasi pencahayaan;
- kelompok perlengkapan fase tunggal, fase dua, dan fase tiga merupakan kelompok sendiri sendiri yang terpisah".



Bagian 4 - 41

Proteksi untuk
keselamatan -
Proteksi terhadap
kejut listrik

410.3.3 Dalam setiap bagian instalasi harus diterapkan satu atau lebih tindakan proteksi, dengan memperhitungkan kondisi pengaruh eksternal.

Tindakan proteksi berikut biasanya diizinkan:

- diskoneksi otomatis suplai (Ayat 411),
- insulasi dobel atau diperkuat (Ayat 412),
- separasi listrik untuk suplai dari satu pemanfaat listrik (Ayat 413),
- voltase ekstra rendah (SELV atau PELV) (Ayat 414).

Tindakan proteksi yang diterapkan dalam instalasi harus dipertimbangkan pada pemilihan dan pemasangan perlengkapan.

Untuk instalasi tertentu lihat 410.3.4 hingga 410.3.9.

CATATAN

Dalam instalasi listrik tindakan proteksi yang paling banyak digunakan adalah diskoneksi otomatis suplai.

410.3.5 Tindakan proteksi yang ditentukan dalam Lampiran B, yaitu penggunaan perintang dan penempatan di luar jangkauan, hanya digunakan dalam instalasi yang dapat diakses oleh

- personel terampil atau terlatih, atau
- personel yang diawasi oleh personel terampil atau terlatih.

410.3.6 Tindakan proteksi, yang ditentukan dalam Lampiran C, yaitu

- lokasi nonkonduktif,
 - ikatan ekuipotensi lokal bebas bumi,
 - separasi listrik untuk suplai lebih dari satu pemanfaat listrik,
- dapat diterapkan hanya jika instalasi berada di bawah supervisi personel terampil atau terlatih sedemikian sehingga perubahan tidak sah tidak dapat dilakukan.

PENJELASAN

Hal ini berarti tindakan proteksi sesuai Lampiran B dan C tidak dapat diterapkan pada instalasi rumah tangga dan sejenis, karena tidak ada personel terampil atau terlatih.

411.1 Umum

Diskoneksi otomatis suplai adalah tindakan proteksi yang:

- proteksi dasar diberikan dengan insulasi dasar bagian aktif atau dengan penghalang atau selungkup, sesuai dengan Lampiran A, dan
- proteksi gangguan diberikan dengan ikatan ekuipotensi proteksi dan diskoneksi otomatis dalam hal gangguan sesuai dengan 411.3 hingga 411.6.

CATATAN 1

Jika tindakan proteksi ini diterapkan, dapat juga digunakan perlengkapan Kelas II.

Jika ditentukan, proteksi tambahan diberikan dengan gawai proteksi arus sisa (GPAS) dengan arus operasi sisa pengenal tidak melebihi 30 mA sesuai dengan 415.1.

PENJELASAN

Mengapa nilai arus sampai sebesar 30 mA a.b., dianggap batas aman bagi manusia?

Acuannya adalah Technical Specification IEC/TS 60479-1, yang memberikan pedoman dasar pada efek arus kejutan listrik pada manusia dan ternak, untuk digunakan menetapkan persyaratan keselamatan listrik.

Untuk menghindari kesalahan dalam interpretasi dokumen ini, harus ditekankan bahwa data yang diberikan dalam dokumen utamanya berdasar pada eksperimen dengan hewan dan informasi yang tersedia dari observasi klinis. Hanya beberapa eksperimen dengan arus kejutan berdurasi singkat dilakukan pada manusia hidup.

Dalam bukti yang tersedia, kebanyakan berasal dari riset terhadap hewan, nilai-nilainya sedemikian konservatif sehingga dokumen ini berlaku pada manusia dalam kondisi fisiologis normal, termasuk anak-anak, tidak tergantung usia dan beratnya.

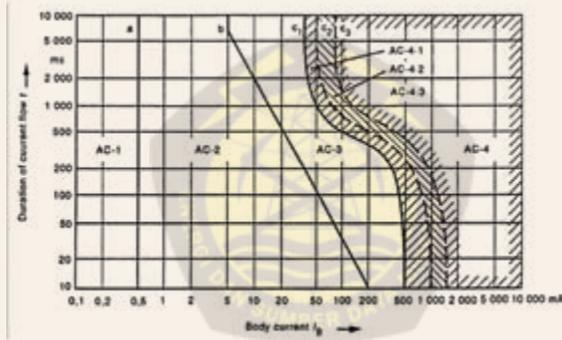
Dari penelitian dalam IEC/TS 60479-1 itu, secara garis besar diperoleh data, antara lain sebagai berikut:

1. Nilai impedans tubuh manusia,

Batas voltase sentuh adalah fungsi impedans tubuh. Nilai impedans tubuh yang sesuai yang digunakan merupakan fungsi dari beberapa faktor. Pemilihan nilai yang tepat mempertimbangkan yang berikut:

- jenis sumber daya (a.b. atau a.s.); dan
- besarnya voltase sentuh; dan
- lintasan arus melalui tubuh (tangan ke tangan, atau kedua tangan ke kedua kaki, atau satu tangan ke kursi); dan
- luas area kontak dengan kulit; dan
- kondisi area kontak kulit (basah air garam, basah air dan kering).

2. Berdasarkan penelitian atas ketahanan manusia dan ternak terhadap pengaruh besarnya arus listrik yang mengalir pada tubuh manusia dan ternak diperoleh grafik: Durasi arus yang mengalir (ms) vs Nilai arus yang mengalir (mA), sbb:



Gambar 20 (IEC 60479-1) – Zona Waktu/Arus konvensional efek arus a.b. (15 Hz –100 Hz) pada manusia untuk lintasan arus dari tangan kiri ke kaki

Keterangan :

Zona	Batas	Efek Fisiologis
AC-1	s/d 0,5 mA kurva a	Pada umumnya tidak ada reaksi atau kesemutan ringan
AC-2	0,5 mA s/d kurva b*	Ada getaran kejut, tapi tidak ada efek fisiologis yang membahayakan
AC-3	Kurva b s/d kurva c1	Umumnya tidak ada kerusakan organis. Ada kejang otot dan kesulitan pernafasan
AC-4	Diatas kurva c1	Penambahan durasi waktu Et nilai arus akan menambah efek patofisiologis yang berbahaya, semacam jantung berhenti, pernafasan berhenti, terbakar parah dapat terjadi.
AC-4.1	c1 – c2	Probabilitas jantung berhenti bertambah s/d 5 %.
AC-4.2	c2 – c3	Probabilitas jantung berhenti s/d 50 %.
AC-4.3	Diatas kurva c3	Probabilitas jantung berhenti diatas 50 %.

*Untuk durasi aliran arus kurang dari 10 ms, batas untuk arus melalui tubuh, untuk garis b tetap konstan pada nilai 200 mA.
 Dari grafik tersebut nampak bahwa nilai ambang batas arus aman (threshold current) = 30 mA.
 Kurva c1, merupakan kurva yang paling penting, karena merupakan ambang batas pengaruh besar arus yang mengalir dalam tubuh manusia yang mulai menimbulkan bahaya kejut listrik terhadap jantung manusia, yang dapat mengakibatkan kematian.

CATATAN

Monitor arus sisa (MAS) bukan gawai proteksi tetapi gawai ini dapat digunakan untuk memantau arus sisa pada instalasi listrik. MAS menghasilkan sinyal bunyi atau sinyal bunyi dan visual bila nilai arus sisa prapilih dilampaui.

411.3.3 Proteksi tambahan

Dalam sistem a.b., proteksi tambahan dengan sarana GPAS sesuai dengan 415.1 harus dipasang untuk

- kotak kontak dengan arus pengenal tidak melebihi 20 A untuk digunakan oleh orang awam dan dimaksudkan untuk penggunaan umum; dan

CATATAN

Pengecualian dapat dilakukan untuk:

- kotak kontak untuk digunakan di bawah supervisi tenaga terampil atau terlatih, misalnya dalam beberapa lokasi komersial atau industri, atau
- disediakan kotak kontak spesifik untuk hubungan jenis khusus perlengkapan.
- perlengkapan mobil dengan arus pengenal tidak melebihi 32 A untuk pasangan luar.

PENJELASAN

Pemasangan GPAS untuk keperluan proteksi ini, dapat dilakukan pada PHB diawal instalasi (sesuai standar SNI 04-6956.1-2003 dan SNI 04-6956.2.1-2005, yang dinyatakan sebagai SNI wajib) maupun di setiap masing-masing kotak kontak (sesuai standar IEC 62640, Ed.1).

SNI 04-6956.1-2003 dan SNI 04-6956.2.1-2005 merupakan standar GPAS berjenis RCCB, yaitu GPAS tanpa proteksi arus lebih terpadu untuk pemakaian rumah tangga dan sejenisnya.



Gambar RCCB – Contoh GPAS untuk proteksi beban rumah tangga

GPAS yang dipasang dapat yang berjenis ;

- a. yang beroperasi tak bergantung pada voltase lin (jenis VI - *Voltage Independent*), atau
- b. yang beroperasi bergantung pada voltase lin (jenis VD - *Voltage Dependent*).

Selain jenis di atas, ada jenis lain yaitu RCBO, GPAS dilengkapi dengan proteksi arus lebih terpadu (IEC 61009) dan GPAS yang biasa digunakan untuk industri yang dikenal sebagai CBR berdasarkan IEC 60947-2.

Pada perlengkapan mobil pasangan luar, dapat dipasang GPAS sesuai dengan standar IEC 61540, Ed 1.1

Untuk pemilihan GPAS menurut metode penerapannya, lihat ayat 531.2.2 (6.7.2.2.2)

411.4.3 Pada instalasi magun, konduktor tunggal dapat berfungsi sebagai konduktor proteksi maupun sebagai konduktor netral (konduktor PEN) asalkan persyaratan 543.3 dari IEC 60364-5-54 dipenuhi. Tidak boleh disisipkan gawai sakelar atau gawai isolasi pada konduktor PEN.

Sistem TN-C dilarang, maka tidak boleh digunakan konduktor PEN setelah PHBK, kecuali hanya untuk sirkit masuk.

PENJELASAN

Konduktor PEN hanya boleh digunakan untuk sirkit masuk, yaitu sirkit antara panel PLN dan panel pelanggan.

411.4.4 Karakteristik gawai proteksi (lihat 411.4.5) dan impedans sirkit harus memenuhi persyaratan berikut:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

dengan

Z_s adalah impedans dalam ohm (Ω) dari lingkaran gangguan yang terdiri atas:

- sumber,
- konduktor lin hingga titik gangguan, dan
- konduktor proteksi antara titik gangguan dan sumber;

I_a adalah arus dalam Ampere (A) yang menyebabkan operasi otomatis gawai diskoneksi dalam waktu yang ditentukan dalam 411.3.2.2 atau 411.3.2.3. Bila GPAS digunakan, arus ini adalah arus sisa operasi menyebabkan diskoneksi dalam waktu yang ditentukan dalam 411.3.2.2 atau 411.3.2.3.

U_0 adalah voltase nominal dalam volt (V) a.b. atau a.s. lin ke bumi.

CATATAN

Jika kesesuaian dengan subayat ini diberikan oleh GPAS, waktu diskoneksi sesuai Tabel 41.1 berkaitan dengan arus gangguan sisa prospektif lebih tinggi secara signifikan dari arus sisa operasi GPAS (biasanya $5 I_{\Delta n}$)

411.4.5 Dalam sistem TN, gawai proteksi berikut dapat digunakan untuk proteksi gangguan (proteksi terhadap sentuh tak langsung):

- gawai proteksi arus lebih (GPAL);
- gawai proteksi arus sisa (GPAS).

CATATAN 1

Bila GPAS digunakan untuk proteksi gangguan sirkit sebaiknya juga diproteksi dengan GPAL sesuai IEC 60364-4-43.

GPAS tidak boleh digunakan dalam sistem TN-C

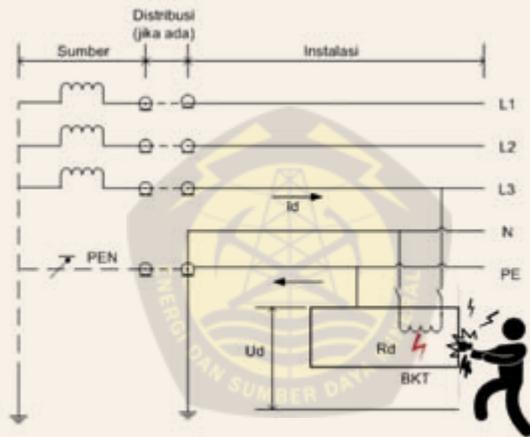
Bila GPAS digunakan dalam sistem TN-C-S, konduktor PEN tidak boleh digunakan pada sisi beban. Hubungan konduktor proteksi ke konduktor PEN harus dilakukan pada sisi sumber GPAS.

CATATAN 2

Bila diperlukan diskriminasi antar GPAS, lihat 535.3 Bagian 5-53.

PENJELASAN

Bila terjadi kegagalan insulasi, arus gangguan I_d hanya dibatasi oleh impedans dari kabel lingkaran gangguan (lihat Gambar)



Gambar 31B2 – Sistem TN-C-S trifase, 4 kawat dengan PEN terpisah menjadi PE dan N di awal instalasi (lazim di Indonesia)

dengan

- R_{ph} = impedans lin
- R_{PE} = impedans konduktor proteksi
- R_d = impedans hubung pendek, dianggap = 0
- Z_s = impedans lingkaran gangguan = $R_s + R_{ph} + R_{PE}$

KETERANGAN :

Bila terjadi kegagalan insulasi lin – netral,

Besarnya arus gangguan $I_d = 230 V/Z_s$, dimana pada umumnya nilai Z_s sangat kecil, sehingga arus gangguan I_d punya nilai besar, dalam kisaran diatas 1 000 A.

Bila dipasang GPAL sebagai gawai proteksi dan terjadi gangguan maka diperlukan arus gangguan sebesar minimal sebesar $5 \times I_n$ GPAL yang terpasang (untuk jenis C), agar GPAL (MCB) tersebut dapat bekerja sebagai Gawai Proteksi Hubung Pendek sehingga trip.

Trip sesaat MCB, sesuai SNI 04-6507.1-2002

Tabel 2 – Julat trip sesaat

Type	Julat
B	Diatas $3 I_n$ sampai dengan $5 I_n$
C	Diatas $5 I_n$ sampai dengan $10 I_n$
C _L	Diatas $4 I_n$ sampai dengan $6 I_n$
D	Diatas $10 I_n$ sampai dengan $20 I_n$ ^a

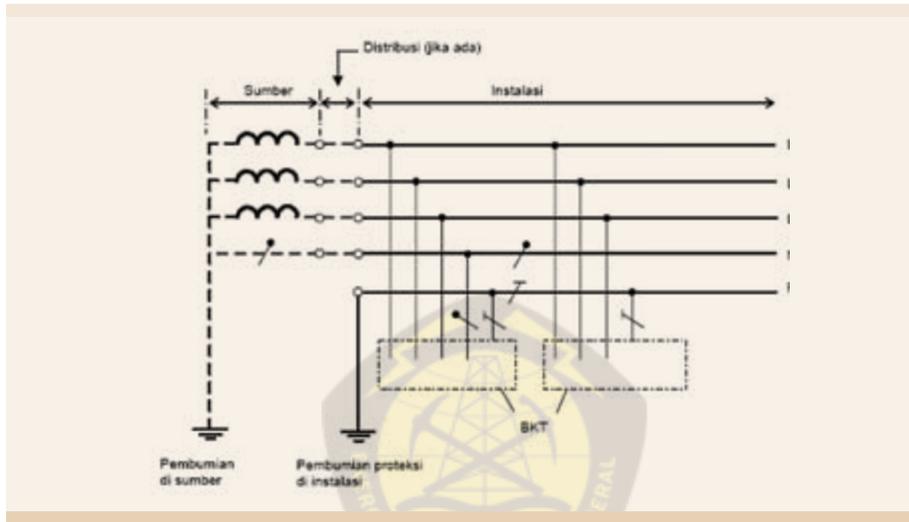
^a Untuk kasus khusus dapat digunakan nilai sampai $50 I_n$

Diskoneksi dapat dilakukan dengan GPAL, dengan waktu pemutusan maksimum seperti dalam Tabel 41.1.

Selain itu harus dipasang proteksi dengan GPAS ≤ 30 mA, sesuai subayat 415.1

411.5 Sistem TT

Lihat Gambar 31F.1 Bagian 3.



411.5.1 Semua BKT yang secara kolektif diproteksi oleh gawai proteksi yang sama harus dihubungkan dengan konduktor proteksi ke elektrode bumi bersama pada semua bagian tersebut. Jika digunakan beberapa gawai proteksi dalam seri, persyaratan ini berlaku secara terpisah pada semua BKT yang diproteksi oleh masing-masing gawai.

Titik netral atau titik tengah dari sistem suplai daya harus dibumikan. Jika titik netral atau titik tengah tidak ada atau tidak dapat diakses, konduktor lin harus dibumikan.

411.5.2 Dalam sistem TT, GPAS harus digunakan untuk proteksi gangguan (proteksi sentuh tak langsung).

Selain GPAS untuk proteksi gangguan, sirkuit harus juga diproteksi dengan GPAL sesuai Bagian 4-43.

CATATAN

Penggunaan gawai proteksi yang dioperasikan oleh voltase gangguan tidak tercakup dalam standar ini.

411.5.3 Bila digunakan GPAS untuk proteksi gangguan, kondisi berikut harus dipenuhi:

- waktu diskoneksi seperti disyaratkan oleh 411.3.2.2 atau 411.3.2.4, dan
- $R_A \times I_{\Delta n} \leq 50 \text{ V}$ dengan R_A adalah jumlah resistans dalam Ω dari elektrode bumi dan konduktor proteksi untuk BKT, $I_{\Delta n}$ adalah arus operasi sisa GPAS.

CATATAN 1

Proteksi gangguan dalam hal ini dilengkapi juga jika impedans gangguan tidak dapat diabaikan.

CATATAN 2

Jika diperlukan diskriminasi antar GPAS lihat 535.3 dari IEC 60364-5-53.

CATATAN 3

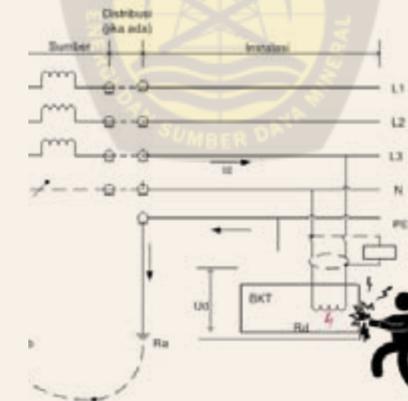
Jika R_A tidak diketahui, hal ini dapat diganti dengan Z_0 .

CATATAN 4

Waktu diskoneksi sesuai Tabel 41.1 berkaitan dengan arus gangguan sisa lebih tinggi signifikan dari arus operasi sisa pengenal dari GPAS (biasanya $5 I_{\Delta n}$).

PENJELASAN

Bila terjadi kegagalan insulasi, arus gangguan I_0 dibatasi oleh impedans dari kabel gangguan dan R_0 dan R_0 , dimana R_0 dan R_0 jauh lebih besar dari impedans lingkaran gangguan.



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

dengan

- U_o : voltase lin – netral
- U_d : voltase gangguan – bumi
- I_d : arus gangguan
- R_a : resistans PE
- R_b : resistans pembumian
- R_A : $R_a + R_b$

KETERANGAN :

Dengan persyaratan $R_A \times I_{\Delta n} \leq 50$ V, maka hal ini dapat dipenuhi oleh GPAS, karena $I_{\Delta n}$ sangat kecil, hanya 30 mA.

PERTANYAAN :

Mengapa voltase sentuh (U_t) yang dianggap aman ,dalam kondisi kering adalah 50 V a.b ?

PENJELASAN:

Dari hasil penelitian dalam IEC/TS 60479-1, diperoleh nilai Impedans tubuh yang tidak linear dan Grafik Waktu- Arus (Zona Waktu/Arus konvensional efek arus a.b. (15 Hz -100 Hz pada orang untuk lintasan arus dari tangan kiri ke kaki).

Untuk lintasan arus melalui tubuh manusia, bahaya kepada manusia terutama tergantung kepada besaran dan durasi aliran arus.

Namun, zona waktu-arus yang ditentukan dalam ayat-ayat berikut, dalam beberapa kasus, tidak dapat diterapkan langsung dalam praktik untuk mendesain tindakan proteksi terhadap kejut listrik.

Kriteria yang diperlukan adalah batas voltase sentuh yang diizinkan (yaitu perkalian arus yang melalui tubuh, yang disebut arus sentuh dan impedans tubuh) sebagai fungsi waktu.

Dengan menggunakan data dari IEC/TS 60479-1, IEC/TS 60479-5 memberikan metodologi yang digunakan untuk menghitung voltase sentuh, dengan menerapkan hukum Ohm antara ambang batas arus yang berbeda-beda berkaitan dengan efek fisiologis yang berbeda-beda dan impedans tubuh terkait dengan variasi lintasan arus melalui tubuh, luas kontak, kelembaban kulit pada kontak tersebut dan pada jenis arus (a.b. atau a.s.).

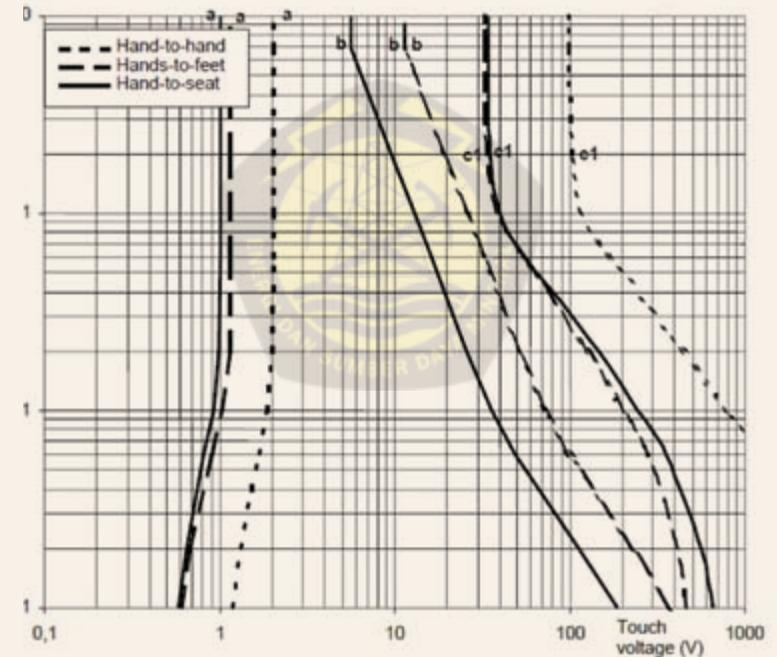
Dalam penjelasan ini hanya dibahas voltase a.b. dengan frekuensi 50/60 Hz.

Diperoleh grafik Waktu-Voltase sentuh yang bervariasi berdasarkan :

- Kondisi kelembaban kulit di titik kontak (kering, basah air dan basah air garam);
- Luas area kontak (besar, medium dan kecil);
- Lintasan arus dalam tubuh (tangan ke tangan, tangan ke kaki dan tangan ke kursi).

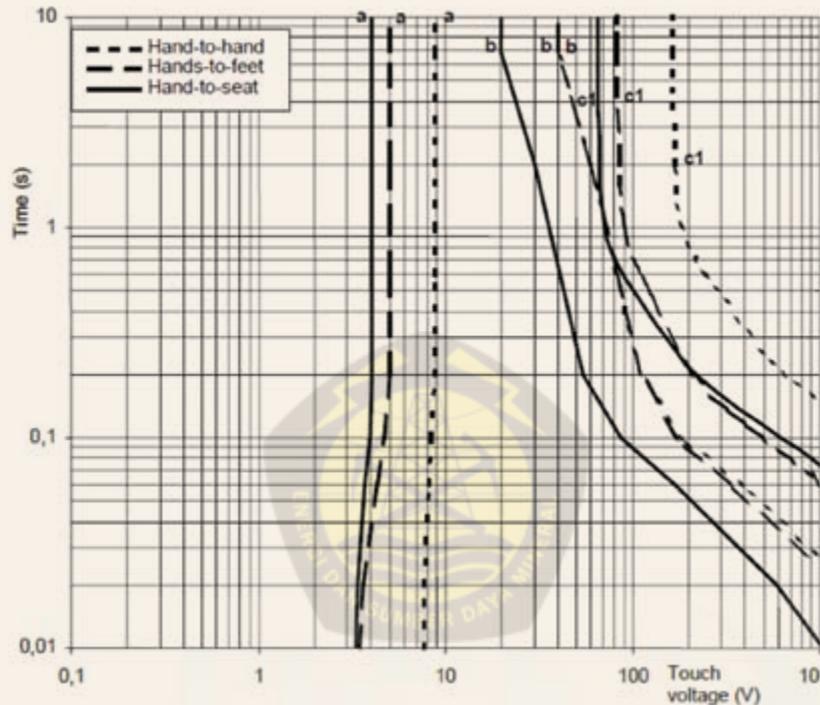
Dalam penjelasan ini hanya diambil dua (2) contoh grafik Waktu-Voltase sentuh dalam kondisi kering dengan luas area kontak besar dan medium.

Diambil nilai grafik c1, pada durasi waktu maksimum yaitu $t = 10$ detik.



Gambar 11 - (IEC 60479-5) Zona Waktu-Voltase konvensional dari efek arus a.b. (50/60 Hz) pada orang untuk kondisi kering dan area kontak besar.

Dari gambar diatas, pada kondisi kering dan area kontak besar (± 100 cm²), ambang batas voltase sentuh yang berbahaya pada kondisi yang "paling aman", dibawah kurva c1, adalah sebesar 35 V, pada lintasan arus dari "tangan ke kaki"



Gambar 12 - (IEC 60479-5) Zona Waktu-Voltase konvensional dari efek arus a.b. (50/60 Hz) pada orang untuk kondisi kering dan area kontak medium.

Dari gambar diatas, pada kondisi kering dan area kontak medium ($\pm 10 \text{ cm}^2$), ambang batas voltase sentuh yang berbahaya pada kondisi yang "paling aman", dibawah kurva c1, adalah sebesar 65 V, pada lintasan arus dari " tangan ke kursi"

Dari dua (2) nilai voltase sentuh tersebut, yaitu 35 V dan 65 V, IEC mengambil nilai tengah nya sebesar 50 V sebagai nilai Voltase sentuh yang aman, dalam kondisi kering dengan luas area kontak medium - besar ($10 \text{ cm}^2 - 100 \text{ cm}^2$).

Dengan dasar IEC/TS 60479-1 dan IEC/TS 60479-2, IEC/TS 61201 memberikan hubungan antara Voltase sentuh vs Luas area kontak, yang berkaitan dengan kondisi kurva a, kurva b dan kurva c1.

Tabel 1 (IEC 61201)
Contoh area kontak maksimum berkaitan dengan voltase sentuh a.b. yang diberikan.

Voltase sentuh V a.b. r.m.s	Kondisi kelembaban	Lintasan arus tubuh	Luas maks. sentuh untuk ambang batas voltase sentuh* untuk kurva a** cm^2	Luas maks. sentuh untuk ambang batas voltase sentuh* untuk kurva b** cm^2	Luas maks. sentuh untuk ambang batas voltase sentuh* untuk kurva c1** cm^2
15	Basah air	Tangan ke tangan	1	26	>100
		Kedua tangan ke kaki	<1	26	>100
		Tangan ke kursi	<1	9	>100
15	Basah air garam	Tangan ke tangan	<1	3	>100
		Kedua tangan ke kaki	<1	3	>100
		Tangan ke kursi	<1	<1	>100
16	Basah air	Tangan ke tangan	<2	25	>100
		Kedua tangan ke kaki	<1	25	>100
		Tangan ke kursi	<1	8	>100
25	Basah air	Tangan ke tangan	<1	12	>100
		Kedua tangan ke kaki	<1	12	80
		Tangan ke kursi	<1	3	>100
25	Basah air garam	Tangan ke tangan	<1	1	>100
		Kedua tangan ke kaki	<1	1	40
		Tangan ke kursi	<1	<1	100
30	Kering	Tangan ke tangan	1	20	>100
		Kedua tangan ke kaki	<1	20	90
		Tangan ke kursi	<1	4	>100
33	Basah air	Tangan ke tangan	<1	7	>100
		Kedua tangan ke kaki	<1	7	45
		Tangan ke kursi	<1	<2	60
33	Kering	Tangan ke tangan	<2	16	>100
		Kedua tangan ke kaki	1	16	80
		Tangan ke kursi	<1	<4	85
50	Kering	Tangan ke tangan	<1	8	>100
		Kedua tangan ke kaki	<1	8	35
		Tangan ke kursi	<1	1	30
55	Kering	Tangan ke tangan	<1	6	>100
		Kedua tangan ke kaki	<1	6	30
		Tangan ke kursi	<1	<1	25

*Luas kontak maksimum yang dapat ditoleransi untuk tiap kontak tunggal dengan permukaan konduktif. Untuk kedua tangan ke kaki, area adalah per tangan dan per kaki. Untuk tangan ke kursi, area adalah kontak tangan saja. Kontak kursi dianggap sangat besar, tak tergantung pada kontak tangan.
**Tabel ini mengacu pada:
- kurva a pada Gambar 20 IEC/TS 60479-1;
- kurva b pada Gambar 20 IEC/TS 60479-1;
- kurva c1 pada Gambar 20 IEC/TS 60479-1.

Untuk lebih rinci dan lengkap lihat IEC 60479-5 dan IEC 61201.

Sebagai pedoman maka batas voltase yang aman untuk manusia adalah 50 V untuk kondisi kering dan 25 V untuk kondisi basah.

411.5.4 Untuk sistem TT, GPAL tidak boleh digunakan sebagai proteksi terhadap sentuh tak langsung.

PENJELASAN

Bila dipasang GPAL sebagai gawai proteksi dan terjadi gangguan maka diperlukan arus gangguan sebesar minimal $5 \times I_n$ GPAL yang terpasang (untuk tipe C), agar GPAL (MCB) tersebut dapat trip (Lihat PENJELASAN 411.4.5)

Misal instalasi mendapat suplai dari PLN, dimana GPAL PLN yang terkecil adalah $I_n = 2 \text{ A}$, sehingga GPAL tersebut akan trip pada arus sebesar $5 \times I_n = 10 \text{ A}$.

Pada konfigurasi instalasi TT, bila terjadi gangguan

$$R_A \times I_d \leq 50 \text{ V}$$

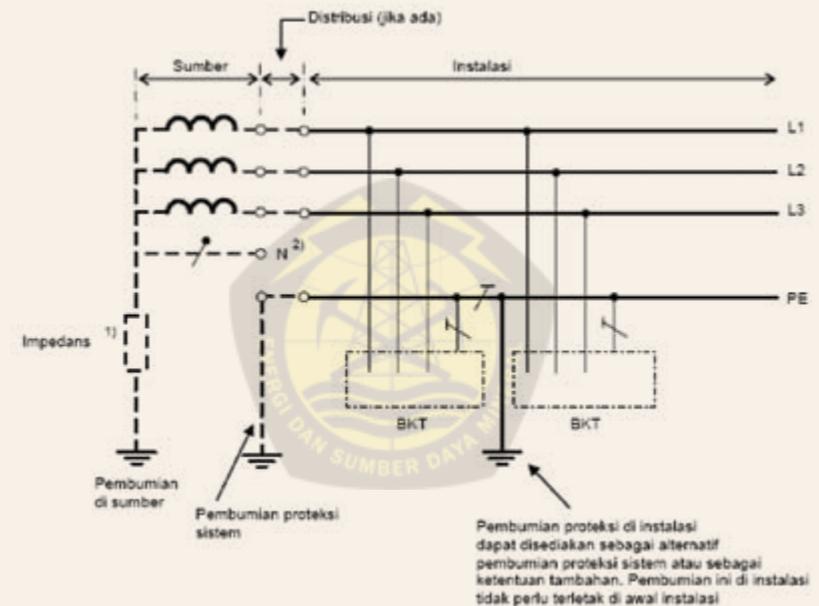
Dengan $I_d =$ arus gangguan sebesar 10 A, diperlukan nilai $R_A \leq 5 \Omega$, atau $R_a =$ resistans PE dan $R_b =$ resistans elektrode bumi = 2,5 Ω , suatu nilai yang sulit diperoleh untuk kondisi tanah normal.

Dengan demikian GPAL tidak dapat digunakan untuk proteksi sentuh tak langsung, dalam system TT.

411.6 Sistem IT

Lihat Gambar 31G1 Bagian 3.

PENJELASAN



CATATAN

Pembumian tambahan dari PE pada instalasi dapat diberikan.

1. Sistem dapat dihubungkan ke bumi melalui impedans yang cukup tinggi. Hubungan ini dapat dilakukan misalnya pada titik netral, titik netral buatan, atau konduktor lin.
2. Konduktor netral dapat didistribusikan atau tidak didistribusikan.

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

CATATAN

Ketentuan untuk proteksi dasar memberikan proteksi pada kondisi normal dan diterapkan jika ditentukan sebagai bagian tindakan proteksi yang dipilih.

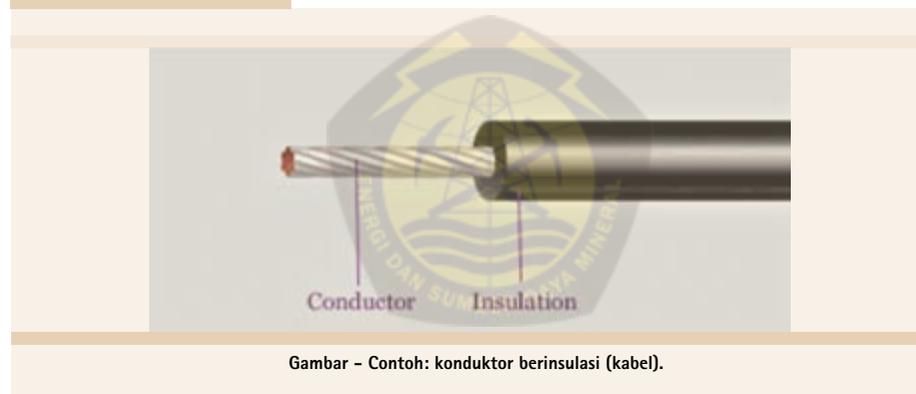
A.1 Insulasi dasar bagian aktif

CATATAN

Insulasi dimaksudkan untuk mencegah sentuh dengan bagian aktif.

Bagian aktif harus tertutup seluruhnya dengan insulasi yang hanya dapat dilepas dengan merusaknya. Untuk perlengkapan, insulasi harus memenuhi standar relevan untuk perlengkapan listrik.

PENJELASAN



Gambar - Contoh: konduktor berinsulasi (kabel).

A.2 Penghalang atau selungkup

CATATAN

Penghalang atau selungkup dimaksudkan untuk mencegah sentuh dengan bagian aktif.

A.2.1 Bagian aktif harus berada di dalam selungkup atau di belakang penghalang yang memberikan tingkat proteksi sekurang-kurangnya IPXXB atau IP2X, kecuali jika terjadi lubang yang lebih besar selama penggantian bagian, misalnya fitting lampu atau sekering tertentu, atau jika diperlukan lubang yang lebih besar agar perlengkapan dapat berfungsi dengan baik menurut persyaratan relevan untuk perlengkapan tersebut, maka:

- harus diambil tindakan pencegahan yang sesuai untuk mencegah manusia atau ternak menyentuh bagian aktif secara tidak sengaja, dan
- harus dapat dipastikan, sejauh dapat dipraktikkan, supaya manusia peduli bahwa bagian aktif dapat tersentuh melalui lubang dan sebaiknya tidak disentuh dengan sengaja, dan
- lubang harus sekecil mungkin, konsisten dengan persyaratan untuk berfungsinya secara baik dan untuk penggantian bagian.

A.2.2 Permukaan bagian atas horizontal penghalang atau selungkup yang mudah diakses harus memberikan tingkat proteksi sekurang-kurangnya IPXXD atau IP4X.

A.2.3 Penghalang dan selungkup harus terpasang dengan kokoh di tempatnya dan mempunyai kestabilan dan daya tahan yang memadai untuk mempertahankan tingkat proteksi yang disyaratkan dan pemisahan yang memadai dari bagian aktif dalam kondisi pelayanan normal yang dikenal, dengan memperhitungkan pengaruh eksternal yang relevan.

A.2.4 Jika diperlukan untuk melepaskan penghalang atau membuka selungkup atau melepaskan bagian selungkup, hal ini hanya mungkin :

- dengan menggunakan kunci atau perkakas, atau
- setelah diskoneksi suplai ke bagian aktif yang diberi proteksi oleh penghalang atau selungkup tersebut, pemulihan suplai hanya dimungkinkan setelah penggantian atau penutupan balik penghalang atau selungkup, atau
- jika ada penghalang antara yang memberikan tingkat proteksi sekurang-kurangnya IPXXB atau IP2X untuk mencegah sentuh dengan bagian aktif, maka penghalang antara tersebut hanya dapat dilepas dengan menggunakan kunci atau perkakas.

A.2.5 Jika di belakang penghalang atau di dalam selungkup, perlengkapan yang terpasang dapat menyimpan muatan listrik berbahaya setelah disakelar off (kapasitor, dsb.), diperlukan label peringatan. Kapasitor kecil misalnya yang digunakan untuk pemadaman busur, untuk penundaan respons relai, dsb. tidak dianggap berbahaya.

CATATAN

Sentuh tidak sengaja tidak dianggap berbahaya, jika voltase yang dihasilkan dari muatan statik turun di bawah 120 V a.s. dalam waktu kurang dari 5 detik setelah diskoneksi dari suplai daya.

PENJELASAN

Lihat definisi selungkup proteksi dan penghalang proteksi,

selungkup proteksi (secara listrik)

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

(electrically) protective enclosure

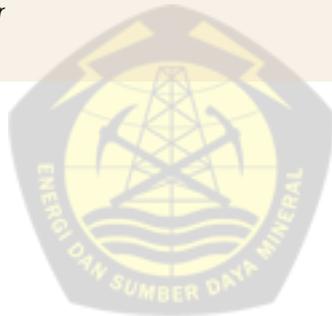
IEV 826-12-22

penghalang proteksi (secara listrik)

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

(electrically) protective barrier

IEV 826-12-23



B.1 Penerapan

Tindakan proteksi rintangan dan penempatan di luar jangkauan hanya memberikan proteksi dasar. Hal ini untuk penerapan dalam instalasi dengan atau tanpa proteksi gangguan yang dikendalikan atau disupervisi oleh personel terampil atau terlatih.

Kondisi supervisi dimana ketentuan proteksi dasar Lampiran B dapat diterapkan sebagai bagian tindakan proteksi, diberikan dalam 410.3.5.

B.2 Rintangan

CATATAN

Rintangan dimaksudkan untuk mencegah sentuh tak sengaja dengan bagian aktif tetapi tidak mencegah sentuh sengaja dengan cara menghindari rintangan secara sengaja.

B.2.1 Rintangan harus mencegah:

- mendekatnya tubuh dengan tidak sengaja ke bagian aktif, dan
- sentuh tak disengaja dengan bagian aktif selama operasi perlengkapan aktif dalam pelayanan normal.

B.2.2 Rintangan dapat dilepas tanpa menggunakan kunci atau perkakas, tetapi harus aman sehingga tercegah lepasnya rintangan secara tidak sengaja.

B.3 Penempatan di luar jangkauan

CATATAN

Proteksi dengan penempatan di luar jangkauan hanya dimaksudkan untuk mencegah sentuh tak disengaja dengan bagian aktif.

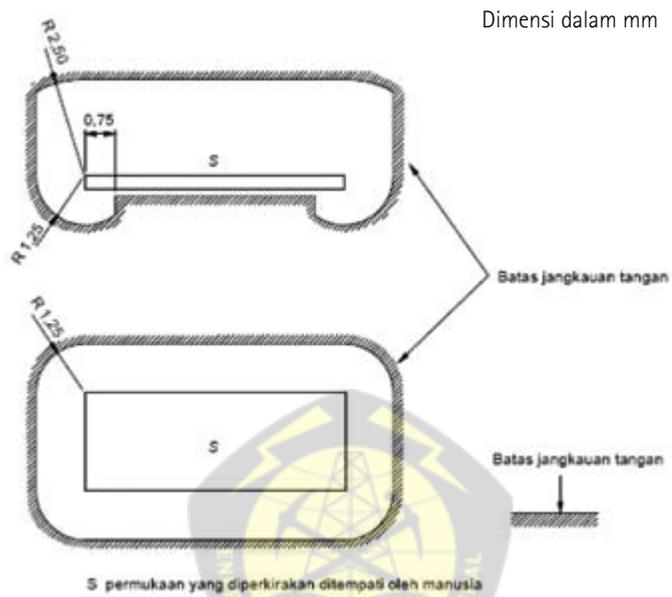
B.3.1 Bagian terakses simultan yang berbeda potensial tidak boleh berada dalam jangkauan tangan.

B.3.2 Jika posisi yang biasa ditempati dihalangi pada arah horizontal oleh suatu rintangan (misalnya rel tangga, kisi-kisi) yang memberikan tingkat proteksi kurang dari IPXXB atau IP2X, jangkauan tangan harus diukur mulai dari rintangan tersebut. Ke arah atas, jangkauan tangan adalah 2,50 m dari permukaan S tanpa memperhitungkan setiap rintangan antara yang memberikan tingkat proteksi kurang dari IPXXB.

CATATAN

Nilai jangkauan tangan berlaku untuk sentuh langsung dengan tangan telanjang tanpa bantuan (misalnya perkakas atau tangga).

B.3.3 Di tempat dimana biasa digunakan benda konduktif yang besar atau panjang, jarak yang disyaratkan dalam B.3.1 dan B.3.2 harus ditambah dengan memperhitungkan dimensi relevan dari benda tersebut.



Gambar B.1 - Zone jangkauan tangan

PENJELASAN

Contoh: Pemasangan kabel sebaiknya diatas plafon (terutama bila tinggi plafon kurang dari 2,5 m) atau menempel rapi pada plafon dengan pemagun (lihat Tabel 52-1)



Gambar - Pemasangan kabel yang baik pada cor-coran gedung

CATATAN

Lampiran E merupakan revisi Ayat 3.15 PUIL 2000.

E.1 Umum

E.1.1 GPAS ialah gawai yang menggunakan pemutus yang peka terhadap arus sisa, yang dapat memutus sirkit termasuk konduktor netralnya secara otomatis dalam waktu tertentu, apabila arus sisa yang timbul karena terjadinya kegagalan insulasi melebihi nilai tertentu, sehingga tercegahlah bertahannya voltase sentuh yang terlalu tinggi.

E.1.2 Pemilihan GPAS

CATATAN

Persyaratan lebih rinci mengenai GPAS, termasuk arus pengenal dan voltase pengenalnya dapat dilihat dalam IEC 60755, IEC 61008 dan IEC 61009.

E.1.2.1 Proteksi tambahan terhadap sentuh langsung :

- GPAS dengan arus operasi sisa pengenal maksimum 30 mA.

E.1.2.2 Proteksi terhadap sentuh tak langsung :

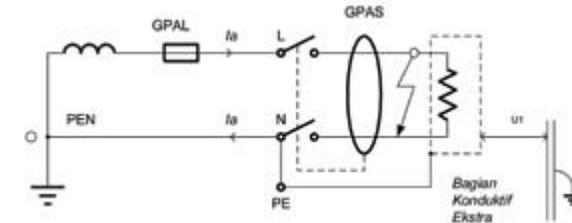
- a) Untuk sistem TT (diharuskan):
 - Berlaku 411.5.3 atau GPAS dengan arus sisa operasi pengenal maksimum 30 A (juga merupakan proteksi tambahan terhadap sentuh langsung).
- b) Untuk sistem TN-S dan TN-C-S (sistem TN-C tidak boleh menggunakan GPAS) dan sistem IT:
 - Berlaku 411.4.5 (TN) dan 411.6.3 (IT).

E.1.2.3 Proteksi dari bahaya kebakaran:

- GPAS dengan arus operasi sisa pengenal maksimum 500 mA.

E.2 Contoh pemasangan GPAS

E.2.1 Pada sistem TN -C-S (lihat Gambar E.1).

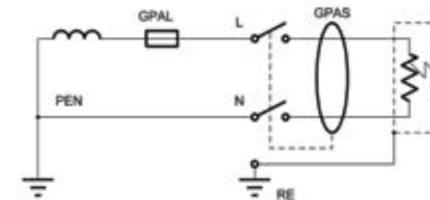


Keterangan

GPAL = Gawai proteksi arus lebih
GPAS = Gawai proteksi arus sisa

Gambar E.1 – Pemasangan GPAS pada sistem TN-C-S

E.2.2 Pada sistem TT (lihat Gambar E.2).



Gambar E.2 – Pemasangan GPAS pada sistem TT

PENJELASAN

Baik pada sistem TN-C-S maupun sistem TT, GPAS dipasang pada konduktor lin dan konduktor netral.



Bagian 4 - 42

Proteksi untuk
keselamatan -
Proteksi terhadap
efek termal

CATATAN

Istilah kebakaran dan uji terkait dalam pertimbangan dengan kerjasama antara ISO dan IEC. Istilah yang digunakan dalam ayat ini adalah sementara.

421.1 Perlengkapan listrik tidak boleh menimbulkan bahaya kebakaran pada bahan yang berada di dekatnya.

Setiap petunjuk pemasangan relevan dari pabrikan harus diobservasi sebagai tambahan persyaratan PUIL.

421.2 Jika perlengkapan magun dapat mencapai suhu permukaan yang dapat menyebabkan bahaya kebakaran pada bahan yang berada di dekatnya, maka perlengkapan harus :

- dipasang pada atau dalam bahan yang akan tahan terhadap suhu tersebut dan mempunyai konduktans termal yang rendah, atau
- disekat dari elemen konstruksi bangunan, dengan bahan yang akan tahan terhadap suhu tersebut dan mempunyai konduktans termal yang rendah, atau
- dipasang sedemikian agar memungkinkan disipasi bahang yang aman pada jarak yang memadai dari setiap bahan yang dapat terkena efek termal yang merusak karena suhu tersebut, dan setiap sarana penyangga mempunyai koduktans termal yang rendah.

421.3 Jika busur api atau latu (*spark*) dapat dipancarkan oleh perlengkapan terhubung permanen dalam pelayanan normal, maka perlengkapan harus :

- seluruhnya terselungkup dalam bahan tahan busur api, atau
- disekat oleh bahan tahan busur api terhadap elemen bangunan dimana busur api dapat memberi efek termal yang merusak, atau
- dipasang untuk memungkinkan pemadaman busur api dengan aman pada jarak yang memadai dari elemen bangunan dimana busur api dapat memberi efek termal yang merusak.

Bahan tahan busur api yang digunakan untuk tindakan proteksi ini harus tidak dapat terbakar, berkonduktivitas termal rendah, dan mempunyai tebal yang memadai untuk memberikan kestabilan mekanis.

421.4 Perlengkapan magun yang menyebabkan pemusatan atau konsentrasi bahang harus berada pada jarak yang memadai dari setiap benda atau elemen bangunan magun, sedemikian sehingga benda atau elemen bangunan tersebut dalam kondisi normal tidak dapat terkena suhu yang berbahaya.

421.5 Bila perlengkapan listrik dalam suatu lokasi tunggal berisi cairan yang mudah terbakar dalam jumlah yang signifikan, maka harus diambil tindakan pencegahan untuk mencegah cairan yang terbakar dan hasil pembakaran cairan (api, asap, gas beracun) menyebar ke bagian bangunan yang lain.

CATATAN 1

Contoh tindakan pencegahan tersebut adalah :

- lubang drainase untuk menampung kebocoran cairan dan memastikan pemadamannya saat terjadi kebakaran, atau
- pemasangan perlengkapan dalam kamar tahan api yang memadai dan perlengkapan penghalang atau sarana lain untuk mencegah cairan yang terbakar menyebar ke bagian bangunan lain, kamar tersebut berventilasi hanya ke atmosfer luar.

CATATAN 2

Batas terendah yang dapat diterima untuk jumlah yang signifikan umumnya adalah 25 liter.

CATATAN 3

Bila kurang dari 25 liter, suatu susunan yang mencegah keluarnya cairan telah memadai.

CATATAN 4

Dianjurkan untuk menyakelar off suplai pada saat mulai terjadi kebakaran.

421.6 Bahan selungkup yang disusun sekeliling perlengkapan listrik selama pemasangan harus tahan terhadap suhu tertinggi yang mungkin dihasilkan oleh perlengkapan listrik.

Bahan yang mudah terbakar tidak cocok untuk konstruksi selungkup tersebut kecuali ambil tindakan preventif terhadap penyulutan, sedemikian seperti menutupi dengan bahan yang tak mudah terbakar atau tak dapat terbakar berkonduktivitas rendah.

422.3 Sifat bahan yang diproses atau disimpan

Kondisi BE2: Risiko kebakaran (menurut Tabel 51A IEC 60364-5-51).

CATATAN 1

Besaran bahan yang mudah terbakar, permukaan atau volume dari lokasi dapat diregulasi oleh yang berwenang.

CATATAN 2

Untuk risiko ledakan, lihat IEC 60079-14.

422.3.10 Untuk membatasi akibat arus gangguan pada sistem perkawatan dari titik pandang risiko kebakaran, khususnya pada bangunan tempat masyarakat berkumpul yaitu: bangunan untuk kepentingan umum (misalnya antara lain: stadion olah raga, perkantoran, tempat ibadah, rumah sakit), bangunan industri, bangunan komersial (misalnya antara lain: hotel, apartemen, mal, pertokoan, pasar, restoran, rumah susun), bangunan tinggi/pencakar langit, maka sirkit harus:

- diproteksi oleh GPAS (gawai proteksi arus sisa) dengan arus sisa operasi pengenalnya tidak melampaui 0,5 A, atau.
- dipantau oleh gawai monitor insulasi kontinu yang menghidupkan alarm saat terjadi gangguan insulasi

Ketentuan ini berlaku juga untuk perumahan dengan daya 3 500 VA dan lebih besar. Untuk perumahan dengan daya di bawah 3 500 VA sangat dianjurkan.

Bahaya kebakaran akibat listrik dapat terjadi, dalam kondisi:

- a. Layanan normal, pemanfaat menjadi panas yang berlebihan pada penggunaan normal;
- b. Saat terjadi gangguan/ kerusakan instalasi akibat:
 1. penyambungan kabel yang buruk, yang dapat menimbulkan busur api listrik pada titik sambung tersebut;
 2. beban lebih dan terjadi hubung pendek, yang akan merusak insulasi kabel;
 3. kualitas kabel atau perlengkapan/pemanfaat listrik yang tidak memenuhi standar;
 4. penggunaan alat pemanas, yang tidak diproteksi dengan baik;
 5. fenomena penjalaran (tracking)

Keterangan fenomena penjalaran (tracking):

Menurut hasil uji laboratorium :

Arus bocor/sisa sebesar 500 mA cukup untuk menimbulkan busur api listrik, pada permukaan bahan penginsulasi yang terkontaminasi dan penuh polusi, terutama pada kondisi lembab.



PENJELASAN

Mengapa arus sisa sampai dengan 500 mA dianggap sebagai batas aman terhadap bahaya kebakaran ?

Tiga unsur yang dapat memicu terjadinya kebakaran:

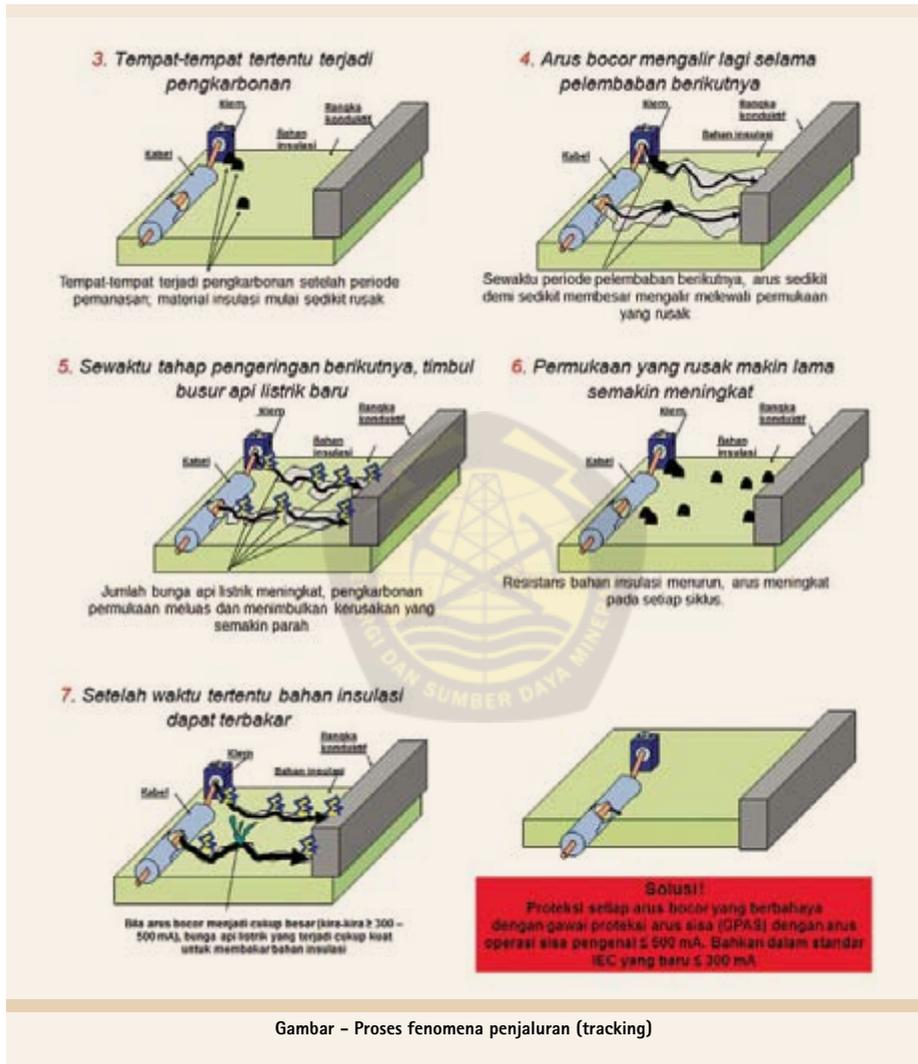
- adanya bahan-bahan yang mudah terbakar,
- adanya sumber bahang/api, dan
- adanya oksigen (udara).



Gambar – Segitiga penyebab terjadinya api

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan



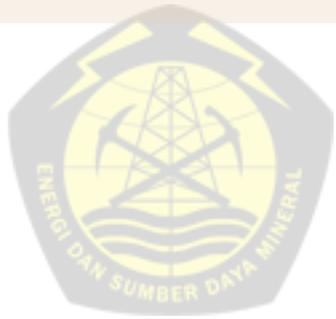
Gambar – Proses fenomena penjaluran (tracking)

PENJELASAN

Mengapa hanya perumahan dengan daya terpasang $\geq 3\ 500\ VA$ yang diharuskan memasang GPAS $\leq 500\ mA$?

Pada dasarnya di semua lokasi/bangunan dimana instalasi terpasang harus diproteksi terhadap bahaya kebakaran dengan menggunakan GPAS dengan arus sisa operasi ($I_{\Delta n}$) $\leq 500\ mA$ (dipasaran tersedia 300 mA).

Namun karena alasan ekonomis dimana harga GPAS jenis Voltage Independent yang relatif masih mahal dibandingkan dengan harga total instalasi untuk daya tersambung kurang dari 3 500 VA (pada saat PUIL 2011 disusun), maka untuk daya tersambung kurang dari 3 500 VA belum diwajibkan, hanya "sangat dianjurkan".





Bagian 4 - 43

Proteksi untuk
keselamatan -
Proteksi terhadap
arus lebih

430.1 Ruang lingkup

Bagian 4-43 memberikan persyaratan untuk proteksi konduktor aktif dari efek arus lebih.

PENJELASAN

Arus lebih dapat terjadi ketika arus listrik melebihi kapasitas konduktor. Ini dapat terjadi karena beban lebih atau hubung pendek. Manusia atau ternak harus dihindarkan dari cedera, dan harta benda diamankan dari kerusakan karena suhu yang berlebihan atau stres elektromekanis.

Karena itu diperlukan peralatan proteksi beserta persyaratannya untuk melindungi konduktor aktif dari arus lebih. Proteksi dilakukan dengan cara memilih gawai proteksi yang tepat untuk setiap sirkit. Juga mencakup koordinasi proteksi beban lebih dan proteksi hubung pendek.

430.3 Persyaratan umum

Gawai proteksi harus disediakan untuk mendiskoneksi setiap arus lebih dalam konduktor sirkit sebelum arus tersebut menyebabkan bahaya akibat efek mekanis atau termal yang merusak insulasi, sambungan, terminasi atau bahan di sekitar konduktor.

431 Persyaratan menurut sifat sirkit

431.1 Proteksi konduktor lin

431.1.1 Deteksi arus lebih harus disediakan untuk semua konduktor lin, kecuali dimana berlaku 431.1.2. Hal itu harus menyebabkan diskoneksi konduktor dimana arus lebih terdeteksi tapi tidak perlu terjadi diskoneksi pada konduktor aktif lainnya.

Jika diskoneksi fase tunggal dapat menyebabkan bahaya, misal pada kasus motor trifase, harus diambil tindakan pencegahan yang sesuai.

PENJELASAN

Contoh tindakan pencegahan yang sesuai yaitu harus menggunakan GPAL 3 kutub yang beroperasi secara serentak.

431.3 Diskoneksi dan rekoneksi konduktor netral pada sistem multifase

Bila diskoneksi konduktor netral disyaratkan, diskoneksi dan rekoneksi harus sedemikian sehingga konduktor netral tidak boleh didiskoneksi sebelum konduktor lin dan harus direkoneksi pada waktu yang sama atau sebelum konduktor lin.

PENJELASAN

Contoh: Gunakan gawai proteksi 4 kutub yang beroperasi secara serentak.



Gawai proteksi harus merupakan tipe yang sesuai yang ditunjukkan oleh 432.1 hingga 432.3.

432.1 Gawai proteksi terhadap beban lebih dan arus hubung pendek

Kecuali seperti dinyatakan dalam 434.5.1, gawai yang memberikan proteksi terhadap beban lebih dan arus hubung pendek harus mampu memutuskan dan, untuk pemutus sirkit, menghubungkan setiap arus lebih sampai dengan arus hubung pendek prospektif di titik tempat gawai tersebut dipasang. Gawai tersebut dapat merupakan:

- pemutus sirkit yang dilengkapi pelepas beban lebih dan hubung pendek;
- pemutus sirkit bersama dengan sekering;
- sekering yang mempunyai tautan (link) sekering dengan karakteristik gG (lihat IEC 60269).

432.2 Gawai yang memastikan proteksi hanya terhadap arus beban lebih.

Gawai proteksi ini harus memenuhi persyaratan Ayat 433 dan dapat mempunyai kapasitas pemutusan di bawah nilai arus hubung pendek prospektif di titik tempat gawai tersebut dipasang.

CATATAN 1

Pada umumnya gawai ini merupakan gawai proteksi tertinggal waktu invers (*inverse time lag*).

CATATAN 2

Sekering jenis aM tidak memproteksi terhadap beban lebih.

432.3 Gawai yang memastikan proteksi hanya terhadap arus hubung pendek

Gawai yang menyediakan proteksi hanya terhadap arus hubung pendek harus dipasang jika proteksi beban lebihnya diperoleh dari sarana lain atau jika Ayat 433 mengizinkan proteksi beban lebih tidak diperlukan. Gawai tersebut harus mampu memutuskan, dan untuk pemutus sirkit, menghubungkan arus hubung pendek sampai dengan arus hubung pendek prospektif. Gawai tersebut harus memenuhi persyaratan Ayat 434.

Gawai tersebut dapat berupa:

- pemutus sirkit dengan pelepas hubung pendek saja,
- sekering dengan tautan sekering jenis gM dan aM (lihat IEC 60269).

432.4 Karakteristik gawai proteksi

Karakteristik operasi GPAL harus memenuhi yang ditentukan misalnya dalam IEC 60898, IEC 60947-2, IEC 60947-6-2, IEC 61009, IEC 60269-2, IEC 60269-3, IEC 60269-4 atau IEC 60947-3.

433.1 Koordinasi antara konduktor dan Gawai Proteksi Beban Lebih (GPBL)

Karakteristik operasi gawai yang memproteksi terhadap beban lebih harus memenuhi dua kondisi berikut ;

$$I_B \leq I_n \leq I_2$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_2$$

dengan

I_B adalah arus desain untuk sirkit tersebut;

I_2 adalah KHA kontinu kabel (lihat Ayat 523);

I_n adalah arus pengenalan gawai proteksi;

CATATAN 1

Untuk gawai proteksi yang dapat disetel, arus pengenalan I_n adalah setelan arus yang dipilih.

I_2 adalah arus yang memastikan operasi efektif gawai proteksi dalam waktu konvensional.

Arus I_2 yang memastikan operasi efektif gawai proteksi harus disediakan oleh pabrikan atau diberikan dalam standar produk.

Proteksi menurut ayat ini mungkin tidak memastikan proteksi dalam kasus tertentu, misalnya jika arus lebih berkesinambungan kurang dari I_2 . Dalam kasus demikian, sebaiknya dipertimbangkan untuk memilih kabel dengan luas penampang yang lebih besar.

CATATAN 2

I_B adalah arus desain yang melalui lin atau arus permanen yang melalui netral dalam kasus tingkat harmonik ke 3 yang tinggi.

CATATAN 3

Arus yang memastikan operasi efektif gawai proteksi dalam waktu konvensional boleh juga disebut I_t atau I_f menurut standar produk. I_t dan I_f merupakan kelipatan I_n dan sebaiknya diperhatikan untuk mengoreksi representasi nilai dan indeks.

CATATAN 4

lihat Lampiran B untuk ilustrasi kondisi (1) dan (2) dari 433.1

CATATAN 5

Arus desain I_B dapat dianggap sebagai arus aktual I_a sesudah menerapkan faktor koreksi. Lihat Ayat 311.

PENJELASAN

No	GPBL	
	Pemutus sirkit	Sekering
1	$I_B \leq I_n \leq I_Z$	
2	$I_2 \leq 1,45 \times I_Z$	
3	1,13 I_n tidak boleh trip	1,25 I_n tidak boleh leleh
4	1,45 I_n harus trip	1,6 I_n harus leleh

CATATAN 3 dan 4
 untuk pemutus sirkit mengacu ke SNI IEC 60898-1:2009, Lengkapan listrik – Pemutus-sirkit untuk proteksi arus lebih untuk instalasi rumah tangga dan yang sejenisnya – Bagian 1: Pemutus-sirkit untuk operasi a.b. (IEC 60051-3 (1984) + Amandemen 1 (1994), IDT) : Tabel 7 – Karakteristik operasi waktu-arus



Gambar – Pemutus sirkit untuk operasi a.b.

CATATAN 3 dan 4
 untuk sekering mengacu ke SNI IEC 60269-1:2006, Sekering voltase rendah – Bagian 1: Persyaratan umum



Gambar – Sekering voltase rendah

Contoh:

Contoh ini mengarahkan cara memilih gawai proteksi beban lebih yang digunakan untuk memproteksi suatu kabel atau konduktor berinsulasi.

A. Proteksi dengan pemutus sirkit (MCB)

Suatu instalasi fasa tunggal pada mulanya dengan 900 VA 220 V akan dikembangkan bertahap ke 1300 VA, selanjutnya ke 2200 VA dan pengembangan terakhir menjadi 4400 VA fasa tunggal.

Tentukan arus pengenal GPAL yang sesuai dengan dayanya.

Penyelesaian:

1. Hitung arus beban.

Tahap	Sistem	Voltase (V)	Daya (VA)	Arus (A)
1	fase tunggal	220	900	4
2	fase tunggal	220	1300	6
3	fase tunggal	220	2200	10
4	fase tunggal	220	4400	20

2. Tentukan ukuran kabel.

Untuk instalasi ini direncanakan menggunakan kabel berinsulasi dan berselubung PVC (NYM) 3 inti (fase, netral, PE).

Dengan mempertimbangkan pertumbuhan beban pada instalasi, maka kabel dan konduktor berinsulasi yang digunakan untuk sirkit daya dan pencahayaan magun sebaiknya mempunyai luas penampang minimum 2,5 mm² untuk tembaga.

Dari Tabel 7.3-4 KHA terus menerus yang diperbolehkan untuk kabel instalasi berinsulasi dan berselubung PVC (NYM), serta kabel fleksibel dengan voltase pengenal 230/400 (300) volt dan 300/500 (400) volt pada suhu ambien 30 °C, dengan suhu konduktor maksimum 70 °C untuk penampang tembaga 2,5 mm² didapat KHA kabel 26 A dan KHA pengenal gawai proteksi 20 A.

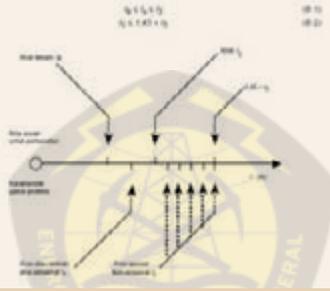
3. Cari arus pengenal pemutus sirkit.

Dari SNI IEC 60898-1:2009 ayat 5.3.2 nilai arus pengenal pemutus sirkit jenis B, C dan D yang disukai adalah :

6A, 8A, 10A, 13A, 16A, 20A, 25A, 32A, 40A, 50A, 63A, 80A, 100A, 125 A

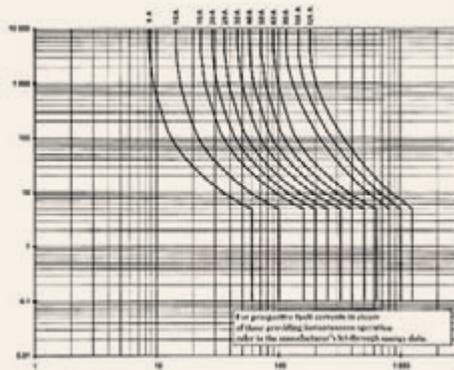
4. Persyaratan pemutus sirkit yang harus dipenuhi.

Tahap	Sistem
1	$I_b \leq I_n \leq I_z$
2	$I_z \leq 1,45 \times I_n$
3	$1,13 I_n$ harus tidak trip
4	$1,45 I_n$ harus trip < 1 jam (untuk $I_n < 63 A$)



Gambar - Ilustrasi kondisi batas (B.1) dan (B.2)

5. MCB ada 3 jenis, yaitu jenis B, C, dan D untuk rumah tangga dan sejenis.



Arus (Ampere rms)

Gambar - Karakteristik Waktu/Arus untuk pemutus sirkit jenis C

Dalam contoh ini akan menggunakan MCB jenis C. Dari kurva pemutus sirkit (memenuhi SNI IEC 60898-1:2009) didapat untuk kurva C sbb:

6. Memilih MCB

1) Untuk daya 900 VA:

$I_b = 4 A$, $I_z = 26 A$. Nilai I_n harus dipilih antara I_b dan I_z → dipilih yang sama atau terdekat di atas I_b dan di bawah I_z (kabel) → $I_n = 6 A$

Periksa persyaratan

No	Formula	Kalkulasi	Syarat	Pemeriksaan Kurva	Hasil
1	$I_b \leq I_n \leq I_z$	$4 A \leq 6 A < 26 A$	$4 A \leq 6 A \leq 26 A$	-	Dipenuhi
2	$I_z \leq 1,45 I_n$	$I_z \leq 37,7 A$	harus trip (< 1 jam)	trip pada $t = 9,5$ detik = 0,003 jam	Dipenuhi
3	$I_z = 1,13 I_n$	$I_z = 6,78 A$	tidak trip	kurva: tidak trip	Dipenuhi
4	$I_z = 1,45 I_n$	$I_z = 8,7 A$	harus trip (< 1 jam)	trip pada $t = 3000$ detik = 0,83 jam	Dipenuhi

Kesimpulan:
Pemutus sirkit 6 A memenuhi persyaratan standar untuk daya 900 VA.

2) Untuk daya 1300 VA:

$I_b = 6 A$, $I_z = 26 A$. Nilai I_n harus dipilih antara I_b dan I_z → dipilih yang sama atau terdekat di atas I_b dan di bawah I_z (kabel) → $I_n = 6 A$

Periksa persyaratan

No	Formula	Kalkulasi	Syarat	Pemeriksaan Kurva	Hasil
1	$I_b \leq I_n \leq I_z$	$6 A = 6 A < 26 A$	$6 A \leq 6 A \leq 26 A$	-	Dipenuhi
2	$I_z \leq 1,45 I_n$	$I_z \leq 37,7 A$	harus trip (< 1 jam)	trip pada $t = 9,5$ detik = 0,003 jam	Dipenuhi
3	$I_z = 1,13 I_n$	$I_z = 6,78 A$	tidak trip	kurva: tidak trip	Dipenuhi
4	$I_z = 1,45 I_n$	$I_z = 8,7 A$	harus trip (< 1 jam)	trip pada $t = 3000$ detik = 0,83 jam	Dipenuhi

Kesimpulan:
Pemutus sirkit 6 A memenuhi persyaratan standar untuk daya 1300 VA.

3) Untuk daya 1300 VA:

$I_b = 6 \text{ A}$, $I_z = 26 \text{ A}$. Nilai I_n harus dipilih antara I_b dan $I_z \rightarrow$ dipilih yang sama atau terdekat di atas I_b dan di bawah KHA = I_z kabel) $\rightarrow I_n = 10 \text{ A}$

Periksa persyaratan

No	Formula	Kalkulasi	Syarat	Pemeriksaan Kurva	Hasil
1	$I_b \leq I_n \leq I_z$	$6 \text{ A} < 10 \text{ A} < 26 \text{ A}$	$6 \text{ A} \leq 10 \text{ A} \leq 26 \text{ A}$	-	Dipenuhi
2	$I_z \leq 1,45 I_n$	$I_z \leq 37,7 \text{ A}$	harus trip (< 1 jam)	trip pada $t = 9,5 \text{ detik} = 0,003 \text{ jam}$	Dipenuhi
3	$I_z = 1,13 I_n$	$I_z = 11,3 \text{ A}$	tidak trip	kurva: tidak trip	Dipenuhi
4	$I_z = 1,45 I_n$	$I_z = 14,5 \text{ A}$	harus trip (< 1 jam)	trip pada $t = 3000 \text{ detik} = 0,83 \text{ jam}$	Dipenuhi
Kesimpulan: Pemutus sirkit 10 A memenuhi persyaratan standar untuk daya 1300 VA.					

4) Untuk daya 2200 VA:

$I_b = 10 \text{ A}$, $I_z = 26 \text{ A}$. Nilai I_n harus dipilih antara I_b dan $I_z \rightarrow$ dipilih yang sama atau terdekat di atas I_b dan di bawah KHA = I_z kabel) $\rightarrow I_n = 10 \text{ A}$

Periksa persyaratan

No	Formula	Kalkulasi	Syarat	Pemeriksaan Kurva	Hasil
1	$I_b \leq I_n \leq I_z$	$10 \text{ A} = 10 \text{ A} < 26 \text{ A}$	$10 \text{ A} \leq 10 \text{ A} \leq 26 \text{ A}$	-	Dipenuhi
2	$I_z \leq 1,45 I_n$	$I_z \leq 37,7 \text{ A}$	harus trip (< 1 jam)	trip pada $t = 9,5 \text{ detik} = 0,004 \text{ jam}$	Dipenuhi
3	$I_z = 1,13 I_n$	$I_z = 11,3 \text{ A}$	tidak trip	kurva: tidak trip	Dipenuhi
4	$I_z = 1,45 I_n$	$I_z = 14,5 \text{ A}$	harus trip (< 1 jam)	trip pada $t = 3000 \text{ detik} = 0,83 \text{ jam}$	Dipenuhi
Kesimpulan: Pemutus sirkit 10 A memenuhi persyaratan standar untuk daya 2200 VA.					

5) Untuk daya 4400 VA:

$I_b = 20 \text{ A}$, $I_z = 26 \text{ A}$. Nilai I_n harus dipilih antara I_b dan $I_z \rightarrow$ dipilih yang sama atau terdekat di atas I_b dan di bawah KHA = I_z kabel) $\rightarrow I_n = 20 \text{ A}$

Periksa persyaratan

No	Formula	Kalkulasi	Syarat	Pemeriksaan Kurva	Hasil
1	$I_b \leq I_n \leq I_z$	$20 \text{ A} = 20 \text{ A} < 26 \text{ A}$	$20 \text{ A} \leq 20 \text{ A} \leq 26 \text{ A}$	-	Dipenuhi
2	$I_z \leq 1,45 I_n$	$I_z \leq 37,7 \text{ A}$	harus trip (< 1 jam)	trip pada $t = 9,5 \text{ detik} = 0,004 \text{ jam}$	Dipenuhi
3	$I_z = 1,13 I_n$	$I_z = 22,6 \text{ A}$	tidak trip	kurva: tidak trip	Dipenuhi
4	$I_z = 1,45 I_n$	$I_z = 29 \text{ A}$	harus trip (< 1 jam)	trip pada $t = 3000 \text{ detik} = 0,83 \text{ jam}$	Dipenuhi
Kesimpulan: Pemutus sirkit 20 A memenuhi persyaratan standar untuk daya 4400 VA.					

B. Proteksi dengan Sekering

Persyaratan

No	Sekering
1	$I_b \leq I_n \leq I_z$
2	$I_z \leq 1,45 \times I_n$
3	$1,25 I_n$ harus tidak leleh
4	$1,6 I_n$ harus leleh

Contoh:

Beban: $I_b = 20 \text{ A}$,

Kabel NYM 2,5 mm² KHA = $I_z = 26 \text{ A}$ (Tabel 7.3-4 PUIL 2000 \rightarrow (Gawai Proteksi = 20 A untuk kabel 2,5 mm²)

Tentukan: Arus pengenal tautan sekering untuk beban ini.

Penyelesaian

1. Cari arus beban: $I_b = 20 A$
2. Tentukan ukuran kabel (sama dengan penjelasan di atas) untuk proteksi dengan MCB. Kabel NYM 2,5 mm² dengan KHA = $I_z = 26 A$
3. Cari arus pengenal tautan sekering:
 Dari standar IEC 60269-1 ayat 5.3.1 nilai arus pengenal tautan sekering adalah: 2 - 4 - 6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63 - 80 - 100 - 125 - 160 - 200 - 250 - 315 - 400 - 500 - 630 - 800 - 1 000 - 1 250; Nilai I_n harus dipilih antara I_b dan I_z → dipilih yang terdekat di atas I_b dan terdekat di bawah KHA = I_z kabel) → $I_n = 20 A$.
4. Persyaratan gawai proteksi yang harus dipenuhi:

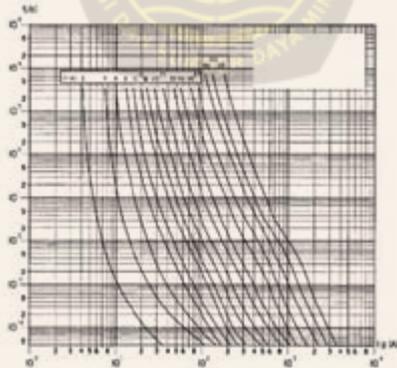
$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_z \leq 1,45 I_n$$

$I_z = 1,25 I_n$: Sekering jenis gG tidak lebur.

$I_z = 1,6 I_n$: Sekering jenis gG harus lebur ≤ 1 jam (untuk $I_n < 63 A$)

Untuk ini akan digunakan tautan sekering jenis gG (misalnya sekering cartridge dengan karakteristik sbb):



Gambar - Karakteristik waktu/arus sekering

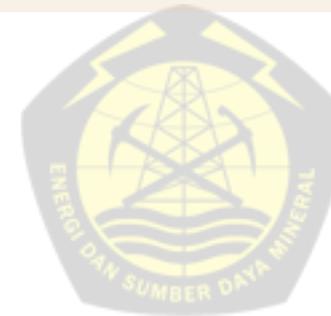
1) Untuk daya 4400 VA atau $I_b = 20 A$:

$$I_b = 20 A, I_z = 26 A, I_n = 20 A$$

Periksa persyaratan

No	Formula	Kalkulasi	Syarat	Pemeriksaan Kurva	Hasil
1	$I_b \leq I_n \leq I_z$	$20A = 20 A < 26 A$	$20A = 20 A < 26 A$	-	Dipenuhi
2	$I_z \leq 1,45 I_n$	$I_z \leq 37,7 A$	harus trip (< 1 jam)	trip pada $t = 250$ detik = 0,07 jam	Dipenuhi
3	$I_z = 1,25 I_n$	$I_z = 25 A$	tidak trip	kurva: tidak trip	Dipenuhi
4	$I_z = 1,6 I_n$	$I_z = 32 A$	harus trip (< 1 jam)	trip pada $t = 1000$ detik = 0,28 jam	Dipenuhi

Kesimpulan :
 Sekering 20 A memenuhi persyaratan standar untuk daya 4400 VA.



Bagian 5 – 52

Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik – Sistem perkawatan



521 Jenis sistem perkawatan

521.1 Metode instalasi sistem perkawatan tentang jenis konduktor atau kabel yang digunakan harus sesuai dengan Tabel 52-1, asalkan pengaruh eksternal dicakup oleh persyaratan standar produk yang relevan.

521.2 Metode instalasi sistem perkawatan tentang situasi terkait harus sesuai dengan Tabel 52-2.

521.3 Contoh sistem perkawatan bersama-sama dengan acuan tabel kapasitas hantar arus (KHA) yang sesuai diperlihatkan pada Tabel 52-3.

CATATAN 1

Jenis sistem perkawatan lain, yang tidak dicakup dalam standar ini, dapat digunakan asalkan memenuhi persyaratan umum standar ini.

CATATAN 2

Tabel 52-3 memberikan metode instalasi acuan jika dianggap bahwa KHA yang sama dapat digunakan dengan aman.

521.4 Sistem berumbung rel (*busbar trunking systems*)

Sistem berumbung rel harus memenuhi IEC 60439-2 dan harus dipasang sesuai dengan petunjuk pabrikan. Pemasangan harus sesuai dengan persyaratan ayat 522 (dengan pengecualian 522.1.1, 522.3.3, 522.8.7, 522.8.8 dan 522.8.9), 525, 526, 527 dan 528.

PENJELASAN

Sistem berumbung rel saat ini sudah banyak digunakan terutama untuk bangunan gedung komersial.

Keuntungan sistem berumbung rel dibandingkan dengan memakai kabel adalah:

- Sistem berumbung rel merupakan seksi-seksi (berupa potongan lengkap) yang dapat disambung sesuai kebutuhan.
- Bentuknya kompak, sehingga lebih mudah dipasang.
- Kapasitas hantar arusnya besar dan mempunyai susut dan drop voltase yang relatif lebih rendah.



Gambar – Sistem berumbung rel (*busbar trunking systems*)

521.5 Sirkuit a.b.

Konduktor sirkuit a.b. yang dipasang dalam selungkup feromagnetik harus disusun sedemikian sehingga semua konduktor setiap sirkuit berada dalam selungkup yang sama.

CATATAN

Jika kondisi ini tidak dipenuhi, pemanasan dan drop voltase berlebihan dapat terjadi karena efek induktif.

Tabel 52-1 Pemilihan sistem perkawatan

Konduktor Dan Kabel	Metode Pemasangan							
	Tanpa pemagun	Dikliip langsung	Konduit	Berumbung kabel (termasuk berumbung pinggir (<i>skiri</i>), berumbungbenam di lantai)	Talang kabel	Tangga kabel Rak kabel Braket kabel	Di atas insulator	Kawat penyangga
Konduktor polos	-	-	-	-	-	-	+	-
Konduktor berinsulasi	-	-	+	+	+	-	+	-
Kabel berselubung (termasuk berarmor dan berinsulasi mineral)	Multiinti	+	+	+	+	+	0	+
	Inti tunggal	0	+	+	+	+	0	+

+ Diizinkan.
- Tidak diizinkan.
0 Tidak dapat diterapkan, atau tidak biasa digunakan dalam praktik.

PENJELASAN

Konduktor polos adalah konduktor telanjang tanpa insulasi dan selubung. Hanya dapat dipasang di atas insulator. Saat ini tidak lazim di Indonesia.

Konduktor berinsulasi adalah konduktor yang mempunyai insulasi tapi tanpa selubung (biasa dikenal sebagai kabel NYA), hanya diizinkan dipasang dalam conduit, berumbung atau talang kabel.

Kabel berselubung (biasa dikenal sebagai kabel NYM dan NYY), dapat dipasang pada hampir semua metode pemasangan. Kecuali untuk kabel berselubung inti tunggal yang tidak diizinkan tanpa pemagun. Selain itu kabel berselubung tidak lazim dipasang di atas insulator. Yang dimaksud dengan inti adalah rakitan yang terdiri atas konduktor beserta insulasinya (dan skrin jika ada).



Tabel 52-2 - Pemasangan sistem perkawatan

Situasi	Metode pemasangan							
	Tanpa pemagun	Dengan pemagun	Konduit	Berambung (termasuk berambung pinggir, berambung benam di lantai)	Talang kabel	Tangga kabel Rak kabel Braket kabel	Di atas insulator	Kawat penyangga
Void bangunan	40, 46, 15, 16	0	15, 16, 41, 42	-	43	30, 31, 32, 33, 34	-	-
Kanal kabel	56	56	54, 55	0	44, 45	30, 31, 32, 33, 34	-	-
Ditanam dalam tanah	72, 73	0	70, 71	-	70, 71	0	-	-
Ditanam dalam struktur	57, 58	3	1, 2, 59, 60	50, 51, 52, 53	44, 45	0	-	-
Ditanam dalam tanah	72, 73	0	70, 71	-	70, 71	0	-	-
Pasangan permukaan	-	20, 21, 22, 23	4, 5	6, 7, 8, 9, 12, 13, 14	6, 7, 8, 9	30, 31, 32, 33, 34	36	-
Saluran udara	-	-	0	10, 11	-	30, 31, 32, 33, 34	36	35
Terendam	80	80	0	-	0	0	-	-

Angka dalam setiap kotak menunjukkan nomor urut dalam Tabel 52-3.
 - Tidak diizinkan.
 0 Tidak dapat diterapkan atau tidak biasa digunakan dalam praktik.

PENJELASAN

Nomor dalam tabel adalah nomor metode instalasi yang dijelaskan dalam Tabel 52-3.

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

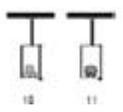
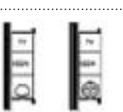
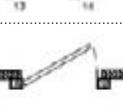
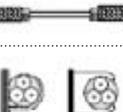
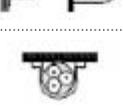
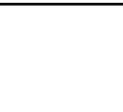
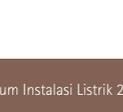
CATATAN

Ilustrasi tidak dimaksudkan untuk menggambarkan produk aktual praktik instalasi, tetapi merupakan indikasi metode yang diuraikan.

No urut	Metode instalasi	Uraian	Metode acuan instalasi yang digunakan untuk memperoleh KHA (lihat Lampiran A)
1	Kamar	Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam konduit dalam dinding berinsulasi secara termal ^a	A1
2	Kamar	Kabel multiinti dalam konduit dalam dinding berinsulasi secara termal ^a	A2
3	Kamar	Kabel multiinti langsung dalam dinding berinsulasi secara termal ^a	A1
4	Kamar	Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam konduit pada dinding kayu atau tembok atau berjarak kurang dari 0,3 x diameter konduit dari dinding	B1
5	Kamar	Kabel multiinti dalam konduit pada dinding kayu atau tembok atau berjarak kurang dari 0,3 x diameter konduit dari dinding	B2
6	Kamar	Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam berumbung kabel pada dinding kayu	B1
7	Kamar	- arah horizontal ^b - arah vertikal ^{a, c}	
8	Kamar	Kabel multiinti dalam berumbung kabel pada dinding kayu	Dalam pertimbangan
9	Kamar	- arah horizontal ^b - arah vertikal ^{b, c}	

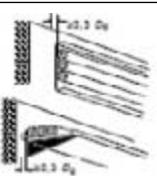
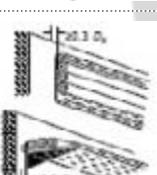
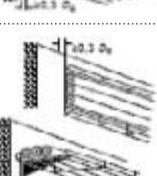
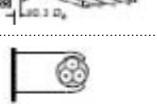
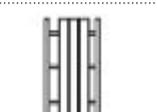
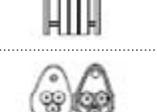
- a Permukaan bagian dalam dinding mempunyai konduktans termal tidak kurang dari 10 W/m²-K.
- b Nilai yang diberikan untuk metode instalasi B1 dan B2 dalam Lampiran A adalah untuk sirkit tunggal. Jika terdapat lebih dari satu sirkit dalam berumbung, faktor reduksi kelompok yang diberikan dalam Tabel A.52-17 dapat diterapkan, tidak tergantung dari adanya penghalang internal atau partisi.
- c Harus diperhatikan jika kabel mengarah vertikal dan ventilasi terbatas. Suhu ambien pada puncak seksi vertikal dapat sangat meningkat.
- d Nilai untuk metode acuan B2 dapat digunakan.

Tabel 52-3 (lanjutan)

No urut	Metode instalasi	Uraian	Metode acuan instalasi yang digunakan untuk memperoleh KHA (lihat Lampiran A)
10		Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam berumbung kabel gantung ^a	B1
11		Kabel multiinti dalam berumbung kabel gantung ^a	B2
12		Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam cetakan ^b	A1
13		Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal di dalam	B1
14		Kabel multiinti dalam berumbung pinggiran	B2
15		Kabel berinsulasi dalam konduit atau kabel inti tunggal atau multiinti dalam architrave ^c	A1
16		Kabel berinsulasi dalam konduit atau kabel inti tunggal atau multiinti pada rangka jendela ^c	A1
20		Kabel inti tunggal atau multiinti: a. magun pada atau berjarak b. kurang dari 0,3 x diameter dari dinding kayu	C
21		c. magun langsung di bawah plafon	C, dengan nomer urut 3 Tabel 52-17
22		d. berjarak dari plafon	Dalam pertimbangan

- a Nilai yang diberikan untuk metode instalasi B1 dan B2 dalam Lampiran A adalah untuk sirkit tunggal. Jika terdapat lebih dari satu sirkit dalam berumbung, faktor reduksi kelompok yang diberikan dalam Tabel A.52-17 dapat diterapkan, tidak tergantung dari adanya penghalang internal atau partisi.
- b Resistivitas termal selungkup diasumsikan buruk karena bahan konstruksi dan kemungkinan ruang udara. Jika konstruksi secara termal setara dengan metode instalasi 6 atau 7, dapat digunakan metode acuan B1.
- c Resistivitas termal selungkup diasumsikan buruk disebabkan bahan konstruksi dan kemungkinan adanya ruang udara. Jika konstruksi secara termal setara dengan metode instalasi 6, 7, 8, atau 9, dapat digunakan metode acuan B1 atau B2.

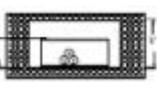
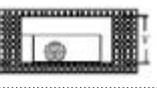
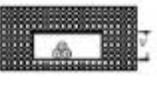
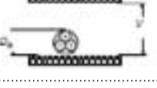
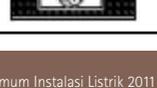
Tabel 52-3 (lanjutan)

No urut	Metode instalasi	Uraian	Metode acuan instalasi yang digunakan untuk memperoleh KHA (lihat Lampiran A)
30		Pada rak tak berlubang ^c	C dengan nomor urut 2 Tabel A.52-17 ^a
31		Pada rak berlubang ^c	E atau F dengan nomor urut 4 Tabel A.52-17 ^{a, b}
32		Pada braket atau pada jala kawat	E atau F
33		Berjarak lebih dari 0,3 kali diameter kabel dari dinding	E atau F dengan nomor urut 4 Tabel A.52-17 atau metode G
34		Pada tangga	E atau F
35		Kabel inti tunggal atau multiinti yang digantung dari atau dilengkapi kawat penyangga	E atau F

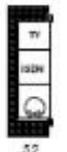
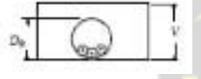
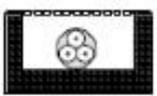
36		Konduktor polos atau berinsulasi di atas insulator	G
<p>a Untuk penerapan tertentu mungkin lebih sesuai untuk menggunakan faktor spesifik, misalnya Tabel A.52-20 dan A.52-21 (lihat A.52.4.2 Lampiran A).</p> <p>b Harus diperhatikan jika kabel mengarah vertikal dan ventilasi dibatasi. Suhu ambien pada puncak seksi vertikal dapat sangat meningkat.</p> <p>c De = diameter eksternal kabel multiinti: - 2,2 x diameter kabel jika tiga kabel inti tunggal diikat dalam trefoil, atau - 3 x diameter kabel jika tiga kabel inti tunggal diletakkan pada formasi datar.</p>			

a	V = dimensi terkecil atau diameter talang atau void tembok, atau kedalaman vertikal talang persegi, void lantai atau plafon.
b	De = diameter eksternal conduit atau kedalaman vertikal talang kabel.
c	Harus diperhatikan jika kabel mengarah vertikal dan ventilasi dibatasi. Suhu ambien pada puncak seksi vertikal dapat sangat meningkat.

Tabel 52-3 (lanjutan)

No urut	Metode instalasi	Uraian	Metode acuan instalasi yang digunakan untuk memperoleh KHA (lihat Lampiran A)
40		Kabel inti tunggal atau multiinti dalam void bangunan	$1,5 De \leq V < 20 De$ B2 $V \geq 20 De$ B1
41		Kabel inti tunggal atau multiinti dalam conduit dalam void bangunan	Dalam pertimbangan
42		Konduktor berinsulasi dalam talang kabel dalam void bangunan	$1,5 De \leq V < 20 De$ B2 $V \geq 20 De$ B1
43		Kabel inti tunggal atau multiinti dalam talang kabel dalam void bangunan	Dalam pertimbangan
44		Konduktor berinsulasi dalam talang kabel dalam tembok yang mempunyai resistivitas termal tidak lebih dari 2 K-m/W	$1,5 De \leq V < 5 De$ B2 $5 De \leq V < 50 De$ B1
45		Kabel inti tunggal atau multiinti dalam talang kabel dalam tembok yang mempunyai resistivitas termal tidak lebih dari 2 K-m/W	Dalam pertimbangan
46		Kabel inti tunggal atau multiinti: a. dalam void plafon b. dalam lantai gantung	$1,5 De \leq V < 5 De$ B2 $5 De \leq V < 50 De$ B1
50		Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam berumbung kabel tanam dalam lantai	B1
51		Kabel multiinti dalam berumbung kabel tanam dalam lantai	B2

Tabel 52-3 (lanjutan)

No urut	Metode instalasi	Uraian	Metode acuan instalasi yang digunakan untuk memperoleh KHA (lihat Lampiran A)
52		Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam talang tertanam	B1
53			B2
54		Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam conduit dalam kanal kabel nirventilasi horizontal atau vertikal ^{a, b}	$1,5 De \leq V < 20 De$ B2 $V \geq 20 De$ B1
55		Konduktor berinsulasi dalam conduit dalam kanal kabel terbuka atau berventilasi dalam lantai ^{c, d}	B1
56		Kabel inti tunggal atau multiinti berselubung dalam kanal kabel terbuka atau berventilasi horizontal atau vertikal ^d	B1
57		Kabel inti tunggal atau multiinti langsung dalam tembok yang mempunyai resistivitas termal tidak lebih besar dari 2 K-m/W Tanpa proteksi mekanis tambahan ^{e, f}	C
58		Kabel inti tunggal atau multiinti langsung dalam tembok yang mempunyai resistivitas termal tidak lebih besar dari 2 K-m/W Dengan proteksi mekanis tambahan ^{e, f}	C

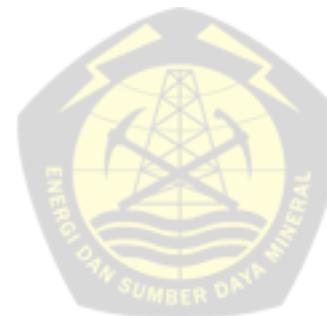
Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

- a De = diameter eksternal conduit
- b V= kedalaman internal kanal.
- c Harus diperhatikan jika kabel mengarah vertikal dan ventilasi dibatasi. Suhu ambien pada puncak seksi vertikal dapat sangat meningkat.
- d Untuk kabel multiinti yang dipasang dengan metode 55, gunakan peringkat untuk metode acuan B2.
- e Direkomendasikan bahwa metode instalasi ini hanya digunakan dalam area yang aksesnya dibatasi untuk personel berwenang sedemikian sehingga pengurangan KHA dan bahaya kebakaran karena akumulasi debu dapat dicegah.
- f Untuk kabel yang mempunyai konduktor tidak lebih besar dari 16 mm², KHA dapat lebih tinggi.
- g Resistivitas termal tembok tidak lebih besar dari 2 K-m/W

Tabel 52-3 (lanjutan)

No urut	Metode instalasi	Uraian	Metode acuan instalasi yang digunakan untuk memperoleh KHA (lihat Lampiran A)
59		Konduktor berinsulasi atau kabel inti tunggal dalam conduit dalam tembok ^a	B1
60		Kabel multiinti dalam conduit dalam tembok ^a	B2
70		Kabel multiinti dalam conduit atau dalam talang kabel dalam tanah	D
71		Kabel inti tunggal dalam conduit atau dalam talang kabel dalam tanah	D
72		Kabel inti tunggal atau multiinti langsung dalam tanah - tanpa proteksi mekanis tambahan (lihat catatan)	D
73		Kabel inti tunggal atau multiinti langsung dalam tanah - dengan proteksi mekanis tambahan (lihat catatan)	D

80		Kabel inti tunggal atau multiinti berselubung terendam dalam air	Dalam pertimbangan
<p>CATATAN Masuknya kabel yang ditanam langsung akan memuaskan jika resistivitas termal tanah sekitar 2,5 K-m/W. Untuk resistivitas tanah yang lebih rendah, KHA untuk kabel yang ditanam langsung lumayan lebih tinggi daripada untuk kabel dalam talang.</p> <p>^a Resistivitas termal tembok tidak lebih besar dari 2 K-m/W</p>			



521.6 Konduit dan sistem berumbung

Beberapa sirkit diizinkan dalam konduit atau berumbung yang sama asalkan semua konduktor diinsulasi terhadap voltase nominal tertinggi yang ada.

PENJELASAN

Di Indonesia pada praktiknya instalasi magun (*fixed installation*) voltase rendah biasanya menggunakan voltase nominal 230/400 V a.b. Karena hanya ada satu voltase nominal, maka pemasangan beberapa sirkit dalam konduit atau berumbung yang sama, setiap konduktornya diinsulasi terhadap voltase nominal tertinggi yang sama, yaitu 230/400 V a.b.

Hal berikut mencakup rekomendasi untuk memudahkan pemasangan atau penggantian sirkit yang dipasang dalam konduit (diterjemahkan dari IEC 61200-52):

- Panjang konduit lurus antara titik akses sebaiknya tidak melebihi 25 m. Panjang konduit yang mencakup perubahan arah sebaiknya tidak melebihi 15 m antara titik akses. Sebaiknya tidak lebih dari tiga perubahan arah antara titik akses.
- Jumlah belokan dalam setiap jalur sebaiknya diminimalkan.
- Setiap radius belokan sebaiknya sebesar mungkin dan sesuai dengan petunjuk pabrikan (lihat Lampiran E).
- Kabel atau konduktor berinsulasi sebaiknya tidak mencakup lebih dari sepertiga luas penampang internal total konduit.
- Sistem konduit sebaiknya dipasang sedemikian sehingga meminimalkan stres mekanis pada konduit.
- Jika sistem konduit dipasang luar ruang, sebaiknya dipertimbangkan suhu ambien dan efek radiasi matahari sebagaimana ditunjukkan dalam 522.1 dan 522.11.
- Jika konduit swapulih (*self-recovering*) harus ditanam dalam beton, sebaiknya dipertimbangkan kemungkinan deformasi permanen dari penampang konduit dapat menyebabkan kerusakan pada kabel berselubung atau konduktor berinsulasi. Jika perlu, sebaiknya diambil tindakan seperti proteksi mekanis tambahan atau penggunaan konduit yang mempunyai diameter yang diperbesar yang sesuai atau mempunyai ketahanan terhadap kompresi.

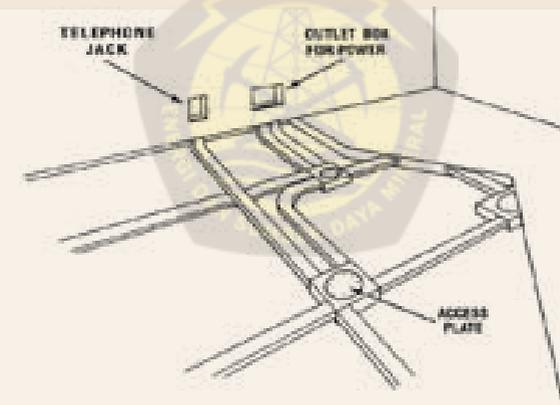
Untuk pemasangan di dalam konduit, lihat juga Subayat 7.13 Bagian 7 PUIL 2011.

Jika lengkapan listrik dipasang dalam sistem berumbung atau talang yang dipasang dalam atau di bawah lantai, sebaiknya dipertimbangkan jenis perlakuan lantai yang mungkin digunakan (basah atau kering).

Jika sistem berumbung kabel dipasang dalam posisi pinggiran (*skirting*), misalnya Item 6 Tabel A52.3, kerusakan yang disebabkan masuknya air dapat dihindari dengan menempatkan konduktor berinsulasi sedikitnya 10 mm di atas level lantai.

Sistem berumbung kabel dan sistem talang kabel yang dimaksudkan untuk instalasi bawah lantai dan pada lantai dicakup oleh IEC 61084-2-2.

Jika digunakan sistem rak kabel, atau alasan desain atau akses yang penutup dapat juga diperlukan, misalnya untuk proteksi mekanis atau mencegah akses (misalnya dalam kolam air mancur publik).



Gambar - Sistem konduit bawah lantai

522 Pemilihan dan pemasangan sistem perkawatan berkaitan dengan pengaruh eksternal

CATATAN

Pengaruh eksternal yang dikategorikan dalam Tabel 51A Bagian 5-51 yang signifikan dengan sistem perkawatan dicakup dalam ayat ini.

522.1 Suhu ambien (AA)

522.1.1 Sistem perkawatan harus dipilih dan dipasang sedemikian sehingga sesuai untuk suhu ambien lokal tertinggi dan untuk memastikan bahwa suhu batas yang ditunjukkan dalam Tabel 54-4 tidak akan dilampaui.

PENJELASAN

Suhu ambien tertinggi di Indonesia adalah 40 °C luar ruang untuk kondisi ekstrim. Tapi karena kabel dipasang dalam ruang di udara atau ditanam dalam tanah, maka dapat diacu Subayat A.52.2.1 yaitu :

- untuk konduktor berinsulasi dan kabel di udara, tidak tergantung dari metode pemasangan: 30°C;
- untuk kabel tertanam, baik langsung dalam tanah atau dalam talang dalam tanah: 20 °C.

522.1.2 Komponen sistem perkawatan termasuk kabel dan perlengkapan perkawatan harus hanya dipasang dan ditangani pada suhu dalam batas yang dinyatakan dalam spesifikasi produk relevan atau seperti diberikan oleh pabrikan.

522.2 Sumber bahang (*heat*) eksternal

Guna menghindari efek bahang dari sumber eksternal, salah satu metode berikut atau metode efektif yang sama harus digunakan untuk memproteksi sistem perkawatan:

- pemerisaian;
- penempatan yang cukup jauh dari sumber bahang;
- pemilihan sistem yang berkaitan untuk kenaikan suhu tambahan yang akan terjadi;
- kekuatan lokal atau substitusi bahan insulasi.

CATATAN

Bahang dari sumber eksternal dapat diradiasi, dikonveksi atau dikonduksi, misalnya:

- dari sistem air panas,
- dari peranti dan lumener pabrik,
- dari proses pabrikasi,
- melalui bahan konduktor bahang,
- dari sinar matahari sistem perkawatan atau medium sekitarnya.

522.3 Keberadaan air (AD)

522.3.1 Sistem perkawatan harus dipilih dan dipasang sedemikian sehingga tidak terjadi kerusakan yang disebabkan masuknya air. Sistem perkawatan lengkap harus memenuhi tingkat proteksi IP yang relevan pada lokasi khusus tersebut.

CATATAN

Umumnya selubung dan insulasi kabel untuk instalasi magun, jika lengkap, dapat dianggap tahan terhadap penetrasi uap air. Pertimbangan khusus berlaku untuk kabel yang tahan terhadap pancaran air yang sering, pencelupan atau perendaman.

PENJELASAN

Untuk uraian kode IP lihat Lampiran G Bagian 4-41 PUIL.

Contoh:

- tahan terhadap pancaran air: IPX5 atau IPX6 (pancaran air yang kuat);
- tahan terhadap pencelupan (perendaman sementara): IPX7;
- tahan terhadap perendaman (kontinu): IPX8.

522.3.2 Jika air dapat terkumpul atau kondensasi dapat terbentuk dalam sistem perkawatan, harus dibuat ketentuan untuk mengeluarkannya.

522.3.3 Jika sistem perkawatan dapat terkena gelombang (AD6), proteksi terhadap kerusakan mekanis harus diupayakan dengan satu atau lebih metode 522.6, 522.7 dan 522.8.

522.4 Keberadaan benda asing padat (AE)

522.4.1 Sistem perkawatan harus dipilih dan dipasang sedemikian sehingga meminimalkan bahaya yang timbul dari masuknya benda asing padat. Sistem perkawatan lengkap harus memenuhi tingkat proteksi IP yang relevan pada lokasi khusus tersebut.

PENJELASAN

Sistem manajemen kabel tidak akan diproteksi terhadap masuknya benda asing padat kecuali memenuhi tingkat proteksi sedikitnya IP2X. Untuk uraian kode IP lihat Lampiran G Bagian 4-41 PUIL 2011.g

522.4.2 Pada lokasi yang berdebu dengan jumlah yang signifikan (AE4), tindakan pencegahan tambahan harus diambil untuk mencegah akumulasi debu atau zat lain dalam jumlah yang dapat mempengaruhi secara merugikan disipasi bahang dari sistem perkawatan.

CATATAN

Mungkin perlu sistem perkawatan yang memfasilitasi penghilangan debu (lihat ayat 529).

522.5 Keberadaan zat korosif atau polusi (AF)

522.5.1 Jika keberadaan zat korosif atau polusi, termasuk air, mungkin menyebabkan korosi atau pemburukan, bagian sistem perkawatan yang mungkin dipengaruhi harus diproteksi yang sesuai atau dibuat dari bahan yang tahan terhadap zat tersebut.

CATATAN

Proteksi yang sesuai untuk penerapan selama pemasangan dapat mencakup pita proteksi, cat atau gemuk.

522.5.2 Logam berbeda yang dapat menimbulkan aksi elektrolitik tidak boleh ditempatkan sehingga dapat kontak satu sama lain, kecuali dilakukan susunan khusus untuk menghindari konsekuensi akibat kontak tersebut.

PENJELASAN

Karena itu untuk sambungan logam yang berbeda, misalnya antara tembaga dan aluminium biasanya digunakan bimetal (dwilogam).

Pada kasus aluminium (Al) dan tembaga (Cu), karena letak Al di sebelah kiri Cu pada deret Volta, maka Al akan lebih mudah melepas elektron dibandingkan Cu, jadi Al akan tergerus lebih dulu bila kedua logam tersebut kontak secara listrik.

Deret Volta:

Li-K-Ba-Ca-Na-Mg-Al-Mn-Zn-Cr-Fe-Cd-Co-Ni-Sn-Pb-(H)-Cu-Hg-Ag-Pt-Au

Lihat PENJELASAN 511.6.3.1.g

522.5.3 Bahan yang dapat menyebabkan pemburukan mutual atau individual atau degradasi berbahaya tidak boleh ditempatkan sehingga dapat kontak satu sama lain.

522.6 Tumbukan (AG)

522.6.1 Sistem perkawatan harus dipilih dan dipasang sedemikian sehingga meminimalkan kerusakan yang timbul dari stres mekanis, misalnya karena tumbukan, penetrasi atau kompresi.

522.6.2 Pada instalasi magun jika tumbukan dengan keganasan medium (AG2) atau keganasan tinggi (AG3) dapat terjadi, proteksi harus diupayakan dengan:

- karakteristik mekanis sistem perkawatan; atau
- lokasi terpilih; atau
- ketentuan mengenai proteksi lokal tambahan atau mekanis umum; atau
- setiap kombinasi di atas.

PENJELASAN

Sistem berbung, talang dan konduit memberikan proteksi mekanis pada kabel, tapi rak kabel dan rak kabel berpenutup tidak dapat memberikan proteksi mekanis tersebut, karena menurut standar produk memang tidak diuji untuk keperluan ini.

Proteksi terhadap tumbukan pada selungkup dinyatakan dengan kode IK sesuai IEC 62262 sbb:

4.1 Susunan kode IK
IK 05

Huruf kode (proteksi mekanis internasional)
Angka kelompok karakteristik (00 hingga 10)

4.2 Angka kelompok karakteristik dari kode IK dan artinya

Setiap angka kelompok karakteristik mewakili nilai energi tumbukan seperti terlihat dalam Tabel 1.

Tabel 1 – Kaitan antara kode IK den energi tumbukan

Kode IK	IK00	IK01	IK02	IK03	IK04	IK05	IK06	IK07	IK08	IK09	IK10
Energi Tumbukan, J	*)	0,14	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20
*) Tidak diproteksi menurut standar ini											
CATATAN 1 Jika disyaratkan energi tumbukan yang lebih besar, direkomendasikan nilai 50 J.											
CATATAN 2 Angka kelompok karakteristik yang terdiri dari dua angka telah dipilih untuk menghindari keragu-raguan dengan beberapa standar nasional yang menggunakan angka tunggal untuk energi tumbukan spesifik.											

522.7 Vibrasi (AH)

522.521 Sistem perkawatan yang ditopang oleh atau magun ke struktur perlengkapan yang terkena vibrasi dengan keganasan medium (AH2) atau keganasan tinggi (AH3) harus sesuai untuk kondisi tersebut, khususnya jika terkait dengan kabel dan hubungan kabel.

CATATAN

Perhatian khusus sebaiknya diberikan untuk hubungan ke perlengkapan vibrasi. Tindakan lokal dapat diadopsi seperti sistem perkawatan fleksibel.

522.522 Instalasi magun dari perlengkapan pemanfaat gantung, misalnya luminer, harus dihubungkan dengan kabel dengan inti fleksibel. Jika diperkirakan tidak ada vibrasi atau gerakan, dapat digunakan kabel dengan inti nonfleksibel.

522.8 Stres mekanis lain (AJ)

522.8.1 Sistem perkawatan harus dipilih dan dipasang sedemikian sehingga selama pemasangan, penggunaan atau pemeliharaan, mencegah kerusakan pada selubung atau insulasi kabel, konduktor berinsulasi dan terminasinya.

522.8.2 Jika ditanam dalam struktur, conduit atau sistem talang kabel harus secara lengkap dipasang untuk setiap sirkit sebelum setiap konduktor berinsulasi atau kabel ditarik.

522.8.3 Radius setiap belokan dalam sistem perkawatan harus sedemikian sehingga konduktor atau kabel tidak boleh rusak (Lihat Lampiran 52E).

PENJELASAN

Lihat Tabel E.52.2 PUIL, Radius belokan minimum yang direkomendasikan pada suhu kabel.

522.8.4 Jika konduktor atau kabel tidak ditopang secara kontinu karena metode pemasangannya, maka harus ditopang dengan sarana yang sesuai pada interval yang memadai sedemikian sehingga konduktor atau kabel tidak rusak karena beratnya sendiri (Lihat Lampiran 52E).

PENJELASAN

Lihat Tabel E.52.1PUIL, Jarak penyangga untuk kabel nonarmor pada posisi yang dapat diakses.

522.8.5 Jika stres tarik permanen diterapkan pada sistem perkawatan (misalnya karena beratnya sendiri pada jalur vertikal), jenis kabel atau konduktor yang sesuai dengan luas penampang dan metode pemasangan yang sesuai harus dipilih sedemikian sehingga konduktor atau kabel tidak rusak karena beratnya sendiri.

522.8.6 Sistem perkawatan yang dimaksudkan untuk menarik konduktor atau kabel masuk atau keluar, harus mempunyai sarana akses yang memadai untuk memungkinkan operasi ini.

522.8.7 Sistem perkawatan yang ditanam dalam lantai harus diproteksi secara memadai untuk mencegah kerusakan yang disebabkan oleh penggunaan lantai yang dimaksudkan.

522.8.8 Sistem perkawatan yang magun secara kaku dan ditanam dalam dinding harus dipasang horizontal atau vertikal atau paralel dengan tepi ruangan.

Sistem perkawatan yang tersembunyi dalam struktur tapi tidak magun dapat mengikuti rute praktis terpendek.

522.8.9 Sistem perkawatan fleksibel harus dipasang sedemikian sehingga dihindari stres tarik yang berlebihan pada konduktor dan hubungan.

PENJELASAN

Tambahan diadopsi dari IEC 61200-52.

522.8.101 Pengurangan risiko hubung pendek atau gangguan bumi

Jika gawai untuk proteksi hubung pendek ditempatkan sesuai dengan 434.2.1, disyaratkan bahwa konduktor harus dipasang sedemikian sehingga mengurangi risiko hubung pendek menjadi minimum.

Hal ini menyatakan bahwa susunan konduktor sebaiknya dibuat sedemikian sehingga meminimalkan risiko kontak antara konduktor serta kontak konduktor aktif dengan bagian dibumikan dan untuk memberikan proteksi terhadap kerusakan karena pengaruh eksternal (misalnya kerusakan mekanis).

Contoh susunan tersebut adalah sbb:

- Susunan terdiri atas kabel inti tunggal sesuai dengan SNI IEC 60502-1, kabel berselubung nonlogam inti tunggal sesuai dengan SNI 04-6629.4 atau kabel fleksibel berinsulasi dan berselubung karet inti tunggal sesuai dengan SNI 04-6629.4 dan jika risiko kerusakan mekanis dicegah.

- Kabel dan kabel fleksibel berinsulasi dan berselubung karet diletakkan sedemikian sehingga dapat diakses tapi tidak di dekat bahan mudah terbakar dan jika risiko kerusakan mekanis dicegah.
- Kabel dengan selubung nonlogam yang dipasang dalam conduit kaku, fleksibel atau pliable (*pliable* – semifleksibel) sesuai dengan SNI IEC 61386-21, 61386-22 atau 61386-23.
- Kabel dengan selubung nonlogam yang dipasang dalam sistem berumbung atau talang sesuai dengan seri IEC 61084.

Berkaitan dengan keselamatan, susunan kabel atau konduktor berinsulasi yang dapat terbakar tanpa membahayakan lingkungannya (misalnya kabel terpendam) dianggap setara dengan sirkit yang dipasang sedemikian sehingga mengurangi risiko hubung pendek menjadi minimum.

522.9 Keberadaan flora dan/atau pertumbuhan jamur (AK)

522.9.1 Jika kondisi yang dialami atau diperkirakan menyebabkan bahaya (AL2), sistem perkawatan harus dipilih dengan tepat atau tindakan proteksi khusus harus diadopsi.

CATATAN

Mungkin perlu metode instalasi yang memfasilitasi penghilangan pertumbuhan jamur tersebut (lihat ayat 529).

522.10 Keberadaan fauna (AL)

522.10.1 Jika kondisi yang dialami atau diperkirakan menyebabkan bahaya (AL2), sistem perkawatan harus dipilih dengan tepat atau tindakan proteksi khusus harus diadopsi, misalnya dengan:

- karakteristik mekanis sistem perkawatan; atau
- lokasi terpilih; atau
- ketentuan mengenai proteksi lokal tambahan atau mekanis umum; atau
- setiap kombinasi di atas.

522.11 Radiasi matahari (AN)

522.11.1 Jika radiasi matahari signifikan (AN2) dialami atau diperkirakan, sistem perkawatan yang sesuai untuk kondisi tersebut harus dipilih dan dipasang atau harus disediakan pelindung yang memadai.

CATATAN

Lihat juga 522.2.1 berkaitan dengan kenaikan suhu.

PENJELASAN

Jika sistem perkawatan dipasang luar ruang, sebaiknya diberikan perhatian khusus pada efek radiasi matahari. Dua efek utama yang harus dipertimbangkan adalah efek pemanasan dan kestabilan ultraviolet (UV). Seperti ditunjukkan dalam 512.2.2 Bagian 5-51 dan Tabel 51A PUIL, jika produk karena konstruksinya tidak mempunyai karakteristik yang relevan pada pengaruh eksternal lokasinya, meskipun demikian dapat digunakan pada kondisi yang diberi proteksi tambahan yang tepat pada pemasangan instalasi, misalnya seperti interposisi skrín.

CATATAN 1

Seri IEC 60287 memberikan metode untuk menentukan kapasitas hantar arus dalam hal radiasi matahari.

522.12 Efek seismik (AP)

522.12.1 Sistem perkawatan harus dipilih dan dipasang dengan memperhatikan bahaya seismik lokasi instalasi.

522.12.2 Jika bahaya seismik yang dialami adalah keganasan rendah (AP2) atau lebih tinggi, harus diberikan perhatian khusus pada berikut:

- pemagun sistem perkawatan ke struktur bangunan;
- hubungan antara perkawatan magun dan semua komponen peralatan penting, misalnya pelayanan keselamatan, harus dipilih berdasarkan mutu fleksibelnya.

522.13 Angin (AR)

522.13.1 Lihat 522.7, Vibrasi (AH) dan 522.8, Stres mekanis lain (AJ).

522.14 Sifat bahan yang diproses atau disimpan (BE)

522.14.1 Lihat 527, Pemilihan dan pemasangan sistem perkawatan untuk meminimalkan rambatan api.

522.15 Desain bangunan (CB)

522.15.1 Jika ada risiko karena gerakan struktur (CB3), penopang kabel dan sistem proteksi yang digunakan harus mampu membolehkan gerakan relatif sedemikian sehingga konduktor dan kabel tidak terkena stres mekanis yang berlebihan.

522.15.2 Untuk struktur fleksibel atau tak stabil (CB4), harus digunakan sistem perkawatan fleksibel.

PENJELASAN

KHA kabel dipengaruhi oleh jenis bahan insulasi kabel, suhu ambien, metode pemasangan, pengelompokan dan adanya insulasi termal. Lihat CATATAN dalam 522.11.

Lampiran B mencakup tabel faktor reduksi untuk jumlah terbatas sirkit. Menambah jumlah sirkit dalam kelompok (konduktor di dalam metode pemasangan tunggal) akan mensyaratkan reduksi lebih lanjut pada KHA konduktor tersebut (faktor reduksi lebih kecil dari yang ditentukan untuk jumlah maksimum sirkit atau konduktor), karena efek pemanasan yang meningkat. Karena itu, direkomendasikan bahwa kelompok tersebut, dengan sirkit atau konduktor lebih banyak dari maksimum yang ditunjukkan dalam tabel, dibagi menjadi kelompok yang lebih kecil dari sirkit atau konduktor dengan jarak yang disediakan antara kelompok.

523.1 Arus yang dihantarkan oleh setiap konduktor untuk periode berkesinambungan selama operasi normal harus sedemikian sehingga batas suhu yang sesuai yang ditentukan dalam Tabel 52-4 tidak dilampaui. Nilai arus harus dipilih sesuai dengan 523.2, atau ditentukan sesuai dengan 523.3.

Tabel 52-4 Suhu operasi maksimum untuk jenis insulasi

Jenis insulasi	Batas suhu ^a °C
Polivinil klorida (PVC)	70 pada konduktor
Polietylen ikat silang (XLPE) dan karet propilen etilen (EPR)	90 pada konduktor ^b
Mineral (ditutup PVC atau polos dapat disentuh)	70 pada selubung
Mineral (polos tidak dapat disentuh dan tidak kontak dengan bahan yang mudah terbakar)	105 pada selubung ^{b,c}

^a Suhu konduktor maksimum yang diizinkan tercantum dalam Tabel 52-4 yang mendasari tabel KHA dalam Lampiran A, diambil dari IEC 60502 (1983) dan IEC 60702 (1981) dan diperlihatkan pada tabel ini

^b Jika konduktor beroperasi pada suhu yang melebihi 70 °C, maka harus ditegaskan bahwa perlengkapan yang dihubungkan ke konduktor sesuai untuk suhu yang dihasilkan pada hubungan.

^c Untuk kabel berinsulasi mineral, suhu operasi yang lebih tinggi dapat diizinkan tergantung pada peringkat suhu kabel, terminasinya, kondisi lingkungan dan pengaruh eksternal lain.

523.2 Persyaratan 523.1 dianggap dipenuhi jika arus untuk konduktor berinsulasi dan kabel tanpa armor tidak melebihi nilai yang sesuai yang dipilih dari tabel pada Lampiran A dengan acuan Tabel 52-3, dikenai setiap faktor koreksi yang perlu yang diberikan dalam Lampiran A.

523.3 Nilai KHA yang sesuai juga dapat ditentukan seperti diuraikan dalam IEC 60287, atau dengan pengujian, atau dengan perhitungan dengan menggunakan metode yang dikenal, asalkan metode itu dinyatakan Jika sesuai, harus diperhitungkan karakteristik beban dan untuk kabel tertanam, resistans termal efektif dari tanah.

523.4 Suhu ambien adalah suhu medium sekitar ketika kabel atau konduktor berinsulasi yang dalam pertimbangan dianggap tidak berbeban.

523.5 Kelompok yang terdiri atas lebih dari satu sirkit

Faktor reduksi kelompok dapat diterapkan pada kelompok konduktor berinsulasi atau kabel yang mempunyai suhu operasi maksimum yang sama.

Untuk kelompok yang terdiri atas kabel atau konduktor berinsulasi yang mempunyai suhu operasi maksimum yang berbeda, KHA semua kabel atau konduktor berinsulasi pada kelompok harus didasarkan pada suhu operasi maksimum terendah dari setiap kabel dalam kelompok bersama-sama dengan faktor reduksi kelompok yang sesuai.

Jika karena kondisi operasi yang diketahui, kabel atau konduktor berinsulasi diperkirakan menghantarkan arus tidak lebih besar dari 30 % peringkat kelompoknya, hal itu dapat diabaikan untuk keperluan memperoleh faktor reduksi untuk sisa kelompok.

523.6 Jumlah konduktor berbeban

523.6.1 Jumlah konduktor yang dipertimbangkan dalam suatu sirkit adalah yang menghantarkan arus beban. Jika dapat diasumsikan bahwa konduktor dalam sirkit polifase menghantarkan arus seimbang, konduktor netral terkait tidak perlu dipertimbangkan. Pada kondisi ini kabel 4-inti diberi kapasitas yang sama seperti kabel 3-inti yang mempunyai luas penampang yang sama untuk setiap konduktor fase. Kabel 4-inti dan 5-inti dapat mempunyai KHA lebih tinggi jika hanya tiga konduktor yang dibebani.

PENJELASAN



Kabel 3 inti Kabel 4 inti Kabel 5 inti

Gambar - Contoh kabel 3 inti, 4 inti dan 5 inti

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

523.6.2 Jika konduktor netral pada kabel multiinti menghantarkan arus sebagai hasil ketakseimbangan dalam arus fase, kenaikan suhu karena arus netral diimbangi dengan reduksi pada bahang yang ditimbulkan oleh satu atau lebih konduktor fase. Dalam hal ini ukuran konduktor harus dipilih berdasarkan arus fase tertinggi.

Dalam semua hal konduktor netral harus mempunyai luas penampang yang memadai untuk mendapatkan kesesuaian dengan 523.1.

523.6.3 Jika konduktor netral menghantarkan arus tanpa reduksi terkait pada beban konduktor fase, konduktor netral harus memperhitungkan kepastian peringkat sirkit. Arus tersebut dapat disebabkan oleh arus harmonik yang signifikan dalam sirkit trifase. Jika kadar harmonik lebih besar dari 10 %, konduktor netral tidak boleh lebih kecil dari konduktor fase. Pengaruh termal karena keberadaan arus harmonik dan faktor reduksi terkait untuk arus harmonik yang lebih tinggi diberikan dalam Lampiran D.



524.1 Luas penampang konduktor lin dalam sirkit a.b. dan konduktor aktif dalam sirkit a.s. tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan dalam Tabel 52-5.

CATATAN 1

Hal ini untuk alasan mekanis.

CATATAN 2

Untuk batas dimensi konduktor bulat lihat Lampiran 52F.

PENJELASAN

Yang dimaksud dengan konduktor aktif adalah konduktor atau bagian konduktif yang dimaksudkan untuk dienergiasi pada operasi normal, termasuk konduktor netral, tetapi dengan konvensi bukan konduktor PEN (gabungan konduktor proteksi PE dan konduktor netral N).

CATATAN

Konsep ini tidak perlu menyatakan risiko kejutan listrik

524.2 Konduktor netral, jika ada, harus mempunyai luas penampang yang sama seperti konduktor lin:

- dalam sirkit fase tunggal, dua kawat, berapapun penampangnya;
- dalam sirkit polifase dan fase tunggal tiga kawat, jika ukuran konduktor lin kurang dari atau sama dengan 16 mm² tembaga atau 25 mm² aluminium.

PENJELASAN

Untuk sirkit trifase dan fase tunggal tiga kawat (yang lazim di Indonesia), maka luas penampang konduktor netral harus sama dengan luas penampang konduktor lin berukuran lebih kecil atau sama dengan 16 mm² tembaga atau 25 mm² aluminium.

524.3 Untuk sirkit polifase jika setiap konduktor fase mempunyai luas penampang lebih besar dari 16 mm² tembaga atau 25 mm² aluminium, konduktor netral dapat mempunyai luas penampang lebih kecil dari konduktor lin, jika kondisi berikut secara serentak dipenuhi:

- arus maksimum yang diperkirakan termasuk harmonik, jika ada, pada konduktor netral selama pelayanan normal tidak lebih besar dari KHA luas penampang konduktor netral yang dikurangi;

CATATAN

Beban yang dihantarkan oleh sirkit pada kondisi pelayanan normal sebaiknya terdistribusi merata antar fase.

- konduktor netral diproteksi terhadap arus lebih menurut persyaratan 431.2 Bagian 4-43;
- ukuran konduktor netral sekurangnya sama dengan 16 mm² tembaga atau 25 mm² aluminium.

PENJELASAN

Khusus untuk sirkit trifase yang mempunyai konduktor lin dengan luas penampang lebih besar dari 16 mm² tembaga atau 25 mm² aluminium, konduktor netral dapat mempunyai luas penampang yang lebih kecil dari luas penampang konduktor lin (dikurangi), asalkan ketiga persyaratan ini dipenuhi:

- arus maksimum termasuk arus harmonik tidak melebihi KHA konduktor netral yang luas penampangnya dikurangi;
- konduktor netral diproteksi terhadap arus lebih;
- luas penampang konduktor netral minimum 16 mm² tembaga atau 25 mm² aluminium.

Dengan persyaratan di atas, terutama jika perhitungan arus harmonik sulit dilakukan, sebaiknya luas penampang konduktor netral minimum sama dengan luas penampang konduktor lin.

Tabel 52-5 Luas penampang minimum konduktor

Jenis sistem perkawatan	Penggunaan sirkit	Konduktor		
		Bahan	Luas penampang mm ²	
Instalasi magun (terpasang tetap)	Kabel dan konduktor berinsulasi	Sirkit daya dan pencahayaan	Tembaga Aluminium	1,5 2,5 (lihat Catatan 1)
		Sirkit sinyal dan kendali	Tembaga	0,5 (lihat Catatan 2)
	Konduktor polos	Sirkit sinyal dan kendali	Tembaga Aluminium	10 16
		Sirkit sinyal dan kendali	Tembaga	4
Hubungan fleksibel dengan konduktor berinsulasi dan kabel	Untuk peranti spesifik	Tembaga	Seperti ditentukan dalam standar IEC yang relevan	
	Untuk setiap penerapan lain		0,75 ^a	
	Sirkit voltase ekstra rendah untuk penerapan khusus		0,75	

CATATAN 1

Konektor yang digunakan untuk terminasi konduktor aluminium 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 mm².

^a Pada kabel fleksibel multiinti yang berisikan tujuh inti atau lebih, berlaku Catatan 2. antar fase.

PENJELASAN

Dengan mempertimbangkan pertumbuhan beban pada instalasi, maka kabel dan konduktor berinsulasi yang digunakan untuk sirkit daya dan pencahayaan magun sebaiknya mempunyai luas penampang minimum 2,5 mm² untuk tembaga, dan sesuai SNI IEC 60228:2009: 10 mm² untuk aluminium.

CATATAN 1

Direkomendasikan bahwa secara praktis drop voltase antara awal instalasi pelanggan dan perlengkapan sebaiknya tidak lebih dari 4 % dari voltase nominal instalasi.

Pertimbangan lain mencakup waktu asut untuk motor dan perlengkapan dengan arus bandang (*inrush current*) tinggi.

Kondisi temporer seperti transien voltase dan variasi voltase karena operasi abnormal dapat diabaikan.



526.1 Hubungan antara konduktor dan antara konduktor dan perlengkapan lain harus memberikan kontinuitas listrik yang awet serta kuat mekanis dan proteksi yang memadai.

CATATAN

Lihat IEC 61200-52.

526.2 Pemilihan sarana hubungan harus memperhitungkan, jika sesuai, untuk:

- a. bahan konduktor dan insulasinya;
- b. jumlah dan bentuk kawat yang membentuk konduktor;
- c. luas penampang konduktor; dan
- d. jumlah konduktor yang dihubungkan bersama-sama.

CATATAN

Penggunaan hubungan solder sebaiknya dihindari pada perkawatan daya. Jika digunakan, hubungan sebaiknya dirancang dengan memperhitungkan stres rambat dan mekanis (lihat 522.6, 522.7 dan 522.8).

526.3 Semua hubungan harus dapat diakses untuk inspeksi, pengujian dan pemeliharaan, kecuali untuk berikut:

- a. sambungan kabel tertanam;
- b. sambungan berisi kompon atau berkapsul;
- c. hubungan antara ujung dingin (*cold tail*) dan elemen pemanas seperti sistem pemanasan plafon, lantai dan teras (*terrace*).

526.4 Jika perlu, tindakan pencegahan harus diambil sedemikian sehingga suhu yang dicapai pada hubungan dalam pelayanan normal tidak boleh mengurangi keefektifan insulasi konduktor yang dihubungkan padanya atau menopangnya.

PENJELASAN

Tambahan diadopsi dari IEC 61200-52.

526.4 Suhu maksimum terminal pada kondisi layanan normal

526.4.101 Umum

Suhu terminal adalah jumlah suhu ambien dan kenaikan suhunya dalam layanan normal.

Standar produk memberikan nilai batas konvensional untuk kenaikan suhu pada kondisi uji yang ditentukan. Untuk kondisi pemasangan yang berbeda dari kondisi uji yang ditentukan, faktor peringkat mungkin perlu diterapkan dan petunjuk sebaiknya diperoleh dari pabrikan. Standar relevan terkait hal ini adalah seri IEC 61439 dan IEC 60890.

Suhu pada terminal dipengaruhi oleh bahang yang didisipasikan oleh peralatan dalam layanan normal. Bahang ini dapat disebabkan oleh susut internal yang didisipasikan dalam peralatan dan oleh sumber bahang internal dan eksternal yang berdekatan, jika ada. Sumber bahang eksternal yang mungkin adalah kabel sistem perkawatan yang dihubungkan ke terminal peralatan.

Kompatibilitas antara suhu yang dicapai pada terminal peralatan dan suhu yang diizinkan untuk insulasi konduktor dan kabel sebaiknya diperoleh dengan susunan yang memadai selama desain/pemasangan.

Tabel nilai KHA konduktor dihitung sedemikian sehingga suhu pada inti tidak melebihi suhu yang dapat diizinkan yang ditentukan dengan pemilihan insulasi. KHA ini tidak memperhitungkan setiap kenaikan suhu pada terminasi.

526.4.201 Pembatasan suhu pada terminal

Perlu untuk membatasi suhu pada terminal sedemikian sehingga batas suhu puncak atau keadaan tunak (*steady-state*) maksimum insulasi dari konduktor yang dihubungkan ke terminal dan dari setiap bahan insulasi yang digunakan untuk menopang hubungan tidak dilampaui. Suhu pada terminal dapat dibatasi dengan salah satu atau lebih tindakan berikut:

- Pembatasan isi selungkup (kubikel, lemari, berumbung, konduit).
Pembatasan isi berumbung dan konduit direkomendasikan bila jumlah sirkit yang besar keluar dari panel yang sama; dalam hal ini, lebih disukai untuk membagi sirkit antara jalur berumbung atau konduit.

- Jarak antara peralatan guna memperbaiki ventilasi alami. Jarak antara peralatan yang berdekatan memungkinkan disipasi bahang yang lebih baik. Perlu untuk mengacu pada petunjuk pabrikan. Penyelesaian ini khususnya direkomendasikan bila sejumlah besar item peralatan dipasang pada selungkup (kubikel atau lemari) yang sama.
- Susunan peralatan yang tepat untuk mendisipasi bahang di dalam selungkup. Direkomendasikan bahwa peralatan yang mendisipasi bahang dipasang dengan cara yang tepat sedemikian sehingga operasi yang benar dari peralatan lain tidak terganggu. Sarana lain, seperti misalnya interposisi skrin atau deflektor, dapat digunakan untuk keperluan ini.
- Ventilasi alami atau paksa atau pengondisi udara kubikel, lemari atau lokasi. Ventilasi paksa peralatan dapat diperlukan, untuk alasan selain pendinginan, pada penerapan spesifik, misalnya untuk memproteksi terhadap masuknya debu.
- Penurunan peringkat peralatan dengan penggunaan peralatan yang mempunyai arus pengenal yang lebih tinggi, akibatnya mendisipasi bahang lebih rendah. Penurunan peringkat peralatan dapat digunakan untuk mengurangi suhu terminal, asalkan penurunan peringkat tersebut diizinkan untuk peralatan.
- Pemilihan bahan untuk selungkup atau kubikel dimana terminal dipasang guna memperbaiki disipasi terminal. Selungkup logam tipis akan mendisipasi bahang lebih siap daripada selungkup ber dinding tebal yang dibuat dari bahan insulasi.
- Pemeliharaan pengklem yang benar dari konduktor pada terminal. Susunan sebaiknya dibuat untuk memastikan pemeliharaan tekanan klem konduktor pada terminalnya. Susunan tersebut dapat inheren (misalnya menggunakan hubungan berpegas (*resilient connections*) atau hasil dari petunjuk untuk inspeksi instalasi.
- Penggunaan terminal antara (dengan suhu operasi pengenal yang tepat) di luar pemanfaat listrik yang memungkinkan konduktor berluas penampang lebih besar atau jenis kabel bersuhu lebih tinggi dihubungkan.
- Jika kabel yang diizinkan bersuhu melebihi 70 °C (misalnya kabel berinsulasi taut silang) dihubungkan ke peralatan atau lengkapan yang didesain untuk beroperasi pada suhu tidak melebihi 70 °C, ukuran konduktor sebaiknya dipilih berdasarkan pada peringkat arus untuk kabel 70 °C atau konstruksi serupa.

527.1 Tindakan pencegahan di dalam kompartemen pemisah api

527.1.1 Risiko rambatan api harus diminimalkan dengan pemilihan bahan yang sesuai dan pemasangan sesuai dengan ayat 522.

527.1.2 Sistem perkawatan harus dipasang sedemikian sehingga kinerja struktur bangunan umum dan keselamatan kebakaran tidak berkurang.

527.1.3 Kabel yang memenuhi sekurangnya persyaratan IEC 60332-1 dan produk yang mempunyai ketahanan api yang diperlukan yang ditentukan dalam IEC 60614 dan standar IEC lain untuk sistem perkawatan, dapat dipasang tanpa tindakan pencegahan khusus.

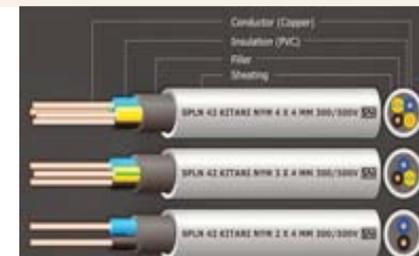
CATATAN

Dalam instalasi jika risiko khusus teridentifikasi, mungkin perlu kabel yang memenuhi pengujian yang lebih berat untuk berkas kabel yang diuraikan dalam IEC 60332-3-24.

527.1.4 Kabel yang tidak memenuhi, sebagai minimum, persyaratan perambatan nyala api IEC 60322-1 jika digunakan harus dibatasi panjangnya sependek mungkin untuk hubungan peranti ke sistem perkawatan permanen dan dalam semua hal tidak melintas dari salah satu kompartemen pemisah api ke kompartemen lain.

PENJELASAN

Semua kabel voltase rendah berinsulasi PVC sesuai seri SNI 04-6629, "Kabel berinsulasi PVC dengan tegangan pengenalan sampai dengan 450/750 V" dan kabel sesuai SNI IEC 60502-1:2009, "Kabel daya dengan insulasi terekstrusi dan lengkapannya untuk voltase pengenalan dari 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) sampai dengan 30 kV ($U_m = 36$ kV) – Bagian 1: Kabel untuk voltase pengenalan 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) dan 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)" yang digunakan dalam instalasi listrik (semuanya merupakan SNI wajib) harus memenuhi persyaratan lulus uji hambat api (fire retardant) menurut IEC 60332-1.



Gambar – Kabel berinsulasi PVC

- Pemisahan konduktor kabel multiinti antara ujung selubung dan terminal akan mengarah pada penurunan suhu terminal. Pemilihan panjang pemisahan dapat didasarkan pada eksperimen atau pada perhitungan menurut IEC/TR 60943.
- Hubungan panjang konduktor yang pendek pada terminasi, yang luas penampangnya lebih besar dari yang disyaratkan untuk arus, akan mengurangi suhu terminasi. Penambahan luas penampang konduktor untuk alasan lain (drop voltase, ketahanan arus hubung pendek, pengurangan impedans lingkaran gangguan) memperbaiki ketahanan termal konduktor dan karena itu mengurangi kemungkinan suhu terminal yang berlebihan.

526.4.301 Pembatasan efek suhu terminal pada layanan normal

Efek kenaikan suhu terminal dapat dibatasi dengan salah satu atau lebih berikut ini:

- Pemilihan insulasi konduktor dengan tetap memperhatikan suhu terminal. Suhu yang diizinkan pada layanan keadaan tunak untuk beberapa jenis insulasi konduktor ditentukan oleh TC 20: *Electric cables*. Jika digunakan kabel dengan insulasi elastomer daripada termoplastik, guna memanfaatkan suhu operasinya yang lebih tinggi, mungkin perlu menurunkan peringkat peralatan dimana kabel dipasang. Dalam hal ini minta nasehat dari pabrikan peralatan. Suhu untuk bahan insulasi yang biasa digunakan diberikan di bawah ini:
 1. termoplastik (PVC): 70 °C;
 2. taut silang (XLPE, EPR) 90 °C;
 3. taut silang (silikon) 120 °C.
- Penguatan atau penggantian insulasi konduktor di dekat terminal dengan selongsong (*sleeve*) yang mengizinkan suhu yang lebih tinggi akan mengurangi risiko degradasi termal insulasi pada terminal. Konduktor berinsulasi yang mengizinkan suhu sedikitnya sama dengan 110 °C direkomendasikan untuk menyuplai peralatan yang beroperasi pada suhu tinggi, seperti misalnya peranti pemanas.
- Pemilihan sarana hubung ke terminal dengan tetap memperhatikan suhunya.

527.1.5 Bagian sistem perkawatan selain kabel yang tidak memenuhi persyaratan minimum perambatan nyala api IEC 60614 dan standar IEC lain untuk sistem perkawatan, tetapi memenuhi semua yang berkaitan dengan IEC 60614 dan standar IEC lain untuk sistem perkawatan, jika digunakan harus secara utuh terselungkup dalam bahan bangunan yang tak mudah terbakar.

PENJELASAN

Seri IEC 60614 sudah ditarik dan dibatalkan oleh IEC, digantikan oleh seri IEC 61396, *Conduit systems for cable management*.



528.1 Kedekatan ke instalasi listrik

Sirkuit voltase rentang I dan rentang II tidak boleh digabung dalam sistem perkawatan yang sama kecuali setiap kabel diinsulasi untuk voltase tertinggi yang ada atau salah satu metode berikut diadopsi:

- setiap konduktor kabel multiinti diinsulasi untuk voltase tertinggi yang ada pada kabel; atau
- kabel diinsulasi untuk voltase sistemnya dan dipasang dalam kompartemen terpisah pada sistem talang atau berumbung kabel; atau
- digunakan sistem conduit terpisah.

CATATAN

Pertimbangan khusus interferens listrik, elektromagnetik dan elektrostatik, dapat berlaku untuk sirkuit telekomunikasi, sirkuit transfer data dan sejenis.

PENJELASAN

Berdasarkan Tabel 1 IEC 60449, yang dimaksud dengan rentang voltase I dan II adalah sbb:

Rentang I

Rentang I mencakup:

- instalasi dengan proteksi terhadap kejutan yang diberikan pada kondisi tertentu berdasarkan nilai voltase;
- instalasi dengan voltase yang dibatasi karena alasan operasional (misalnya instalasi telekomunikasi, sinyal, bel, kendali dan alarm).

Rentang II

Rentang II mencakup voltase untuk menyuplai instalasi rumah tangga, komersial dan industri. Rentang ini mencakup semua voltase sistem distribusi publik.

Tabel 1 Rentang voltase

Rentang	Sistem dibumikan		Sistem terisolasi atau dibumikan tak efektif
	Fase ke bumi	Antar fase	Antar fase
I	$U \leq 50$	$U \leq 50$	$U \leq 50$
II	$50 \leq U \leq 600$	$50 \leq U \leq 1000$	$50 \leq U \leq 1000$

U = voltase nominal instalasi.
* Jika netral terdistribusi, perlengkapan listrik yang disuplai antara fase dan netral dipilih sedemikian sehingga insulasinya berkaitan dengan voltase antar fase.

528.2 Kedekatan dengan instalasi nonlistrik

528.2.1 Sistem perkawatan tidak boleh dipasang di dekat instalasi yang menghasilkan bahang, asap atau uap yang mungkin merusak perkawatan, kecuali diproteksi dari efek berbahaya dengan perisai yang disusun sedemikian sehingga tidak mempengaruhi disipasi bahang dari perkawatan.

528.2.2 Jika sistem perkawatan mempunyai rute di bawah instalasi yang dapat menyebabkan kondensasi (seperti instalasi air, uap panas atau gas), harus diambil tindakan pencegahan untuk memproteksi sistem perkawatan dari efek yang mengganggu.

528.2.3 Jika instalasi listrik akan dipasang berdekatan dengan instalasi nonlistrik, maka harus disusun sedemikian sehingga setiap operasi yang dapat diketahui yang dilakukan pada instalasi lain tidak akan menyebabkan kerusakan pada sistem instalasi listrik atau sebaliknya.

CATATAN

Hal ini dapat dicapai dengan:

- jarak yang sesuai antara instalasi; atau
- penggunaan perisai mekanis atau termal.

528.2.4 Jika instalasi listrik terletak sangat dekat dengan instalasi nonlistrik, kedua kondisi berikut harus dipenuhi:

- sistem perkawatan harus cukup diproteksi terhadap bahaya yang mungkin timbul dari adanya instalasi lain pada penggunaan normal; dan
- proteksi terhadap sentuh tak langsung harus digunakan sesuai dengan persyaratan Ayat 411.3 Bagian 4-41, instalasi logam nonlistrik akan dianggap sebagai BKE.

529.1 Pengetahuan dan pengalaman personel yang mungkin melakukan pemeliharaan harus diperhitungkan pada pemilihan dan pemasangan sistem perkawatan.

529.2 Jika perlu melepas setiap tindakan proteksi guna melakukan pemeliharaan, harus dibuat ketentuan sedemikian sehingga tindakan proteksi dapat dikembalikan lagi tanpa mengurangi tingkat proteksi yang pada mulanya dimaksudkan.

529.3 Harus dibuat ketentuan untuk akses yang aman dan memadai ke semua bagian sistem perkawatan yang mungkin memerlukan pemeliharaan.

CATATAN

Pada beberapa situasi, mungkin perlu menyediakan sarana akses yang permanen dengan tangga, gang dsb.

5210 Identifikasi kabel dengan warna

5210.1 Ketentuan umum

Persyaratan warna insulasi inti kabel berlaku untuk semua instalasi magun atau fleksibel, termasuk instalasi dalam perlengkapan listrik. Hal tersebut di atas diperlukan untuk mendapatkan kesatuan pengertian mengenai penggunaan sesuatu warna atau warna loreng yang digunakan untuk mengidentifikasi inti kabel, guna keseragaman dan mempertinggi keamanan.

CATATAN

Lihat 134.1.3 Bagian 1.

5210.2 Penggunaan warna loreng hijau-kuning

Warna loreng hijau-kuning hanya boleh digunakan untuk menandai konduktor pembumian, konduktor proteksi, dan konduktor yang menghubungkan ikatan ekuiipotensial ke bumi.

PENJELASAN

Khusus untuk kabel tanah (misalnya NYY), lihat Subayat 7.14 Bagian 7 PUIL 2011.

Tambahan diadopsi dari IEC 61200-52.

Kedekatan dengan kabel komunikasi.

Jika kabel daya yang ditanam dalam tanah dekat dengan komponen bawah tanah lin telekomunikasi saluran udara termasuk penambat, penguat dan hubungan buminya, direkomendasikan jarak bebas minimum 800 mm. Jarak bebas ini dapat dikurangi jika kabel daya mempunyai proteksi tambahan terhadap kerusakan mekanis. Proteksi sebaiknya menjangkau sedikitnya 500 mm pada kedua sisi di luar titik kedekatan.

PENJELASAN

Sesuai SNI 6629.1:2011 maka pembagian warna untuk inti berwarna hijau-kuning harus memenuhi kondisi berikut (sesuai dengan IEC 60173): untuk setiap 15 mm panjang inti, salah satu warna tersebut harus mencakup sekurang-kurangnya 30 % dan tidak lebih dari 70 % permukaan inti, warna lain mencakup sisanya.



Gambar – Contoh konduktor pembumian/proteksi

5210.3 Penggunaan warna biru

Warna biru digunakan untuk menandai konduktor netral atau kawat tengah, pada instalasi listrik dengan konduktor netral. Untuk menghindarkan kesalahan, warna biru tersebut tidak boleh digunakan untuk menandai konduktor lainnya. Warna biru hanya dapat digunakan untuk maksud lain, jika pada instalasi listrik tersebut tidak terdapat konduktor netral atau kawat tengah. Warna biru tidak boleh digunakan untuk menandai konduktor pembumian.

PENJELASAN



Gambar – Contoh konduktor netral

A.52.1 Pendahuluan

Persyaratan lampiran ini dimaksudkan untuk memberikan umur konduktor dan insulasi yang memuaskan yang terkena efek termal hantar arus untuk periode waktu yang lama dalam pelayanan normal. Pertimbangan lain mempengaruhi pilihan luas penampang konduktor, seperti persyaratan untuk proteksi terhadap kejutan listrik (Bagian 4-41), proteksi terhadap efek termal (Bagian 4-42), proteksi arus lebih (Bagian 4-43), drop voltase (Ayat 525 standar ini), dan pembatasan suhu untuk terminal perlengkapan yang konduktor dihubungkan padanya (Ayat 526 standar ini).

Untuk saat ini, lampiran ini hanya tentang kabel dan konduktor berinsulasi nonarmor yang mempunyai voltase nominal tidak melebihi 1 kV a.b. atau 1,5 kV a.s. Lampiran ini tidak berlaku untuk kabel inti tunggal berarmor.

CATATAN

Jika digunakan kabel inti tunggal berarmor, dapat disyaratkan pengurangan KHA yang cukup besar yang diberikan dalam lampiran ini. Pemasok kabel sebaiknya dikonsultasi. Hal ini juga dapat diterapkan untuk kabel inti tunggal nirarmor dalam talang logam jalur tunggal (lihat 521.5).

Nilai dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-13 berlaku untuk kabel nirarmor dan telah didapatkan sesuai dengan metode yang diberikan dalam IEC 60287 dengan menggunakan dimensi yang ditentukan dalam IEC 60502 dan resistans konduktor yang diberikan dalam IEC 60228. Variasi praktis yang diketahui dalam konstruksi kabel (misalnya bentuk konduktor) dan hasil toleransi pembuatan pada rentang dimensi yang mungkin dan karena itu KHA untuk setiap ukuran konduktor. Tabel KHA telah dipilih sedemikian sehingga memperhitungkan keselamatan rentang nilai KHA ini dan menempatkan pada kurva yang rata jika diplot terhadap luas penampang konduktor.

Untuk kabel multiinti yang mempunyai konduktor dengan luas penampang 25 mm² atau lebih besar, diizinkan konduktor bulat atau sektor (shaped). Nilai tabel telah didapatkan dari dimensi yang sesuai untuk konduktor sektor.

A.52.2 Suhu ambien

A.52.2.1 Tabel KHA dalam lampiran ini berasumsi suhu ambien acuan berikut:

- untuk konduktor berinsulasi dan kabel di udara, tidak tergantung dari metode pemasangan: 30 °C;
- untuk kabel tertanam, baik langsung dalam tanah atau dalam talang dalam tanah: 20 °C.

A.52.2.2 Jika suhu ambien pada lokasi yang dimaksudkan dari konduktor berinsulasi atau kabel, berbeda dari suhu ambien acuan, faktor koreksi yang sesuai yang diberikan dalam Tabel A.52-14 dan A.52-15 harus diterapkan untuk nilai KHA yang ditentukan dalam A.52-2 hingga A.52-13. Untuk kabel tertanam, koreksi tidak diperlukan jika suhu tanah melebihi 25 °C hanya untuk beberapa minggu per tahun.

CATATAN

Untuk kabel atau konduktor berinsulasi di udara, jika suhu ambien adakalanya melebihi suhu ambien acuan, kemungkinan penggunaan tabel KHA tanpa koreksi dalam pertimbangan.

A.52.2.3 Faktor koreksi dalam Tabel A.52-14 dan A.52-15 tidak memperhitungkan peningkatan, jika ada, karena matahari atau radiasi infra merah lain. Jika kabel atau konduktor berinsulasi terkena radiasi tersebut, KHA harus didapatkan dengan metode yang ditentukan dalam IEC 60287.

A.52.3 Resistivitas termal tanah

Tabel KHA dalam lampiran ini untuk kabel dalam tanah berkaitan dengan resistivitas termal tanah 2,5 K-m/W. Nilai ini dianggap perlu sebagai tindakan untuk penggunaan di seluruh dunia jika jenis tanah dan lokasi geografis tidak ditentukan (lihat IEC 60287-3-1).

Di lokasi jika resistivitas termal tanah efektif lebih tinggi dari 2,5 K-m/W, pengurangan KHA yang sesuai harus dilakukan atau tanah di sekeliling kabel harus diganti dengan bahan yang lebih sesuai. Kasus tersebut biasanya dapat ditemui pada kondisi tanah yang sangat kering. Faktor koreksi untuk resistivitas termal tanah selain 2,5 K-m/W diberikan dalam Tabel A.52-15.

CATATAN

Tabel KHA dalam lampiran ini untuk kabel dalam tanah dimaksudkan hanya berkaitan dengan jalur dalam dan sekitar bangunan. Untuk instalasi lain, jika penyelidikan menetapkan nilai resistivitas termal tanah yang lebih akurat sesuai untuk beban yang dihantarkan, nilai KHA dapat didapatkan dengan metode perhitungan yang diberikan dalam IEC 60287 atau diperoleh dari pabrikan kabel.

A.52.4 Kelompok konduktor berinsulasi / kabel

A.52.4.1 Jenis instalasi A hingga D dalam Tabel A.52-1

KHA yang diberikan dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-7 berkaitan dengan sirkit tunggal yang terdiri atas jumlah konduktor berikut:

- dua konduktor berinsulasi atau dua kabel inti tunggal, atau satu kabel inti kembar;
- tiga konduktor berinsulasi atau tiga kabel inti tunggal, atau satu kabel 3-inti.

Jika lebih banyak konduktor berinsulasi atau kabel dipasang dalam kelompok yang sama, faktor reduksi kelompok yang ditentukan dalam Tabel A.52-17 hingga A.52-19 harus diterapkan.

CATATAN

Faktor reduksi kelompok telah dihitung berdasarkan operasi keadaan tunak yang lama pada faktor beban 100 % untuk semua konduktor aktif. Jika pembebanan kurang dari 100 % sebagai hasil dari kondisi operasi instalasi, faktor reduksi kelompok dapat lebih tinggi.

A.52.4.2 Jenis instalasi E dan F dalam Tabel A.52-1

KHA Tabel A.52-8 hingga A.52-13 berkaitan dengan metode instalasi acuan.

Untuk instalasi di atas rak, begel (cleat) dan sejenis, KHA untuk sirkit tunggal maupun sirkit kelompok harus diperoleh dengan mengalikan kapasitas yang diberikan untuk susunan yang relevan dari konduktor berinsulasi atau kabel di udara bebas, seperti ditunjukkan dalam Tabel A.52-8 hingga A.52-13, dengan faktor reduksi instalasi dan kelompok yang diberikan dalam Tabel A.52-20 hingga A.52-21.

Catatan berikut mengenai A.52.4.1 dan A.52.4.2:

CATATAN 1

Faktor reduksi kelompok telah dihitung sebagai rata-rata untuk julat ukuran konduktor, jenis kabel dan kondisi instalasi yang dipertimbangkan. Perlu diperhatikan catatan di bawah setiap tabel. Dalam beberapa hal, dapat diinginkan perhitungan yang lebih tepat.

CATATAN 2

Faktor reduksi kelompok telah dihitung berdasarkan kelompok yang terdiri atas konduktor berinsulasi atau kabel berbeban serupa. Jika kelompok terdiri atas berbagai ukuran kabel atau konduktor berinsulasi, harus diperhatikan pembebanan arus dari yang terkecil (lihat A.52.5).

A.52.5 Kelompok yang terdiri atas ukuran berbeda

Faktor reduksi kelompok dalam tabel dapat diterapkan pada kelompok yang terdiri atas kabel berbeban serupa. Perhitungan faktor reduksi untuk kelompok yang terdiri atas ukuran berbeda dari konduktor berinsulasi atau kabel berbeban serupa tergantung pada jumlah total dalam kelompok dan campuran dari ukuran. Faktor tersebut tidak dapat ditabelkan tetapi harus dihitung untuk setiap kelompok. Metode perhitungan faktor tersebut di luar ruang lingkup standar ini. Beberapa contoh spesifik perhitungan tersebut yang dapat disarankan, diberikan di bawah ini.

CATATAN

Kelompok yang terdiri atas ukuran konduktor yang merentang julat lebih dari tiga ukuran standar yang berdekatan dapat dianggap sebagai kelompok yang terdiri atas ukuran berbeda. Kelompok kabel serupa dapat diterima merupakan kelompok jika KHA semua kabel berdasarkan pada suhu konduktor maksimum diizinkan yang sama dan jika julat ukuran konduktor dalam rentang kelompok tidak lebih dari tiga ukuran standar yang berdekatan.

A.52.5.1 Kelompok dalam conduit, berumbung kabel dan talang kabel

Faktor reduksi kelompok yang berada pada sisi aman, untuk kelompok yang terdiri atas ukuran berbeda dari konduktor berinsulasi atau kabel dalam conduit, berumbung kabel atau talang kabel adalah:

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

dengan

F adalah faktor reduksi kelompok

n adalah jumlah kabel atau konduktor berinsulasi dalam kelompok.

Faktor reduksi kelompok yang diperoleh dari persamaan ini akan mengurangi bahaya beban lebih ukuran terkecil tetapi dapat mengarah pada utilisasi kurang dari ukuran terbesar. Utilisasi kurang tersebut dapat dihindari jika ukuran yang besar dan kecil dari kabel atau konduktor berinsulasi tidak dicampur dalam kelompok yang sama.

Penggunaan metode perhitungan yang khusus dimaksudkan untuk kelompok yang terdiri atas ukuran berbeda dari konduktor berinsulasi atau kabel dalam conduit menghasilkan faktor reduksi kelompok yang lebih tepat.

A.52.5.2 Kelompok di atas rak

Jika kelompok terdiri atas ukuran berbeda dari konduktor berinsulasi atau kabel, harus diperhatikan pembebanan arus pada ukuran terkecil. Lebih disukai untuk menggunakan metode perhitungan yang khusus dimaksudkan untuk kelompok yang terdiri atas ukuran berbeda dari konduktor berinsulasi atau kabel.

Faktor reduksi kelompok yang diperoleh sesuai dengan A.52.5.1 akan memberikan nilai pada sisi aman.

A.52.6 Metode instalasi

PENJELASAN

Berbeda dengan Tabel 7, penentuan KHA pada Bagian 5-52 sangat ditentukan oleh metode instalasinya (metode pemasangannya). Jadi saat mendesain sistem perkawatan, tentukan lebih dulu metode instalasinya, sehingga dapat diketahui KHA kabel yang dipilih.

Tambahan diadopsi dari IEC 61200-52.

Jika kabel digelar pada ruang dimana insulasi termal mungkin diterapkan, kabel sebaiknya, jika dapat dipraktikkan, dimagun pada posisi sedemikian sehingga tidak akan ditutup oleh insulasi termalnya. Jika pemagunan pada posisi tersebut tidak dapat dipraktikkan, luas penampang kabel sebaiknya dinaikkan yang sesuai.

Untuk kabel yang dipasang pada dinding berinsulasi termal atau di atas plafon berinsulasi termal, kabel yang akan kontak dengan permukaan konduktif termal pada salah satu sisi, metode acuan yang tepat adalah A1 dan A2.

Untuk kabel tunggal yang mungkin dikelilingi secara total oleh bahan insulasi termal sepanjang lebih dari 0,5 m, bila tidak ada informasi yang lebih tepat, KHA dapat diambil sebagai 0,5 kali KHA untuk kabel, diklip langsung ke permukaan dan terbuka (metode acuan C).

Jika kabel dikelilingi secara total oleh insulasi termal untuk kurang dari 0,5 m, KHA kabel harus dikurangi, tergantung pada ukuran kabel, panjang insulasi dan sifat termal insulasi. Faktor derating pada Tabel 52A cocok untuk ukuran konduktor sampai dengan 10 mm² pada insulasi termal yang mempunyai konduktivitas termal lebih besar dari 0,0625 Wm⁻¹K⁻¹.

Tabel 52A – Kabel yang dikelilingi oleh insulasi termal

Panjang pada insulasi mm	Faktor derating ^a
50	0,89
100	0,81
200	0,68
400	0,55

^a Faktor derating harus diterapkan untuk KHA menurut metode acuan C.

A.52.6.1 Metode acuan

Metode acuan adalah metode instalasi yang KHA telah ditentukan dengan pengujian atau perhitungan.

Metode acuan A1, butir 1 Tabel 52-3 (konduktor berinsulasi dalam conduit dalam dinding berinsulasi secara termal) dan **A2**, butir 2 Tabel 52-3 (kabel multiinti dalam conduit dalam dinding berinsulasi secara termal).

Dinding terdiri atas lapisan luar tahan cuaca, insulasi termal dan permukaan bagian dalam dari kayu atau bahan serupa kayu yang mempunyai konduktans termal sekurangnya 10 W/m². K. Konduit dimagunkan sedemikian sehingga berdekatan dengan, tetapi tidak perlu menyentuh permukaan bagian dalam. Bahang dari kabel dianggap hanya keluar melalui permukaan bagian dalam. Konduit dapat dari logam atau plastik.

Metode acuan B1, butir 4 Tabel 52-3 (konduktor berinsulasi dalam konduit pada dinding kayu) dan **B2**, butir 5 Tabel 52-3 (kabel multiinti dalam konduit pada dinding kayu).

Konduit dipasang pada dinding kayu sedemikian sehingga celah antara konduit dan permukaan kurang dari 0,3 kali diameter konduit. Konduit dapat dari logam atau plastik. Jika konduit dimagunkan ke dinding tembok, KHA kabel atau konduktor berinsulasi dapat lebih tinggi.

Metode acuan C, butir 20 Tabel 52-3 (kabel inti tunggal atau multiinti pada dinding kayu)

Kabel dipasang pada dinding kayu sedemikian sehingga celah antara kabel dan permukaan kurang dari 0,3 kali diameter kabel. Jika kabel dimagunkan ke atau ditanam dalam dinding tembok, KHA nya dapat lebih tinggi.

CATATAN

Istilah "tembok" diambil untuk mencakup batu bata, beton, plesteran atau serupa (selain dari bahan berinsulasi secara termal).

Metode acuan D, butir 70 Tabel 52-3 (kabel multiinti dalam talang dalam tanah)

Kabel ditarik dalam talang plastik, tembikar atau logam yang kontak langsung dengan tanah yang mempunyai resistivitas termal 2,5 K-m/W dan dalam 0,7 m (lihat juga A.52..3).

Metode acuan E, F dan G, butir 32 dan 33 Tabel 52-3 (kabel inti tunggal dan multiinti di udara terbuka)

Kabel ditopang sedemikian sehingga disipasi bahang total tidak terhalang. Pemanasan karena radiasi matahari dan sumber lain harus diperhitungkan. Harus diperhatikan bahwa konveksi udara alami tidak terhalang. Dalam praktik jarak bebas antara kabel dan setiap permukaan yang berdekatan sekurangnya 0,3 kali diameter eksternal kabel untuk kabel multiinti atau 1 kali diameter kabel untuk kabel inti tunggal cukup untuk memungkinkan penggunaan KHA yang memadai untuk kondisi udara terbuka.

A.52.6.2 Metode lain

Kabel di atas lantai atau di bawah plafon: hal ini serupa dengan metode acuan C kecuali bahwa peringkat untuk kabel di atas plafon sedikit berkurang (lihat Tabel A.52-17) dari nilai untuk dinding atau lantai karena berkurangnya konveksi alami.

Rak kabel: rak berlubang mempunyai pola lubang regular sedemikian untuk memfasilitasi penggunaan pemagun kabel. Peringkat kabel untuk rak berlubang telah didapatkan dari kerja uji yang menggunakan rak dengan lubang 30 % dari luas dasar. Jika lubang kurang dari 30 % luas dasar, rak dianggap nirlubang. Hal ini serupa dengan metode acuan C.

Penopang tangga: ini adalah konstruksi yang menawarkan impedans minimum ke aliran udara sekeliling kabel, yaitu logam penopang di bawah kabel menempati kurang dari 10 % luas rencana.

Begel dan gantungan: penopang kabel yang memegang kabel pada interval seluruh panjangnya dan memungkinkan aliran udara terbuka penuh sekeliling kabel.

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

CATATAN 1

Tabel KHA untuk jenis konduktor berinsulasi dan kabel, dan metode instalasi yang biasa digunakan untuk instalasi listrik magun. Tabel KHA berkaitan dengan operasi keadaan tunak kontinu (faktor beban 100 %) untuk a.s. atau a.b. dengan frekuensi nominal 50 Hz.

CATATAN 2

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

CATATAN 3

Untuk baiknya, jika metode desain instalasi dengan bantuan komputer digunakan, KHA dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-13 dapat berkaitan dengan konduktor yang diukur dengan rumus sederhana. Rumus ini dengan koefisien yang sesuai diberikan dalam Lampiran C.

Tabel A.52-1 Daftar metode instalasi acuan yang membentuk dasar tabel KHA

Metode instalasi acuan		Tabel dan kolom							Faktor suhu ambient	Faktor reduksi kelompok
		KHA untuk sirkit tunggal					Faktor suhu ambient	Faktor reduksi kelompok		
		Berinsulasi PVC		Berinsulasi XLPE/EPR		Berinsulasi mineral				
		2	3	2	3	1,2 dan 3				
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Konduktor berinsulasi dalam konduit dalam dinding berinsulasi secara termal	A1	A.52-2 Kol. 2	A.52-4 Kol. 2	A.52-3 Kol. 2	A.52-5 Kol. 2	-	A.52-14	A.52-17	
	Kabel multiinti dalam konduit dalam dinding berinsulasi secara termal	-	A.52-2 Kol. 3	A.52-4 Kol. 3	A.52-3 Kol. 3	A.52-5 Kol. 3	-	A.52-14	A.52-17	
	Konduktor berinsulasi dalam konduit pada dinding kayu	B1	A.52-2 Kol. 4	A.52-4 Kol. 4	A.52-3 Kol. 4	A.52-5 Kol. 4	-	A.52-14	A.52-17	
	Kabel multiinti dalam konduit pada dinding kayu	B2	A.52-2 Kol. 5	A.52-4 Kol. 5	A.52-3 Kol. 5	A.52-5 Kol. 5	-	A.52-14	52 7A-17	

Tabel A.52-1 (lanjutan)

Metode instalasi acuan		Tabel dan kolom							Faktor suhu ambien	Faktor reduksi kelompok
		KHA untuk sirkit tunggal					Faktor suhu ambien	Faktor reduksi kelompok		
		Berinsulasi PVC		Berinsulasi XLPE/EPR		Berinsulasi mineral				
		Jumlah inti								
2	3	2	3	1,2 dan 3	8	9				
	Kabel inti tunggal atau multiinti pada dinding kayu	C	A.52-2 Kol. 6	A.52-4 Kol. 6	A.52-3 Kol. 6	A.52-5 Kol. 6	Selubung 70 °C 52-C5	A.52-14	A.52-17	
	Kabel multiinti dalam talang dalam tanah	D	A.52-2 Kol. 7	A.52-4 Kol. 7	A.52-3 Kol. 7	A.52-5 Kol. 7	Selubung 105 °C 52-C6	A.52-14	A.52-19	
	Kabel multiinti pada udara terbuka	E	Tembaga A.52 - 10 Alumunium A.52 - 11	Tembaga A.52-12 Aluminium A.52-13	Selubung 70 °C A.52-8 Selubung 105 °C A.52 - 9		A.52-14	A.52-17		
	Kabel inti tunggal, bersentuhan pada udara terbuka	F	Tembaga A.52 - 10 Alumunium A.52 - 11	Tembaga A.52 - 12 Alumunium A.52 - 13	Selubung 70°C A.52 - 8 Selubung 105 °C A.52-9		A.52-14	A.52-17		
	Kabel inti tunggal, berjarak pada udara terbuka <small>Seturangkurangnya satu diameter kabel</small>	G	Tembaga A.52 - 10 Alumunium A.52 - 11	Tembaga A.52 - 12 Alumunium A.52 - 13	Selubung 70 °C A.52 - 8 Selubung 105 °C A.52-9		A.52-14	-		

Tabel A.52-2 KHA dalam ampere untuk metode instalasi dalam Tabel A.52-1 – Insulasi PVC/dua konduktor berbeban/tembaga atau aluminium – Suhu konduktor: 70 °C/Suhu ambien: 30 °C di udara, 20 °C dalam tanah

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Metode instalasi Tabel 7.A-1					
	A1	A2	B1	B2	C	D
						
1	2	3	4	5	6	7
Tembaga						
1,5	14,5	14	17,5	16,5	19,5	22
2,5	19,5	18,5	24	23	27	29
4	26	25	32	30	36	38
6	34	32	41	38	46	47
10	46	43	57	52	63	63
16	61	57	76	69	85	81
25	80	75	101	90	112	104
35	99	92	125	111	138	125
50	119	110	151	133	168	148
70	151	139	192	168	213	183
95	182	167	232	201	258	216
120	210	192	269	232	299	246
150	240	219	-	-	344	278
185	273	-	-	-	392	312
240	321	291	-	-	461	361
300	367	334	-	-	530	408
Aluminium						
2,5	15	14,5	18,5	17,5	21	22
4	20	19,5	25	24	28	29
6	26	25	32	30	36	36
10	36	33	44	41	49	48
16	48	44	60	54	66	62
25	63	58	79	71	83	80
35	77	71	97	86	103	96
50	93	86	118	104	125	113
70	118	108	150	131	160	140
95	142	130	181	157	195	166
120	164	150	210	181	226	189
150	189	172	-	-	261	213
185	215	195	-	-	298	240
240	252	229	-	-	352	277
300	289	263	-	-	406	313

CATATAN

Pada Kolom 3, 5, 6 dan 7 konduktor bulat dianggap berukuran sampai dengan 16 mm². Nilai untuk ukuran yang lebih besar berkaitan dengan bentuk kompak dan secara aman dapat diterapkan untuk konduktor bulat

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tabel A.52-3 KHA dalam ampere untuk metode instalasi dalam Tabel A.52-1 – Insulasi XLPE atau EPR/dua konduktor berbeban/tembaga atau aluminium – Suhu konduktor: 90 °C/Suhu ambien: 30 °C di udara, 20 °C dalam tanah

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Metode instalasi Tabel 7.A-1					
	A1	A2	B1	B2	C	D
1	2	3	4	5	6	7
Tembaga						
1.5	19	18.5	23	22	24	26
2.5	26	25	31	30	33	34
4	35	33	42	40	45	44
6	34	42	54	51	58	56
10	45	57	75	69	80	73
16	61	76	100	91	107	95
25	81	99	133	119	138	121
35	106	121	164	146	171	146
50	131	145	198	175	209	173
70	158	183	253	221	269	213
95	200	220	306	265	328	252
120	241	243	354	305	382	287
150	278	290	-	-	441	324
185	318	329	-	-	506	363
240	362	386	-	-	599	419
300	424	442	-	-	693	474
Alumunium						
2,5	20	19.5	25	23	26	26
4	27	26	33	31	35	34
6	35	33	43	40	45	42
10	48	45	59	54	62	56
16	64	60	79	72	84	73
25	84	78	105	94	101	93
35	103	96	130	115	126	112
50	125	115	157	138	154	132
70	158	145	200	175	198	163
95	191	175	242	210	241	193
120	220	201	281	242	280	220
150	253	230	-	-	324	249
185	288	262	-	-	371	279
240	338	307	-	-	439	322
300	387	352	-	-	508	364

CATATAN
Pada Kolom 3, 5, 6 dan 7 konduktor bulat dianggap berukuran sampai dengan 16 mm². Nilai untuk ukuran yang lebih besar berkaitan dengan bentuk kompak dan secara aman dapat diterapkan untuk konduktor bulat

Tabel A.52-4 KHA dalam ampere untuk metode instalasi dalam Tabel A.52-1 – Insulasi PVC/tiga konduktor berbeban/ tembaga atau aluminium – Suhu konduktor: 70 °C/Suhu ambien: 30 °C di udara, 20 °C dalam tanah

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Metode instalasi Tabel 7.A-1					
	A1	A2	B1	B2	C	D
1	2	3	4	5	6	7
Tembaga						
1.5	13.5	13	15.5	15	17.5	18
2.5	18	17.5	21	20	24	24
4	24	23	28	27	32	31
6	31	29	36	34	41	39
10	42	39	50	46	57	52
16	56	52	68	62	76	67
25	73	68	89	80	96	86
35	89	83	110	99	119	103
50	108	99	134	118	144	122
70	136	125	171	149	184	151
95	164	150	207	179	223	179
120	188	172	239	206	259	203
150	216	196	-	-	299	230
185	245	223	-	-	341	258
240	286	261	-	-	403	297
300	328	298	-	-	464	336
Alumunium						
2,5	14	13.5	16.5	15.5	18.5	18.5
4	18.5	17.5	22	21	25	24
6	24	23	28	27	32	30
10	32	31	39	36	44	40
16	43	41	53	48	59	52
25	57	53	70	62	73	66
35	70	65	86	77	90	80
50	84	78	104	92	110	94
70	107	98	133	116	140	117
95	129	118	161	139	170	138
120	149	135	186	160	197	157
150	170	155	-	-	227	178
185	194	176	-	-	259	200
240	227	207	-	-	305	230
300	261	237	-	-	351	260

CATATAN
Pada Kolom 3, 5, 6 dan 7 konduktor bulat dianggap berukuran sampai dengan 16 mm². Nilai untuk ukuran yang lebih besar berkaitan dengan bentuk kompak dan secara aman dapat diterapkan untuk konduktor bulat

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tabel A.52-5 KHA dalam ampere untuk metode instalasi dalam Tabel A.52-1 – Insulasi XLPE atau EPR/tiga konduktor berbeban/ tembaga atau aluminium – Suhu konduktor: 90 °C/Suhu ambien: 30 °C di udara, 20 °C dalam tanah

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Metode instalasi Tabel 7.A-1					
	A1	A2	B1	B2	C	D
1	2	3	4	5	6	7
Tembaga						
1.5	17	16.5	20	19.5	22	22
2.5	23	22	28	26	30	29
4	31	30	37	35	40	37
6	40	38	48	44	52	46
10	54	51	66	60	71	61
16	73	68	88	80	96	79
25	95	89	117	105	119	101
35	117	109	144	128	147	122
50	141	130	175	154	179	144
70	179	164	222	194	229	178
95	216	197	269	233	278	211
120	249	227	312	268	322	240
150	285	259	-	-	371	271
185	323	295	-	-	424	304
240	380	346	-	-	500	351
300	435	396	-	-	576	396
Alumunium						
2,5	19	18	22	21	24	22
4	25	24	29	28	32	29
6	32	31	38	35	41	36
10	44	41	52	48	57	47
16	58	55	71	64	76	61
25	76	71	93	84	90	78
35	94	87	116	103	112	94
50	113	104	140	124	136	112
70	142	131	179	156	174	138
95	171	157	217	188	211	164
120	197	180	251	216	245	186
150	226	206	-	-	283	210
185	256	233	-	-	323	236
240	300	273	-	-	382	272
300	344	313	-	-	440	308

CATATAN
Pada Kolom 3, 5, 6 dan 7 konduktor bulat dianggap berukuran sampai dengan 16 mm². Nilai untuk ukuran yang lebih besar berkaitan dengan bentuk kompak dan secara aman dapat diterapkan untuk konduktor bulat

Tabel A.52-6 KHA dalam ampere untuk metode instalasi C Tabel A.52-1 – Insulasi mineral/konduktor tembaga dan selubung – Selubung PVC atau polos terkena sentuhan (lihat catatan 2) Suhu selubung logam: 70 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Jumlah dan susunan konduktor untuk metode C Tabel 7.A-1		
	Dua konduktor berbeda kembar atau inti tunggal	Tiga konduktor berbeban	
		Multiinti atau inti tunggal dalam formasi trefoil	Inti tunggal dalam formasi rata
1	2	3	4
500 V			
1.5	23	19	21
2.5	31	26	29
4	40	35	38
750 V			
1.5	25	21	23
2.5	34	28	31
4	45	37	41
6	57	48	52
10	77	65	70
16	102	86	92
25	133	112	120
35	163	137	147
50	202	169	181
70	247	207	221
95	296	249	264
120	340	286	303
150	388	327	346
185	440	371	392
240	514	434	457

CATATAN 1
Untuk Kabel inti tunggal, selubung kabel sirkuit dihubungkan bersama – sama pada kedua ujungnya

CATATAN 2
Untuk kabel polos yang saling bersentuhan nilai sebaiknya dikalikan 0.9

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tabel A.52-7 KHA dalam ampere untuk metode instalasi C Tabel A.52-1 –
 Insulasi mineral/konduktor tembaga dan selubung –
 Polos tidak terkena sentuhan atau tidak kontak
 dengan bahan yang mudah terbakar
 Suhu selubung logam: 105 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Jumlah dan susunan konduktor untuk metode C Tabel 7.A-1		
	Dua konduktor berbeda kembar atau inti tunggal	Tiga konduktor berbeban	
		Multiinti atau inti tunggal dalam formasi trefoil	Inti tunggal dalam formasi rata
	2	3	4
500 V			
1.5	28	24	27
2.5	38	33	36
4	51	44	47
750 V			
1.5	31	26	30
2.5	42	35	41
4	55	47	53
6	70	59	67
10	96	81	91
16	127	107	119
25	166	140	154
35	203	171	187
50	251	212	230
70	307	260	280
95	369	312	334
120	424	359	383
150	485	410	435
185	550	465	492
240	643	544	572

CATATAN 1
 Untuk Kabel inti tunggal, selubung kabel sirkit dihubungkan bersama - sama pada kedua ujungnya

CATATAN 2
 Tidak ada koreksi untuk pengelompokan yang perlu diterapkan

CATATAN 3
 Untuk tabel ini, metode acuan C mengacu pada dinding tembok, karena suhu selubung yang tinggi biasanya tidak dapat diterima untuk dinding kayu

Tabel A.52-8 KHA dalam ampere untuk metode instalasi E, F dan G Tabel A.52-1 –
 Insulasi mineral/Konduktor tembaga dan selubung/
 Selubung PVC atau polos terkena sentuhan (lihat catatan 2)
 Suhu selubung logam: 70 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Jumlah dan susunan konduktor untuk metode E,F dan G Tabel 7.A-1				
	Dua konduktor berbeban kembar atau inti tunggal Metode E dan F	Tiga konduktor berbeban			
		Multiinti atau inti tunggal dalam formasi trefoil Metode E dan F	Inti tunggal dalam bersentuhan Metode F	Inti tunggal rata vertikal berjarak Metode G	Inti tunggal horizontal berjarak Metode G
	2	3	4	5	6
500 V					
1.5	25	21	23	26	29
2.5	33	28	31	34	39
4	44	37	41	45	51
750 V					
1.5	26	22	26	28	32
2.5	36	30	34	37	43
4	47	40	45	49	56
6	60	51	57	62	71
10	82	69	77	84	95
16	109	92	102	110	125
25	142	120	132	142	162
35	174	147	161	173	197
50	215	182	198	213	242
70	264	223	241	259	294
95	317	267	289	309	351
120	364	308	331	353	402
150	416	352	377	400	454
185	472	399	426	446	507
240	552	466	496	497	565

CATATAN 1
 Untuk Kabel inti tunggal, selubung kabel sirkit dihubungkan bersama - sama pada kedua ujungnya

CATATAN 2
 Untuk kabel polos yang bersentuhan, nilai sebaliknya dikalikan 0.9

CATATAN 3
 D_e adalah diameter external kabel

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tabel A.52-9 KHA dalam ampere untuk metode instalasi E, F dan G Tabel A.52-1 –
Insulasi mineral/konduktor tembaga dan selubung/
Polos tidak terkena sentuhan (lihat catatan 2)
Suhu selubung logam: 105 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Jumlah dan susunan konduktor untuk metode E,F dan G Tabel 7.A-1				
	Dua konduktor berbeban kembar atau inti tunggal Metode E dan F	Tiga konduktor berbeban			
		Multiinti atau inti tunggal dalam formasi trefoil Metode E dan F	Inti tunggal dalam bersentuhan Metode F	Inti tunggal rata vertikal berjarak Metode G	Inti tunggal horizontal berjarak Metode G
1	2	3	4	5	6
500 V					
1.5	31	26	29	33	37
2.5	41	35	39	43	49
4	54	46	51	56	64
750 V					
1.5	33	28	32	35	40
2.5	45	38	43	47	54
4	60	50	56	61	70
6	76	64	71	78	89
10	104	87	96	105	120
16	137	115	127	137	157
25	179	150	164	178	204
35	220	184	200	216	248
50	272	228	247	266	304
70	333	279	300	323	370
95	400	335	359	385	441
120	460	385	441	441	505
150	526	441	469	498	565
185	596	500	530	557	629
240	697	584	617	624	704

CATATAN 1
Untuk Kabel inti tunggal, selubung kabel sirkit dihubungkan bersama - sama pada kedua ujungnya

CATATAN 2
Tidak ada koreksi untuk pengelompokan yang perlu diterapkan

CATATAN 3
 D_e adalah diameter external kabel

Tabel A.52-10 KHA dalam ampere untuk metode instalasi E, F dan G Tabel A.52-1 –
Insulasi PVC/Konduktor tembaga
Suhu konduktor: 70°C/Suhu ambien acuan: 30°C

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Metode instalasi Tabel 7.A-1						
	Kabel multiinti			Kabel inti tunggal			
	Dua konduktor berbeban	Tiga konduktor berbeban	Dua konduktor berbeban bersentuhan	Tiga konduktor berbeban trefoil	Tiga konduktor berbeban rata		
					Bersentuhan	Berjarak	
					Horizontal	Vertikal	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.5	22	18.5	-	-	-	-	-
2.5	30	25	-	-	-	-	-
4	40	34	-	-	-	-	-
6	51	43	-	-	-	-	-
10	70	60	-	-	-	-	-
16	94	80	-	-	-	-	-
25	119	101	131	110	114	146	130
35	148	126	162	137	143	181	162
50	180	153	196	167	174	219	197
70	232	196	251	216	225	281	254
95	282	238	304	264	275	341	311
120	328	276	352	308	321	396	362
150	379	319	406	356	372	456	419
185	434	364	463	409	427	521	480
240	514	430	546	485	507	615	569
300	593	497	629	561	587	709	659
400	-	-	754	656	689	852	795
500	-	-	868	749	789	982	920
630	-	-	1005	855	905	1138	1070

CATATAN
Konduktor bulat dianggap berukuran sampai dengan 16 mm². Nilai untuk ukuran yang lebih besar berkaitan dengan konduktor kompak dan dengan aman dapat diterapkan untuk konduktor bulat.

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tabel A.52-11 KHA dalam ampere untuk metode instalasi E, F dan G Tabel A.52-1 – Insulasi PVC/Konduktor aluminium
Suhu konduktor: 70 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Metode instalasi Tabel 7.A-1							
	Kabel multiinti		Kabel inti tunggal					
	Dua konduktor berbeban	Tiga konduktor berbeban	Dua konduktor berbeban bersentuhan	Tiga konduktor berbeban trefoil	Tiga konduktor berbeban rata			
					Bersentuhan	Berjarak		
				Horizontal		Vertikal		
	Metode E	Metode E	Metode F	Metode F	Metode F	Metode G	Metode G	
	1	2	3	4	5	6	7	8
2.5	23	19.5	-	-	-	-	-	-
4	31	26	-	-	-	-	-	-
6	39	33	-	-	-	-	-	-
10	54	46	-	-	-	-	-	-
16	73	61	-	-	-	-	-	-
25	89	78	98	84	87	112	99	
35	111	96	122	105	109	139	124	
50	135	117	149	128	133	169	152	
70	173	150	192	166	173	217	196	
95	210	183	235	203	212	265	241	
120	244	212	273	237	247	308	282	
150	282	245	316	274	287	356	327	
185	322	280	363	315	330	407	376	
240	380	330	430	375	392	482	447	
300	439	381	497	434	455	557	519	
400	-	-	600	526	552	671	629	
500	-	-	694	610	640	775	730	
630	-	-	808	711	746	900	852	

CATATAN
Konduktor bulat dianggap berukuran sampai dengan 16 mm². Nilai untuk ukuran yang lebih besar berkaitan dengan konduktor kompak dan dengan aman dapat diterapkan untuk konduktor bulat.

Tabel A.52-12 KHA dalam ampere untuk metode instalasi E, F dan G Tabel A.52-1 – Insulasi XLPE atau EPR/Konduktor tembaga
Suhu konduktor: 90 °C/Suhu ambien acuan: 30 °C

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Metode instalasi Tabel 7.A-1							
	Kabel multiinti		Kabel inti tunggal					
	Dua konduktor berbeban	Tiga konduktor berbeban	Dua konduktor berbeban bersentuhan	Tiga konduktor berbeban trefoil	Tiga konduktor berbeban rata			
					Bersentuhan	Berjarak		
				Horizontal		Vertikal		
	Metode E	Metode E	Metode F	Metode F	Metode F	Metode G	Metode G	
	1	2	3	4	5	6	7	8
1.5	26	23	-	-	-	-	-	-
2.5	36	32	-	-	-	-	-	-
4	49	42	-	-	-	-	-	-
6	63	54	-	-	-	-	-	-
10	86	75	-	-	-	-	-	-
16	115	100	-	-	-	-	-	-
25	149	127	161	135	141	182	161	
35	185	158	200	169	176	226	201	
50	225	192	242	207	216	275	246	
70	289	246	310	268	279	353	318	
95	352	298	377	328	342	430	389	
120	410	346	437	383	400	500	454	
150	473	399	504	444	464	577	527	
185	542	456	575	510	533	661	605	
240	641	538	679	607	634	781	719	
300	741	621	783	703	736	902	833	
400	-	-	940	823	868	1085	1008	
500	-	-	1083	946	998	1253	1169	
630	-	-	1254	1088	1151	1454	1362	

CATATAN
Konduktor bulat dianggap berukuran sampai dengan 16 mm². Nilai untuk ukuran yang lebih besar berkaitan dengan konduktor kompak dan dengan aman dapat diterapkan untuk konduktor bulat.

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tabel A.52-13 KHA dalam ampere untuk metode instalasi E, F dan G Tabel A.52-1 – Insulasi XLPE atau EPR/Konduktor aluminium Suhu konduktor: 90 °C/Suhu ambient acuan: 30 °C

Luas penampang nominal konduktor mm ²	Metode instalasi Tabel 7.A-1						
	Kabel multiinti		Kabel inti tunggal				
	Dua konduktor berbeban	Tiga konduktor berbeban	Dua konduktor berbeban bersentuhan	Tiga konduktor berbeban trefoil	Tiga konduktor berbeban rata		
					Bersentuhan	Berjarak	
				Horizontal		Vertikal	
	1	2	3	4	5	6	7
2.5	28	24	-	-	-	-	-
4	38	32	-	-	-	-	-
6	49	42	-	-	-	-	-
10	67	58	-	-	-	-	-
16	91	77	-	-	-	-	-
25	108	97	121	103	107	138	122
35	135	120	150	129	135	172	153
50	164	146	184	159	165	210	188
70	211	187	237	206	215	271	244
95	257	227	289	253	264	332	300
120	300	263	337	296	308	387	351
150	346	304	389	343	358	448	408
185	397	347	447	395	413	515	470
240	470	409	530	471	492	611	561
300	543	471	613	547	571	708	652
400	-	-	740	663	694	856	792
500	-	-	856	770	806	991	921
630	-	-	996	899	942	1154	1077

CATATAN
Konduktor bulat dianggap berukuran sampai dengan 16 mm². Nilai untuk ukuran yang lebih besar berkaitan dengan konduktor kompak dan dengan aman dapat diterapkan untuk konduktor bulat.

Tabel A.52-14 Faktor koreksi untuk suhu udara ambient selain 30 °C yang diterapkan pada KHA kabel di udara

Suhu ambient ^a	Insulasi			
	PVC	XLPE dan EPR	Mineral ^a	
			Berselubung PVC atau polos dan bersentuhan 70 °C	Polos tidak bersentuhan 105 °C
10	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,87	0,92
45	0,79	0,87	0,85	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,51	0,71	0,45	0,75
65	-	0,65	-	0,70
70	-	0,58	-	0,65
75	-	0,50	-	0,60
80	-	0,41	-	0,54
85	-	-	-	0,47
90	-	-	-	0,40
95	-	-	-	0,32

^a Untuk suhu ambient yang lebih tinggi, hubungi pabrik.

Tabel A.52-15 Faktor koreksi untuk suhu tanah ambient selain 20 °C yang diterapkan pada KHH kabel dalam talang dalam tanah

Suhu Tanah °C	Insulasi	
	PVC	XLPE dan EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	-	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tabel A.52-16 Faktor koreksi untuk kabel dalam talang tertanam untuk resistivitas termal tanah selain 2,5 K·m/W yang diterapkan pada KHA untuk metode acuan D

Resistivitas termal, K·m/W	1	1,5	2	2,5	3
Faktor koreksi	1,18	1,1	1,05	1	0,96
CATATAN 1 Faktor koreksi yang diberikan telah dirata-rata terhadap julat ukuran konduktor dan jenis instalasi yang termasuk dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-5. Keakuratan total faktor koreksi adalah ± 5 %.					
CATATAN 2 Faktor koreksi dapat diterapkan pada kabel yang ditarik dalam talang tertanam; untuk kabel yang terletak langsung dalam tanah, faktor koreksi untuk resistivitas termal kurang dari 2,5 K·m/W akan lebih tinggi. Jika diperlukan nilai yang lebih tepat, dapat dihitung dengan metode yang diberikan dalam IEC 602852					
CATATAN 3 Faktor koreksi dapat diterapkan pada talang yang ditanam pada kedalaman sampai dengan 0,8 m.					

Tabel A.52-17 Faktor reduksi untuk kelompok lebih dari satu sirkit atau lebih dari satu kabel multiinti yang digunakan dengan KHA Tabel A.52-2 hingga A.52-13

No.	Susunan (persentuhan kabel)	Jumlah sirkit atau kabel multiinti												Digunakan dengan KHA, acuan
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Disatukan diudara, pada permukaan, tertanam atau terselungkup	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	A.52-2 – A.52-13 Metode A – F
2	Lapisan tunggal pada dinding, lantai atau rak berlubang	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Tidak ada faktor reduksi untuk lebih dari sembilan sirkit atau kabel multiinti			A.52-2 – A.52-7 Metode C
3	Lapisan tunggal magun langsung di bawah plafon kayu	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Lapisan tunggal pada rak berlubang horizontal atau vertical	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	Tidak ada faktor reduksi untuk lebih dari sembilan sirkit atau kabel multiinti			A.52-8 – A.52-13 Metode E dan F
5	Lapisan tunggal pada penopang tangga atau paku dsb.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				
CATATAN 1 Faktor ini dapat diterapkan untuk kelompok kabel seragam, berbeban sama.														
CATATAN 2 Jika jarak bebas horizontal antara kabel yang berdekatan melebihi dua kali diameter totalnya, tidak ada faktor reduksi yang perlu diterapkan.														
CATATAN 3 Faktor yang sama diterapkan untuk: - kelompok dua atau tiga kabel inti tunggal; - kabel multiinti.														

CATATAN 4

Jika sistem terdiri atas kabel 2-inti dan 3-inti, jumlah total kabel diambil sebagai jumlah sirkit, dan faktor terkait diterapkan pada tabel untuk dua konduktor berbeban untuk kabel 2-inti, dan pada tabel untuk tiga konduktor berbeban untuk kabel 3-inti.

CATATAN 5

Jika kelompok terdiri atas n kabel inti tunggal, maka dapat dianggap sebagai n/2 sirkit dari dua konduktor berbeban atau n/3 sirkit dari tiga konduktor berbeban.

CATATAN 6

Nilai yang diberikan telah dirata-rata terhadap julat ukuran konduktor dan jenis instalasi yang termasuk dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-13, keakuratan total nilai tabel adalah ± 5 %.

CATATAN 7

Untuk beberapa instalasi dan untuk metode lain yang tidak diberikan dalam tabel di atas, mungkin tepat untuk menggunakan faktor yang dihitung untuk hal khusus, lihat misalnya Tabel A.52-20 hingga A.52-21.

Tabel A.52-18 Faktor reduksi untuk lebih dari satu sirkit, kabel diletakkan langsung dalam tanah – Metode instalasi D dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-5 – Kabel inti tunggal atau multiinti

Jumlah sirkit	Jarak bebas kabel ke kabel (a) *				
	Nol (kabel bersentuhan)	Satu diameter kabel	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80
* Kabel multiinti					
					
* Kabel inti tunggal					
					
CATATAN Nilai yang diberikan berlaku untuk kedalaman instalasi 0,7 m dan resistivitas termal tanah 2,5 K·m/W. Nilai adalah nilai rerata untuk julat ukuran dan jenis kabel yang diberikan untuk Tabel A.52-2 hingga A.52-5. Proses rerata, bersama-sama dengan pembulatan, dalam beberapa hal dapat menyebabkan error sampai dengan ± 10 %. (Jika diperlukan nilai yang lebih tepat, maka dapat dihitung dengan metode yang diberikan dalam IEC 602852-1).					

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

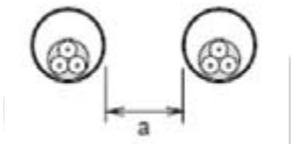
Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tabel A.52-19 Faktor reduksi untuk lebih dari satu sirkuit, kabel diletakkan dalam talang dalam tanah – Metode instalasi D dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-5 –

A) Kabel multiinti dalam talang jalur tunggal

Jumlah kabel	Jarak bebas talang ke talang (a) ^a			
	Nol (talang bersentuhan)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90

^a Kabel multiinti

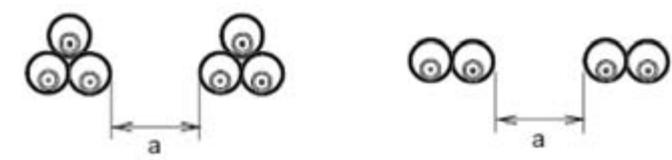


CATATAN
 Nilai yang diberikan berlaku untuk kedalaman instalasi 0,7 m dan resistivitas termal tanah 2,5 K·m/W. Nilai adalah nilai rerata untuk julat ukuran dan jenis kabel yang diberikan untuk Tabel A.52-2 hingga A.52-5. Proses rerata, bersama-sama dengan pembulatan, dalam beberapa hal dapat menyebabkan eror sampai dengan ± 10 %.
 Jika diperlukan nilai yang lebih tepat, maka dapat dihitung dengan metode yang diberikan dalam IEC 602852-1.

B) Kabel inti tunggal dalam talang jalur tunggal

Jumlah sirkuit inti tunggal dari dua atau tiga kabel	Jarak bebas talang ke talang (a) ^a			
	Nol (talang bersentuhan)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90

^a Kabel multiinti

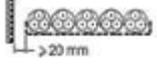
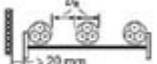
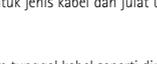


CATATAN
 Nilai yang diberikan berlaku untuk kedalaman instalasi 0,7 m dan resistivitas termal tanah 2,5 K·m/W. Nilai adalah nilai rerata untuk julat ukuran dan jenis kabel yang diberikan untuk Tabel A.52-2 hingga A.52-5. Proses rerata, bersama-sama dengan pembulatan, dalam beberapa hal dapat menyebabkan eror sampai dengan ± 10 %.
 Jika diperlukan nilai yang lebih tepat, maka dapat dihitung dengan metode yang diberikan dalam IEC 602852-1.

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tabel A.52-20 Faktor reduksi untuk kelompok lebih dari satu kabel multiinti yang diterapkan pada peringkat acuan untuk kabel multiinti di udara bebas – Metode instalasi E dalam Tabel A.52-8 hingga A.52-13

Metode instalasi dalam Tabel 52B2		Jumlah rak	Jumlah Kabel						
			1	2	3	4	6	9	
Rak berlubang (Catatan 3)	31	Bersentuhan	1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,73
			2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68
		3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66	
	31	Berjarak	1	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	-
			2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87	-
		3	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	-	
Rak berlubang vertikal (Catatan 4)	31	Bersentuhan	1	1,00	0,88	0,82	0,78	0,73	0,72
			2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70
		Berjarak	1	1,00	0,91	0,89	0,88	0,87	-
	31		2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	-
		Bersentuhan	1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78
			2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
Penopang tangga, paku, dsb, (Catatan 3)	32 33 34	Bersentuhan	1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78
			2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
		3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70	
	32 33 34	Berjarak	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
			2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	-
		3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	-	

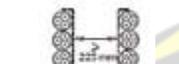
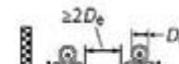
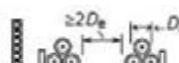
CATATAN 1
Nilai yang diberikan adalah rerata untuk jenis kabel dan julat ukuran konduktor dipertimbangkan dalam Tabel A.52-8 hingga A.52-13. Perbedaan nilai umumnya kurang dari 5%.

CATATAN 2
Faktor berlaku untuk kelompok lapisan tunggal kabel seperti diperlihatkan di atas dan tidak berlaku jika kabel dipasang pada lebih dari satu lapisan yang bersentuhan satu sama lain. Nilai untuk instalasi tersebut dapat secara signifikan lebih rendah dan harus ditentukan dengan metode yang sesuai.

CATATAN 3
Nilai yang diberikan untuk jarak vertikal antara rak 300 mm dan sekurang-kurangnya 20 mm antara rak dan dinding. Untuk jarak yang lebih dekat, faktor sebaiknya dikurangi.

CATATAN 4
Nilai yang diberikan untuk jarak horizontal antara rak 225 mm dengan rak dipasang beradu punggung. Untuk jarak yang lebih dekat, faktor sebaiknya dikurangi.

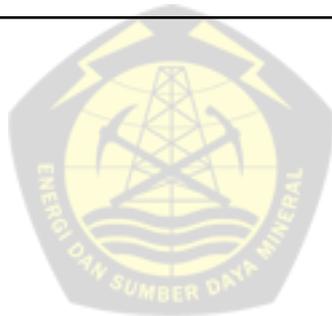
Tabel A.52-21 Faktor reduksi untuk kelompok lebih dari satu sirkit kabel inti tunggal (Catatan 2) yang diterapkan pada peringkat acuan untuk satu sirkit kabel inti tunggal di udara bebas – Metode instalasi F dalam Tabel A.52-8 hingga A.52-13

Metode instalasi dalam Tabel 523		Jumlah rak	Jumlah sirkit trifase (catatan 5)			Digunakan sebagai pengali untuk peringkat untuk	
			1	2	3		
Rak berlubang (Catatan 3)	31	Bersentuhan	1	0,98	0,91	0,87	Tiga kabel dalam formasi horizontal
			2	0,96	0,87	0,81	
		3	0,95	0,85	0,78		
Rak berlubang vertikal (Catatan 4)	31	Bersentuhan	1	0,96	0,86	-	Tiga kabel dalam formasi vertikal
			2	0,95	0,84	-	
Penopang tangga, paku, dsb, (Catatan 3)	32 33 34	Bersentuhan	1	1,00	0,97	0,96	Tiga kabel dalam formasi horizontal
			2	0,98	0,93	0,89	
		3	0,97	0,90	0,86		
Rak berlubang (Catatan 3)	31		1	1,00	0,98	0,96	Tiga kabel dalam formasi horizontal
		2	0,97	0,93	0,89		
		3	0,96	0,92	0,86		
Rak berlubang vertikal (Catatan 4)	31	Berjarak	1	1,00	0,91	0,89	Tiga kabel dalam formasi trefoil
			2	1,00	0,90	0,86	
Penopang tangga, paku, dsb, (Catatan 3)	32 33 34		1	1,00	1,00	1,00	Tiga kabel dalam formasi trefoil
		2	0,97	0,95	0,93		
		3	0,96	0,94	0,90		

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Lampiran B (informatif)
Contoh metode penyederhanaan tabel ayat 523

CATATAN 1
Nilai yang diberikan adalah rerata untuk jenis kabel dan julat ukuran konduktor dipertimbangkan dalam Tabel A.52-8 hingga A.52-13. Perbedaan nilai umumnya kurang dari 5%.
CATATAN 2
Faktor diberikan untuk lapisan tunggal kabel (atau kelompok trefoil) seperti diperlihatkan dalam tabel dan tidak berlaku jika kabel dipasang pada lebih dari satu lapisan yang bersentuhan satu sama lain. Nilai untuk instalasi tersebut dapat secara signifikan lebih rendah dan harus ditentukan dengan metode yang sesuai.
CATATAN 3
Nilai yang diberikan untuk jarak vertikal antara rak 300 mm. Untuk jarak yang lebih dekat, faktor sebaiknya dikurangi.
CATATAN 4
Nilai yang diberikan untuk jarak horizontal antara rak 225 mm dengan rak dipasang beradu punggung dan sekurang-kurangnya 20 mm antara rak dan setiap dinding. Untuk jarak yang lebih dekat, faktor sebaiknya dikurangi.
CATATAN 5
Untuk sirkit yang mempunyai lebih dari satu kabel paralel per fase, setiap set konduktor trifase sebaiknya dianggap sebagai sebuah sirkit untuk keperluan tabel ini.



Lampiran ini dimaksudkan untuk menggambarkan salah satu metode yang mungkin sehingga Tabel A.52-2 hingga A.52-5 (52-C1 hingga 52-C4), A.52-10 hingga A.52-13 (52-C9 hingga 52-C12) dan A.52-17 hingga A.52-21 (52-E1 hingga 52-E5) dapat disederhanakan.

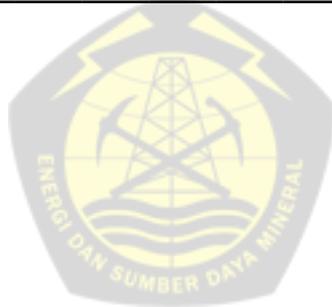
Tabel B.52-1 KHA dalam ampere

Metode acuan dalam Tabel A.52-1	Jumlah konduktor berbeban dan jenis insulasi												
	Tiga PVC	Dua PVC	Tiga XLPE	Dua XLPE									
A1													
A2													
B1													
B2													
C													
E													
F													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Ukuran (mm ²) Tembaga	13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	19,5	22	23	24	26	-	
1,5	17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	-	
2,5	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	-	
4	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	-	
6	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	-	
10	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	-	
16	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161	
25	-	-	-	110	117	126	137	147	158	169	185	200	
35	-	-	-	134	141	153	167	179	192	207	225	242	
50	-	-	-	171	179	196	213	229	246	268	289	310	
70	-	-	-	207	216	238	258	278	298	328	352	377	
95	-	-	-	239	249	276	299	322	346	382	410	437	
120	-	-	-	-	285	318	344	371	395	441	473	504	
150	-	-	-	-	324	362	392	424	450	506	542	575	
185	-	-	-	-	380	424	461	500	538	599	641	679	
240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Aluminium	13,5	14	15	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28	-
2,5	13,5	14	15	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28	-
4	17,5	18,5	20	22	25	26	28	31	32	35	38	-
6	23	24	26	28	32	33	36	39	42	45	49	-
10	31	32	36	39	44	46	49	54	58	62	67	-
16	41	43	48	53	58	61	66	73	77	84	91	-
25	53	57	63	70	73	78	83	90	97	101	108	121
35	-	-	-	86	90	96	103	112	120	126	135	150
50	-	-	-	104	110	117	125	136	146	154	164	184
70	-	-	-	133	140	150	160	174	187	198	211	237
95	-	-	-	161	170	183	195	211	227	241	257	289
120	-	-	-	186	197	212	226	245	263	280	300	337
150	-	-	-	-	226	245	261	283	304	324	346	389
185	-	-	-	-	256	280	298	323	347	371	397	447
240	-	-	-	-	300	330	352	382	409	439	470	530

CATATAN
Tabel B.52-2 hingga B.52-3 harus dikonsultasikan untuk menentukan julat ukuran konduktor yang KHA dapat diterapkan, untuk setiap metode instalasi.



Tabel B.52-2 KHA (dalam ampere)

Metode instalasi	Ukuran mm ²	Jumlah konduktor berbeban dan jenis insulasi			
		Dua PVC	Tiga PVC	Dua XLPE	Tiga XLPE
D	Tembaga				
	1,5	22	18	26	22
	2,5	29	24	34	29
	4	38	31	44	37
	6	47	39	56	46
	10	63	52	73	61
	16	81	67	95	79
	25	104	86	121	101
	35	125	103	146	122
	50	148	122	173	144
	70	183	151	213	178
	95	216	179	252	211
	120	246	203	287	240
	150	278	230	324	271
	185	312	258	363	304
	240	361	297	419	351
300	408	336	474	396	
D	Aluminium				
	2,5	22	18,5	26	22
	4	29	24	34	29
	6	36	30	42	36
	10	48	40	56	47
	16	62	52	73	61
	25	80	66	93	78
	35	96	80	112	94
	50	113	94	132	112
	70	140	117	163	138
	95	166	138	193	164
	120	189	157	220	186
	150	213	178	249	210
	185	240	200	279	236
	240	277	230	322	272
	300	313	260	364	308

Lampiran C (informatif) Rumus yang menyatakan KHA

Tabel B.52-3 Faktor reduksi untuk kelompok beberapa sirkit atau beberapa kabel multiinti (yang digunakan dengan KHA Tabel B.52-1)

Nomor	Susunan	Jumlah sirkit atau kabel multi inti								
		1	2	3	4	6	9	12	16	20
1	Tertanam atau terselungkup	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40
2	Lapisan tunggal pada dinding, lantai atau pada rak berlubang	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	-	-	-
3	Lapisan tunggal magun langsung di bawah plafon	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	-	-	-
4	Lapisan tunggal pada rak berlubang horizontal atau vertikal	1,00	0,90	0,75	0,75	0,75	0,70	-	-	-
5	Lapisan tunggal pada penopang tangga kabel atau paku kabel, dsb.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	-	-	-

Nilai yang diberikan dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-13 terbentang pada kurva rata berkaitan KHA dan luas penampang konduktor.

Kurva ini didapatkan dengan menggunakan rumus berikut:

$$I = A \times S^m - B \times S^n$$

dengan

I adalah KHA, dalam ampere;

S adalah luas penampang nominal konduktor, dalam millimeter kuadrat (mm^2); dalam hal ukuran nominal 50 mm^2 , untuk kabel dengan insulasi diekstrusi, sebaiknya digunakan nilai $47,5 \text{ mm}^2$. Untuk semua ukuran lain dan untuk semua ukuran kabel berinsulasi mineral, nilai nominal cukup tepat.

A dan B adalah koefisien sedangkan m dan n adalah pangkat menurut kabel dan metode instalasi.

Nilai koefisien dan pangkat diberikan dalam tabel yang menyertainya. KHA sebaiknya dibulatkan ke $0,5 A$ terdekat untuk nilai tidak melebihi $20 A$ dan ampere terdekat untuk nilai lebih besar dari $20 A$.

Angka bilangan signifikan yang diperoleh tidak diambil sebagai indikasi KHA yang akurat.

Praktis untuk semua hal, hanya istilah pertama yang diperlukan. Istilah kedua diperlukan hanya untuk delapan kasus jika digunakan kabel inti tunggal besar.

Tidak disarankan untuk menggunakan koefisien dan pangkat ini untuk ukuran konduktor di luar julat yang sesuai yang digunakan dalam Tabel A.52-2 hingga A.52-13.

Tabel C.52-1 Tabel koefisien dan eksponen

Tabel KHA	Kolom	Konduktor tembaga		Konduktor aluminium	
		A	m	A	m
A.52-2	2	11,2	0,6118	8,61	0,616
	3 ≤ 120 mm ²	10,8	0,6015	8,361	0,6025
	3 > 120 mm ²	10,19	0,6118	7,84	0,616
	4	13,5	0,625	10,51	0,6254
	5	13,1	0,600	10,24	0,5994
	6 ≤ 16 mm ²	15,0	0,625	11,6	0,625
	6 > 16 mm ²	15,0	0,625	10,55	0,640
7	17,6	0,551	13,5	0,551	
A.52-3	2	14,9	0,611	11,6	0,615
	3 ≤ 120 mm ²	14,46	0,598	11,26	0,602
	3 > 120 mm ²	13,56	0,611	10,56	0,615
	4	17,76	0,6250	13,95	0,627
	5	17,25	0,600	13,5	0,603
	6 ≤ 16 mm ²	18,77	0,628	14,8	0,625
	6 > 16 mm ²	17,0	0,650	12,6	0,648
7	20,8	0,548	15,8	0,550	
A.52-4	2	10,4	0,605	7,94	0,612
	3 ≤ 120 mm ²	10,1	0,592	7,712	0,5984
	3 > 120 mm ²	9,462	0,605	7,225	0,612
	4	11,84	0,628	9,265	0,627
	5	11,65	0,6005	9,03	0,601
	6 ≤ 16 mm ²	13,5	0,625	10,5	0,625
	6 > 16 mm ²	12,4	0,635	9,536	0,6324
7	14,6	0,550	11,3	0,550	
A.52-5	2	13,34	0,611	10,9	0,605
	3 ≤ 120 mm ²	12,95	0,598	10,58	0,592
	3 > 120 mm ²	12,14	0,611	9,92	0,605
	4	15,62	0,6252	12,3	0,630
	5	15,17	0,60	11,95	0,605
	6 ≤ 16 mm ²	17,0	0,623	13,5	0,625
	6 > 16 mm ²	15,4	0,635	11,5	0,639
7	17,3	0,549	13,3	0,551	
A.52-6	500 V 2	18,5	0,56	-	-
	3	14,9	0,612	-	-
	4	16,8	0,59	-	-
A.52-6	750 V 2	19,6	0,596	-	-
	3	16,24	0,5995	-	-
	4	18,0	0,59	-	-
A.52-7	500 V 2	22,0	0,60	-	-
	3	19,0	0,60	-	-
	4	21,2	0,58	-	-
A.52-7	750 V 2	-	0,60	-	-
	3	20,3	0,60	-	-
	4	23,88	0,5794	-	-

Tabel C.52-1 Tabel koefisien dan eksponen (lanjutan)

Tabel KHA	Kolom	Konduktor tembaga		Konduktor aluminium	
		A	m	A	m
A.52-8	500 V 2	19,5	0,58	-	-
	3	16,5	0,58	-	-
	4	18,0	0,59	-	-
	5	20,2	0,58	-	-
	6	23,0	0,58	-	-
	750 V 2	-	0,60	-	-
	3	17,4	0,60	-	-
4	20,15	0,5845	-	-	
5 ≤ 120 mm ²	22,0	0,58	-	-	
5 > 120 mm ²	22,0	0,58	1 x 10 ⁻¹¹	5,25	
6 ≤ 120 mm ²	25,17	0,5785	-	-	
6 > 120 mm ²	25,17	0,5785	1,9 x 10 ⁻¹¹	5,15	
A.52-9	500 V 2	24,2	0,58	-	-
	3	20,5	0,58	-	-
	4	23,0	0,57	-	-
	5	26,1	0,549	-	-
	6	29,0	0,57	-	-
	750 V 2	26,04	0,5997	-	-
3	21,8	0,60	-	-	
4	25,0	0,585	-	-	
5 ≤ 120 mm ²	27,55	0,5792	-	-	
5 > 120 mm ²	27,55	0,5792	1,3 x 10 ⁻¹⁰	4,8	
6 ≤ 120 mm ²	31,58	0,5791	-	-	
6 > 120 mm ²	31,58	0,5791	1,8 x 10 ⁻⁷	3,55	
A.52-10	2 ≤ 16 mm ²	16,8	0,62	-	-
	2 > 16 mm ²	14,9	0,646	-	-
	3 ≤ 16 mm ²	14,30	0,62	-	-
	3 > 16 mm ²	12,9	0,64	-	-
	4	17,1	0,632	-	-
	5 ≤ 300 mm ²	13,28	0,6564	-	-
	5 > 300 mm ²	13,28	0,6564	6 x 10 ⁻⁵	2,14
	6 ≤ 300 mm ²	13,75	0,6581	-	-
6 > 300 mm ²	13,75	0,6581	1,2 x 10 ⁻⁴	2,01	
7	18,75	0,637	-	-	
8	15,8	0,654	-	-	
A.52-11	2 ≤ 16 mm ²	12,8	0,627	-	-
	2 > 16 mm ²	11,4	0,64	-	-
	3 ≤ 16 mm ²	11,0	0,62	-	-
	3 > 16 mm ²	9,9	0,64	-	-
	4	12,0	0,653	-	-
	5	9,9	0,653	-	-
	6	10,2	0,666	-	-
	7	13,9	0,647	-	-
8	11,5	0,668	-	-	

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tidak diperkenankan untuk dicetak atau diperjualbelikan

Tabel C.52-1 Tabel koefisien dan eksponen (lanjutan)

Tabel KHA	Kolom	Konduktor tembaga		Konduktor aluminium	
		A	m	A	m
A.52-12	$2 \leq 16 \text{ mm}^2$	20,5	0,623	-	-
	$2 > 16 \text{ mm}^2$	18,6	0,646	-	-
	$3 \leq 16 \text{ mm}^2$	17,8	0,623	-	-
	$3 > 16 \text{ mm}^2$	16,4	0,637	-	-
	4	20,8	0,636	-	-
	$5 \leq 300 \text{ mm}^2$	16,0	0,6633	-	-
	$5 > 300 \text{ mm}^2$	16,0	0,6633	6×10^{-4}	1,793
	$6 \leq 300 \text{ mm}^2$	16,57	0,665	-	-
	$6 > 300 \text{ mm}^2$	16,57	0,665	3×10^{-4}	1,876
	7	22,9	0,644	-	-
8	19,1	0,662	-	-	
A.52-13	$2 \leq 16 \text{ mm}^2$	16,0	0,625	-	-
	$2 > 16 \text{ mm}^2$	13,4	0,649	-	-
	$3 \leq 16 \text{ mm}^2$	13,7	0,623	-	-
	$3 > 16 \text{ mm}^2$	12,6	0,635	-	-
	4	14,7	0,654	-	-
	5	11,9	0,671	-	-
	6	12,3	0,673	-	-
	7	16,5	0,659	-	-
8	13,8	0,676	-	-	

D.1 Faktor reduksi untuk arus harmonik dalam kabel 4-inti dan 5-inti dengan empat inti menghantarkan arus

Subayat 523.6.3 menyatakan bahwa jika konduktor netral menghantarkan arus tanpa pengurangan beban terkait pada konduktor fase, arus yang mengalir dalam konduktor netral harus diperhitungkan dalam memastikan KHA sirkit.

Lampiran ini dimaksudkan untuk mencakup situasi dimana arus mengalir dalam netral sistem trifase seimbang. Arus netral tersebut adalah karena arus fase yang mempunyai kandungan harmonik yang tidak hilang dalam netral. Harmonik yang paling signifikan yang tidak hilang dalam netral biasanya adalah harmonik ketiga. Besarnya arus netral karena harmonik ketiga dapat melebihi besarnya arus fase frekuensi daya. Dalam hal ini arus netral akan mempunyai efek yang signifikan pada KHA kabel dalam sirkit.

Faktor reduksi yang diberikan dalam lampiran ini berlaku pada sirkit trifase seimbang; diketahui bahwa situasi lebih berat jika hanya dua dari tiga fase yang dibebani. Pada situasi ini, konduktor netral akan menghantarkan arus harmonik sebagai tambahan ke arus tak seimbang. Situasi tersebut dapat mengarah pada pembebanan lebih konduktor netral.

Perlengkapan yang mungkin menyebabkan arus harmonik yang signifikan misalnya adalah gugus lampu fluoresen dan suplai daya a.s. yang digunakan di komputer. Informasi lebih lanjut mengenai gangguan harmonik dapat ditemukan dalam IEC 61000.

Faktor reduksi yang diberikan dalam Tabel D.52-1 hanya berlaku untuk kabel yang konduktor netral merupakan kabel 4-inti atau 5-inti dan berbahan dan berluas penampang sama sebagai konduktor fase. Faktor reduksi ini telah dihitung berdasarkan arus harmonik ketiga. Jika harmonik yang lebih tinggi misalnya ke 9, ke 12 dsb diperkirakan signifikan, yaitu lebih dari 10 %, maka faktor reduksi yang lebih rendah dapat diterapkan.

Faktor reduksi dalam tabel jika diterapkan pada KHA kabel dengan tiga konduktor bebaban, akan memberikan KHA kabel dengan empat konduktor bebaban dengan arus pada konduktor keempat adalah karena harmonik. Faktor reduksi juga memperhitungkan efek pemanasan arus harmonik dalam konduktor fase.

Jika arus netral diperkirakan lebih tinggi dari arus fase maka ukuran kabel sebaiknya dipilih berdasarkan arus netral.

Jika pemilihan ukuran kabel didasarkan pada arus netral yang tidak secara signifikan lebih tinggi dari arus fase, maka perlu untuk mengurangi tabel KHA untuk tiga konduktor bebaban.

Jika arus netral lebih dari 135 % arus fase dan ukuran kabel dipilih berdasarkan arus netral, maka tiga konduktor fase tidak akan dibebani penuh. Pengurangan bahang yang ditimbulkan oleh konduktor fase mengimbangi bahang yang ditimbulkan oleh konduktor netral sehingga tidak perlu memberlakukan adanya faktor reduksi pada KHA tiga konduktor berbeban.

Tabel D.52-1 Faktor reduksi untuk arus harmonik dalam kabel 4-inti dan 5-inti

Kandungan harmonik ketiga arus fase %	Faktor reduksi	
	Pemilihan ukuran didasarkan pada arus fase	Pemilihan ukuran didasarkan pada arus netral
0 – 15	1,0	-
15 – 33	0,86	-
33 – 45	-	0,86
> 45	-	1,0

D.2 Contoh penerapan faktor reduksi untuk arus harmonik

Pertimbangkan sirkuit trifase dengan beban desain 39 A yang dipasang dengan menggunakan kabel berinsulasi PVC 4-inti diklip ke dinding, metode instalasi C.

Dari Tabel A.52-4 kabel 6 mm² dengan konduktor tembaga mempunyai KHA 41 A dan karena itu cocok jika harmonik tidak ada dalam sirkuit.

Jika ada harmonik ketiga 20 %, maka diterapkan faktor reduksi 0,86 dan beban desain menjadi:

$$39/0,86 = 45 \text{ A}$$

Untuk beban ini perlu kabel 10 mm².

Jika ada harmonik ketiga 40 %, pemilihan ukuran kabel didasarkan pada arus netral yang adalah:

$$39 \times 0,4 \times 3 = 46,8 \text{ A}$$

dan faktor reduksi 0,86 diterapkan, mengarah pada beban desain menjadi:

$$46,8/0,86 = 54,4 \text{ A}$$

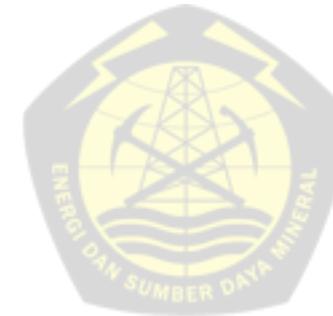
Untuk beban ini yang sesuai adalah kabel 10 mm².

Jika ada harmonik ketiga 50 %, ukuran kabel dipilih lagi berdasarkan arus netral, yang adalah:

$$39 \times 0,5 \times 3 = 58,5 \text{ A}$$

dalam hal ini faktor peringkat adalah 1 dan diperlukan kabel 16 mm².

Semua pemilihan kabel di atas didasarkan pada KHA kabel; drop voltase dan aspek lain desain tidak dipertimbangkan.



CATATAN

Lampiran ini mengacu pada IEC 62440.

E.1 Jarak maksimum penyangga kabel (magun)

Kabel harus disangga secara memadai. Jarak penyangga maksimum yang direkomendasikan diberikan dalam Tabel E.52.1. Ketika menentukan jarak actual, massa kabel antara penyangga harus diperhitungkan sedemikian sehingga nilai batas tarik tidak dilampaui. Kabel tidak boleh rusak karena setiap pengekangan mekanis yang digunakan untuk penyangganya.

Pada kabel inti tunggal, jarak juga tergantung pada gaya dinamis karena arus hubung pendek; harus diperhatikan rekomendasi pabrikan.

Kabel yang telah digunakan dapat rusak jika terganggu. Hal ini timbul dari efek penuaan alami pada sifat fisik bahan yang digunakan untuk insulasi kabel dan pelindung yang dapat menimbulkan pengerasan pada bahan ini.

Tabel E.52.1 Jarak penyangga untuk kabel nonarmor pada posisi yang dapat diakses

Diameter total (D) kabel ^a	Jarak maksimum klip ^b mm			
	Umum		Dalam karavan	
	Horizontal	Vertikal	Horizontal	Vertikal
D ≤ 9	250	400	150	150
9 < D ≤ 15	300	400	150	150
15 < D ≤ 20	350	450	150	150
20 < D ≤ 40 ^c	400	550	-	-

^a Untuk kabel pipih, hal ini diambil sebagai pengukuran sumbu utama.

^b Jarak yang dinyatakan untuk arah horizontal juga dapat diterapkan untuk arah pada sudut lebih dari 30° terhadap vertikal. Untuk arah pada sudut 30° atau kurang terhadap vertikal, dapat diterapkan jarak vertikal.

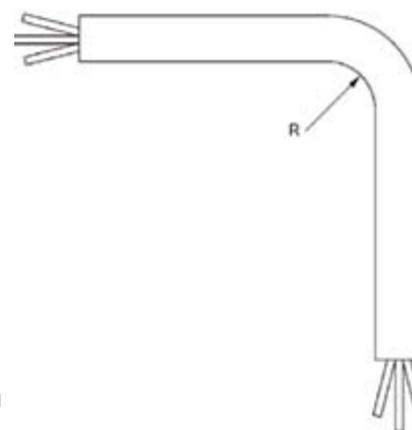
^c Untuk jarak penyangga kabel berdiameter total melebihi 40 mm, dan untuk kabel inti tunggal yang mempunyai konduktor berluas penampang 300 mm² atau lebih besar, harus diperhatikan rekomendasi pabrikan.

E.2 Radius belokan (kebel magun)

Radius belokan internal (R) seperti diperlihatkan dalam Gambar E.52-1 untuk tipe kabel yang berbeda, pada keadaan normal tidak boleh kurang dari yang diberikan dalam Tabel E.52.2.

Harus diperhatikan ketika mengupas insulasi untuk memastikan tidak terjadi kerusakan pada konduktor, karena hal ini akan mempengaruhi radius belokan.

Radius belokan (R) direkomendasikan untuk suhu ambien (20 ± 10)°C. Untuk suhu di luar batas ini, rekomendasi pabrikan kabel harus diikuti.



Kunci
R radius belokan internal

Gambar E.52-1 – Definisi radius belokan internal

Tabel E.52.2 Radius belokan minimum yang direkomendasikan pada suhu kabel (20 ± 10)°C

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

CATATAN

Lampiran ini mengacu pada IEC 60228 Lampiran C.

F.1 Tujuan

Lampiran ini dimaksudkan sebagai pedoman bagi pabrikan kabel dan konektor kabel untuk membantu memastikan bahwa konduktor dan konektor kompatibel secara dimensi. Lampiran ini memberikan pedoman batas dimensi untuk tipe konduktor berikut yang tercakup dalam standar ini:

- konduktor padat bulat, (kelas 1) dari tembaga, aluminium atau paduan aluminium;
- konduktor pilin bulat dan pilin bulat kompak, (kelas 2), dari tembaga, aluminium dan paduan aluminium;
- konduktor fleksibel (kelas 5 dan 6) dari tembaga.

F.2 Batas dimensi untuk konduktor tembaga bulat

Diameter konduktor tembaga bulat sebaiknya tidak melebihi nilai yang diberikan pada Tabel F.52.1.

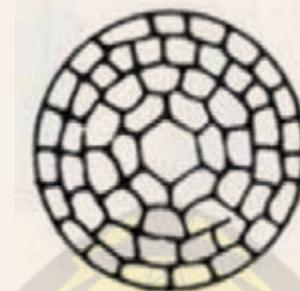
Jika diameter minimum untuk konduktor tembaga bulat kelas 1 diperlukan, dapat mengacu pada diameter minimum untuk konduktor aluminium atau paduan aluminium bulat padat yang ditunjukkan pada Tabel F.52.3.

F.3 Batas dimensi untuk konduktor tembaga, aluminium dan paduan aluminium, pilin bulat kompak

Diameter konduktor tembaga, aluminium dan paduan aluminium pilin, bulat kompak sebaiknya tidak melebihi nilai maksimum dan sebaiknya tidak kurang dari nilai minimum yang diberikan pada Tabel F.52.2.

PENJELASAN

Yang dimaksud konduktor pilin bulat kompak (*stranded compacted circular conductors*) adalah yang penampangnya berbentuk sbb:



Gambar - Contoh konduktor pilin bulat kompak

(Disalin dari buku: "Power Cables & Wires, Technical Manual", edisi 2010, *Institute of Integrated Electrical Engineers of the Philippines, Inc.* dengan inisiatif *International Copper Association - South East Asia*.)

Pada kasus pengecualian untuk konduktor aluminium atau paduan aluminium pilin bulat nonkompak, diameter maksimum sebaiknya tidak melebihi nilai terkait untuk konduktor tembaga yang diberikan pada kolom 3, Tabel F.52.1.

F.4 Batas dimensi untuk konduktor aluminium padat bulat

Diameter konduktor aluminium dan paduan aluminium padat bulat sebaiknya tidak melebihi nilai maksimum dan sebaiknya tidak kurang dari nilai minimum yang diberikan pada Tabel F.52.3.

Tabel F.52.1 Diameter maksimum konduktor tembaga bulat – padat, pilin nonkompak dan fleksibel

1	2	3	4
Luas penampang nominal mm ²	Konduktor pada kabel untuk instalasi		Konduktor fleksibel (kelas 5 and 6) mm
	Padat (kelas 1) mm	Pilin (kelas 2) mm	
0,5	0,9	1,1	1,1
0,75	1,0	1,2	1,3
1,0	1,2	1,4	1,5
1,5	1,5	1,7	1,8
2,5	1,9	2,2	2,4
4	2,4	2,7	3,0
6	2,9	3,3	3,9
10	3,7	4,2	5,1
16	4,6	5,3	6,3
25 ^a	5,7	6,6	7,8
35 ^a	6,7	7,9	9,2
50 ^a	7,8	9,1	11,0
70 ^a	9,4	11,0	13,1
95 ^a	11,0	12,9	15,1
120 ^a	12,4	14,5	17,0
150 ^a	13,8	16,2	19,0
185	15,4	18,0	21,0
240	17,6	20,6	24,0
300	19,8	23,1	27,0
400	22,2	26,1	31,0
500	-	29,2	35,0
630	-	33,2	39,0
800	-	37,6	-
1 000	-	42,2	-

CATATAN 1
Nilai yang diberikan untuk konduktor fleksibel dimaksudkan untuk konduktor kelas 5 dan kelas 6.

^a Lihat 5.1.1 b).

PENJELASAN

Untuk diameter konduktor tembaga bulat padat, yang sangat penting adalah diameter minimum, sehingga memudahkan untuk verifikasi diameter minimum konduktor dengan alat ukur yang lazim digunakan di pasar atau lapangan.

Diameter minimum konduktor dapat dihitung dengan rumus sbb:
Mencari diameter minimum dengan R₃₀:

Rumus dasar:

$$R_{20} = \frac{\rho_{20}}{A}$$

$$R_{20} = \frac{\rho_{20}}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times n}$$

$$D^2 = \frac{\rho_{20} \times 4}{\pi \times R_{20} \times n}$$

$$D = \sqrt{\frac{\rho_{20} \times 4}{\pi \times R_{20} \times n}}$$

dengan

- R₂₀ : Resistans arus searah konduktor tembaga pada 20°C (Ω/km)
- ρ₂₀ : Resistivitas konduktor tembaga pada 20°C (Ω.mm²/km)
- A : Luas penampang konduktor (mm²)
- D : Diameter konduktor (mm)
- n : Jumlah penghantar

Berdasarkan konduktivitas 100% IACS (International annealed copper standard) sesuai ASTM B49-90, nilai resistivitas konduktor tembaga pada 20°C = ρ₂₀ = 17,241 Ω.mm²/km.

Untuk konduktor tembaga dianil bulat padat luas penampang nominal 10 mm², sesuai Tabel 1 SNI IEC 60228, R₂₀ maksimum = 1,83 Ω/km.

$$D = \sqrt{\frac{\rho_{20} \times 4}{\pi \times R_{20} \times n}}$$

$$D = \sqrt{\frac{17,241 \times 4}{\pi \times 1,83 \times 1}}$$

$$D = \sqrt{11,99}$$

Jadi $D \approx 3,4$ mm.

Sesuai PENJELASAN 52.1.1, untuk konduktor berinsulasi dan kabel di udara, tidak tergantung dari metode pemasangan: suhu ambien = 30°C.

$$R_{30} = R_{20} \{1 + \alpha (30-20)\}$$

Untuk tembaga α 0,00393.

Jadi: $R_{30} = 1,83 \{1 + 0,00393 (30-20)\} = 1,9019 \Omega/\text{km}$

$$P_{30} = P_{20} + \beta (30-20)$$

Untuk tembaga, perubahan resistivitas per °C = $\beta = 0,0681 \Omega.\text{mm}^2/\text{km}$ (lihat National Bureau of Standards Handbook, Copper Wire Tables, 1966.

Jadi: $P_{30} = 17,241 + 0,0681 (30-20) = 17,922 \Omega.\text{mm}^2/\text{km}$.

Perhitungan untuk konduktor tembaga padat:

$$D = \sqrt{\frac{\rho_{30} \times 4}{\pi \times R_{30} \times n}}$$

$$D = \sqrt{\frac{17,922 \times 4}{\pi \times 1,9019 \times n}}$$

$$D = \sqrt{11,993}$$

Jadi $D \approx 3,4$ mm. Ternyata tidak ada perbedaan antara suhu 20 °C dan 30 °C.

Dengan cara yang sama maka Tabel F.52.1 dapat disempurnakan dan disederhanakan sbb:

(Luas penampang konduktor minimum untuk konduktor tembaga sesuai dengan Tabel 52.5 untuk instalasi daya magun adalah 1,5 mm² dan dibatasi sampai dengan 16 mm² dengan pertimbangan luas penampang inilah yang terbanyak dipakai di instalasi, bahkan luas penampang ≥ 25 mm² sesuai CATATAN 3 dalam tabel digunakan bukan untuk keperluan umum).

**Tabel F.52.1 (Disempurnakan dan Disederhanakan)
Diameter maksimum konduktor tembaga bulat –
padat, pilin nonkompak dan fleksibel**

1 Luas penampang nominal mm ²	2 Konduktor pada kabel untuk instalasi		4 Konduktor fleksibel (kelas 5 and 6) mm
	Padat (kelas 1) mm	Pilin (kelas 2) mm	
0,5	–	0,9	1,1
0,75	–	1,0	1,3
1,0	–	1,2	1,5
1,5	1,3	1,5	1,8
2,5	1,7	1,9	2,4
4	2,1	2,4	3,0
6	2,6	2,9	3,9
10	3,4	3,7	5,1
16	4,3	4,6	6,3

CATATAN 1
Nilai yang diberikan untuk konduktor fleksibel dimaksudkan untuk konduktor kelas 5 dan kelas 6.

CATATAN 2
Konduktor tembaga padat harus berpenampang bulat.

CATATAN 3
Konduktor tembaga padat yang mempunyai luas penampang nominal 25 mm² dan lebih besar merupakan tipe kabel khusus, misalnya berinsulasi mineral dan bukan untuk keperluan umum.

Tabel F.52.2 Diameter maksimum dan minimum konduktor tembaga, aluminium, paduan aluminium, pilin bulat kompak

1	2	3
Luas penampang mm ²	Konduktor pilin bulat kompak (kelas 2)	
	Diameter minimum mm	Diameter maksimum mm
10	3,6	4,0
16	4,6	5,2
25	5,6	6,5
35	6,6	7,5
50	7,7	8,6
70	9,3	10,2
95	11,0	12,0
120	12,3	13,5
150	13,7	15,0
185	15,3	16,8
240	17,6	19,2
300	19,7	21,6
400	22,3	24,6
500	25,3	27,6
630	28,7	32,5

CATATAN 1
Batas dimensi konduktor aluminium dengan luas penampang lebih dari 630 mm² tidak diberikan karena teknologi pengompakan umumnya belum mantap.

CATATAN 2
Tidak ada nilai yang diberikan untuk konduktor tembaga kompak pada julat ukuran 1,5 mm² hingga 6 mm².

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

1	2	3
Luas penampang mm ²	Konduktor pilin bulat kompak (kelas 1)	
	Diameter minimum mm	Diameter maksimum mm
10	3,4	3,7
16	4,1	4,6
25	5,2	5,7
35	6,1	6,7
50	7,2	7,8
70	8,7	9,4
95	10,3	11,0
120	11,6	12,4
150	12,9	13,8
185	14,5	15,4
240	16,7	17,6
300	18,8	19,8
400	21,2	22,2
500	24,0	25,1
630	27,3	28,4
800	30,9	32,1
1 000	34,8	36,0
1 200	37,8	39,0

PENJELASAN

Berdasarkan Tabel di atas, maka sesuai SNI IEC 60228, luas penampang kabel aluminium minimum yang diizinkan adalah 10 mm² Al, yang kira-kira setara dengan luas penampang 6 mm² Cu.

Hal ini tentu sudah mempertimbangkan banyak faktor, terutama karena konduktivitas tembaga memang lebih tinggi dari aluminium. Sehingga untuk penampang kecil, kabel aluminium mempunyai drop voltase dan susut yang lebih besar. Jadi luas penampang minimum 10 mm² Al adalah luas penampang optimum dengan mempertimbangkan faktor ekonomis jangka panjang.



Bagian 5 - 53

Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik - Isolasi, penyakelaran dan kendali

530.1 Ruang lingkup

Bagian 5-53 berkaitan dengan persyaratan umum untuk isolasi, penyakelaran dan kendali serta dengan persyaratan untuk pemilihan dan pemasangan gawai yang disediakan untuk memenuhi fungsi tersebut.

530.3 Persyaratan umum dan bersama

Bagian 5-53 harus memberikan kesesuaian dengan tindakan proteksi untuk keselamatan, persyaratan untuk berfungsinya secara benar penggunaan instalasi yang diharapkan, dan persyaratan yang sesuai untuk pengaruh eksternal yang diperkirakan. Setiap jenis perlengkapan harus dipilih dan dipasang sedemikian untuk memberikan kesesuaian dengan persyaratan yang dinyatakan dalam ayat berikut dari Bagian 5-53 dan persyaratan relevan dalam bagian lain PUIL.

Persyaratan Bagian 5-53 merupakan tambahan persyaratan bersama yang diberikan dalam IEC 60364-5-51.

530.3.1 Kontak gerak semua kutub dari gawai multikutub harus dikopel secara mekanis sedemikian sehingga dapat menghubungkan dan memutuskan secara bersama-sama, kecuali kontak tersebut hanya dimaksudkan untuk netral, dapat menutup sebelum dan membuka setelah kontak yang lain.

530.3.2 Kecuali seperti diberikan dalam 536.2.2.7, dalam sirkit multifase, gawai kutub tunggal tidak boleh disisipkan pada konduktor netral.

Pada sirkit fase tunggal, gawai kutub tunggal tidak boleh disisipkan pada konduktor netral, kecuali GPAS yang memenuhi 531.2.1.1 yang disediakan pada sisi suplai.

530.3.3 Gawai yang mewujudkan lebih dari satu fungsi harus memenuhi semua persyaratan Bagian ini yang sesuai untuk masing-masing fungsi yang terpisah.

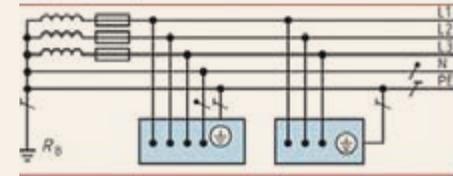
531 Gawai untuk proteksi dari sentuh tak langsung dengan diskoneksi otomatis suplai

531.1 GPAL (Gawai Proteksi Arus Lebih)

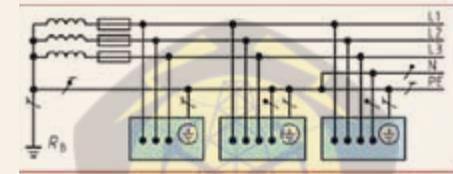
531.1.1 Sistem TN

Pada sistem TN, GPAL harus dipilih dan dipasang menurut kondisi yang ditentukan dalam 434.2 dan 431 serta dalam 533.3 untuk GPHP dan harus memenuhi persyaratan 411.4.4 Bagian 4-41.

PENJELASAN



Gambar - Sistem pembumian TN-S



Gambar - Sistem pembumian TN-C-S

531.1.2 Sistem TT

Dalam pertimbangan.

531.1.3 Sistem IT

Jika BKT diinterkoneksi, GPAL untuk proteksi pada saat gangguan kedua harus memenuhi 531.1.1 dengan memperhitungkan persyaratan 411.6.4 Bagian 4-41.

531.2 GPAS (Gawai Proteksi Arus Sisa)

531.2.1 Kondisi umum instalasi

GPAS dalam sistem a.s. harus secara khusus didesain untuk mendeteksi arus sisa a.s. dan untuk memutuskan arus sirkit pada kondisi normal dan kondisi gangguan.

531.2.1.1 Suatu GPAS harus memastikan diskoneksi semua konduktor aktif pada sirkit yang diproteksi. Pada sistem TN-S, netral tidak perlu didiskoneksi jika kondisi suplai sedemikian sehingga konduktor netral dapat dianggap berada pada potensial bumi.

CATATAN

Kondisi untuk verifikasi bahwa konduktor netral berada pada potensial bumi dalam pertimbangan.

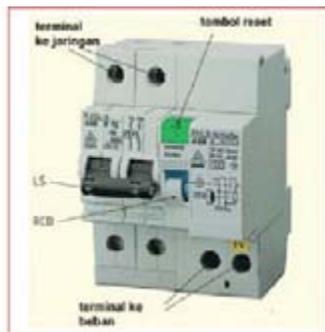
531.2.1.2 Konduktor proteksi tidak boleh menerobos sirkit magnetik GPAS.

531.2.1.3 GPAS harus dipilih sedemikian dan sirkit listrik dibagi sedemikian sehingga setiap arus bocor bumi yang dapat diperkirakan terjadi selama operasi normal dari beban terhubung akan tidak mungkin menyebabkan trip yang tak perlu.

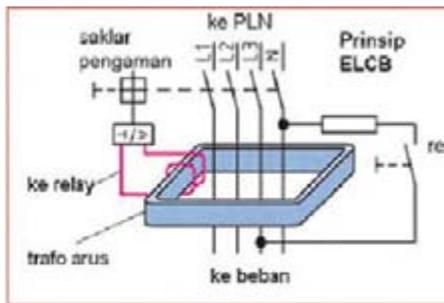
CATATAN

GPAS dapat beroperasi pada sebarang nilai arus sisa yang melebihi 50 % dari arus operasi pengenal.

PENJELASAN



Gambar - Bentuk fisik GPAS/ELCB



Gambar - Prinsip kerja GPAS/ELCB

GPAS beroperasi pada arus sisa > 50 % arus sisa pengenal, lihat SNI 04-6956.1-2003, Ayat 5.3.4

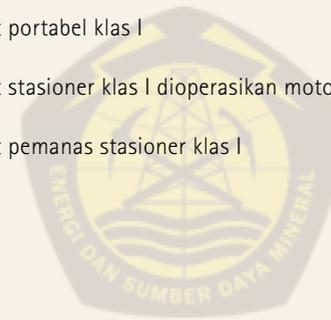
5.3.4 Nilai standar arus nonoperasi sisa ($I_{\Delta no}$)

Nilai standar arus nonoperasi sisa adalah $0,5 I_{\Delta n}$

Pada dasarnya setiap peranti/pemanfaat yang tersambung pada instalasi memiliki arus bocor (yang diizinkan) sesuai standar produk dari peranti/pemanfaat tersebut. Jika jumlah peranti/pemanfaat yang tersambung pada operasi normal terlalu banyak, sehingga total arus bocornya melebihi Nilai standar arus nonoperasi sisa pengenalnya ($I_{\Delta no}$), maka GPAS tersebut akan trip.

Menurut IEC 60335, arus bocor peranti/pemanfaat yang diizinkan tidak boleh melebihi nilai berikut:

- peranti/pemanfaat klas II 0,25 mA
- peranti/pemanfaat klas 0, klas 0I dan klas III 0,5 mA
- peranti/pemanfaat portabel klas I 0,75 mA
- peranti/pemanfaat stasioner klas I dioperasikan motor 3,5 mA
- peranti/pemanfaat pemanas stasioner klas I 0,75 mA or 0,75 mA per kW daya input pengenal peranti/ pemanfaat dengan maksimum 5 mA atau mana yang lebih tinggi



533 Gawai untuk proteksi terhadap arus lebih

533.1 Persyaratan umum

533.1.1 Rumah sekering (*fusebase*) yang menggunakan sekering putar harus dihubungkan sedemikian sehingga kontak tengahnya berada pada sisi suplai dari rumah sekering.

PENJELASAN



Gambar – Rumah sekering putar

533.1.2 Rumah sekering untuk pembawa sekering tusuk harus disusun sedemikian sehingga tidak memungkinkan pembawa sekering membuat kontak antara bagian konduktif dari dua rumah sekering yang berdekatan.

PENJELASAN



Gambar – Rumah sekering tusuk





Bagian 5 - 54

Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik - Susunan pembumian, konduktor proteksi dan konduktor ikatan proteksi

542.1 Persyaratan umum

Susunan pembumian dapat digunakan tersambung atau terpisah untuk keperluan proteksi dan fungsional menurut persyaratan instalasi listrik. Persyaratan untuk keperluan proteksi harus selalu lebih diutamakan.

542.1.2 Elektrode bumi pada instalasi harus dihubungkan pada terminal pembumian utama dengan menggunakan konduktor pembumian.

Elektrode bumi ialah penghantar yang ditanam dalam bumi dan membuat kontak langsung dengan bumi (lihat 542.2.3).

Konduktor pembumian yang tidak berinsulasi yang ditanam dalam bumi dianggap sebagai bagian elektrode bumi.

542.2 Elektrode bumi

542.2.1 Bahan dan dimensi elektrode bumi harus dipilih untuk tahan terhadap korosi dan untuk mempunyai kuat mekanis yang memadai.

Untuk bahan yang biasa digunakan, ukuran minimum biasa dari sudut pandang korosi dan kuat mekanis untuk elektrode bumi jika ditanam dalam tanah diberikan dalam Tabel 54.1

CATATAN 1

Jika terdapat sistem proteksi petir (SPP), berlaku seri IEC 62305.

Tabel 54.1 Ukuran minimum biasa untuk elektrode bumi dari bahan yang biasa digunakan dari titik pandang korosi dan kuat mekanis jika ditanam dalam tanah

Bahan	Permukaan	Bentuk	Ukuran minimum				
			Diameter mm	Luas penampang mm ²	Tebal mm	Tebal lapisan/selubung	
						Nilai individu	Nilai rerata
Baja	Galvanis celup panas ^a atau tahan karat ^{a,b}	Pita ^c		90	3	63	70
		Profil		90	3	63	70
		Batang bulat untuk elektrode bumi	16			63	70
		Kawat bulat untuk elektrode permukaan	10				50 ^e
		Pipa	25			47	55
		Pelat		0,5m hingga 1m ²	3		
	Disalut tembaga (copper-sheathed)	Batang bundar untuk elektrode dalam	15			2000	
	Disepuh tembaga	Batang bundar untuk elektrode dalam	14			90	100
Tembaga	Polos ^a	Strip		50	2		
		Kawat bulat untuk elektrode permukaan ^g		25 ^f			
		Konduktor pilin	1,8 untuk serat kawat individual	25			
		Pipa	20		2		
		Pelat		0,5m hingga 1m ²	1,5		
	Berlapis timah putih	Konduktor pilin	1,8 untuk pilanan kawat individual	25		1	5
	Berlapis seng	Pita ^d		50	2	20	40

^a Dapat juga digunakan untuk elektrode yang tertanam dalam beton.
^b Tanpa pelapisan.
^c Sebagai strip gulungan atau strip tipis dengan sudut dibulatkan.
^d Strip dengan sisi dibulatkan.
^e Dalam hal pelapisan celup kontinu, saat ini hanya setebal 50 µm yang secara teknis dapat dilakukan.
^f Jika pengalaman menunjukkan bahwa risiko korosi dan kerusakan mekanis sangat rendah, dapat digunakan 16 mm²
^g Semua elektrode bumi dianggap sebagai elektrode permukaan jika dipasang pada kedalaman tidak melebihi 0,5 m

CATATAN 2

Untuk elektrode bumi jenis pipa, panjang minimum 1,5 m.

CATATAN 3

Jika keadaan tanah sangat korosif atau jika digunakan elektrode baja nongalvanis, dianjurkan untuk menggunakan luas penampang atau tebal sekurang-kurangnya 150 % dari yang tertera dalam Tabel 54.1.

CATATAN 4

Jika elektrode pita hanya digunakan untuk mengatur gradien voltase, luas penampang minimum pada baja galvanis atau berlapis tembaga harus 16 mm² dan pada tembaga 10 mm².

PENJELASAN

Pada kondisi apapun, elektrode bumi harus dipasang, terutama untuk sistem TT. Lihat 542.2.8.2.



Gambar - Contoh elektrode bumi

542.2.2 Keefektifan setiap elektrode bumi tergantung pada kondisi tanah lokal. Harus dipilih satu atau lebih elektrode bumi yang sesuai dengan kondisi tanah dan nilai resistans ke bumi yang disyaratkan.

542.2.3 Berikut adalah contoh elektrode bumi yang dapat digunakan:

- jaringan struktur bawah tanah yang tertanam dalam fondasi (pembumian pondasi);
- pelat;
- logam tulangan beton (kecuali beton prategang) yang tertanam dalam bumi;
- batang atau pipa;
- pita atau kawat;
- selubung logam dan penutup logam lain dari kabel menurut kondisi dan persyaratan lokal;
- rangka logam bawah tanah yang sesuai lainnya menurut kondisi dan persyaratan lokal

CATATAN

Jaringan pipa air dilarang digunakan sebagai elektrode bumi.

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

CATATAN

Persyaratan ini tidak menghalangi ikatan proteksi pipa tersebut untuk kesesuaian dengan Bagian 4-41.

542.2.8 Resistans jenis tanah dan resistans pembumian

542.2.8.1 Nilai resistans jenis tanah sangat berbeda-beda bergantung pada jenis tanah seperti ditunjukkan pada Tabel 54.2.

Tabel 54.2 Resistans jenis tanah (tipikal)

1	2	3	4	5	6	7
Jenis tanah	Tanah rawa	Tanah liat dan tanah ladang	Pasir basah	Kerikil basah	Pasir dan kerikil kering	Tanah berbatu
Resistans jenis (Ω -m)	30	100	200	500	1000	3000

542.2.8.2 Resistans pembumian

- Resistans pembumian elektrode bumi tergantung pada jenis dan keadaan tanah serta pada ukuran dan susunan elektrode.
- Resistans pembumian suatu elektrode harus dapat diukur. Untuk keperluan tersebut konduktor yang menghubungkan setiap elektrode bumi atau susunan elektrode bumi harus dilengkapi dengan hubungan yang dapat dilepas (lihat 542.3.5).

CATATAN

Resistans pembumian total suatu instalasi pembumian belum dapat ditentukan dari hasil pengukuran tiap elektrode. Cara mengukur resistans elektrode bumi lihat Lampiran B Bagian 6.

- Tabel 54.3 menunjukkan nilai rerata resistans elektrode bumi untuk ukuran minimum elektrode bumi seperti pada Tabel 54.1.

Tabel 54.3 Resistans pembumian pada resistans jenis $\rho_1 = 100\Omega\text{meter}$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jenis elektrode	Pita atau konduktor pilin				Batang atau pipa				Pelat vertikal dengan sisi atas $\pm 1\text{m}$ di bawah permukaan tanah	
	Panjang (m)				Panjang (m)				Ukuran (m ²)	
	10	25	50	100	1	2	3	5	0.5 x 1	1 x 1
Resistans pembumian (Ω)	20	10	5	3	70	40	30	20	35	25

KETERANGAN :

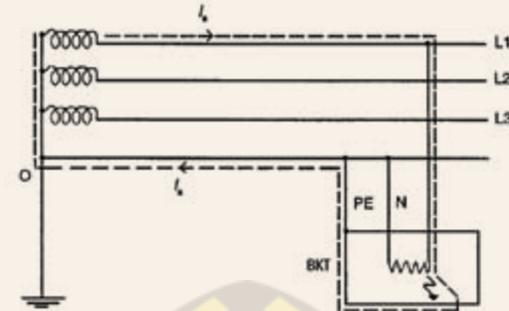
Untuk resistans jenis yang lain (ρ), maka besar resistans pembumian adalah perkalian nilai di atas dengan.

$$\rho/\rho_1 \text{ atau } \rho/100$$

PENJELASAN

Dalam PUIL 2011, besar resistans pembumian tidak ditentukan, tetapi elektrode bumi harus dipasang. Hal ini harus dibuktikan dengan pengukuran resistans elektrode bumi, sebagaimana dijelaskan dalam Subayat 61.3.6.2 dan Subayat B.1 Lampiran B dari Bagian 6 PUIL. Hal ini sangat penting, terutama untuk sistem TT.

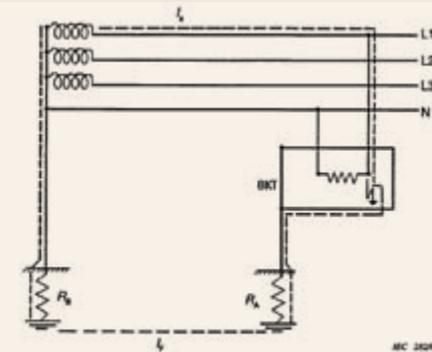
Pada sistem TN-C-S;
Kondisi pada saat terjadi gangguan di dalam BKT digambarkan sbb:



Gambar - Lintasan arus ketika terjadi gangguan hubung pendek ke BKT pada sistem TN-C-S

Arus gangguan mengalir melalui konduktor lin L1, tempat terjadi hubung pendek pada BKT, dan kemudian melalui konduktor proteksi PE mengalir ke titik O dari sumber. Arus gangguan tidak mengalir melalui elektrode bumi karena resistans konduktor sangat kecil dibandingkan resistans elektrode bumi. Jadi berapapun nilai resistans pembumian tidak akan mempengaruhi besar arus gangguan. Karena itu, tanpa elektrode pembumianpun, arus gangguan dapat mengalir melalui lingkaran gangguan untuk mengaktifkan gawai proteksi (GPAS) agar trip.

Berbeda pada sistem TT sbb:



Gambar - Lintasan arus ketika terjadi gangguan hubung pendek ke BKT pada sistem TT

Arus gangguan mengalir melalui konduktor lin L1, tempat terjadi hubung pendek pada BKT, dan kemudian melalui konduktor proteksi PE mengalir ke bumi, melalui elektrode bumi A dan B, mengalir ke titik sumber. Karena itu elektrode bumi A harus ada pada sistem TT. Tanpa elektrode bumi A, gawai proteksi (GPAS) tidak akan bekerja.

Pada sistem TT kondisi berikut harus dipenuhi:

- dalam sistem a.b. $R_A \times I_d \leq 50 \text{ V}$

dengan

R_A adalah jumlah resistans (dalam Ω) dari elektrode bumi dan konduktor proteksi untuk BKT; I_d adalah arus gangguan (dalam A) dari gangguan pertama dengan impedans yang dapat diabaikan antara konduktor lin dan BKT. Nilai I_d memperhitungkan arus bocor dan impedans pembumian total instalasi listrik.

Bila R_A mendekati tak terhingga, atau besar sekali (misalnya 1 M Ω), maka I_d akan sangat kecil, yaitu $50/1.000.000 = 0,00005 \text{ A}$ atau 0,05 mA. GPAS 30 mA tidak akan bekerja.

Kondisi ini sangat berbahaya bila ada orang yang menyentuh BKT yang terhubung pendek tersebut, karena tubuhnya akan menjadi konduktor pembumian ke bumi, sehingga merupakan sentuh langsung. Walaupun hubung pendek yang terjadi tidak total (artinya masih ada resistans yang cukup besar pada titik gangguan), tetap sangat berbahaya, karena merupakan sentuh langsung.

Karena itu pembumian pada sistem TT sangat diperlukan, supaya GPAS dapat trip pada kondisi gangguan bumi.

Karena GPAS 30 mA diperbolehkan trip pada arus di atas 50 % arus operasi sisa nominalnya, yaitu di atas 15 mA, maka resistans elektrode bumi maksimum $R_A = 50/0,015 \Omega = 3333 \Omega$.

Batas atas GPAS 30 mA bekerja adalah 30 mA, maka resistans elektrode bumi maksimum $R_A = 50/0,030 \Omega = 1666 \Omega$.

Jadi resistans elektrode bumi maksimum untuk sistem TT adalah dalam julat 1666 – 3333 Ω .

Angka yang paling aman adalah 1666 Ω .

Dari Tabel 54.2, resistans jenis tanah ρ yang paling tinggi adalah di tanah berbatu, yaitu 3000 $\Omega \cdot \text{m}$. Dari Tabel 54.3, dengan $\rho = 3000 \Omega \cdot \text{m}$ dan elektrode bumi batang/pipa 1,5 m, didapat resistans pembumian = $3000/100 \times 55 \Omega = 1650 \Omega$. (Angka 55 Ω adalah antara 40 Ω dan 70 Ω). Karena $< 1666 \Omega$, maka aman.

Untuk jenis tanah yang lain, karena $\rho < 3000 \Omega \cdot \text{m}$ dengan cara perhitungan di atas, akan didapat resistans pembumian $< 1650 \Omega$. Jadi lebih aman.

542.3 Konduktor pembumian

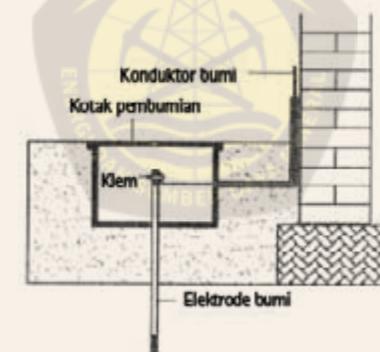
PENJELASAN

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

CATATAN

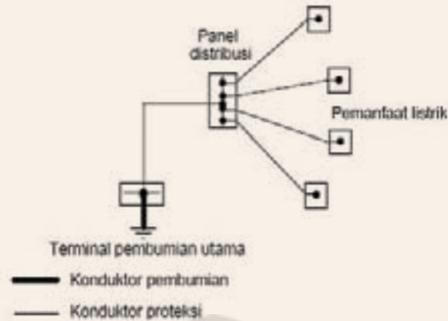
Untuk PUIL, konduktor pembumian adalah konduktor yang menghubungkan elektrode bumi ke titik dalam sistem ikatan ekuipotensial, biasanya terminal pembumian utama.

Terminal pembumian utama adalah terminal yang merupakan bagian susunan pembumian suatu instalasi dan yang memungkinkan hubungan listrik sejumlah konduktor untuk keperluan pembumian. Lihat 442.4.



Gambar - Contoh terminal pembumian

Contoh pemasangan konduktor pembumian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar – Contoh terminal pembumian utama yang dipasang langsung dalam panel distribusi.

542.3.1 Konduktor pembumian harus memenuhi 543.1 dan jika ditanam dalam tanah, luas penampangnya harus sesuai dengan Tabel 54.2.

Pada sistem TN, jika tidak tampak adanya arus gangguan yang diperkirakan melalui elektrode bumi, konduktor pembumian dapat didimensi menurut 544.1.1

Tabel 54.4 Luas penampang minimum konduktor pembumian yang ditanam dalam tanah

	Diproteksi secara mekanis	Tidak diproteksi secara mekanis
Diproteksi terhadap korosi	2,5 mm ² Cu 10 mm ² Fe	16 mm ² Cu 16 mm ² Fe
Tidak diproteksi terhadap korosi		25 mm ² Cu 50 mm ² Fe

542.3.2 Hubungan konduktor pembumian ke elektrode bumi harus dibuat dengan kuat dan secara listrik memuaskan. Hubungan harus dengan pengelasan eksotermik, konektor tekan, klem, atau konektor mekanis lain. Konektor mekanis harus dipasang sesuai dengan petunjuk pabrikan. Jika klem digunakan, tidak boleh merusak elektrode atau konduktor pembumian.

CATATAN 1

Klem pada elektrode pipa harus menggunakan baut dengan diameter minimal 10 mm.

CATATAN 2

Gawai hubung atau fitting yang hanya tergantung pada solder, tidak dapat diandalkan untuk memberikan kuat mekanis yang memadai.

542.3.3 Konduktor pembumian harus dilindungi jika menembus plafon atau dinding, atau berada di tempat dengan bahaya kerusakan mekanis.

542.3.4 Konduktor pembumian harus diberi warna hijau-kuning sesuai dengan 5210.2.

542.3.5 Pada konduktor pembumian harus dipasang hubungan yang dapat dilepas untuk keperluan pengujian resistans pembumian, pada tempat yang mudah dicapai, dan sedapat mungkin memanfaatkan hubungan yang karena susunan instalasinya memang harus ada.

542.3.6 Hubungan dalam tanah harus dilindungi terhadap korosi.

PENJELASAN

Bila tidak dilindungi terhadap korosi, maka luas penampang konduktor pembumian harus sesuai dengan Tabel 54.4, yaitu 25 mm² tembaga atau 50 mm² aluminium.

542.3.7 Konduktor pembumian di atas tanah harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Mudah terlihat dan jika tertutup harus mudah dicapai;
- Harus dilindungi dari bahaya mekanis atau kimiawi;
- Tidak boleh ada sakelar atau hubungan yang mudah di lepas tanpa menggunakan perkakas;
- Konduktor pembumian untuk kapasitor peredam interferens radio harus diinsulasi sama seperti konduktor fase dan harus dipasang dengan cara yang sama pula, jika arus yang dialirkan melebihi 3,5 mA.

542.3.8 Sambungan dan hubungan antara konduktor pembumian utama, konduktor pembumian, dan semua cabangnya satu sama lain harus dilaksanakan demikian sehingga terjaminlah hubungan listrik yang baik, dapat diandalkan dan tahan lama.

CATATAN

Sambungan dan hubungan yang dibolehkan adalah sambungan dan hubungan yang menggunakan las, baut, klem dan juga sambungan selongsong jika menggunakan konduktor pilin. Sambungan dan hubungan dengan baut harus dilindungi dari kemungkinan terjadinya korosi

542.4 Terminal pembumian utama

542.4.1 Pada setiap instalasi jika ikatan proteksi digunakan, suatu terminal pembumian utama harus disediakan dan yang berikut harus dihubungkan padanya:

- konduktor ikatan proteksi;
- konduktor pembumian;
- konduktor proteksi;
- konduktor pembumian fungsional, jika relevan.

CATATAN

Setiap konduktor proteksi individu tidak perlu dihubungkan secara langsung ke terminal pembumian utama jika masing-masing dihubungkan ke terminal ini oleh konduktor proteksi lain.

CATATAN 2

Terminal pembumian utama bangunan umumnya dapat digunakan untuk keperluan pembumian fungsional. Untuk keperluan teknologi informasi, maka dapat dianggap sebagai titik hubung ke jaringan elektrode bumi.

542.4.2 Masing-masing konduktor yang dihubungkan ke terminal pembumian utama harus dapat didiskoneksi secara individu. Hubungan ini harus andal dan hanya dapat didiskoneksi dengan sarana perkakas

CATATAN

Sarana diskoneksi boleh digabungkan dengan baik dengan terminal pembumian utama, untuk memungkinkan pengukuran resistansi dari susunan pembumian.

543.1 Luas penampang minimum

543.1.1 Luas penampang setiap konduktor proteksi harus memenuhi kondisi untuk diskoneksi otomatis suplai yang disyaratkan dalam 411 Bagian 4-41 dan mampu menahan arus gangguan prospektif.

Luas penampang konduktor proteksi harus dihitung sesuai dengan 543.1.2 atau dipilih sesuai dengan Tabel 54.3. Pada kedua hal tersebut, persyaratan 543.1.3 harus diperhitungkan.

PENJELASAN

Ralat: Bukan Tabel 54.3 tapi Tabel 54.5.

Terminal untuk konduktor proteksi harus mampu menerima konduktor dengan dimensi yang disyaratkan oleh subayat ini.

Tabel 54.5 Luas penampang minimum konduktor proteksi

Luas penampang konduktor lin S mm ²	Luas penampang minimum konduktor proteksi terkait mm ²
	Jika konduktor proteksi berbahan sama seperti konduktor saluran
$S \leq 16$	S
$16 < S < 35$	16
$S > 35$	$S/2$

543.1.2 Luas penampang konduktor proteksi tidak boleh kurang dari nilai yang ditentukan:

- sesuai dengan IEC 60949;
- atau dengan rumus berikut yang hanya dapat diterapkan untuk waktu diskoneksi tidak melampaui 5 detik:

$$i = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

dengan

S adalah luas penampang, dalam mm^2 .

I adalah nilai efektif arus gangguan protektif dalam ampere untuk gangguan dengan impedans yang dapat diabaikan, yang dapat mengalir melalui gawai proteksi (lihat IEC 60909-0);

t adalah waktu operasi gawai proteksi untuk diskoneksi otomatis dalam detik;

CATATAN 1

Efek pembatasan arus dari impedans sirkuit dan pembatasan I^2t dari gawai proteksi harus diperhitungkan.

k adalah faktor yang tergantung pada bahan konduktor proteksi, insulasi dan bagian lain serta suhu awal dan akhir (untuk penghitungan k , lihat Lampiran 54.A).

CATATAN 2

Untuk pembatasan suhu untuk instalasi berpotensi atmosfer ledak, lihat IEC 60079-0.

CATATAN 3

Karena selubung logam kabel berinsulasi mineral menurut IEC 60702-1 mempunyai kapasitas gangguan bumi lebih besar dari konduktor lin, maka tidak perlu menghitung luas penampang selubung logam jika digunakan sebagai konduktor proteksi.

543.1.3 Luas penampang setiap konduktor proteksi yang tidak membentuk bagian kabel atau tidak pada selungkup yang sama dengan konduktor lin tidak boleh kurang dari:

- $2,5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}/16 \text{ mm}^2 \text{ Al}$ jika disediakan proteksi terhadap kerusakan mekanis,
- $4 \text{ mm}^2 \text{ Cu}/16 \text{ mm}^2 \text{ Al}$ jika tidak disediakan proteksi terhadap kerusakan mekanis.

543.1.4 Jika konduktor proteksi digunakan bersama pada dua sirkuit atau lebih, luas penampangnya harus didimensi sebagai berikut:

- dihitung menurut 543.1.1 untuk arus gangguan prospektif dan waktu operasi paling berat yang ditemui pada sirkuit ini; atau
- dipilih menurut Tabel 54.3 sedemikian sehingga berkaitan dengan luas penampang konduktor lin terbesar dari sirkuit.

543.2 Jenis konduktor proteksi

543.2.1 Konduktor proteksi dapat terdiri atas salah satu atau lebih berikut ini:

- konduktor pada kabel multiinti;
- konduktor berinsulasi atau polos dalam selungkup bersama dengan konduktor aktif;
- konduktor polos atau berinsulasi terpasang magun;
- selubung kabel logam, skrin kabel, perisai kabel, anyaman kawat, konduktor konsentris, konduit logam yang terkena kondisi yang dinyatakan dalam 543.2.2 a) dan b).

543.2.2 Jika instalasi terdiri atas perlengkapan yang mempunyai selungkup logam sedemikian seperti rakitan PHBK voltase rendah atau sistem berumbung (trunking) rel, selungkup atau rangka logam dapat digunakan sebagai konduktor proteksi jika secara simultan memenuhi tiga persyaratan berikut:

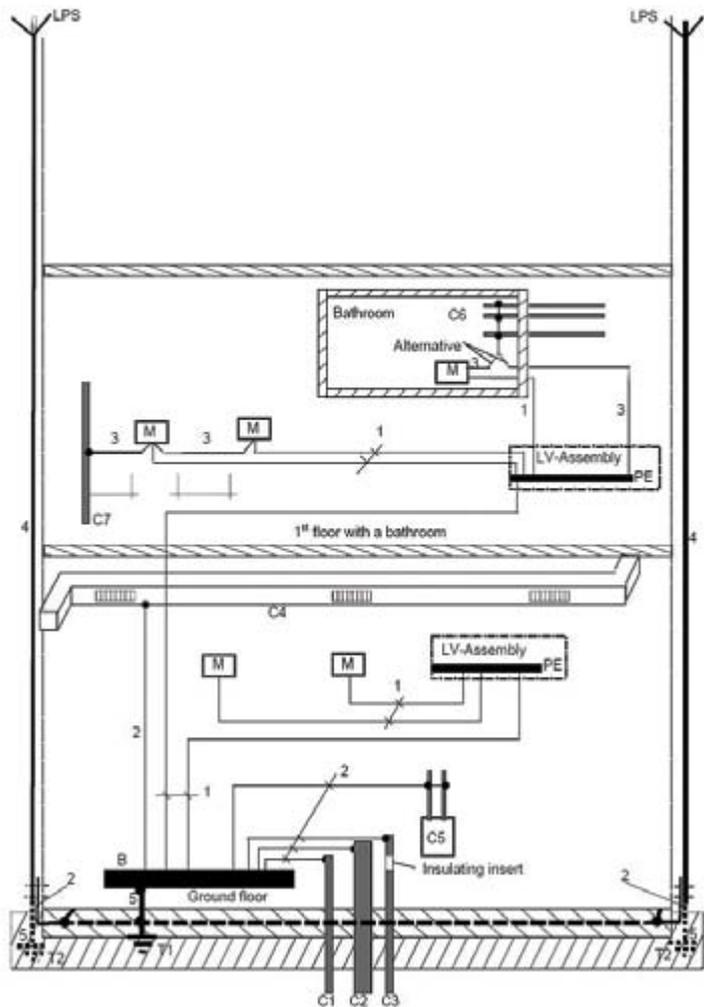
- a) kontinuitas listriknya harus dipastikan dengan konstruksi atau dengan hubungan yang sesuai sedemikian untuk memastikan proteksi terhadap pemburukan mekanis, kimia atau elektrokimia;
- b) selungkup itu memenuhi persyaratan 543.1;
- c) selungkup itu harus memungkinkan hubungan konduktor proteksi lain pada setiap titik sadapan yang ditentukan sebelumnya.

543.2.3 Bagian logam berikut tidak diizinkan untuk digunakan sebagai konduktor proteksi atau sebagai konduktor ikatan proteksi:

- pipa air logam;
- pipa yang mengandung gas atau cairan yang mudah terbakar;
- bagian konstruksi yang terkena stres mekanis dalam pelayanan normal;
- konduit logam fleksibel atau mudah dibengkokkan, kecuali didesain untuk keperluan itu;
- bagian logam fleksibel;
- kawat penyangga.

PENJELASAN

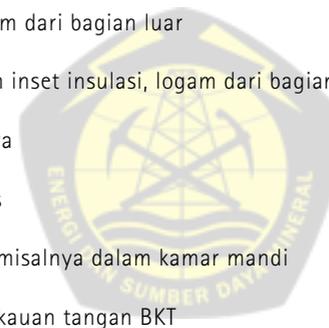
Ralat: Bukan Tabel 54.3 tapi Tabel 54.5.



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

Keterangan:

- M BKT bagian konduktif perlengkapan yang dapat disentuh dan yang secara normal tidak bervoltase, tetapi dapat menjadi bervoltase bila insulasi dasar gagal [IEV 195-06-10]
- C BKE bagian konduktif yang bukan merupakan bagian instalasi listrik dan dapat menimbulkan suatu potensial listrik, biasanya potensial listrik dari bumi lokal [IEV 195-06-11]
- C1 Pipa air, logam dari bagian luar
- C2 Air limbah, logam dari bagian luar
- C3 Pipa gas dengan inset insulasi, logam dari bagian luar
- C4 Pengondisi udara
- C5 Sistem pemanas
- C6 Pipa air, logam misalnya dalam kamar mandi
- C7 BKE dalam jangkauan tangan BKT
- B Terminal pembumian utama (rel pembumian utama) terminal atau rel yang merupakan bagian susunan pembumian suatu instalasi dan yang memungkinkan hubungan listrik sejumlah konduktor untuk keperluan pembumian [IEV 195-02-33]
- T Elektrode bumi bagian konduktif yang dapat ditanam dalam suatu media konduktif spesifik, misalnya beton atau kokas, dalam kontak listrik dengan bumi [IEV 195-02-01]
- T1 Bumi fondasi
- T2 Elektrode bumi untuk SPP jika perlu



- 1 Konduktor proteksi
konduktor yang disediakan untuk keperluan keselamatan, misalnya proteksi terhadap kejut listrik
[IEV 195-02-09]
- 2 Konduktor ikatan proteksi
konduktor proteksi yang disediakan untuk ikatan ekuipotensi proteksi
[IEV 195-02-10]
- 3 Konduktor ikatan proteksi untuk ikatan suplemen
- 4 Konduktor turun sistem proteksi petir (SPP)
- 5 Konduktor pbumian
konduktor yang memberikan lintasan konduktif atau bagian lintasan konduktif antara titik tertentu dalam suatu sistem atau dalam suatu instalasi atau dalam perlengkapan dengan suatu elektrode bumi dan suatu jaringan elektrode bumi
[IEV 195-02-03]

CATATAN

Untuk PUIL, konduktor pbumian adalah konduktor yang menghubungkan elektrode bumi ke titik sistem ikatan ekuipotensi bersama, biasanya terminal pbumian utama.

PENJELASAN

Gambar di atas hanya contoh tipikal saja. Dalam praktik disesuaikan dengan kondisi instalasi setempat.

Bagian 5 – 55

Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik - Perlengkapan Lain



551.6 Persyaratan tambahan untuk instalasi dimana set pembangkit memberikan suplai sebagai alternatif tersakelar ke suplai normal pada instalasi

551.6.1 Harus diambil tindakan pencegahan yang memenuhi persyaratan relevan Bagian 5-53 untuk isolasi, sedemikian sehingga generator tidak dapat beroperasi paralel dengan sistem suplai publik untuk distribusi listrik ke publik. Tindakan pencegahan yang sesuai dapat mencakup:

- silih kunci listrik, mekanis atau elektromekanis antara mekanisme operasi atau sirkit kendali gawai sakelar tukar;
- sistem kunci dengan kunci tunggal yang dapat ditransfer;
- sakelar tukar, memutuskan sebelum menghubungkan, tiga posisi;
- gawai sakelar tukar otomatis dengan silih kunci yang sesuai;
- sarana lain yang memberikan pengamanan operasi setara.

CATATAN

Isolasi sebaiknya mencakup suplai ke sirkit kendali generator.

PENJELASAN

Hal ini berarti set pembangkit hanya boleh dihubungkan ke instalasi melalui panel distribusi pelanggan dengan memakai sistem yang dijelaskan di atas.

PENJELASAN

Sesuai definisi IEC, luminer adalah aparatus yang mendistribusikan, memfilter atau mentransformasikan cahaya yang dipancarkan dari satu lampu atau lebih dan yang mencakup, kecuali lampu itu sendiri, semua bagian yang perlu untuk memagun dan memproteksi lampu dan jika perlu, alat bantu sirkit bersama-sama dengan sarana untuk menghubungkannya ke suplai listrik (IEV 845-10-01).



Gambar – Contoh luminer

Lumener harus memenuhi persyaratan seri IEC 60598, Luminaire.

Beberapa terjemahan standar IEC 60598 sudah menjadi SNI, yaitu:

- SNI 04-6973.1, Luminer – Bagian 1: Persyaratan umum dan pengujian.
- SNI 04-6973.2.1, Luminer – Bagian 2-1: Persyaratan khusus – Luminer magun kegunaan umum.
- SNI 04-6973.2.2, Luminer – Bagian 2-2: Persyaratan khusus – Luminer tanam.
- SNI 04-6973.2.3, Luminer – Bagian 2-3: Persyaratan khusus – Luminer untuk pencahayaan jalan umum.
- SNI 04-6973.2.5, Luminer – Bagian 2-5: Persyaratan khusus – Luminer lampu sorot.

559.1 Ruang lingkup

Ayat ini berlaku untuk pemilihan dan pemasangan luminer dan instalasi pencahayaan yang dimaksudkan merupakan bagian instalasi magun.

Persyaratan untuk jenis spesifik instalasi pencahayaan dicakup dalam berbagai bagian IEC 60364-7 (misalnya 7-713, 7-714 dan 7-715).

Persyaratan ayat ini tidak berlaku untuk pencahayaan hias temporer.

CATATAN

Persyaratan keselamatan untuk lumener dicakup dalam IEC 60598.

559.4 Persyaratan umum untuk instalasi

Lumener harus dipilih dan dipasang sesuai dengan petunjuk pabrikan dan IEC 60598.

559.6 Sistem perkawatan

559.6.1 Jika dipasang lumener gantung, perlengkapan pemagun harus mampu menahan lima kali massa lumener terhubung, tapi tidak kurang dari 25 kg. Kabel atau kabel senur antara gawai gantung dan lumener harus dipasang sedemikian sehingga dihindari stres tarik dan torsi yang berlebihan pada konduktor dan terminasi.

CATATAN

Lihat juga 522.8 Bagian 5-52.

559.6.2 Jika kabel dan/atau konduktor berinsulasi ditarik melalui lumener oleh instalatur (perkawatan tembus - *through-wiring*), harus dipilih kabel dan/atau konduktor berinsulasi yang sesuai seperti ditentukan dalam 559.6.3 dan harus digunakan hanya lumener yang sesuai untuk perkawatan tembus.

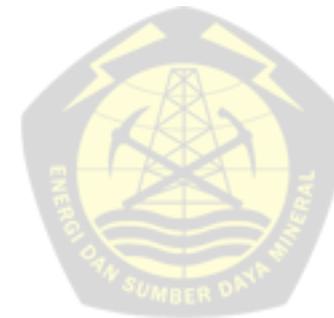
559.6.3 Kabel harus dipilih sesuai dengan penandaan suhu pada lumener, sebagai berikut:

- untuk lumener yang memenuhi IEC 60598 tapi tanpa penandaan suhu, tidak disyaratkan kabel tahan api;
- untuk lumener yang memenuhi IEC 60598 dengan penandaan suhu, harus digunakan kabel yang sesuai untuk suhu yang ditandakan;
- untuk lumener tak ditandai untuk memenuhi IEC 60598, harus diikuti petunjuk pabrikan;
- jika tidak ada informasi, harus digunakan kabel dan/atau konduktor berinsulasi sesuai dengan IEC 60245-3 atau tipe setara.

PENJELASAN

Untuk kabel berinsulasi PVC sesuai seri IEC60227 atau seri SNI 04-6629, suhu maksimum untuk kabel biasa adalah 70°C, sedangkan untuk jenis tahan panas (*heat resistant*) adalah 90°C.

Untuk kabel berinsulasi karet sesuai seri IEC 60245, suhu maksimum untuk kabel biasa (termasuk kabel lift) adalah 60°C, sedangkan untuk jenis tahan panas (*heat resistant*) adalah 110°C, bahkan untuk kabel berinsulasi silikon tahan panas sesuai IEC 60245-3 suhu maksimumnya adalah 180°C.





Bagian 5 – 510

—
Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik
- Perlengkapan listrik

510.3 Armaturn pencahayaan, fitting lampu, lampu dan roset

510.3.1 Proteksi terhadap sentuh langsung dan tak langsung

510.3.1.1 Armaturn pencahayaan, fitting lampu, lampu, dan roset harus dibuat sedemikian sehingga semua bagian yang bervoltase dan bagian yang terbuat dari logam, pada waktu pemasangan atau penggantian lampu, atau dalam keadaan lampu terpasang, diamankan dengan baik dari kemungkinan sentuhan.

PENJELASAN

Yang dimaksud dengan armaturn pencahayaan adalah lumener. Lihat 559 Lumener dan instalasi pencahayaan Bagian 5-55.



Gambar - Contoh lumener

510.4 Tusuk kontak dan kotak kontak

PENJELASAN

Tusuk kontak harus memenuhi persyaratan standar sbb:

- Untuk tusuk kontak yang digunakan dalam rumah tangga dan sejenisnya: SNI IEC 60884-1 dan SNI 04-3892.1.1, Tusuk-kontak dan kotak-kontak untuk keperluan rumah tangga dan sejenisnya - Bagian 1-1: Persyaratan umum - Bentuk dan Ukuran.



Gambar - Contoh tusuk kontak yang di gunakan dalam rumah tangga

- Untuk tusuk kontak yang digunakan dalam industri: seri IEC 60309, *Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes.*



Gambar - Contoh tusuk kontak yang digunakan dalam Industri

510.4.1 Konstruksi tusuk kontak

510.4.1.1 Tusuk kontak harus didesain sedemikian sehingga ketika dihubungkan tidak mungkin terjadi sentuh tak sengaja dengan bagian aktif.

510.4.1.2 Bahan

510.4.1.2.1 Tusuk kontak harus terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar, tahan lembab dan secara mekanis cukup kuat.

510.4.1.2.2 Tusuk kontak yang tidak terlindung tidak boleh dibuat dari bahan yang mudah pecah.

510.4.1.2.3 Sebagai pengecualian dari 510.4.1.2.1 di atas, tusuk kontak untuk kuat arus 16 A ke bawah pada voltase rumah, boleh terbuat dari bahan insulasi yang tahan terhadap arus rambat.

510.4.1.3 Sambungan antara tusuk kontak dan kabel fleksibel harus baik untuk menghindari kerusakan mekanis.

510.4.1.4 Menghindari hubungan tusuk kontak tertukar

510.4.1.4.1 Dalam suatu instalasi, lubang kotak kontak dengan voltase pengenal tertentu tidak boleh dapat dimasuki tusuk kontak dengan voltase pengenal yang lebih rendah (lihat 414.4.3).

510.4.1.4.2 Lubang kotak kontak dengan arus pengenal tertentu tidak boleh dapat dimasuki tusuk kontak dengan arus pengenal yang lebih besar, kecuali bagi kotak kontak atau tusuk kontak dengan arus pengenal setinggi-tingginya 16 A.

CATATAN

Untuk menghindari kesalahan memasukkan tusuk kontak ke dalam lubang kotak kontak tidak semestinya, dianjurkan agar:

- Dalam satu instalasi hanya ada satu macam kotak kontak saja;
- Kotak kontak dan tusuk kontak diberi tanda dengan menggunakan tulisan atau tanda lain yang jelas, yang membedakan voltase/arus pengenal masing-masing;
- Kotak dari tusuk kontak mempunyai konstruksi yang berlainan sehingga lubang kotak kontak tidak dapat dimasuki oleh tusuk kontak yang voltase/arus pengenalnya berlainan.

510.4.1.5 Pada kotak kontak dan tusuk kontak harus tercantum voltase tertinggi dan arus terbesar yang diperbolehkan.

510.4.1.6 Tusuk kontak untuk voltase instalasi listrik domestik tidak boleh dipakai untuk menjalankan dan mematikan mesin atau peranti portabel dengan daya lebih dari 2 kW dan arus pengenal lebih dari 16 A.

PENJELASAN

Untuk itu harus menggunakan tusuk kontak dan kotak kontak sesuai seri IEC 60309, *Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes*.



Gambar – Contoh Tusuk Kontak dan Kotak Kontak untuk Industri

510.4.2.4 Kotak kontak yang ditempatkan pada lantai harus tertutup dalam kotak lantai yang khusus diizinkan untuk penggunaan ini.

PENJELASAN

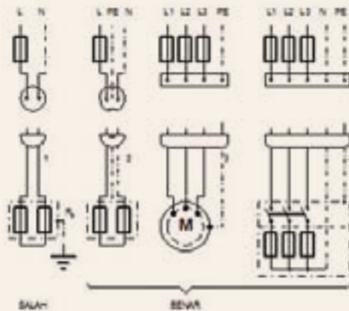
Lihat 510.4.4 dan PENJELASANNYA.



Gambar - Contoh kotak kontak untuk dipasang pada lantai

510.4.3 Penyambungan BKT perlengkapan listrik melalui tusuk kontak dan kotak kontak

Contoh penyambungan BKT perlengkapan listrik melalui tusuk kontak dan kotak kontak dapat dilihat pada Gambar 510.4-1.



Gambar 510.4-1 - Contoh penyambungan BKT perlengkapan listrik melalui tusuk kontak dan kotak kontak

PENJELASAN

Harus digunakan kotak kontak dengan kontak pembumian samping sesuai SNI 04-3892.1.1, Tusuk-kontak dan kotak-kontak untuk keperluan rumah tangga dan sejenisnya - Bagian 1-1: Persyaratan umum - Bentuk dan Ukuran.



Gambar - Contoh tusuk kontak dan kotak kontak dengan pembumian samping

Untuk menghindari terjadinya beban lebih yang dapat menyebabkan panas dan kebakaran, maka pemasangan kotak kontak secara bertumpuk dengan menggunakan tusuk kontak dan kotak kontak T sebaiknya dihindari. Kalau hal ini dilakukan karena keterbatasan kotak kontak dalam ruangan, maka sebaiknya digunakan kotak kontak portabel dengan multikontak dengan pembumian samping.



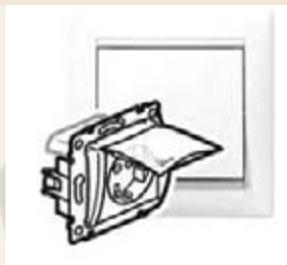
Gambar - Contoh tusuk kontak dan kotak kontak portabel dengan pembumian samping

510.4.4 Penempatan kotak kontak

Kotak kontak pasangan dinding di instalasi listrik domestik (rumah tangga) harus dipasang dengan ketinggian sekurang-kurangnya 1,25 m dari lantai, kecuali kotak kontak dari jenis putar atau tutup.

PENJELASAN

Karena itu kotak kontak yang dipasang di dinding kurang dari 1,25 m dari lantai harus dari jenis putar (jenis *shutter*) atau jenis tutup dan kotak kontak yang ditanam pada lantai harus tertutup dalam kotak lantai yang dapat dibuka ketika akan digunakan. Lihat 510.4.2.4.



Gambar – Contoh kotak kontak jenis tutup

510.7 Peranti portabel

PENJELASAN

Peranti portabel sebaiknya merupakan peranti kelas I, yaitu peranti dimana proteksi terhadap kejutan listrik tidak tergantung hanya pada insulasi dasar, tapi mencakup tindakan pencegahan tambahan, dimana bagian konduktif dapat diakses dihubungkan ke konduktor pembumian proteksi pada perkawatan magun instalasi, sedemikian sehingga bagian konduktif dapat diakses tidak dapat menjadi bervoltase ketika terjadi kegagalan insulasi dasar.

Jadi peranti portabel sebaiknya dilengkapi tusuk kontak dengan pembumian samping.

Hal di atas tidak berlaku untuk peranti portabel yang bodi atau selungkupnya bukan merupakan BKT, yaitu misalnya terbuat dari bahan nonlogam. Dalam hal ini peranti portabel boleh merupakan peranti kelas 0 atau 0I.

PENJELASAN

Peranti kelas 0 adalah peranti dimana proteksi terhadap kejutan listrik tergantung hanya pada insulasi dasar, karena itu tidak ada sarana untuk hubungan bagian konduktif dapat diakses, jika ada, ke konduktor proteksi pada perkawatan magun instalasi, ketika terjadi kegagalan insulasi dasar tergantung pada lingkungan.

Peranti kelas 0I adalah peranti yang mempunyai sekurang-kurangnya insulasi dasar menyeluruh dan dilengkapi terminal pembumian, tapi mempunyai kabel senur suplai tanpa konduktor pembumian dan tusuk kontak tanpa kontak pembumian.

510.14 Pemanfaat listrik dengan penggerak elektromekanis

510.14.1.1 Hubungan listrik

Pemanfaat listrik yang memakai penggerak elektromekanis hanya boleh dihubungkan dengan sistem voltase rendah.

510.14.1.2 Mainan untuk anak

Pemanfaat listrik yang tujuannya untuk dipakai oleh anak-anak harus disambung dengan voltase rendah setinggi-tingginya 25 V.

PENJELASAN

Sesuai IEC 60479-1, voltase rendah 25 V adalah voltase aman pada kondisi basah.

Bagian 5 – 511

Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik
- Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK) serta komponennya



PENJELASAN

Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK):

Perlengkapan listrik yang dimaksudkan untuk dihubungkan ke sirkuit listrik untuk keperluan melaksanakan satu fungsi atau lebih berikut: proteksi, kendali, isolasi, penyakelaran *switchgear and controlgear* IEC 826-16-03

Standar PHBK adalah seri IEC 601439 yang terdiri atas:

- IEC 61439-1: General rules, sudah diterjemahkan menjadi SNI IEC 61439-1
- IEC 61439-2: Power switchgear and controlgear assemblies, sudah diterjemahkan menjadi SNI IEC 61439-2
- IEC 61439-3: Distribution boards intended to be operated by ordinary persons (DBO), sudah diterjemahkan menjadi SNI IEC 61439-3
- IEC 61439-4: ASSEMBLIES for construction sites (to supersede IEC 60439-4)
- IEC 61439-5: ASSEMBLIES for power distribution (to supersede IEC 60439-5)
- IEC 61439-6: Busbar trunking systems (to supersede IEC 60439-2).

Fungsi utama dari PHBK adalah:

- a. Proteksi listrik terhadap:
 1. Arus beban lebih
 2. Arus hubung pendek
 3. Kegagalan insulasi
 4. Arus sisa
- b. Isolasi listrik dari bagian instalasi
 1. Pengisolasian yang ditunjukkan jelas oleh indikator mekanis tahan gangguan
 2. Sela atau penghalang berinsulasi disisipkan antara kontak terbuka, terlihat jelas
- c. Kendali:
 1. Penyakelaran fungsional
 2. Penyakelaran darurat
 3. Berhenti darurat
 4. Penyakelaran off untuk perawatan mekanikal
 5. Penyakelaran lokal atau jarak jauh.

Pemilihan PHBK didasarkan pada:

- a. kemampuan dari berbagai komponen untuk melakukan fungsi dasar.

Item PHBK	Isolasi	Kendali				Proteksi listrik		
		Fungsional	Penyakelaran darurat	Berhenti darurat (mekanikal)	Penyakelaran untuk perawatan mekanikal	Beban lebih	Hubung pendek	Kejut listrik
Isolator (atau diskonektor) ⁽⁴⁾	Ya							
Sakelar ⁽⁵⁾	Ya	Ya	Ya ⁽¹⁾	Ya ⁽¹⁾⁽²⁾	Ya			
Gawai Sisa (RCBB) ⁽⁵⁾	Ya	Ya	Ya ⁽¹⁾	Ya ⁽¹⁾⁽²⁾	Ya			Ya
Sakelar diskonektor	Ya	Ya	Ya ⁽¹⁾	Ya ⁽¹⁾⁽²⁾	Ya			
Kontaktor			Ya ⁽¹⁾	Ya ⁽¹⁾⁽²⁾	Ya	Ya ⁽³⁾		
Sakelar Kendali remote		Ya	Ya ⁽¹⁾		Ya			
Sekering	Ya					Ya	Ya	
Sirkuit breaker (permutus sirkuit)		Ya	Ya ⁽¹⁾	Ya ⁽¹⁾⁽²⁾	Ya	Ya	Ya	
Sirkuit breaker (disconnecter) ⁽⁵⁾	Ya	Ya	Ya ⁽¹⁾	Ya ⁽¹⁾⁽²⁾	Ya	Ya	Ya	
Gawai Sisa dan CB-arus-lebih (RCBO) ⁽⁵⁾	Ya	Ya	Ya ⁽¹⁾	Ya ⁽¹⁾⁽²⁾	Ya			
Tempat titik penginstalasian (prinsip umum)	Awal setiap sirkuit	Semua titik dimana untuk alasan operasi mungkin perlu untuk menghentikan proses terkait	Umumnya pada sirkuit masuk ke panel distribusi	Pada semua titik suplai mesin dan atau pada mesin terkait	Pada titik suplai ke setiap mesin	Awal setiap sirkuit	Awal setiap sirkuit	Awal sirkuit dimana system pembumihian sesuai TN-TN-S, IT, TT

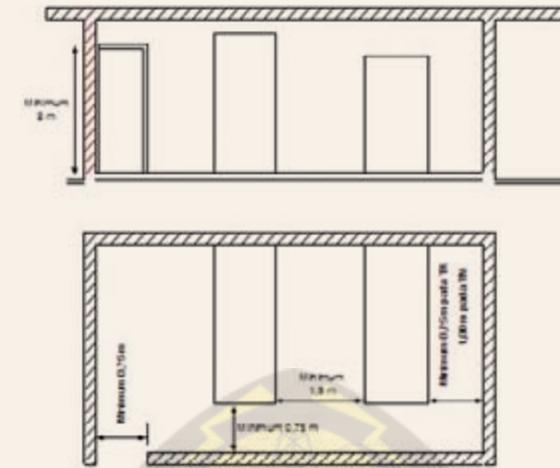
(1) Dimana cut-off of semua konduktor aktif disediakan (diberikan)
 (2) Mungkin perlu menjaga suplai ke system pengeraman
 (3) Jika diasosiasikan dengan rele termal (kombinasinya biasa disebut "disconnector")
 (4) Di Negara tertentu diskonektor dengan kontak terlihat wajib ada di awal instalasi LV yang langsung disuplai dari MV/LV transformer
 (5) Item tertentu PPEK adalah sesuai untuk tugas isolasi (e.g. RCCB sesuai IEC 61008) tanpa harus secara eksplisit ditandai begitu

- 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 menahan arus hubungan singkat
- c. Proteksi dan Instalasi kriteria pengaman dan pemasangannya yaitu antara lain :
 1. Tingkat proteksi
 2. Metode instalasinya
 3. Jumlah muka operasinya
 4. Peralatan ukur untuk proteksi
 5. Bahan selengkapannya

Tempat pemasangan PHB

Pemasangan:

- a. Ruang PHBK harus sesuai gambar 511.2.1
- b. Penataan PHBK:
 1. harus ditata dan dipasang rapi dan teratur, dan ditempatkan dalam ruang yang cukup leluasa sehingga pemeliharaan dan pelayanan mudah dan aman, dan bagian yang penting mudah dicapai
 2. Semua instrumen ukur, tombol dan sakelar, harus dapat dilayani dengan mudah dan aman dari depan tanpa bantuan tangga, meja atau perkakas yang tidak lazim lainnya.
 3. PHBK tertutup pasangan luar harus dipasang di tempat yang cukup tinggi sehingga tidak akan terendam pada waktu banjir, dan juga harus cukup kuat
 4. PHBK tertutup pasangan dalam yang ditempatkan dalam ruang khusus harus memenuhi ketentuan untuk ruang tersebut dalam Bagian 8.
 5. Lemari hubung bagi, kotak hubung bagi dan meja hubung bagi harus dipasang pada tempat yang sesuai, kering dan berventilasi cukup. Bila tidak, perlengkapan tersebut harus diamankan terhadap udara lembab



Gambar 511.2-1 – Ruang pelayanan

511.2.1.4 Penyambungan saluran masuk dan saluran keluar pada PHBK harus menggunakan terminal sehingga penyambungannya dengan komponen dapat dilakukan dengan mudah, teratur dan aman. Ketentuan ini tidak berlaku bila komponen tersebut letaknya dekat saluran keluar atau saluran masuk.

PENJELASAN

Penyambungan saluran masuk dan saluran keluar harus menggunakan terminal. Penggunaan sambungan puntir dilarang.

511.2.5 Pengelompokan perlengkapan sirkit

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

- a) kelompok perlengkapan instalasi daya sebaiknya terpisah dari kelompok perlengkapan instalasi pencahayaan;
- b) kelompok perlengkapan fase tunggal, fase dua, dan fase tiga merupakan kelompok sendiri sendiri yang terpisah.

PENJELASAN

Pemisahan instalasi daya dan instalasi pencahayaan sebaiknya dilakukan, karena instalasi pencahayaan tidak memerlukan kotak kontak, sedangkan instalasi daya harus memerlukan kotak kontak, kecuali untuk peranti listrik yang dihubungkan langsung ke panel dengan MCB sebagai gawai proteksinya.

CATATAN

Lampu yang terhubung ke kotak kontak bukan merupakan instalasi pencahayaan, tapi merupakan pemanfaat listrik untuk pencahayaan.

511.6 Komponen yang dipasang pada PHBK

511.6.1.3 Komponen yang dipasang pada PHBK harus memenuhi persyaratan standar yang berlaku.

PENJELASAN

Contoh komponen:

- MCB untuk rumah tangga atau sejenis harus memenuhi seri IEC 60898.
- GPAS untuk rumah tangga atau sejenis harus memenuhi seri IEC 61008 (RCCB) atau seri IEC 61009 (RCBO).
- Sekering untuk industri maupun untuk rumah tangga atau sejenis harus memenuhi seri IEC 60269.
- MCB untuk industri harus memenuhi seri IEC 60947-2.
- Kabel PVC harus memenuhi seri IEC 60227 atau seri SNI 04-6629.

511.6.3 Konduktor rel

511.6.3.1 Rel yang digunakan pada PHBK harus terbuat dari tembaga atau logam lain yang memenuhi persyaratan sebagai konduktor listrik.

PENJELASAN

Logam untuk rel (busbar) harus sama dengan logam konduktor atau gawai yang tersambung padanya. Bila berbeda maka harus memakai bimetal (dwilogam).

Bila misalnya konduktor aluminium dihubungkan dengan rel tembaga dari PHBK tanpa bimetal, akan terjadi korosi galvanik yaitu korosi yang terjadi pada dua logam berbeda jenis jika dihubungkan.

Sesuai deret Volta, unsur logam dengan potensial elektrode lebih negatif ditempatkan di bagian kiri, sedangkan unsur dengan potensial elektrode yang lebih positif ditempatkan di bagian kanan.

Semakin ke kiri kedudukan suatu logam dalam deret tersebut, maka:

- a. Logam semakin reaktif (semakin mudah melepas elektron).

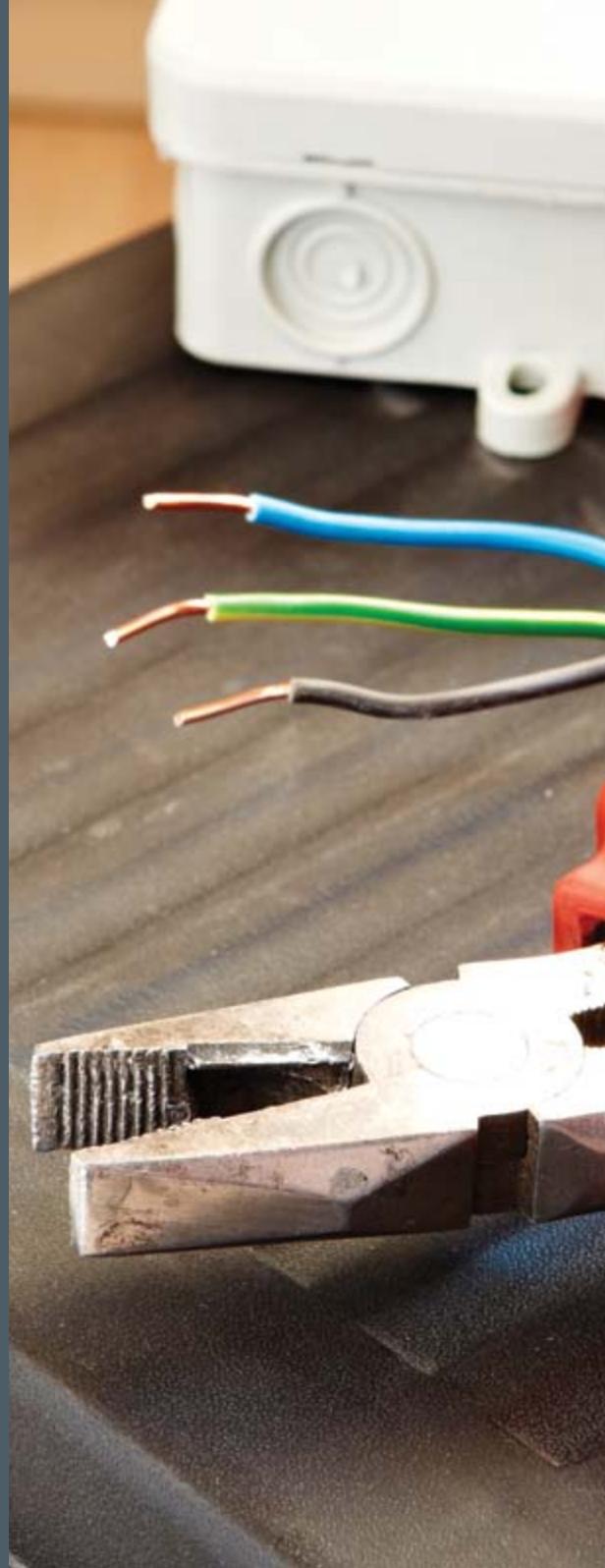
Sebaliknya, semakin ke kanan kedudukan suatu logam dalam deret tersebut, maka:

- b. Logam semakin kurang reaktif (semakin sulit melepas elektron);

Deret Volta:

Li-K-Ba-Ca-Na-Mg-Al-Mn-Zn-Cr-Fe-Cd-Co-Ni-Sn-Pb-(H)-Cu-Hg-Ag-Pt-Au

Pada kasus aluminium (Al) dan tembaga (Cu), karena letak Al di sebelah kiri Cu pada deret Volta, maka Al akan lebih mudah melepas elektron dibandingkan Cu, jadi Al akan tergerus lebih dulu bila kedua logam tersebut kontak secara listrik.



Bagian 6



Verifikasi

6.1 Ruang lingkup

Bagian 6 memberikan persyaratan untuk verifikasi awal dan periodik dari instalasi listrik.

Ayat 61 memberikan persyaratan untuk verifikasi awal dengan inspeksi dan pengujian dari instalasi listrik, untuk menentukan apakah persyaratan pada Bagian lain PUIL telah dipenuhi dan menentukan persyaratan untuk pelaporan hasil verifikasi awal, sejauh dapat dipraktikkan dengan wajar. Verifikasi awal dilakukan setelah selesainya instalasi baru atau selesainya tambahan atau perubahan pada instalasi yang telah ada.

Ayat 62 memberikan persyaratan untuk verifikasi periodik pada instalasi listrik untuk menentukan apakah instalasi dan semua bagian perlengkapannya berada dalam kondisi yang memuaskan untuk digunakan dan menentukan persyaratan untuk pelaporan hasil verifikasi periodik, sejauh dapat dipraktikkan dengan wajar.



61.1 Umum

61.1.1 Setiap instalasi harus diverifikasi selama pemasangan, sejauh dapat dipraktikkan dengan wajar, dan pada saat penyelesaian, sebelum difungsikan dalam pelayanan oleh penggunaannya.

PENJELASAN

Instalasi listrik terpasang harus diverifikasi oleh KONSUIL (Komite Nasional Keselamatan untuk Instalasi Listrik) atau PPILN (Perkumpulan Pemeriksa Instalasi Listrik Nasional), yang saat ini telah mendapat izin dan pengesahan dari instansi/lembaga yang berwenang, yaitu Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Setelah dinyatakan memenuhi syarat maka instalasi listrik dinyatakan laik operasi dan akan diterbitkan Sertifikat Laik Operasi, sehingga instalasi listrik dapat dioperasikan.

Sesuai Lampiran VII Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 05 tahun 2014 tentang Tata Cara Akreditasi dan Sertifikasi Ketenagalistrikan, Mata Uji Sertifikasi Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik Tegangan Rendah, maka mata uji yang harus dilakukan pada verifikasi adalah sebagai berikut:

Lampiran VII

PERATURAN MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL
REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 05 TAHUN 2014
TENTANG
TATA CARA AKREDITASI DAN SERTIFIKASI KETENAGALISTRIKAN

MATA UJI SERTIFIKASI INSTALASI PEMANFAATAN TENAGA LISTRIK TEGANGAN RENDAH

No	Mata Uji	Baru	Perpanjangan
1	Pemeriksaan dokumen		
	a. Spesifikasi teknik material	V	V
	b. Gambar diagram satu garis (<i>single line diagram</i>)	V	V
	c. Gambar sistem pentanahan	V	V
	d. Gambar tata letak panel hubung bagi	V	V
	e. Gambar instalasi	V	V
2	Pemeriksaan dan pengujian		
	a. Pemeriksaan visual		
	- tata letak papan hubung bagi	V	V
	- pembagian beban pada papan hubung bagi	V	V
	- perlengkapan Hubung Bagi (PHB)		
	o terminal	V	V
	o PHB utama	V	V
	o PHB cabang	V	V
	- Penghantar:		
	o saluran/sirkuit utama	V	V
	o saluran/sirkuit cabang	V	V
	o saluran/sirkuit akhir	V	V
	o penghantar bumi	V	V
	o pengukuran resistans insulasi: tegangan uji 500 V	V	V
	o pengukuran <i>resistance</i> penghantar bumi	V	V
	o hubungan penghantar N dan PE	V	V
	- elektroda pembumian	V	V
	- tanda SNI pada material	V	V
	- instalasi khusus kamar mandi	V	V
	b. Pengujian		
	- pengukuran tahanan isolasi	V	V
	- pengukuran tahanan pentanahan	V	V
	- pengukuran polaritas	V	V
	- pembebanan	V	V

61.3.1 Resistans insulasi instalasi listrik

Resistans insulasi harus diukur antara konduktor aktif dan konduktor proteksi yang dihubungkan ke susunan pembumian. Untuk keperluan pengujian ini, konduktor aktif dapat dihubungkan bersama.

Tabel 6A Nilai minimum resistans insulasi

Voltase sirkit nominal V	Voltase uji a.s. V	Resistans insulasi MΩ
SELV dan PELV	250	≥ 0,5
Sampai dengan 500 V, termasuk FELV	500	≥ 1,0
Di atas 500 V	1000	≥ 1,0

Resistans insulasi, yang diukur dengan voltase uji yang tercantum dalam Tabel 6A adalah memenuhi bila setiap sirkit, dengan peranti didiskoneksi, mempunyai resistans insulasi tidak kurang dari nilai yang sesuai yang tercantum dalam Tabel 6A.

PENJELASAN

Tabel 6A di PUIL 2011 merevisi Tabel 3.20-1 PUIL 2000 terlampir.

Tabel 3.20-1 Nilai resistans isolasi minimum

Tegangan sirkit nominal V	Tegangan uji arus searah V	Resistans isolasi MΩ
Tegangan ekstra rendah (SELV, PELV dan FELV) yang memenuhi persyaratan 3.3.1 dan 3.3.2	250	≥ 0,25
Sampai dengan 500 V, dengan pengecualian hal tersebut di atas	500	≥ 0,5
Di atas 500 V	1000	≥ 1,0

Persyaratan resistans insulasi untuk voltase sirkit nominal sampai dengan 500 V, termasuk FELV, dinaikkan menjadi ≥ 1,0 MΩ dari sebelumnya ≥ 0,5 MΩ.

62.2 Kecepatan verifikasi periodik

62.2.1 Kecepatan verifikasi periodik bagi instalasi harus ditentukan berkaitan dengan jenis instalasi dan perlengkapan, penggunaan dan operasinya, kecepatan dan mutu pemeliharaan serta pengaruh eksternal yang mengenainya.

CATATAN 1

Interval maksimum antara verifikasi periodik dapat ditentukan oleh peraturan perundang-undangan.

CATATAN 2

Interval dapat misalnya beberapa tahun (sebagai contoh 5 tahun), dengan pengecualian kasus berikut jika terdapat risiko yang lebih tinggi dan periode yang lebih singkat mungkin diperlukan;

- tempat atau lokasi kerja dimana terdapat risiko kejutan listrik, kebakaran atau ledakan karena degradasi;
- tempat atau lokasi kerja dimana terdapat instalasi voltase tinggi maupun voltase rendah;
- fasilitas umum;
- tempat konstruksi;
- instalasi keselamatan (misalnya lumener darurat)

Untuk rumah tinggal, periode lebih lama (misalnya 10 tahun) mungkin sesuai. Bila penghuni perumahan telah berganti, verifikasi instalasi listrik sangat disarankan.

Hasil dan rekomendasi laporan terdahulu, bila dapat diperoleh, harus diperhatikan.

CATATAN 4

Bila tidak ada laporan terdahulu, maka diperlukan investigasi lebih lanjut.

PENJELASAN

Sesuai Pasal 22 Ayat (7) Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 05 tahun 2014 tentang Tata Cara Akreditasi dan Sertifikasi Ketenagalistrikan, Sertifikat Laik Operasi instalasi pemanfaatan tenaga listrik tegangan rendah berlaku untuk jangka waktu 15 (lima belas) tahun dan dapat diperpanjang.

Sesuai Pasal 22 Ayat (8) Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 05 tahun 2014 tentang Tata Cara Akreditasi dan Sertifikasi Ketenagalistrikan, Sertifikat Laik Operasi instalasi pemanfaatan tenaga listrik tegangan rendah sebagaimana dimaksud pada ayat (5) tidak berlaku apabila terdapat perubahan kapasitas, perubahan instalasi, atau direkondisi.

Jadi verifikasi periodik harus dilakukan setelah umur instalasi mencapai 15 tahun. Bila instalasi diubah atau direkondisi sebelum 15 tahun, harus diverifikasi ulang sebelum dinyatakan laik operasi.

Bagian 7

Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik - Konduktor dan pemasangannya



PENJELASAN

Bagian 7 merupakan revisi Bagian 7 PUIL 2000 dan bukan merupakan standar IEC. Karena itu bila menggunakan persyaratan Bagian 7 harus diperhatikan persyaratan yang dicakup Bagian 5-52 PUIL 2011 (diadopsi dari IEC 60364-5-52), terutama bila akan menggunakan tabel KHA. Bila ada pertentangan atau keragu-raguan harus digunakan angka dalam Bagian 5-52 PUIL 2011.

7.8.3 Konduit

7.8.3.1 Konduit harus memenuhi ketentuan dan persyaratan sesuai standar yang berlaku.

PENJELASAN

Konduit harus memenuhi persyaratan dalam seri IEC 61386 atau seri SNI IEC 61386 sbb:

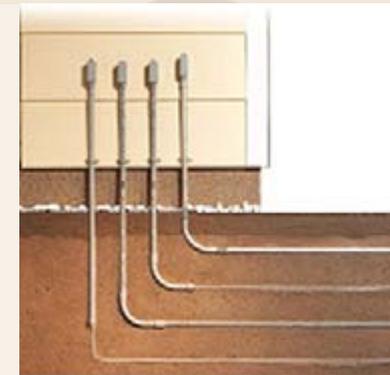
- IEC 61386-1, *Conduit systems for cable management – Part 1: General requirements*
- IEC 1386-21, *Conduit systems for cable management – Part 21: Particular requirements – Rigid conduit systems*
- IEC 1386-22, *Conduit systems for cable management – Part 22: Particular requirements – Pliable conduit systems*
- IEC 1386-23, *Conduit systems for cable management – Part 23: Particular requirements – Flexible conduit systems*
- IEC 1386-24, *Conduit systems for cable management – Part 24: Particular requirements – Conduit systems buried underground*



Gambar – Contoh sistem konduit kaku



Gambar – Contoh sistem konduit fleksibel



Gambar – Contoh sistem konduit ditanam bawah tanah

7.11.3.3 Konduktor aluminium

Konduktor aluminium harus dihubungkan dengan penjepit jenis khusus yang dibuat demikian rupa sehingga tekanan pada konduktor dapat tersebar merata dan lapisan oksida dapat dihilangkan dari permukaan konduktor.

Konduktor aluminium tidak boleh dihubungkan dengan terminal dari kuningan atau logam lain berkadar tembaga tinggi, kecuali bila terminal itu telah diberi lapisan yang tepat atau telah diambil tindakan lain untuk mencegah korosi.

PENJELASAN

Misalnya dengan menggunakan terminal dwilogam (bimetal).



Gambar - Contoh terminal dwilogam (bimetal)

7.11.3.4 Hubungan bersama

Dua konduktor atau lebih hanya boleh dihubungkan bersama pada satu terminal dengan menggunakan sepatu kabel, selosong atau alat hubung lain yang telah diizinkan, apabila terminal tersebut berbentuk demikian rupa sehingga semua konduktor terjepit dengan baik, tanpa menyebabkan terpotongnya kawat konduktor.

Jika terminal tersebut tidak cukup untuk dimasuki semua konduktor, maka harus digunakan terminal majemuk dengan penjepit yang cukup untuk menjepit dengan baik semua konduktor tersebut.

7.12.2 Kabel instalasi berselubung

7.12.2.1 Kabel instalasi berselubung yang tercantum dalam Tabel 7.1-3 boleh dipasang dengan pertolongan penjepit langsung pada, di dalam, atau di bawah plesteran; atau dalam ruangan lembab. Kabel instalasi tersebut boleh juga di pasang langsung pada bagian bangunan, konstruksi, rangka, dan sebagainya, asalkan lapisan pelindungnya tidak menjadi rusak karena cara pemasangannya (tergencet, sobek, dan sebagainya). Bila kabel jenis ini dipasang di dalam beton, harus digunakan conduit yang memenuhi syarat.

CATATAN

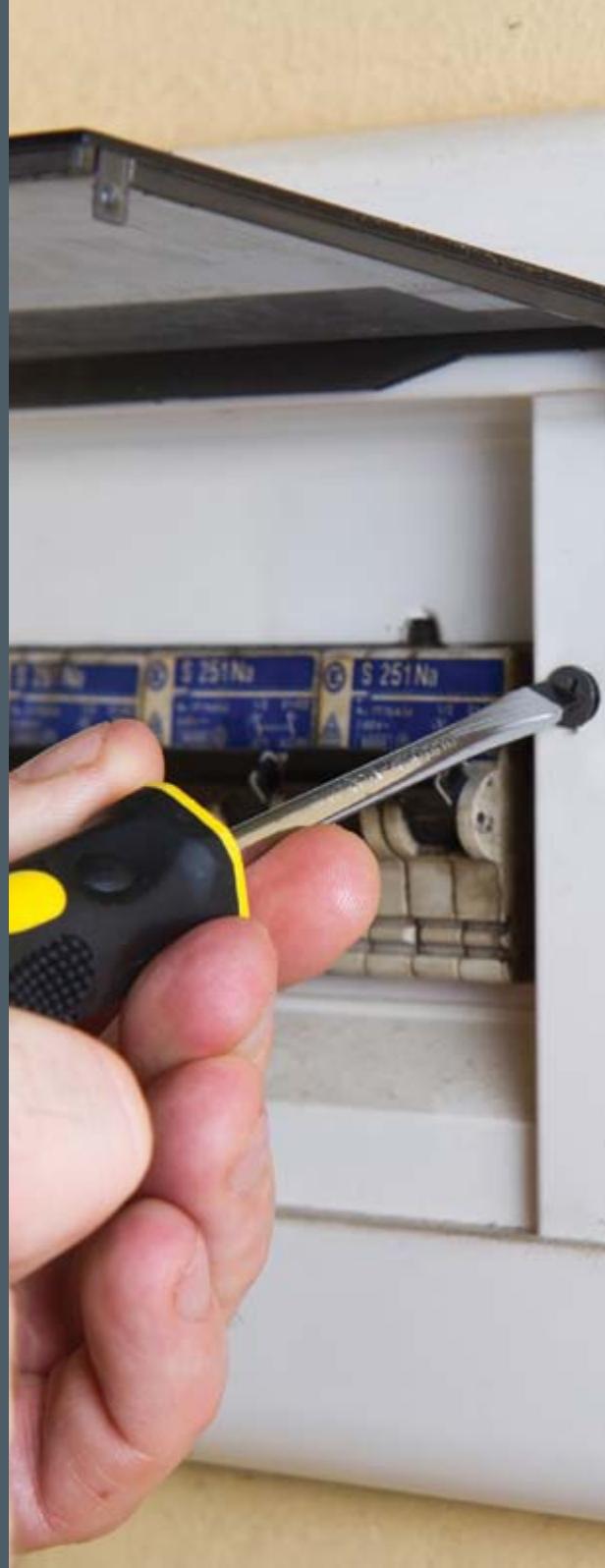
Kabel instalasi jenis NYM bukanlah jenis kabel tanah, karena itu dalam keadaan bagaimanapun tidak boleh ditanam di dalam tanah.

PENJELASAN

Kabel NYM dalam standar IEC dicakup dalam seri IEC 60227 atau SNI 04-6629, "Kabel berinsulasi PVC dengan voltase pengenal sampai dengan 450/750 V". Dalam pedoman penggunaannya, yang mengacu pada IEC 62440, *Electric cables with a rated voltage not exceeding 450/750 V - Guide to use*, ditegaskan dalam Subayat 4.1 sbb: "Kabel tidak boleh ditanam langsung dalam tanah, dan kecuali dinyatakan lain tidak boleh digunakan untuk setiap keperluan selain daripada transmisi dan distribusi listrik".



Gambar - Contoh kabel NYM



Bagian 8

Ketentuan untuk berbagai ruang dan instalasi khusus

8.1 Ruang lingkup

Untuk instalasi dalam ruang khusus dan instalasi listrik khusus berlaku juga ketentuan dalam bab lain persyaratan ini, sepanjang dalam bab ini tidak ditetapkan lain.

Ruang khusus adalah ruang dengan sifat dan keadaan tertentu seperti ruang lembab, ruang berdebu, ruang dengan bahaya kebakaran dan ledakan, atau ruang yang memerlukan pengaturan lebih khusus untuk instalasinya.

Instalasi khusus adalah instalasi listrik dengan karakteristik tertentu sehingga penyelenggaraannya memerlukan ketentuan tersendiri, misalnya instalasi derek, instalasi lampu pencahayaan tanda dan bentuk, dan lain-lain.

8.23 Instalasi listrik di dalam kamar mandi

8.23.1 Umum

Persyaratan dalam pasal ini meliputi persyaratan untuk instalasi listrik yang dipasang di dalam kamar mandi, dimana dimungkinkan terdapat bak rendam (bath tub), pancuran air untuk mandi dan daerah di sekelilingnya, dimana terdapat bahaya terkena kejutan listrik yang lebih tinggi disebabkan oleh turunnya resistansi tubuh manusia dan kontak tubuh dengan potensial bumi.

PENJELASAN

Risiko mandi adalah:

- Kulit basah, yang akan mengurangi resistansi kulit.
- Tanpa pakaian, yang akan memperbesar kemungkinan terkena sentuhan langsung atau tak langsung melalui bertambahnya luas permukaan kulit dan kaki yang telanjang.
- Kedekatan dengan benda logam dibumikan, yang akan meningkatkan risiko sentuhan tak langsung. Dapat dihindari dengan tidak menggunakan benda dari logam di kamar mandi, misalnya menggunakan bodi, selungkup, konduktif dsb. dari bahan nonlogam.

CATATAN

Khusus untuk lokasi kamar mandi untuk pelayanan kesehatan, mungkin perlu persyaratan khusus.

8.23.2 Klasifikasi zone

Persyaratan ini didasarkan pada dimensi untuk empat zone (lihat contoh penentuan zone pada Gambar 8.23-1 dan 8.23-2).

Zone 0 merupakan bagian dalam dari bak rendam, bak mandi atau bak pancuran mandi.

Zone 1 dibatasi oleh bidang vertikal mengelilingi bak rendam dan bak pancuran air, dan untuk pancuran air tanpa bak, dan bak mandi, masing-masing merupakan bidang vertikal 0,60 m dari kepala pancuran dan dari pinggir bak mandi, dan oleh lantai serta bidang horisontal 2,25 m di atas lantai.

Zone 2 dibatasi oleh bidang vertikal di luar zone 1 dan suatu bidang vertikal yang paralel dan berjarak 0,60 m di luar Zone 2,

Zone 3 dibatasi oleh bidang vertikal di luar Zone 2 dan sebuah bidang vertikal yang paralel dan berjarak 2,40 m di luar Zone 2, dan oleh lantai serta bidang paralel 2,25 m di atas lantai.

PENJELASAN

Di Indonesia di perumahan biasanya digunakan bak mandi, karena itu zonenya merupakan bentuk segi empat (bentuk yang terbanyak digunakan). Jaraknya dari bak mandi untuk zone 1 adalah 0,6 m. Jarak ini sudah memperhitungkan jarak air yang disiramkan ke tubuh dengan memakai gayung.

8.23.3 Proteksi dari kejutan listrik

Jika menggunakan voltase ekstra rendah (lihat 3.3.1), maka proteksi dari sentuhan langsung harus dilengkapi dengan:

- a) penghalang atau selungkup dengan tingkat proteksi paling sedikit IP2X (lihat 3.4.2), atau
- b) insulasi yang mampu menahan voltase uji 500 V selama 1 menit.

PENJELASAN

Jadi walaupun memakai voltase ekstra rendah, misalnya 12 V (lihat 8.23.5), persyaratan ini tetap berlaku.

8.23.4 Ikatan ekuipotensial suplemen

Ikatan ekuipotensial suplemen lokal harus menghubungkan semua bagian konduktif terbuka dalam Zone 1, 2 dan 3 dengan konduktor proteksi pada BKT yang terdapat dalam semua zone.

PENJELASAN

BKT dalam zone 1, 2 atau 3 biasanya berupa pemanas air berselungkup logam, jadi harus memenuhi persyaratan ini. Bila ada, bodi atau selungkup logam sebaiknya dihindari.



Gambar – Contoh pemanas air

8.23.5 Penerapan tindakan proteksi dari kejut listrik

Dalam Zone 0, dan juga dalam kamar mandi dengan bak mandi dalam Zone 1 dan Zone 2, hanya diizinkan menerapkan proteksi dengan voltase ekstra rendah dengan voltase nominal tidak melebihi 12 V, dan sumber proteksi terpasang di luar zone tersebut.

Tindakan proteksi dengan memasang rintangan (lihat 3.4.3) dan menempatkan perlengkapan di luar jangkauan (lihat 3.4.4) tidak diizinkan.

Tindakan proteksi dengan menempatkan perlengkapan pada lokasi nonkonduktif (lihat 3.9) dan ikatan ekuipotensial bebas bumi (lihat 3.10) tidak diizinkan.

8.23.6 Pemilihan dan pemasangan perlengkapan listrik

Perlengkapan listrik paling sedikit harus mempunyai tingkat proteksi sebagai berikut :

- Zone 0 : IPX7
- Zone 1 : IPX5
- Zone 2 : IPX4
- Zone 3 : IPX1

Khusus Zone 2 dan Zone 3 untuk kamar mandi dengan bak mandi dan yang digunakan untuk pemandian umum harus menggunakan IPX5.

8.23.7 Perkawatan

Perkawatan yang dipasang di luar atau tertanam dalam dinding kurang dari 5 cm, harus dipasang perkawatan yang sesuai tanpa menggunakan selubung logam (misalnya, dengan menggunakan pipa dari bahan insulasi).

Untuk Zone 0, 1 dan 2, perkawatan diperbolehkan hanya untuk keperluan suplai perlengkapan yang terdapat dalam zone tersebut.

Kotak sambung tidak boleh dipasang dalam Zone 0, 1 dan 2.

PENJELASAN

Artinya perkawatan dalam zone 0, 1 dan 2 tidak boleh ada sambungan.



Gambar – Contoh sambungan kabel yang tidak memenuhi syarat

8.23.8 Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK)

- a) Dalam Zone 0, 1 dan 2, dan juga dalam Zone 3 kamar mandi dengan bak mandi dan pancuran, PHBK serta lengkapannya tidak boleh dipasang;
- b) Dalam Zone 3, pemasangan kotak kontak hanya diizinkan jika:
 - 1) setiap kotak kontak dilengkapi dengan transformator pemisah (lihat 3.11.2.1), atau
 - 2) disuplai dengan voltase ekstra rendah (lihat 3.3.1), atau
 - 3) diproteksi dengan GPAS dengan arus operasi sisa tidak melebihi 30 mA
- c) Setiap sakelar dan kotak kontak harus berjarak minimum 0,60 m dari lubang pintu untuk kotak pancuran air yang dirakit terlebih dahulu.

PENJELASAN

Pada kamar mandi di sebagian hotel, biasanya antara kamar mandi dan wastafel dipasang dinding pemisah, dan di dekat wastafel dipasang kotak kontak. Walaupun demikian, persyaratan di atas tetap berlaku. Karena pemasangan GPAS sudah merupakan persyaratan wajib, maka persyaratan di atas otomatis sudah tercakup (lihat 41.3.3 dari Bagian 4-41).

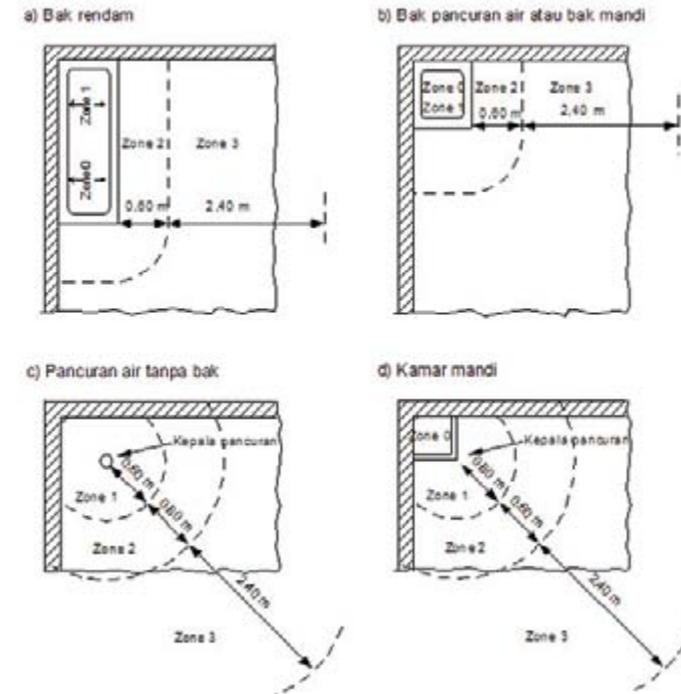
8.23.9 Perlengkapan lain yang dipasang

Persyaratan berikut tidak berlaku untuk alat yang disuplai dengan voltase ekstra rendah.

Dalam Zone 0, hanya diizinkan untuk menggunakan perlengkapan listrik yang khusus diperuntukkan untuk digunakan dalam 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.



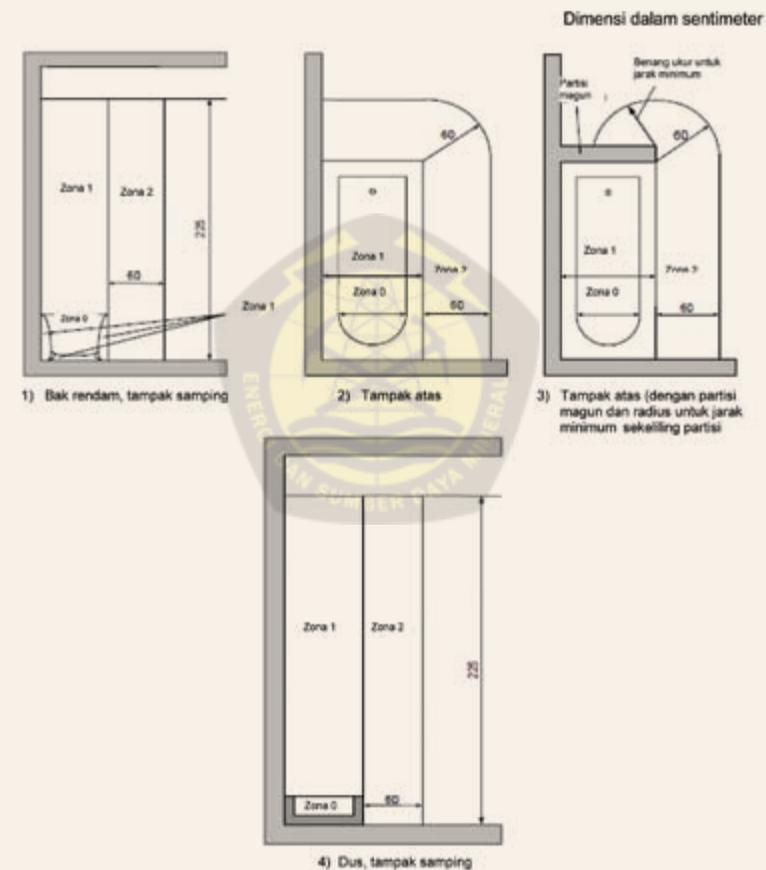
Gambar 8.23-1 – Klasifikasi zone dalam kamar mandi (tampak atas)



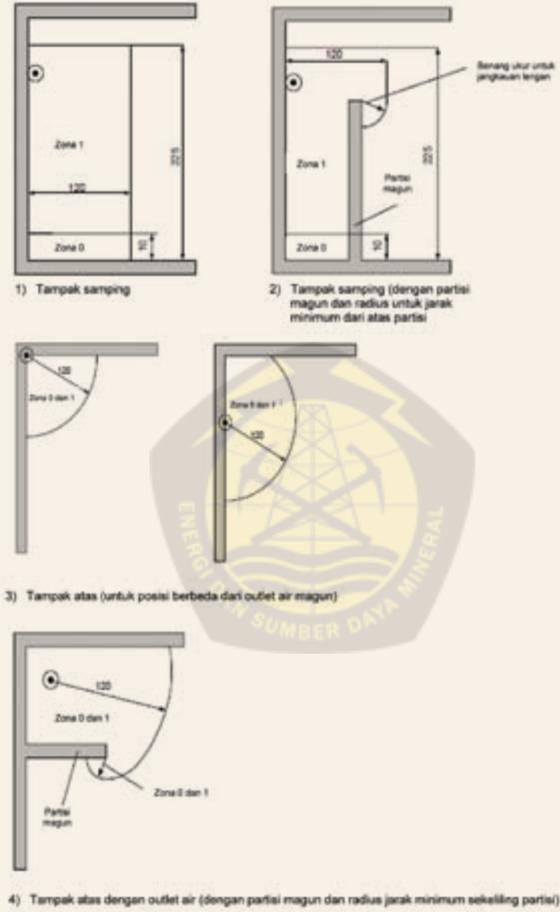
Gambar 8.23-2 – Klasifikasi zone dalam kamar mandi (tampak samping)

PENJELASAN

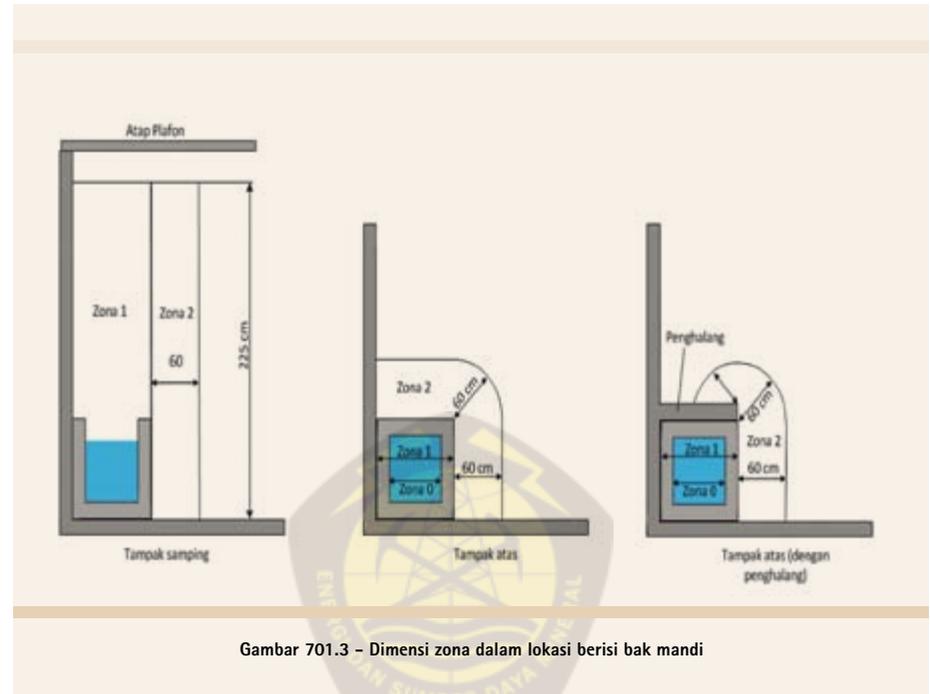
Gambar ini sudah direvisi sesuai SNI IEC 60364-7-701 sebagai berikut :



Gambar 701.1 - Dimensi zona dalam lokasi berisi bak mandi rendam atau dus dengan basin



Gambar 701.2 – Dimensi zona 0 dan 1 dalam lokasi berisi dua tanpa basin



Gambar 701.3 – Dimensi zona dalam lokasi berisi bak mandi



**International Copper
Association Southeast Asia**
Copper Alliance



Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan