



**KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL
DIREKTORAT JENDERAL KETENAGALISTRIKAN**

RINGKASAN PUIL 2011

Bagian 1, 3 dan 4



Oleh :

Ir. Fadjar Widjaja

Jakarta, 23 Januari 2015



Bagian 1: PENDAHULUAN, PRINSIP FUNDAMENTAL DAN DEFINISI

- ❑ Bagian 1 merupakan revisi gabungan Bagian 1 dan Bagian 2 PUIL 2000.
- ❑ Bagian 1 merupakan adopsi dari Ayat 11 sampai dengan 20 IEC 60364-1:2005 beserta Cor 1 dengan modifikasi. Modifikasi dapat berupa penambahan, perubahan atau pengurangan. Ayat, subayat, tabel, catatan atau lampiran yang merupakan modifikasi diberi tanda MOD.
- ❑ Untuk memudahkan penelusuran, maka nomor ayat atau subayat PUIL 2000 disertakan dalam tanda kurung.
- ❑ Ayat 14 Istilah dan definisi mengacu pada IEV (International Electrotechnical Vocabulary) ditambah istilah dan definisi dari PUIL 2000 (termasuk revisinya).

11 Ruang lingkup

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

11 Ruang lingkup (lanjutan)

□ **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 fotovoltai;
- n) set pembangkit voltase rendah.

CATATAN : “Kompleks” mencakup kawasan dan semua fasilitas termasuk bangunan di atasnya.

11.2 MOD PUIL mencakup

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

11.3 PUIL tidak berlaku untuk:

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

11.4 MOD

PUIL tidak dimaksudkan untuk berlaku pada:

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

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

- ❑ **11.5** Perlengkapan listrik terkait sejauh hanya mencakup pemilihan dan penerapan instalasi.
- ❑ Hal ini juga berlaku untuk rakitan perlengkapan listrik yang memenuhi standar relevan.

312.2 Jenis pembumian sistem

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.

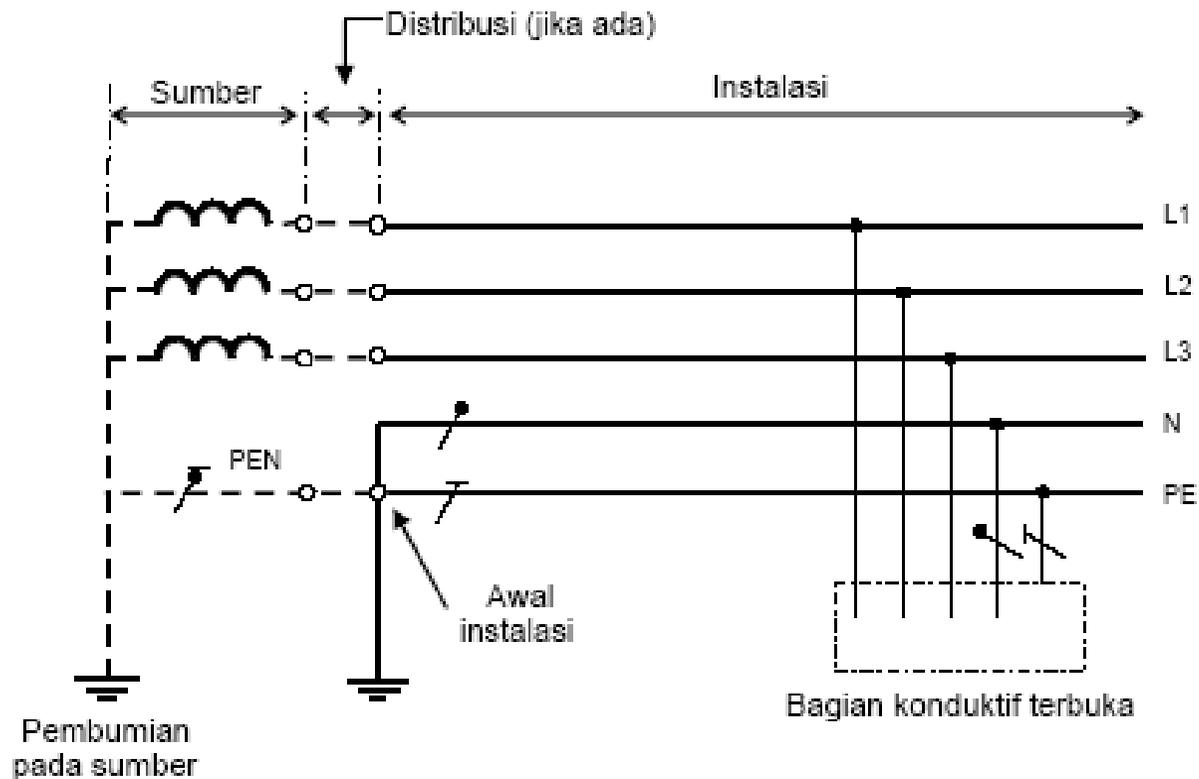
- **Huruf kedua** – Berkaitan dengan bagian konduktif terbuka (BKT) instalasi ke bumi.
 - T = hubungan listrik langsung dari BKT ke bumi, tidak tergantung pada pembumian sembarang titik sistem daya.
 - N = hubungan listrik langsung BKT ke titik sistem daya yang dibumikan (dalam sistem a.b., titik yang dibumikan dari sistem daya secara normal adalah titik netral atau, jika titik netral tidak ada, konduktor lin).

312.2 Jenis pembumian sistem (lanjutan)

- **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).

Sistem TN-C-S

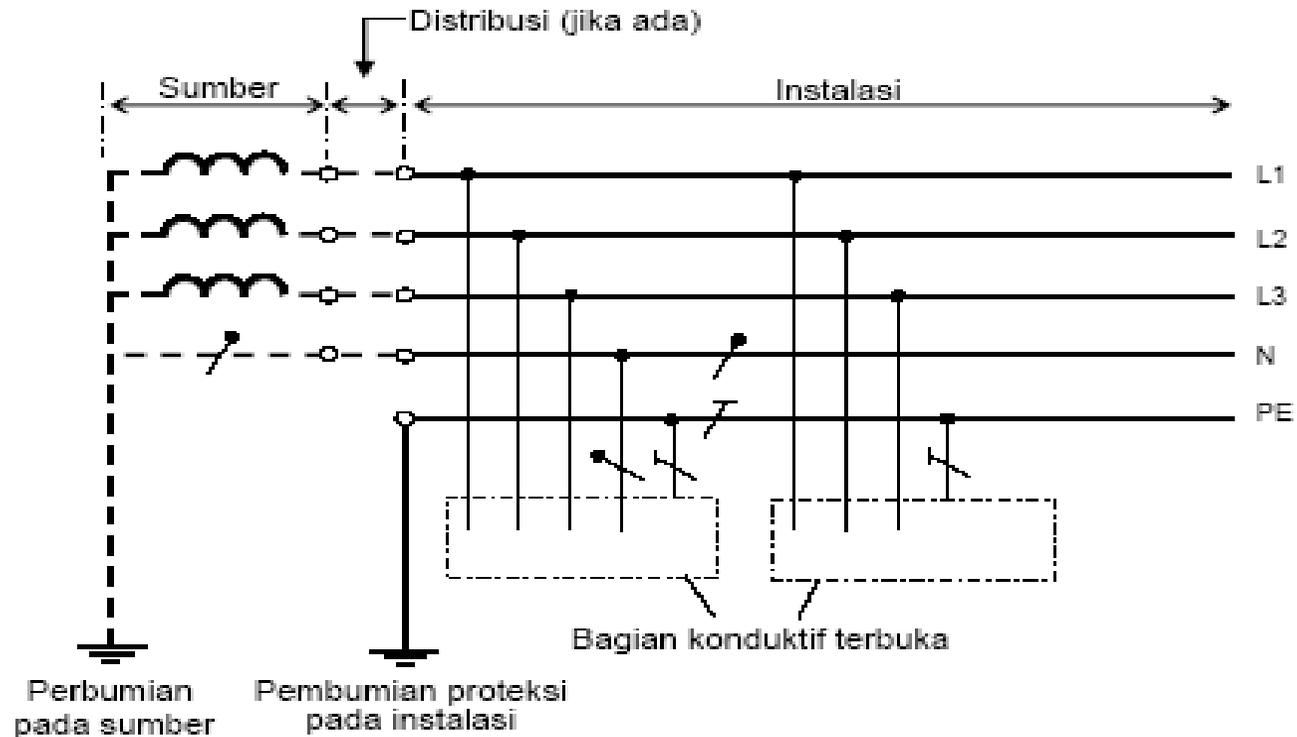
(yang umumnya digunakan di Indonesia)



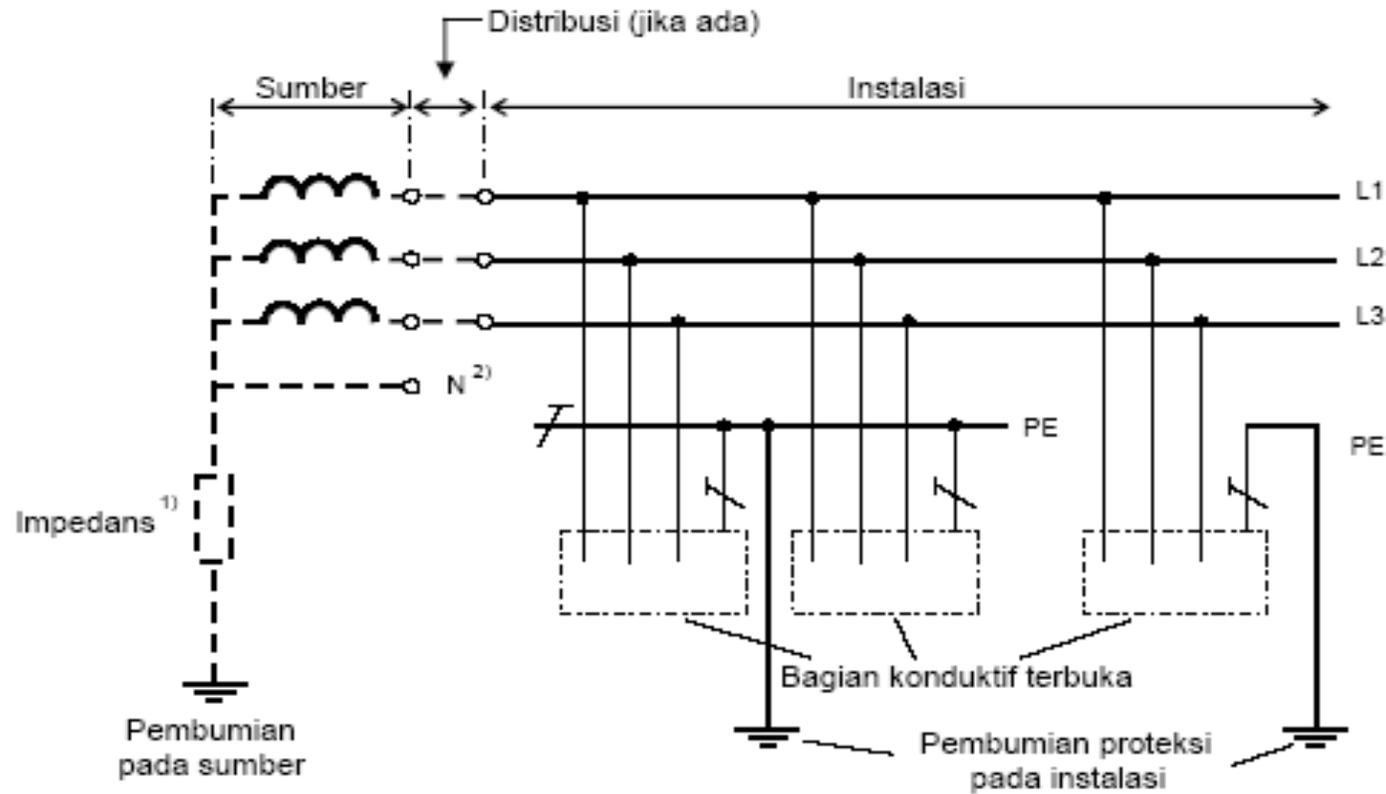
Ciri sistem TN-C-S

- ❑ Mempunyai tiga kabel yang dipasang pada instalasi listrik: untuk fase tunggal yang biasa digunakan pada perumahan: kabel fase (berwarna hitam atau coklat), kabel netral (berwarna biru) dan kabel konduktor proteksi (berwarna belang hijau-kuning)
- ❑ Konduktor netral dan konduktor proteksi dihubungkan di panel pelanggan
- ❑ Mempunyai elektrode bumi yang terhubung pada konduktor pembumian dan konduktor proteksi

Sistem TT



Sistem IT



PUIL Bagian 4: Proteksi untuk Keselamatan

- Proteksi untuk keselamatan menentukan persyaratan terpenting untuk melindungi manusia, ternak dan harta benda, meliputi:
 - Proteksi terhadap kejut listrik (Bagian 4-41)
 - Proteksi terhadap efek termal (Bagian 4-42)
 - Proteksi terhadap arus lebih (Bagian 4-43)
 - Proteksi terhadap gangguan voltase dan gangguan elektromagnetik (Bagian 4-44)

- Tindakan proteksi dapat diterapkan pada seluruh instalasi, pada sebagian instalasi atau pada suatu perlengkapan

- Jika kondisi tertentu tindakan proteksi tidak dapat dipenuhi, harus diterapkan ketentuan tambahan sedemikian sehingga ketentuan proteksi gabungan mencapai tingkat keselamatan yang sama.

410.1 Ruang lingkup

- Bagian 4-41 PUIL menentukan persyaratan penting mengenai proteksi terhadap kejut listrik, termasuk proteksi dasar (proteksi terhadap sentuh langsung) dan proteksi gangguan (proteksi terhadap sentuh tak langsung) dari manusia dan ternak. Standar ini juga mencakup penerapan dan koordinasi persyaratan ini yang berkaitan dengan pengaruh eksternal.
-
- Persyaratan diberikan juga untuk penerapan proteksi tambahan dalam hal tertentu.

Proteksi dari kejut listrik

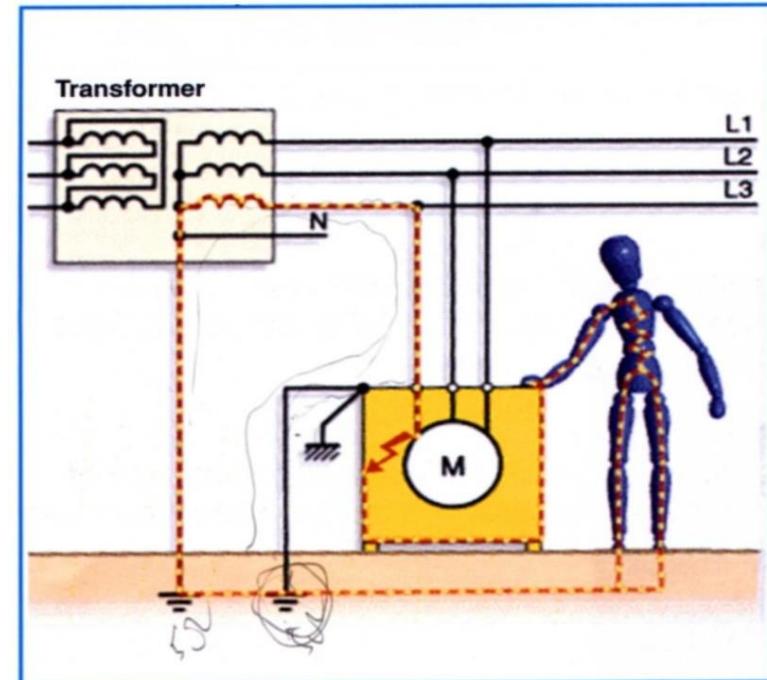
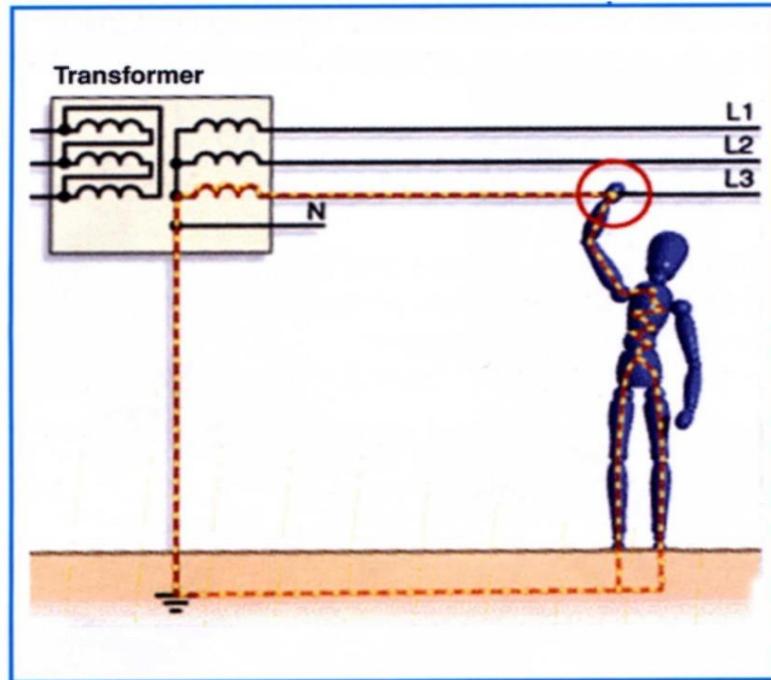
Proteksi dari kejut listrik berupa:

- Proteksi dari sentuh langsung maupun tak langsung
- Proteksi dari sentuh langsung atau proteksi dalam pelayanan normal
- Proteksi dari sentuh tak langsung atau proteksi dalam kondisi gangguan

Proteksi dari kejut listrik (PUIL 4-41)

- Didasarkan pada a.b. yang melewati tubuh manusia sebesar ≤ 30 mA secara terus-menerus ($t = \infty$), yang tidak membahayakan
- Berdasarkan IEC 60479-1 nilai arus sebesar itu berkaitan dengan tegangan 50 V untuk kondisi kering atau 25 V untuk kondisi basah
- Hal inilah yang menjadi dasar proteksi terhadap kejut listrik

Sentuh langsung dan sentuh tak langsung



Proteksi tambahan dengan GPAS

- Penggunaan GPAS hanya dimaksudkan untuk menambah tindakan proteksi lain terhadap kejut listrik dalam pelayanan normal
- GPAS dikenal sebagai RCD (*Residual current device*) atau RCPD (*Residual current protective device*), atau GFCI (*Ground fault circuit interrupter* – digunakan di USA)
- GPAS di pasaran dikenal juga sebagai ELCB (*Earth-leakage circuit-breaker*)
- Penggunaan GPAS, dengan arus operasi sisa pengenal ≤ 30 mA, dikenal sebagai proteksi tambahan dari kejut listrik dalam pelayanan normal, jika tindakan proteksi lain gagal atau karena kecerobohan pemakai

411.3.3 Proteksi tambahan

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

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

CATATAN 1 Pengecualian dapat dilakukan untuk:

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

415.1 Proteksi tambahan: GPAS

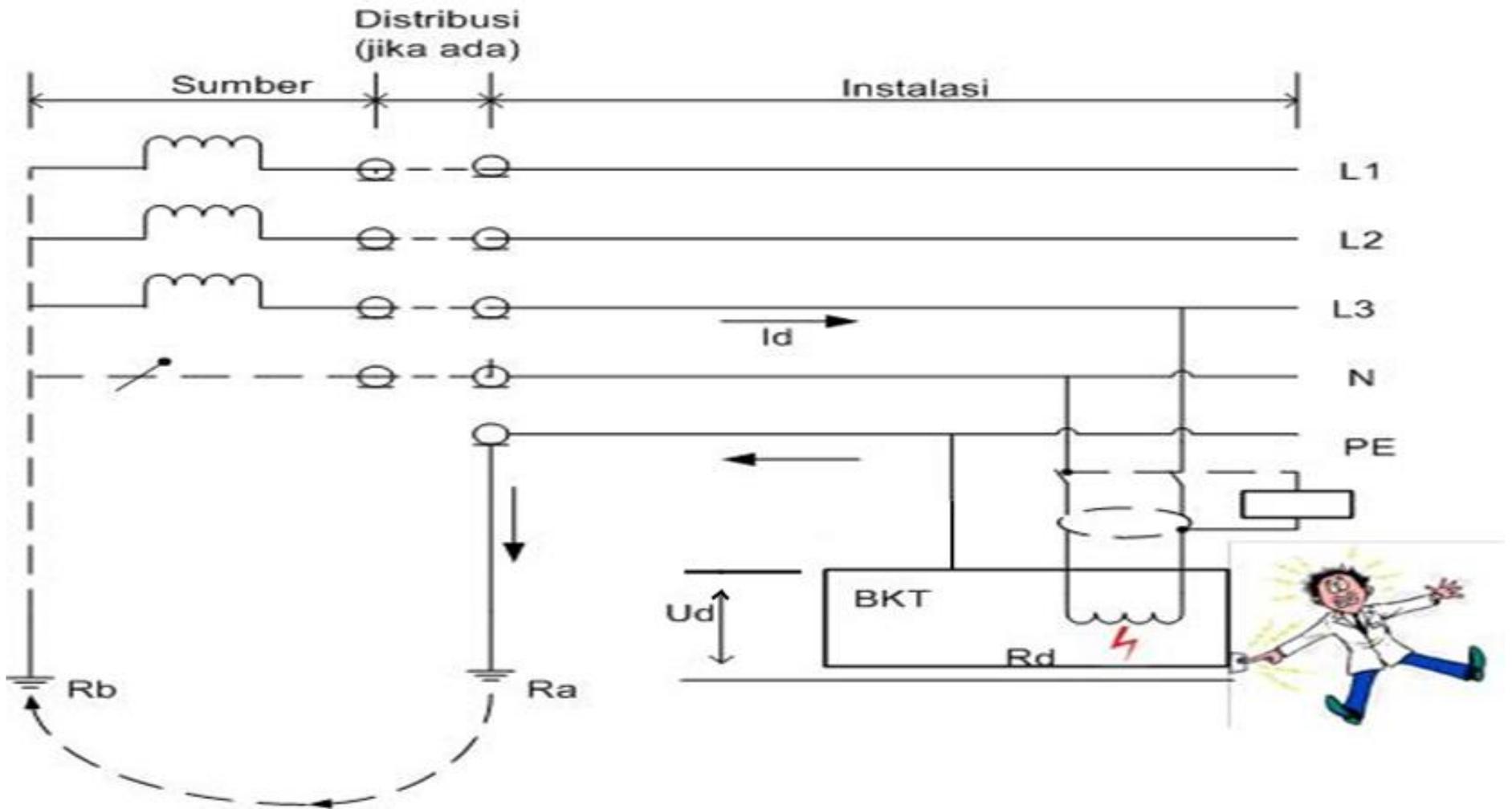
415.1.1 Penggunaan GPAS dengan arus operasi sisa pengenal tidak melebihi 30 mA, dikenal dalam sistem a.b. sebagai proteksi tambahan dalam hal kegagalan ketentuan untuk proteksi dasar dan/atau ketentuan untuk proteksi gangguan atau ketidak hati-hatian pengguna.

415.1.2 Penggunaan gawai tersebut tidak dikenal sebagai sarana tunggal proteksi dan tidak meniadakan perlunya untuk menerapkan salah satu tindakan proteksi yang ditentukan dalam Ayat 411 hingga Ayat 414.

Proteksi dari sentuh tak langsung

- Sentuh tak langsung adalah sentuh pada bagian konduktif terbuka (BKT) perlengkapan atau instalasi yang dalam keadaan normal tidak bertegangan, tapi menjadi bertegangan dalam kondisi gangguan karena kegagalan insulasi
- Kegagalan insulasi harus dicegah dengan:
 - Perlengkapan listrik harus dirancang dan dibuat dengan baik
 - Bagian aktif harus diinsulasi dengan bahan yang tepat
 - Instalasi listrik harus dipasang dengan baik
- Proteksi dari sentuh tak langsung dapat dilakukan dengan:
 - Pemutusan suplai secara otomatis (ayat 411)
 - Penggunaan perlengkapan kelas II atau insulasi ekuivalen
 - Lokasi tidak konduktif
 - Ikatan penyama potensial lokal bebas bumi
 - Separasi listrik

Sistem TT



Gawai proteksi pada sistem TT

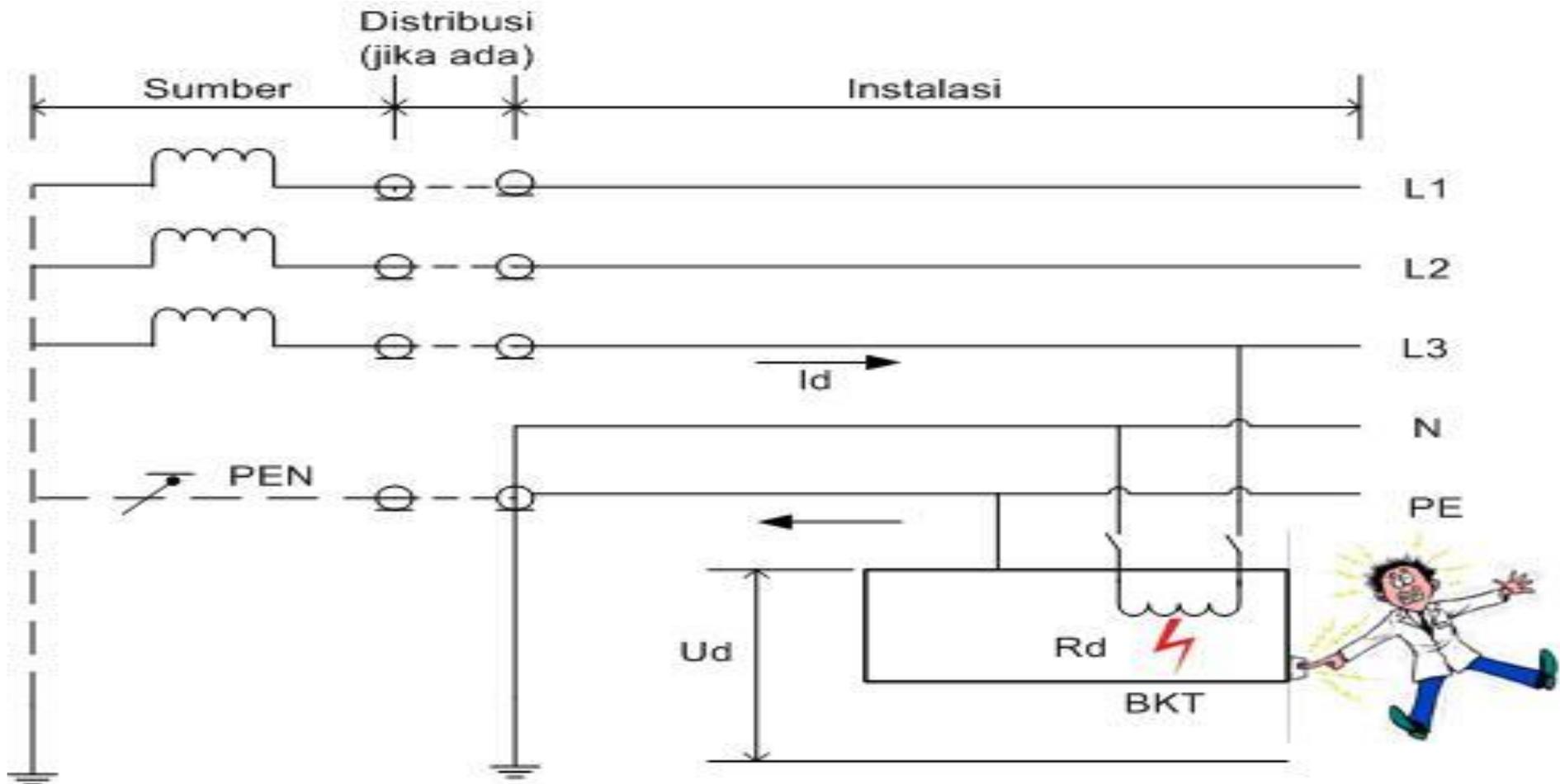
Dalam sistem TT, dikenal penggunaan gawai proteksi berikut ini :

- a) GPAS (diharuskan);
- b) GPAL (Gawai Proteksi Arus Lebih) , yang dapat berupa sekering atau pemutus sirkit (MCB).

CATATAN :

- a) GPAL hanya dapat diterapkan untuk proteksi dari sentuh tak langsung dalam sistem TT jika nilai R_A sangat rendah (yang sangat sulit dipenuhi). Karena itu maka harus ditambah dengan GPAS.
- b) Gawai proteksi yang beroperasi dengan tegangan gangguan dapat dipergunakan untuk penerapan khusus, jika gawai proteksi yang disebutkan di atas tidak dapat dipergunakan.

Sistem TN-C-S (yang umum berlaku di Indonesia)



Gawai proteksi pada sistem TN

Dalam sistem TN, dikenal penggunaan gawai proteksi berikut ini :

- a) GPAL;
- b) GPAS;

kecuali bahwa :

- 1) GPAS tidak boleh digunakan dalam sistem TN-C;
- 2) jika GPAS digunakan dalam sistem TN-C-S, penghantar PEN tidak boleh digunakan di sisi beban. Hubungan penghantar proteksi PE ke penghantar PEN harus dibuat di sisi sumber dari GPAS.

Lampiran F Rekomendasi untuk sistem TT, TN dan IT

Jenis sistem Penumbumian	Proteksi tambahan terhadap sentuh langsung	Gawai proteksi untuk sentuh tak langsung saja	Gawai proteksi untuk bahaya kebakaran saja	Rekomendasi	Contoh penerapan
1.Sistem TT	GPAS 30 mA	$GPAS \leq 300 \text{ mA}$	$GPAS \leq 500 \text{ mA}$	Bila proteksinya lengkap, direkomendasikan untuk instalasi dengan resiko bahaya dan gangguan paling kecil, termasuk masalah kesesuaian elektromagnet (KEM atau EMC)	Semua bangunan perkantoran dan industri yang memerlukan instalasi yang handal, termasuk gedung pintar dan industri komputer, elektronik, telekomunikasi.
2.Sistem TN-S	GPAS 30 mA	GPAL atau GPAS $\leq 0,4 \text{ detik}$	$GPAS \leq 500 \text{ mA}$	Seperti sistem TT	Seperti sistem TT
3.Sistem TN-C	Tidak bisa	$GPAL \leq 0,4 \text{ detik}$	Tidak bisa	Direkomendasikan hanya untuk instalasi sederhana dengan resiko terbesar, termasuk bahaya kebakaran dan masalah KEM. Dilarang dipasang pada lokasi dengan resiko ledak dan resiko kebakaran tinggi.	
4.Sistem TN-C-S	GPAS 30 mA	GPAL atau GPAS $\leq 0,4 \text{ detik}$	$GPAS \leq 500 \text{ mA}$	Bila proteksinya lengkap, hanya tidak direkomendasikan untuk instalasi yang peka terhadap masalah KEM.	Untuk rumah tangga, industri dan per-kantoran yang tidak peka terhadap masalah KEM.
5.Sistem IT	GPAS 30 mA	Gawai monitor isolasi. GPAL atau GPAS $\leq 0,4 \text{ detik}$ (untuk gangguan kedua)	$GPAS \leq 500 \text{ mA}$	Direkomendasikan jika kontinuitas suplai menjadi kebutuhan utama	Untuk ruang khusus di rumah sakit, dan industri atau perkantoran khusus.

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

420.1 (3.23.1) Ruang lingkup

(3.23.1.1) Manusia, perlengkapan magun, dan bahan magun yang berdekatan dengan perlengkapan listrik harus diberi proteksi terhadap efek berbahaya dari bahang (*heat*) yang dihasilkan oleh perlengkapan listrik, atau radiasi termal, terutama efek berikut ini:

- a) pembakaran atau penurunan mutu (degradasi) bahan;
- b) risiko luka bakar;
- c) pemburukan fungsi keselamatan dari perlengkapan yang terpasang.

421 (3.23.2) Proteksi terhadap kebakaran

- **421.1** (3.23.2.1) Perlengkapan listrik tidak boleh menimbulkan bahaya kebakaran pada bahan yang berada di dekatnya.
- **421.4** (3.23.2.4) Perlengkapan magun yang menyebabkan pemusatan atau konsentrasi bahang harus berada pada jarak yang memadai dari setiap benda atau elemen bangunan magun, sedemikian sehingga benda atau elemen bangunan tersebut dalam kondisi normal tidak dapat terkena suhu yang berbahaya.
- **421.5** (3.23.2.5) Bila perlengkapan listrik dalam suatu lokasi tunggal berisi cairan yang mudah terbakar dalam jumlah yang signifikan, maka harus diambil tindakan pencegahan untuk mencegah cairan yang terbakar dan hasil pembakaran cairan (api, asap, gas beracun) menyebar ke bagian bangunan yang lain.

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

Bagian terakses	Bahan permukaan terakses	Suhu maksimum °C
Sarana genggam operasi	Logam	55
	Nonlogam	65
Bagian yang dimaksudkan untuk disentuh tetapi bukan sarana genggam	Logam	70
	Nonlogam	80
Bagian yang tidak perlu disentuh untuk operasi normal	Logam	80
	Nonlogam	90

GPAS sebagai proteksi terhadap kebakaran akibat listrik

422.3.10 (MOD) 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 pemantau insulasi kontinu yang menghidupkan alarm saat terjadi gangguan insulasi.

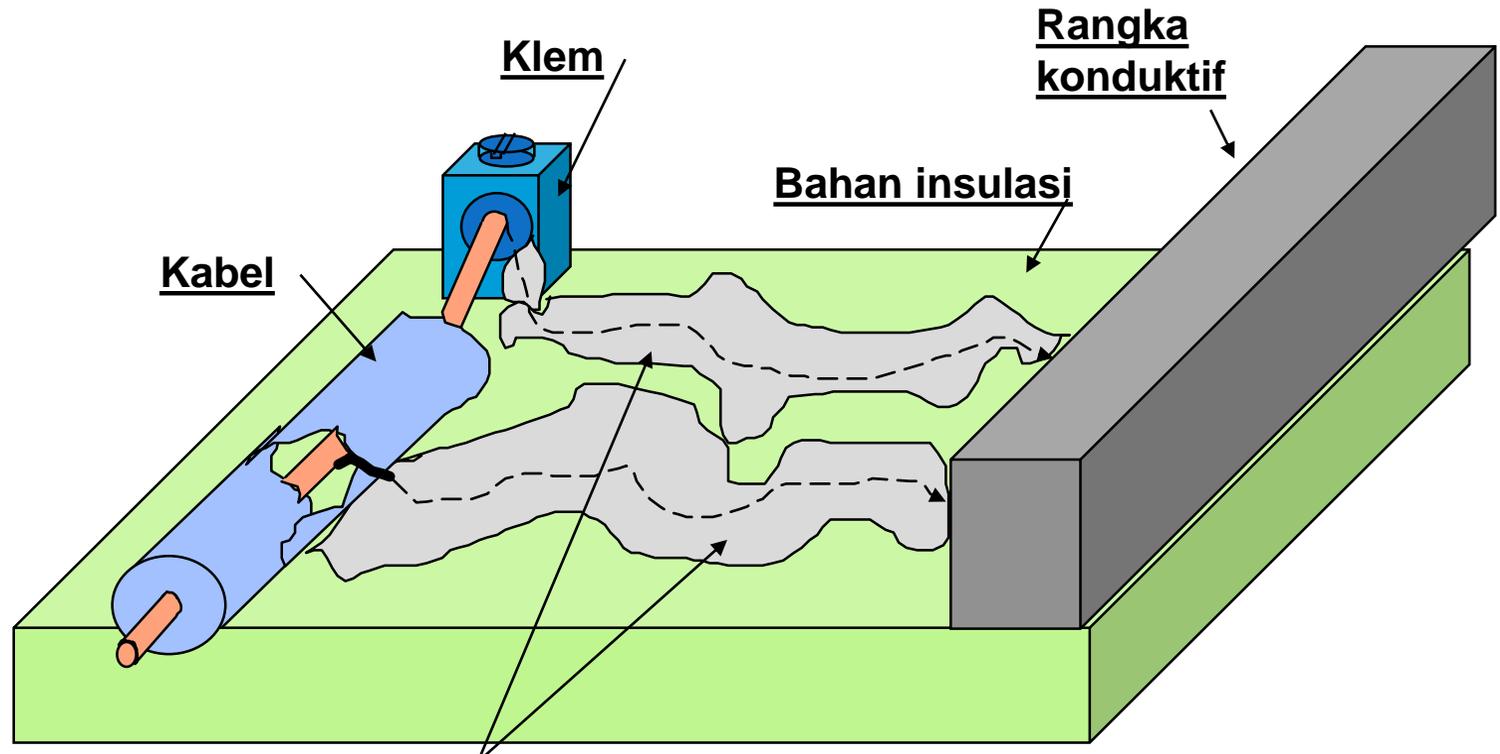
Ketentuan ini berlaku juga untuk perumahan dengan daya 3500 VA dan lebih besar. Untuk perumahan dengan daya di bawah 3500 VA sangat dianjurkan.

Listrik sebagai penyebab kebakaran

- Pemanasan lebih karena *beban lebih* atau *hubung pendek*, mengakibatkan kerusakan isolasi kabel
- Penyambungan buruk
 - busur api listrik pada titik sambung
- Arus bocor (sisa) permanen yang melewati insulator yang rusak
- Sistem pembumian yang tidak tepat (TN-C)

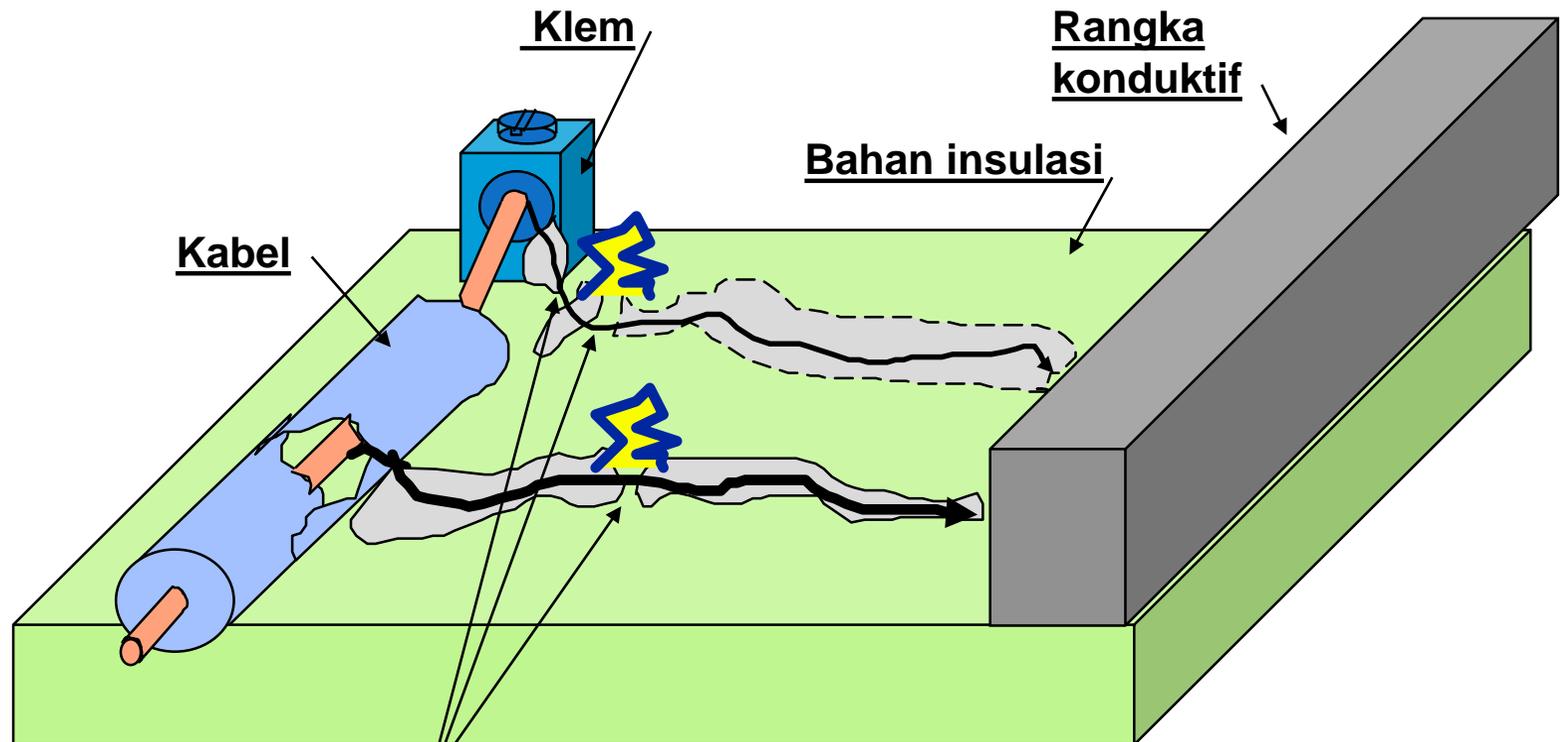
FENOMENA PENJALURAN (*TRACKING*)

1. Terdapat polutan dan pelembaban pada permukaan insulasi



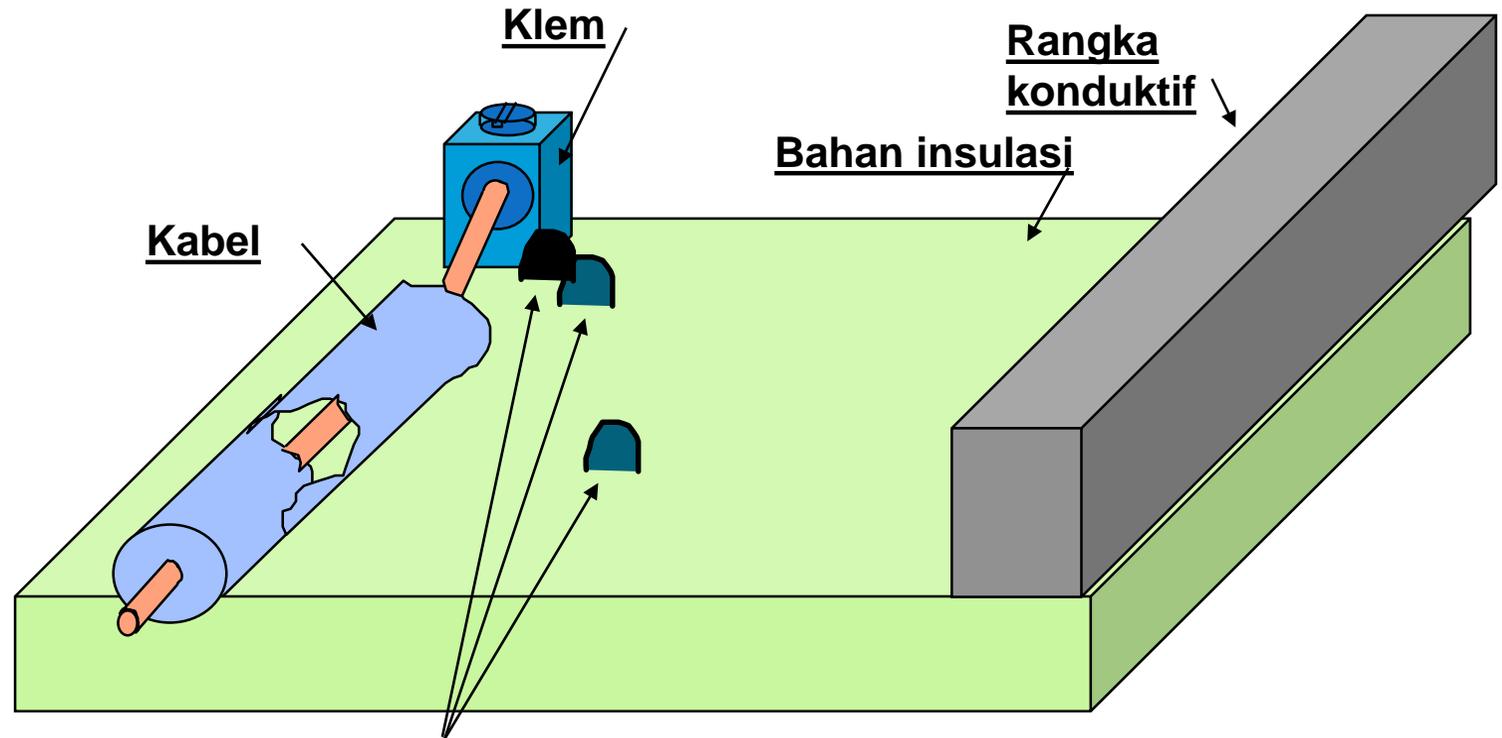
Arus bocor (sisa) kecil mengalir melalui bagian yang polutif dan/atau dengan kelembaban tinggi

2. Timbul bunga api kecil saat tahap pengeringan



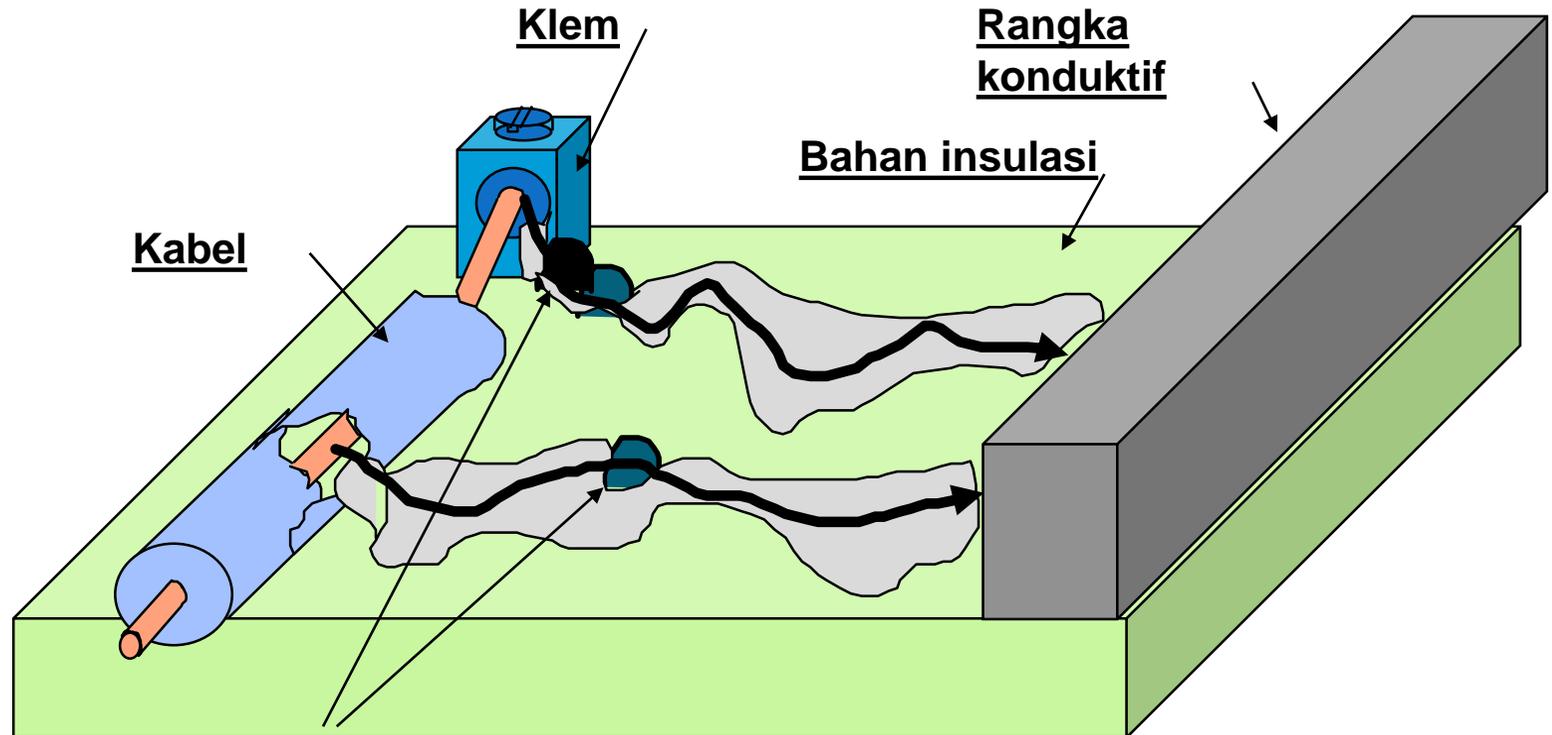
Bagian yang mengering tak dapat lagi menahan tegangan, mulai timbul bunga api listrik kecil pada permukaan. Pusat bunga api mempunyai suhu sangat tinggi $>1000\text{ }^{\circ}\text{C}$

3. Tempat-tempat tertentu terjadi pengkarbonan



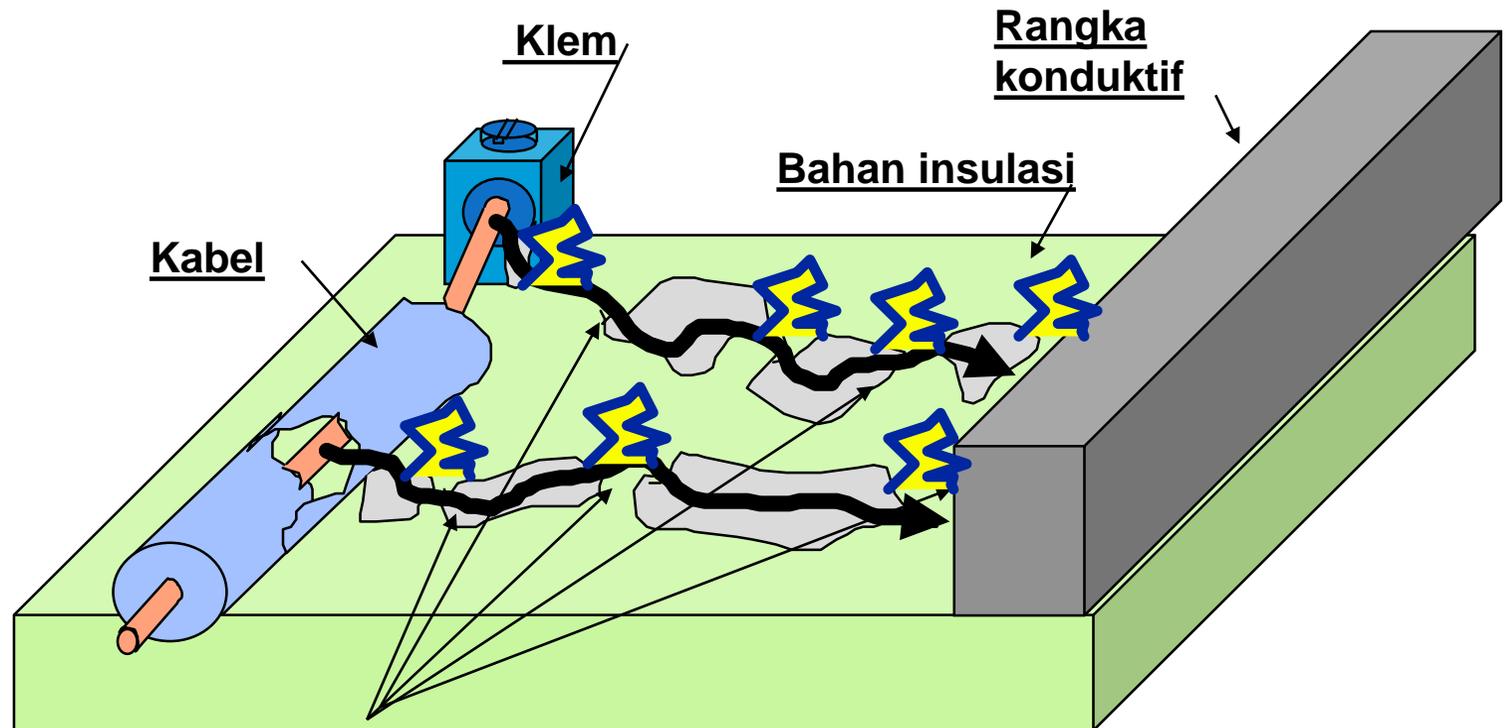
Tempat-tempat terjadi pengkarbonan setelah periode pemanasan; material insulasi mulai sedikit rusak

4. Arus bocor mengalir lagi selama pelembaban berikutnya



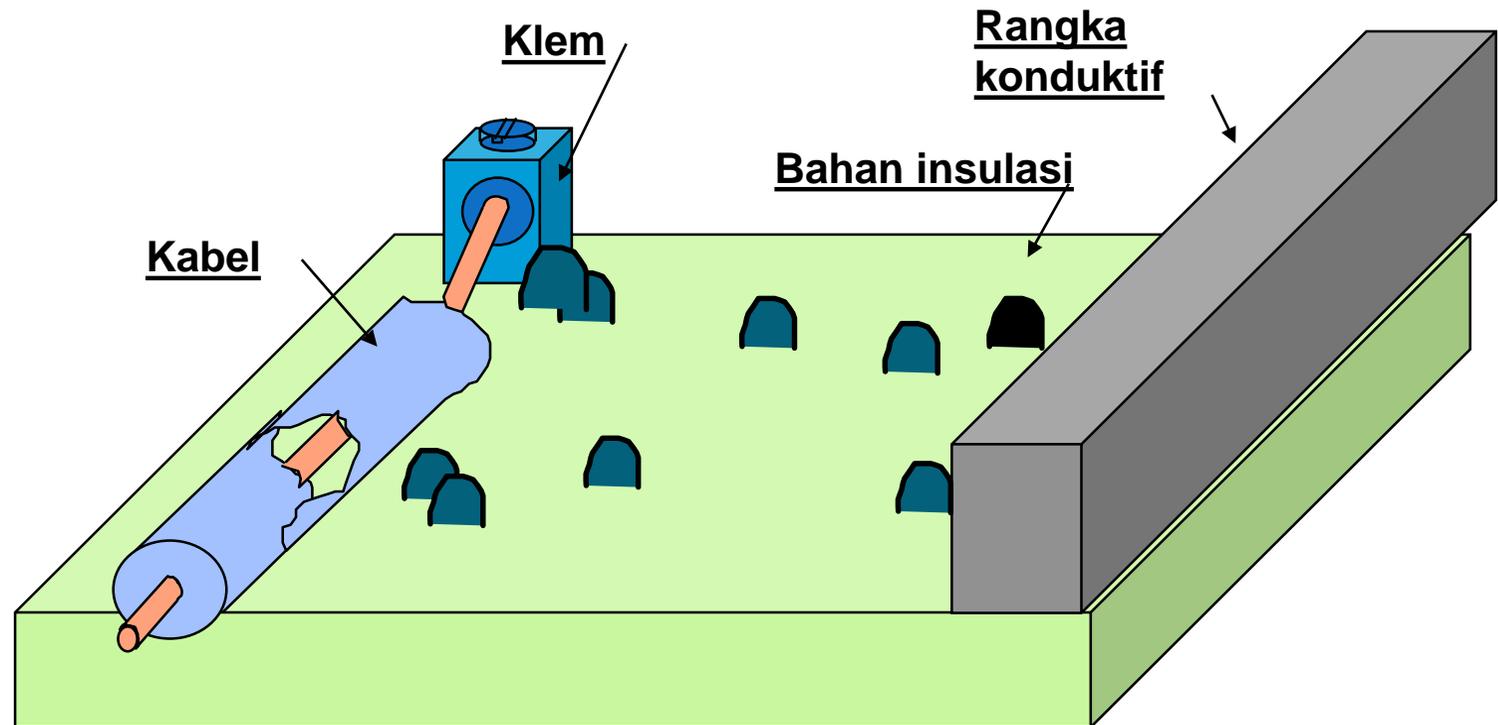
Sewaktu periode pelembaban berikutnya, arus sedikit demi sedikit membesar mengalir melewati permukaan yang rusak

5. Sewaktu tahap pengeringan berikutnya, timbul busur api listrik baru



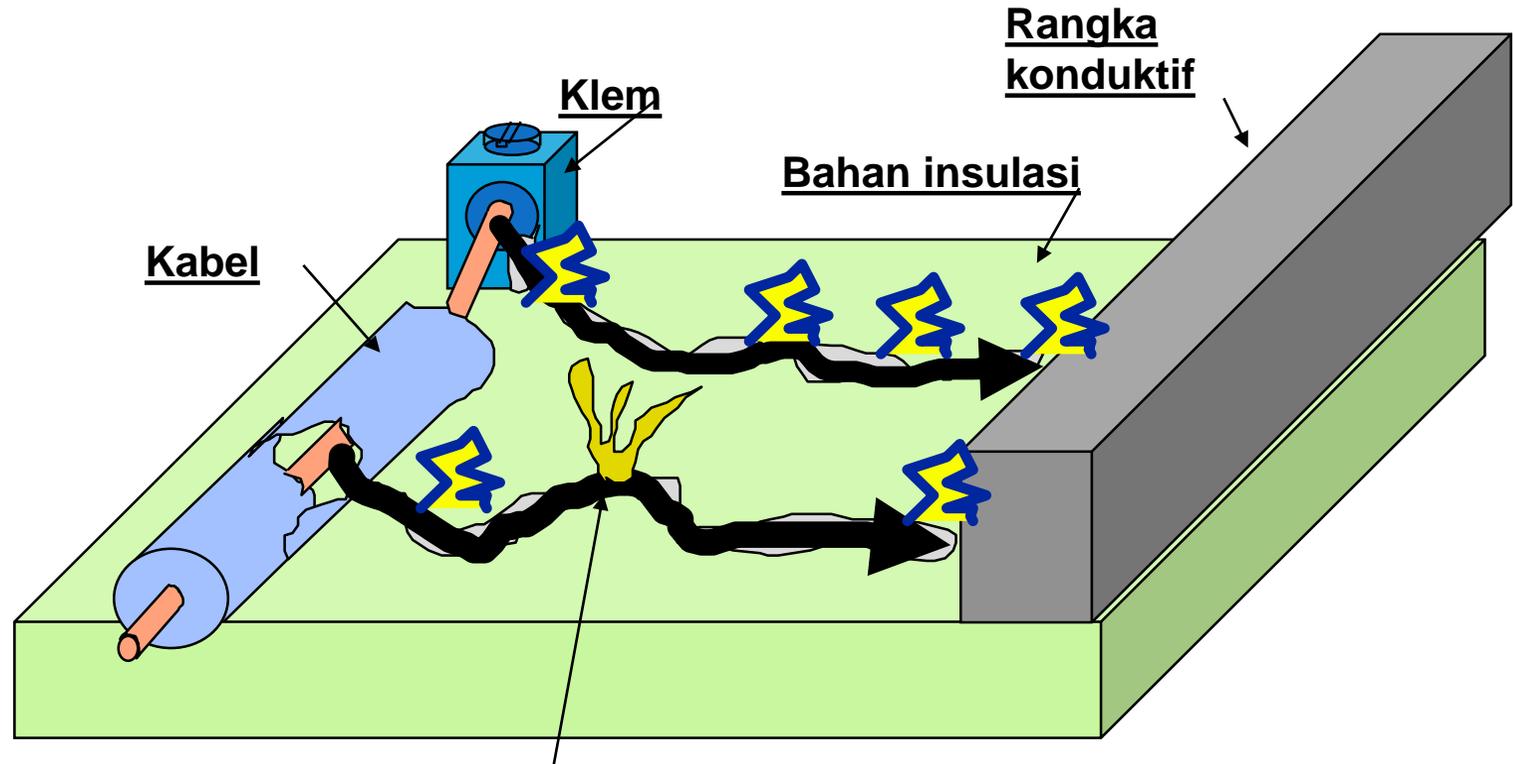
Jumlah bunga api listrik meningkat, pengkarbonan permukaan meluas dan menimbulkan kerusakan yang semakin parah

6. Permukaan yang rusak makin lama semakin meningkat

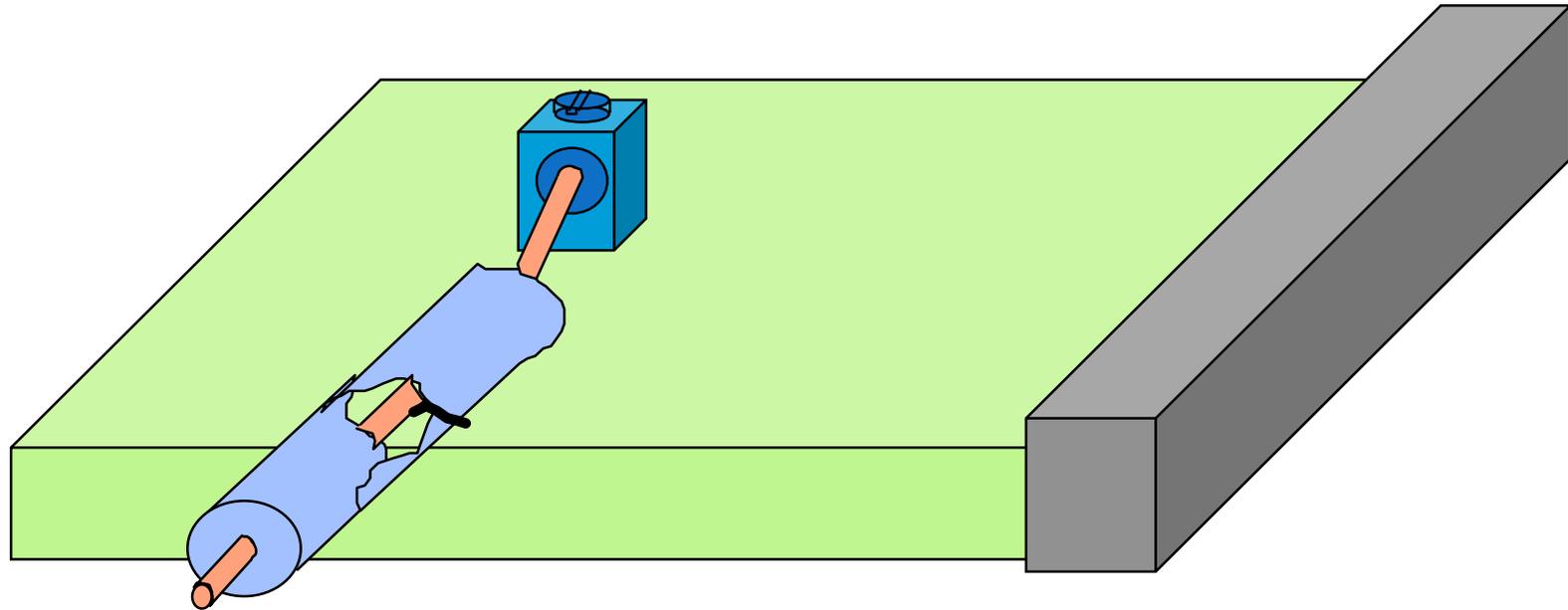


Resistans bahan insulasi menurun, arus meningkat pada setiap siklus.

7. Setelah waktu tertentu bahan insulasi dapat terbakar



Bila arus bocor menjadi cukup besar (kira-kira $\geq 300 - 500$ mA), bunga api listrik yang terjadi cukup kuat untuk membakar bahan insulasi



Solusi !

Proteksi setiap arus bocor yang berbahaya dengan gawai proteksi arus sisa (GPAS) dengan arus operasi sisa pengenal ≤ 500 mA. Bahkan dalam standar IEC yang baru ≤ 300 mA

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

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.

433 (3.24.4) Proteksi terhadap arus beban lebih

433.1 (3.24.4.2) Koordinasi antara konduktor dan gawai proteksi beban lebih (GPBL)

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

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

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

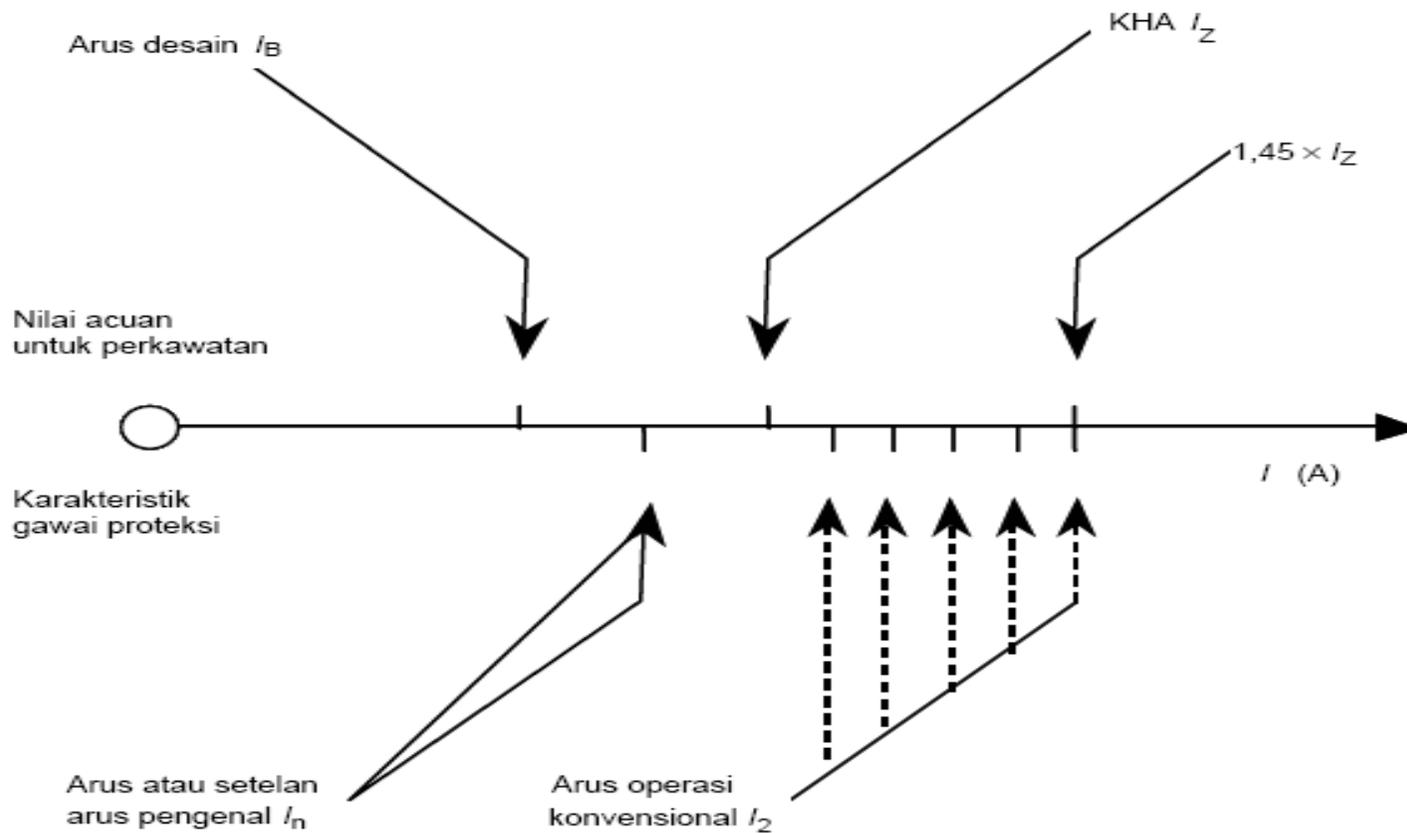
dengan

- I_B adalah arus desain untuk sirkit tersebut;
- I_Z adalah KHA kontinu kabel (lihat Ayat 523);
- I_n adalah arus pengenalan gawai proteksi;
- CATATAN 1 Untuk gawai proteksi yang dapat disetel, arus pengenalan I_n adalah setelan arus yang dipilih.
- I_2 adalah arus yang memastikan operasi efektif gawai proteksi dalam waktu konvensional.

Lampiran B (informatif)

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (\text{B.1})$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_Z \quad (\text{B.2})$$



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

440.1 Ruang lingkup

Persyaratan standar ini dimaksudkan untuk memberikan persyaratan untuk keselamatan instalasi listrik saat gangguan voltase dan gangguan elektromagnetik yang timbul karena alasan berbeda yang ditentukan.

Persyaratan standar ini tidak dimaksudkan untuk berlaku pada sistem distribusi energi ke publik, atau pembangkitan dan transmisi tenaga listrik untuk sistem tersebut, walaupun gangguan tersebut dapat dihantarkan ke atau antara instalasi listrik melalui sistem suplai ini.

- 442 Proteksi instalasi voltase rendah (VR) terhadap voltase lebih temporer karena gangguan bumi pada sistem voltase menengah (VM) dan karena gangguan pada sistem VR
- 443 Proteksi terhadap voltase lebih asal atmosfer atau karena penyakelaran
- 444 Tindakan terhadap pengaruh elektromagnetik
- 445 Proteksi terhadap voltase kurang



Terima Kasih

www.djk.esdm.go.id