

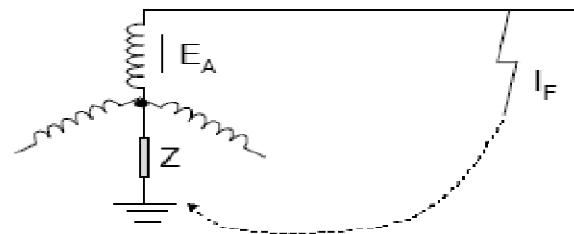
# Sistem Pentanahan di Industri (Grounding System in Industri)

Muhamad Ali, MT  
<http://muhal.wordpress.com>

## PENDAHULUAN (1/3)

- Pentanahan netral sistem TL pada kondisi normal tidak berpengaruh, baru apabila terjadi h.s ke tanah maka sistem pentanahan menjadi sangat penting.
- Sebagian besar gangguan h.s. di sistem TL adalah *ground faults* (70 ~90%) → pentanahan netral sistem menjadi sangat penting
- Pentahan sistem a.l. berpengaruh pada :
  - Besarnya overvoltage pada sistem, baik 50 Hz maupun transient,
  - Besarnya arus h.s. saat terjadi ground faults,
  - Kepekaan proteksi dalam mendeteksi serta mengisolir gangguan.
- Untuk instalasi TR hingga ke rumah-rumah, sistem pentanahan juga penting untuk melindungi manusia
- Untuk instalasi TT yang berkapasitas besar dan lingkupnya lebih terbatas, tujuan utama sistem pentanahan adalah untuk membatasi tingkat kerusakan peralatan
- Karena itu sistem TL perlu ditanahkan, baik untuk mencegah kerusakan pada manusia maupun peralatan

### PENDAHULUAN (2/3)



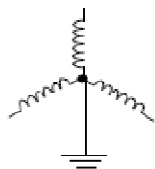
- GROUND FAULT : 70-90% dari semua faults
- CARA PENTANAHAN menentukan :
  - Besar arus gangguan h.s.  $I_F$
  - Overvoltage : steady state, transient
  - Isolasi
  - Besaran listrik untuk mendeteksi gangguan
  - Jenis proteksi

### PENDAHULUAN (3/3)

SOLID / Z RENDAH      Z TINGGI

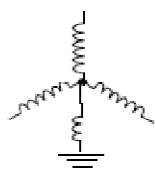
$I_F$	Tinggi	Rendah
Overvoltage di fasa yang sehat	Rendah	Tinggi
Kerusakan	Tinggi	Rendah
Isolasi	Rendah	Tinggi
Sistem TR	Untuk keselamatan	
Sistem TM	-	Membatasi arus, biaya isolasi tidak mahal
Sistem TT dan EHV	Menekan biaya isolasi	

## JENIS PENTANAHAN



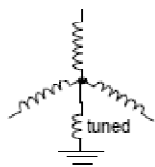
### SOLID :

- $Z_0$  terendah
- $I_F$  tinggi : kerusakan, deteksi GF mudah
- Tidak ada arcing ground  $I_F \gg I_{charge}$
- Overvoltage terendah
- Aplikasi : TR (safety), TT > 100 kV (isolasi)



### REAKTOR :

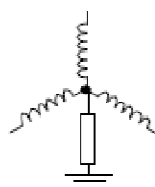
- $I_F$  lebih rendah
- Transient overvoltage lebih tinggi
- Overvoltage jika terjadi GF :  $0,8 \sim 1,0 \times V_{\phi-\phi}$
- Aplikasi : TT,  $I_F < I_{F3\phi}$ , jarang dipakai, kecuali sbg tuned reactor



### PETERSEN COIL

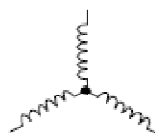
- $X_E \sim \Sigma X_{Unarging}$
- Arcing faults bisa padam sendiri
- $X_E$  perlu diubah jika  $X_{Unarging}$  berubah
- Overvoltage jika terjadi GF :  $V_{\phi-\phi} \rightarrow$  isolasi sangat penting
- Proteksi GF sangat sulit
- Aplikasi : TT dgn overheadlines, < 100 kV

## JENIS PENTANAHAN



### RESISTOR

- $I_F$  lebih kecil
- Transient overvoltage lebih rendah
- Arcing faults tidak padam sendiri
- GF mudah dideteksi (jika R tidak besar)
- Aplikasi: TM ( $I_F < I_{FL}$ ), TT < 100 kV (deteksi GF)

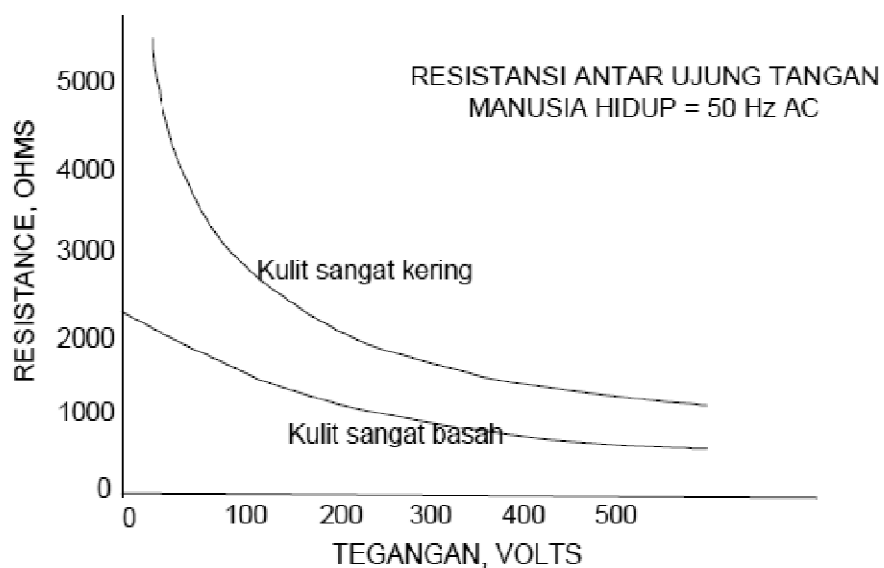
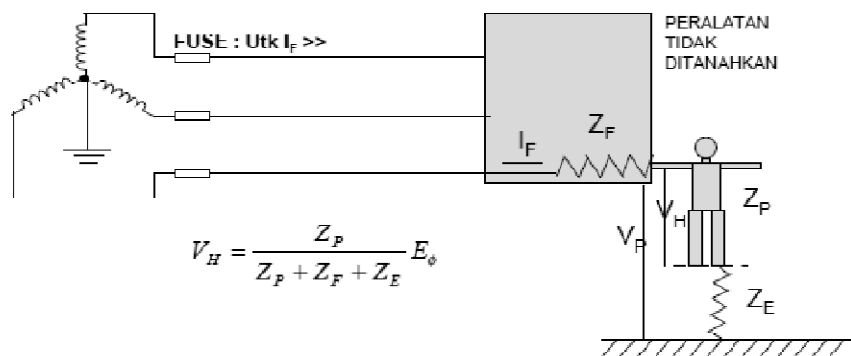


### MENGAMBANG/FLOATING :

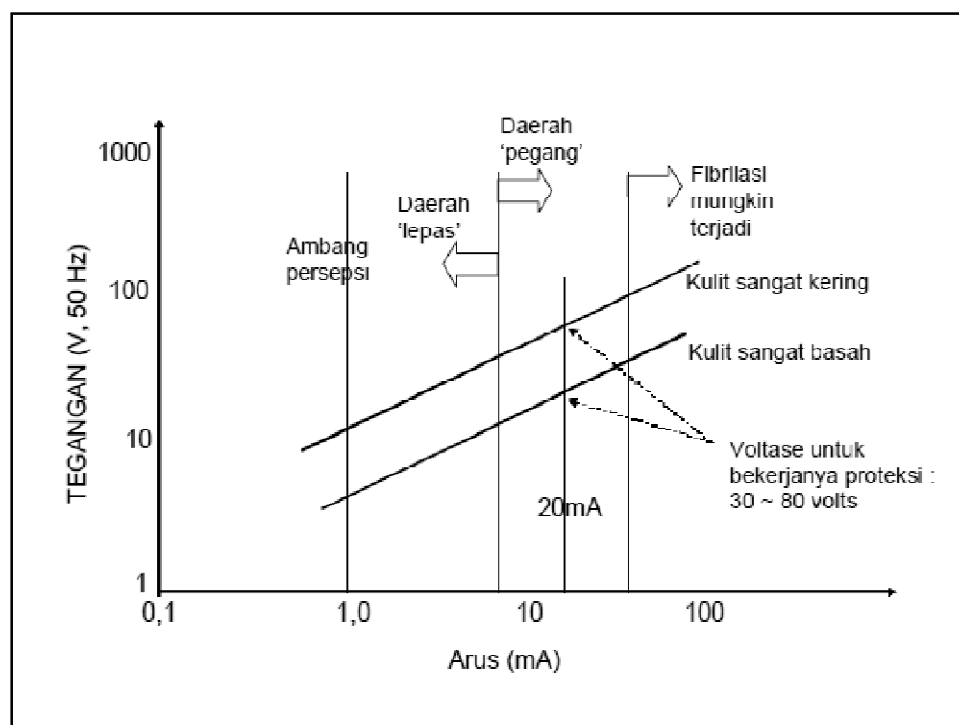
- $I_F$  kapasitif
- Arc faults bisa padam jika  $I_F$  kecil
- Mungkin terjadi arc fault  $\rightarrow$  transient overvoltage tinggi
- Overvoltage jika terjadi GF =  $V_{\phi-\phi}$
- Isolasi perlu diperhatikan
- Aplikasi : aplikasi TR khusus dimana diperlukan kontinuitas pasokan yang sangat tinggi, TM

### PENTANAHAN TEGANGAN RENDAH

- SAFETY !
- Netral sistem TL dihubungkan langsung ke tanah di trafo
- Bagian metal dari peralatan listrik harus di tanahkan
- Proteksi human safety : Residual current device (RCD), Earth Leakage circuit breakers (ELCB)



<u>Arus 50/60 Hz</u>	<u>DURASI</u>	<u>EFEK FISILOGI PADA MANUSIA</u>
0-1 mA	Tidak kritis	Ambang persepsi, tidak terasa
1-15 mA	Tidak kritis	Ambang kram, tidak dapat lagi melepas objek yang digenggam, sakit pada otot jari dan lengan
15-30 mA	Menit	Kontraksi lengan seperti kram, kesulitan bernafas, kenaikan tekanan darah. Batas toleransi
30-50 mA	Detik, menit	Ketidakteraturan jantung, kenaikan tekanan darah, efek kram yang kuat, tidak sadar, fibrilasi ventricular jika berkepanjangan hingga limit
50- bbrp ratus mA	< cardiac cycle	Tidak terjadi fibrilasi ventricular, shock berat
	> cardiac cycle	Vibrilasi ventricular, tidak sadar, bekas arus listrik
> bbrp ratus mA	< cardiac cycle	Vibrilasi ventricular, tidak sadar, bekas arus
	> cardiac cycle	Cardiac arrest reversibel, defibrilasi, tidak sadar, bekas arus, luka bakar



### PENTANAHAN SISTEM (1/3)

#### GANGGUAN TANAH PADA SISTEM MENGEMBANG

$$I_f = \frac{V_{ab}}{-jX_c} + \frac{V_{ac}}{-jX_c} = \frac{3V_{aN}}{-jX_c} \rightarrow 3x \text{ arus charging normal}$$

$$I_b = -\frac{V_{ab}}{-jX_c} = \frac{V_{ba}}{-jX_c} \quad |I_b| = \sqrt{3} \left| \frac{V_b}{X_c} \right| \rightarrow \sqrt{3}x \text{ arus charging normal}$$

$$I_c = -\frac{V_{ac}}{-jX_c} = \frac{V_{ca}}{-jX_c} \quad |I_c| = \sqrt{3} \left| \frac{V_c}{X_c} \right| \rightarrow \sqrt{3}x \text{ arus charging normal}$$

### PENTANAHAN SISTEM (2/3)

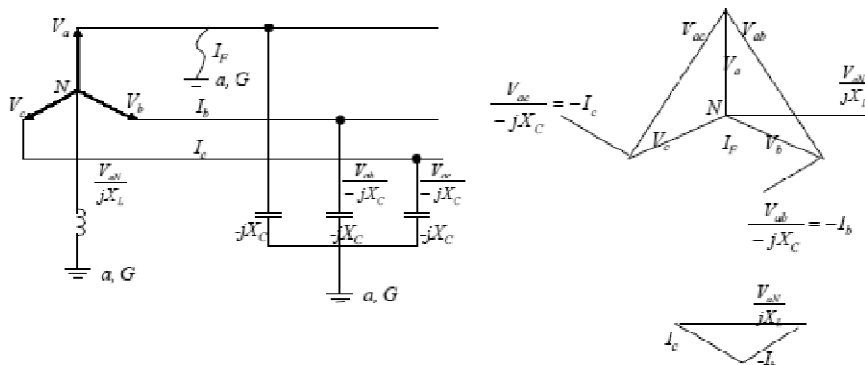
#### GANGGUAN TANAH PADA SISTEM DGN PENTANAHAN RESITOR

$$|I_b| = \sqrt{3} \left| \frac{V_b}{X_c} \right| \rightarrow \sqrt{3}x \text{ arus charging normal}$$

$$|I_c| = \sqrt{3} \left| \frac{V_c}{X_c} \right| \rightarrow \sqrt{3}x \text{ arus charging normal}$$

### PENTANAHAN SISTEM (3/3)

#### GANGGUAN TANAH PADA SISTEM DGN PETERSEN COIL



Untuk tuning yang sempurna :

$$\frac{V_{\phi-N}}{jX_L} = \left( \frac{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3}}{2jX_C} + \frac{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3}}{2jX_C} \right) V_{\phi-N} \quad \text{---} \quad X_L = \frac{X_C}{3}$$

### Alasan pembumian

- Kemungkinan kegagalan isolasi dalam pengawatan atau perlengkapan dapat menyebabkan bahaya seketika seperti tegangan kejut, kebakaran, atau kondisi tegangan menjadi tidak stabil
- tiga alasan utama :
  - ↳ **meniadakan bahaya tegangan kejut** bahaya tegangan kejut terjadi apabila penghantar aktif berkontak dengan bagian konduktif terbuka atau bagian konduktif yang tak berhubungan. Bahaya tegangan kejut dapat dikurangi, dengan cara menjaga potensial suatu bagian sistem pada nilai pasti terhadap bumi,
  - ↳ **meniadakan bahaya kebakaran** arus gangguan dapat menyebabkan bahaya kebakaran akibat efek panas dari arus ini pada suatu penghantar ( $H=I^2 R$  joule). Sehingga, dengan diunikannya perangkat pengaman, maka dapat mengisolasi peristiwa gangguan. Mekanisme perangkat pengaman adalah adanya arus gangguan akan mengoperasikan perangkat pengaman dan mengisolasi gangguan.
  - ↳ **meniadakan ketidakstabilan tegangan** untuk sistem tanpa pembumi, gangguan atau arus bocor bumi dapat menyebabkan potensial sistem pembumian mengambang atau berubah-ubah terhadap bagian instalasi lainnya. Maka, dengan membumikan instalasi akan memastikan bahwa suplai aktif dan netral diada pada potensial tetap dan stabil terhadap bumi.

### Aturan umum menurut IEC 364 § 312.2



### Perbedaan tipe

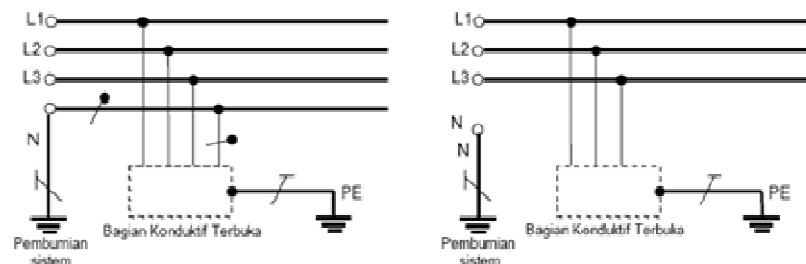
■ simbol konduktor menurut IEC 617-11 (1983)

	penghantar netral (N)
	penghantar pengaman (PE)
	kombinasi penghantar pengaman dan netral (PEN)



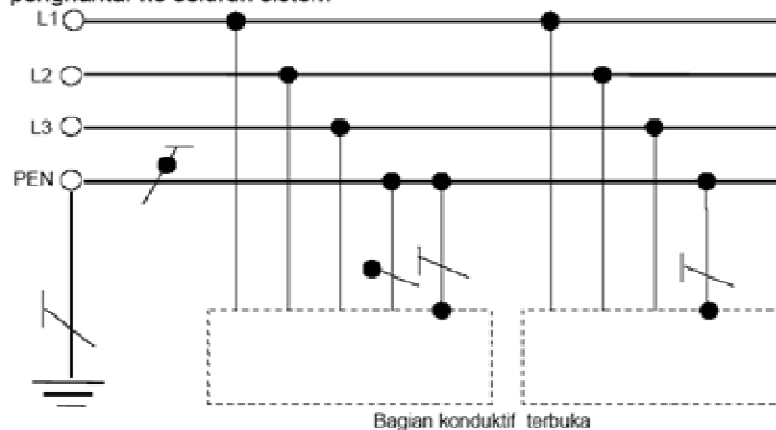
### Perbedaan tipe

- **sistem TT** (atau sistem pembumian pengaman = PP) , titik sumber langsung dibumikan, bagian konduktif terbuka pada instalasi disambungkan ke elektroda bumi secara listrik yg independen terhadap elektroda bumi sisi sumber.



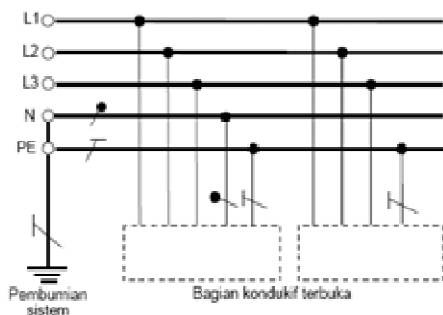
### Perbedaan tipe

- **Sistem TN-C** (atau sistem pembumian netral pengaman = PNP-PEN). Fungsi netral dan kawat pengaman (PE) dikombinasikan dalam satu penghantar ke seluruh sistem

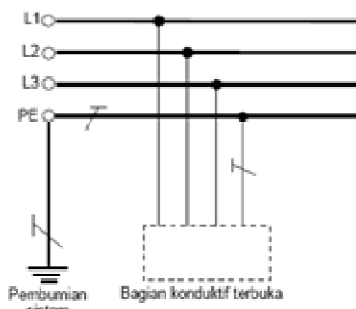


### Perbedaan tipe

■ sistem TN-S (PNP-PE&N), kawat netral terpisah dengan kawat pengaman



□ kawat netral dan pengaman terpisah untuk seluruh sistem.

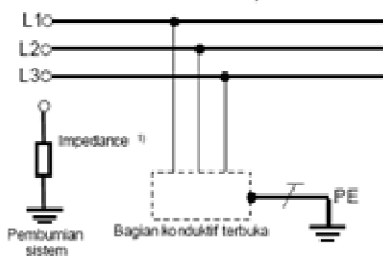
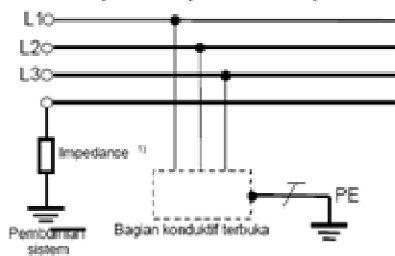


□ bila kawat netral tidak didistribusikan, kawat fase dan pengaman dipisah

### Perbedaan tipe

v 312.2.3 sistem IT

o Sistem IT (atau sistem penghantar pengaman = HP), semua bagian bertegangan diisolasi dari bumi atau disambungkan ke bumi lewat suatu impedansi, bagian konduktif terbuka instalasi listrik dibumikan secara independen atau secara kolektif terhadap sistem pembumian. (lihat IEC 364-4-41, *subclause* 413.1.5)



1) sistem terisolasi dari bumi  
kawat netral boleh didistribusi atau tidak

Pengaman terhadap bahaya sentuhan listrik

### Pengaruh arus listrik terhadap tubuh manusia

- bila arus listrik melebihi 30 mA melewati bagian dari tubuh manusia, orang tersebut ada dalam keadaan bahaya yang serius bila arus tersebut tidak diputuskan dalam waktu yang sangat singkat.
  - proteksi manusia terhadap sentuhan listrik pada instalasi TR harus mengacu dan memenuhi standar nasional, aturan dan regulasi yg resmi, kaidah-kaidah praktis yg resmi dan panduan yang dikeluarkan oleh instansi berwenang.
- IEC 364
  - IEC 479-1
  - IEC 755
  - IEC 1008
  - IEC 1009
  - IEC 947-2

Pengaman terhadap bahaya sentuhan listrik

### Kegagalan isolasi dan arus sisa

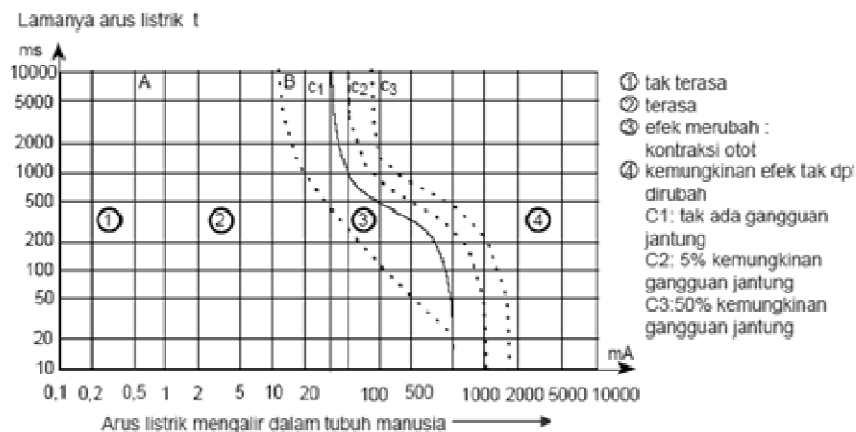
Kemungkinan terjadinya kegagalan isolasi pada pengawatan atau instalasi perlengkapan listrik akan mengakibatkan terjadinya arus sisa pada sirkuit listrik sehingga menimbulkan gangguan-gangguan :

- ↻ hubungan pendek
- ↻ beban lebih
- ↻ kebocoran tanah
- ↻ penurunan daya isolasi penghantar
- ↻ aliran arus permukaan
- ↻ aliran arus fasa ke tanah, fasa ke badan perlengkapan listrik/manusia

Resiko yang dapat ditimbulkan oleh arus sisa :

- ↻ bahaya api, arus sisa karena kegagalan isolasi sebesar 270 mA sudah cukup menyulutkan api
- ↻ mati tersengat listrik, yang bergantung pada batas fisik, jenis kontak dan jenis pembumian instalasi
- ↻ kerusakan beban

## Pengaruh arus listrik terhadap tubuh manusia



Pengaman terhadap bahaya sentuhan listrik

## Pengaruh arus listrik terhadap tubuh manusia

area	Pengaruh fisiologis
area 1	umumnya tidak ada reaksi
area 2	umumnya pengaruh fisiologis tidak membahayakan
area 3	umumnya tidak ada kerusakan organ. Kemungkinan kontraksi pd otot dan kesulitan bernafas, gangguan yang dapat merubah terbentuknya dan propagasi detak jantung, termasuk gangguan serambi jantung berhentinya detak jantung sementara waktu tanpa mengganggu bilik jantung. meningkat dengan naiknya kuat arus dan jangka waktu yang lama.
area 4	efek pada kawasan 3, kemungkinan gangguan serambi jantung meningkat sampai 5% (kura C2), sampai 50% (kurva C3) dan lebih di 50% di samping kurva C3. Bila kuat arus dan waktu meningkat, efek fisiologis patologik seperti berhentinya detak jantung, pernafasan dan efek terbakar mungkin terjadi.

Pengaman terhadap bahaya sentuhan listrik

### Pengaruh arus listrik terhadap tubuh manusia

Daerah-daerah efek dari arus bolak-balik (50/60 Hz) pada tubuh manusia

Arus pada 50-60 Hz (mA rms)	Lamanya kejutan	Efek psikologis
0 - 1	tidak kritis	sampai pada batas terasakan
1 - 15	tidak kritis	dalam batas ambang yang tidak berbahaya, pada batas interval ini tdk blh dipertahankan
15 - 30	beberapa menit	kontraksi spt kejang pd lengan, sulit bernafas, tekanan darah meningkat
30 - 40	beberapa detik s/d beberapa mnt	ketidakteraturan detak jantung, tekanan darah meningkat, pengaruh kejang amat kuat, pingsan
40 - 500	kurang dari 0,1 dtk	tak terasakan gangguan ventrikular, guncangan berat, pengaruh kejang kuat sekali
	lebih dari 0,1 dtk	getaran pd ventrikular mungkin terjadi, guncangan awal yg terasakan tak membahayakan, pingsan
di atas 500	kurang dari 0,1 dtk	getaran pd ventrikular mungkin terjadi jika pd guncangan awal telah mulai terasakan, pingsan, bekas tanda arus, terbakar
	lebih dari 0,1 dtk	detak jantung berhenti, pingsan, bekas tanda arus terbakar

Pengaman terhadap bahaya sentuhan listrik

### Pengamanan terhadap sentuhan langsung

- dapat dilakukan dengan :
- langkah pencegahan menjamin bahwa bagian bertegangan tidak tersentuh meliputi:
  - isolasi semua bagian bertegangan.
  - memasang pembatas atau pelindung
  - memasang gawai pengaman (gawai pengaman arus bocor sensitivitas tinggi  $I_n < 30 \text{ mA}$ )
- menggunakan tegangan aman sangat rendah (25 V)
- memasang gawai pengaman (gawai pengaman arus bocor sensitivitas tinggi  $I_n < 30 \text{ mA}$ )

**A**

**B**

**C**

**D**

**E**

Pengaman terhadap bahaya sentuhan listrik

### Pengamanan terhadap sentuhan tak langsung

■ pengamanan dg pemutusan otomatis sumber tegangan

□ untuk hal ini beberapa syarat arus dipenuhi :

- 1) semua rangka dan bagian konduktif yg dapat dijangkau harus saling disambungkan dan dibumikan .  
Bagian konduktif terbuka yg secara simultan dapat dijangkau harus disambungkan ke sistem pembumian yang sama baiknya secara sendiri-sendiri, kelompok atau kolektif.
- 2) pemutusan rangkaian dengan memutuskan secara otomatis bagian instalasi yg mengalami gangguan isolasi, sehingga manusia terhindar dari tegangan sentuh  $U_c$  dalam jangka waktu yg membahayakan. Semakin besar tegangan sentuh, semakin cepat gangguan diputuskan.

Pengaman terhadap bahaya sentuhan listrik

### Pengamanan terhadap kontak tak langsung

■ pengaman tanpa pemutusan sirkit

- menggunakan tegangan ekstra rendah (*extra low voltage*)
- peralatan klas II
- jauhkan jangkauan atau interposisi rintangan

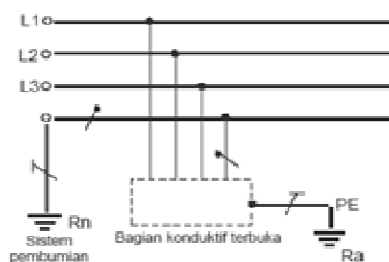
- beberapa negara tertentu, mensyaratkan untuk bangunan gedung atau bagian dari gedung menurut standar yang berlaku (rumah sakit, sekolahan, angkatan udara, tambang, dll).
- pada beberapa kasus tertentu sistem pembumian sangat tidak diperkenankan (TN-C pd daerah dengan resiko ledakan)
- dikonsultasikan dengan pengguna apakah dibutuhkan kontinuitas pelayanan sumberdaya atau produksi dan kemungkinan pemeliharaan
- pemilihan sistem pembumian perlu mempertimbangkan faktor (keamanan, ketersediaan, tangguh, dapat dipelihara) untuk jenis bangunan khusus.
- akhirnya, dimungkinkan dan disarankan sistem pembumian kombinasi dalam suatu instalasi.
- teknik sistem pembumian dapat dilihat pada Bab 2 di muka.

#### Sistem pembumian

### Jenis TT

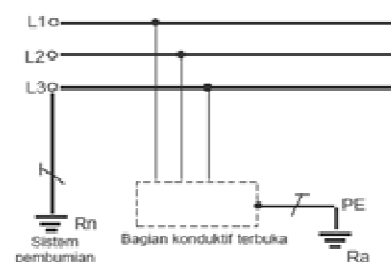
#### ■ konsekwensi gangguan isolasi

- Sistem TT mempunyai satu titik langsung dibumikan (sumber), bagian konduktif terbuka dari pada Instalasi dibumikan yang secara listrik terpisah dari elektroda pembumian sumber.

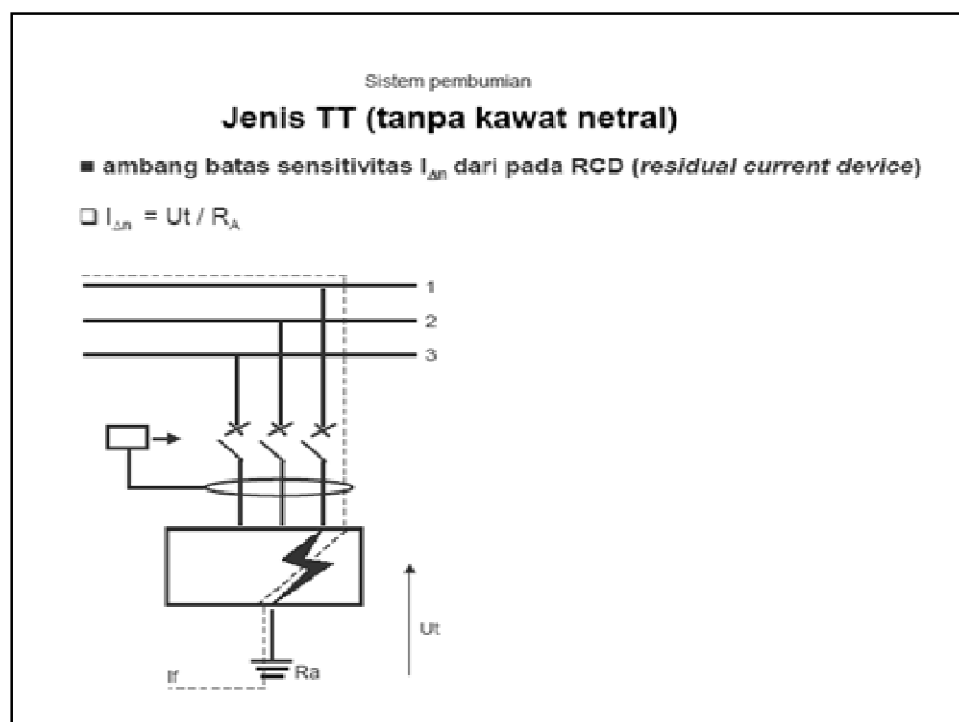
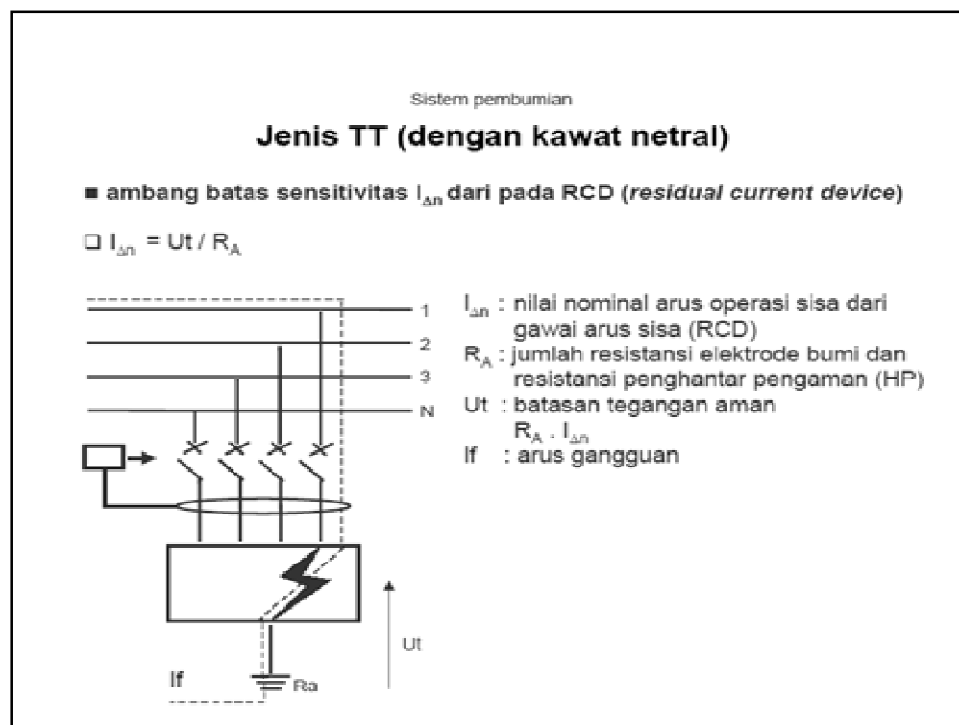


$$I_f = \frac{U_t}{R_n + Z_l + Z_n}$$

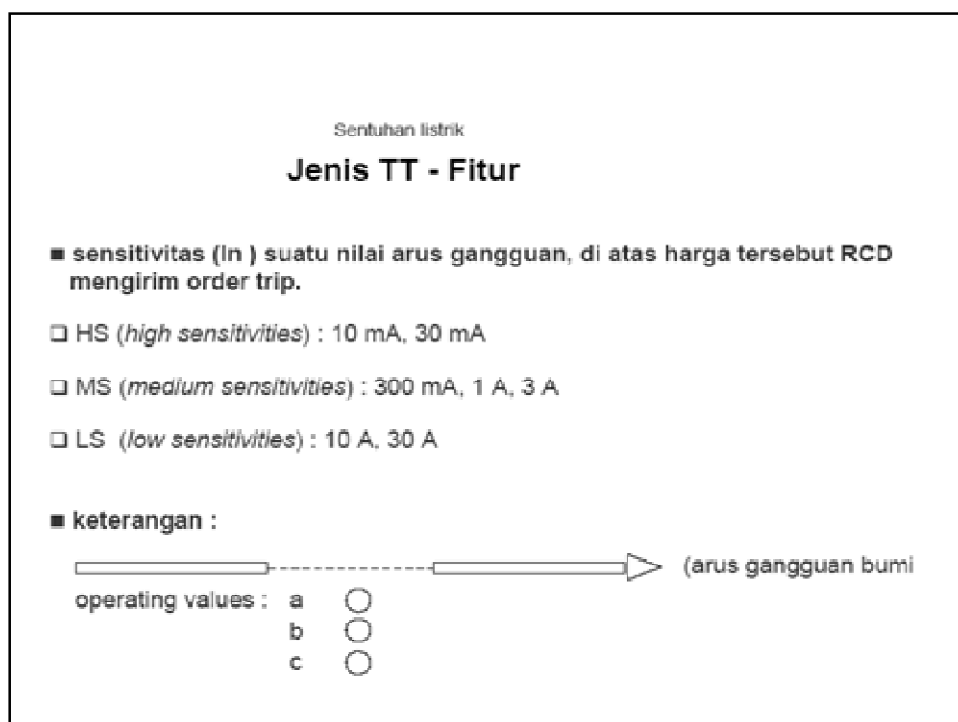
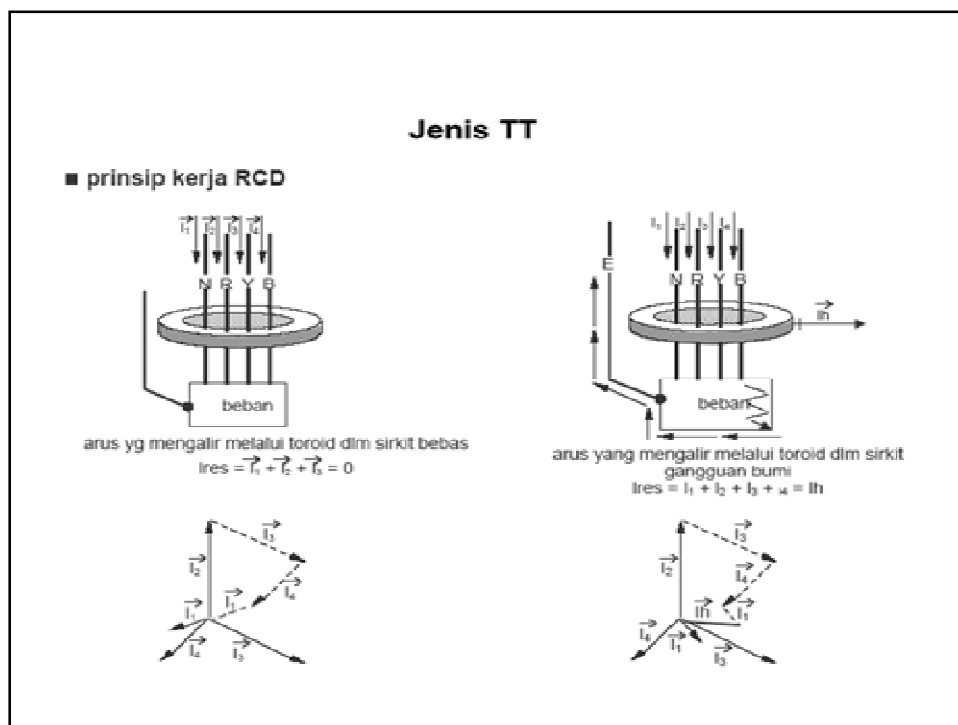
R<sub>n</sub> = resistansi saluran  
 Z<sub>l</sub> = impedansi saluran  
 Z<sub>n</sub> = impedansi pembumian



$$U_t = E_f$$



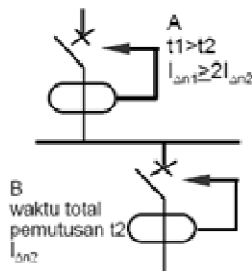




Sistem pembumian

**Jenis TT****■ diskriminasi RCD**

Diskriminasi tripping antara gawai arus sisa pada sistem netral yang dibumikan mempunyai tujuan yang sama seperti pada diskriminasi pada pengaman hubung pendek.

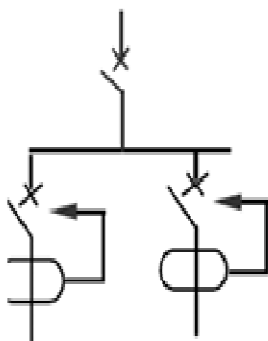
**• diskriminasi vertikal**

perlu diketahui bahwa arus bocor bumi tidak dibatasi oleh impedansi sistem, seperti pada kasus arus hubung pendek, tetapi oleh resistansi sirkuit balik (sambungan bumi pada netral dan beban) atau bila seluruh rangka diinterkoneksi oleh kait ekuipotensial utama, dengan impedansi loop gangguan.

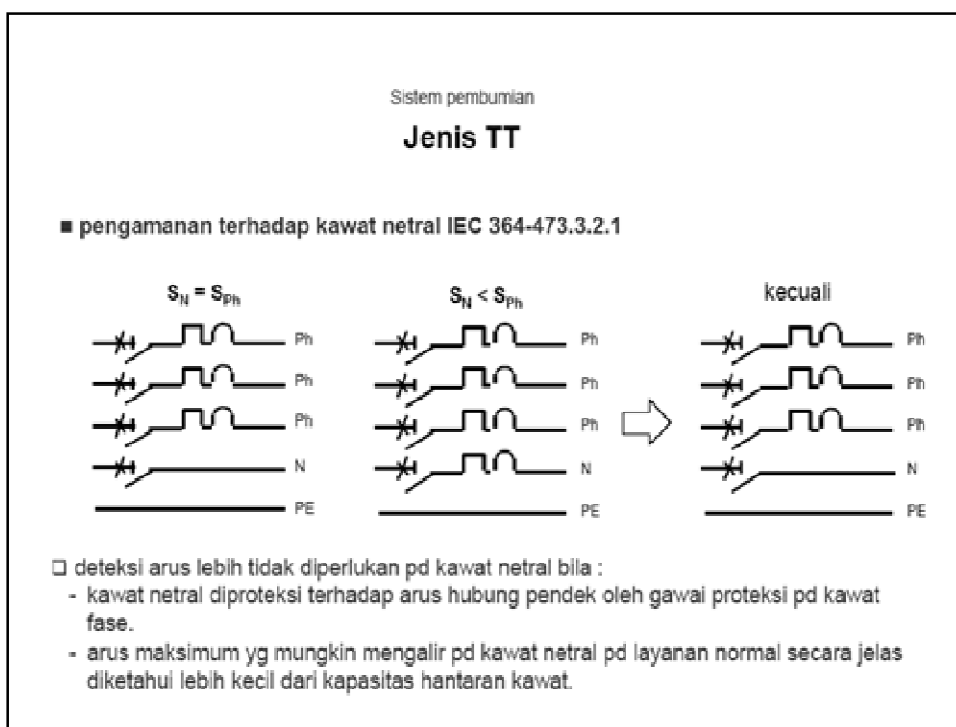
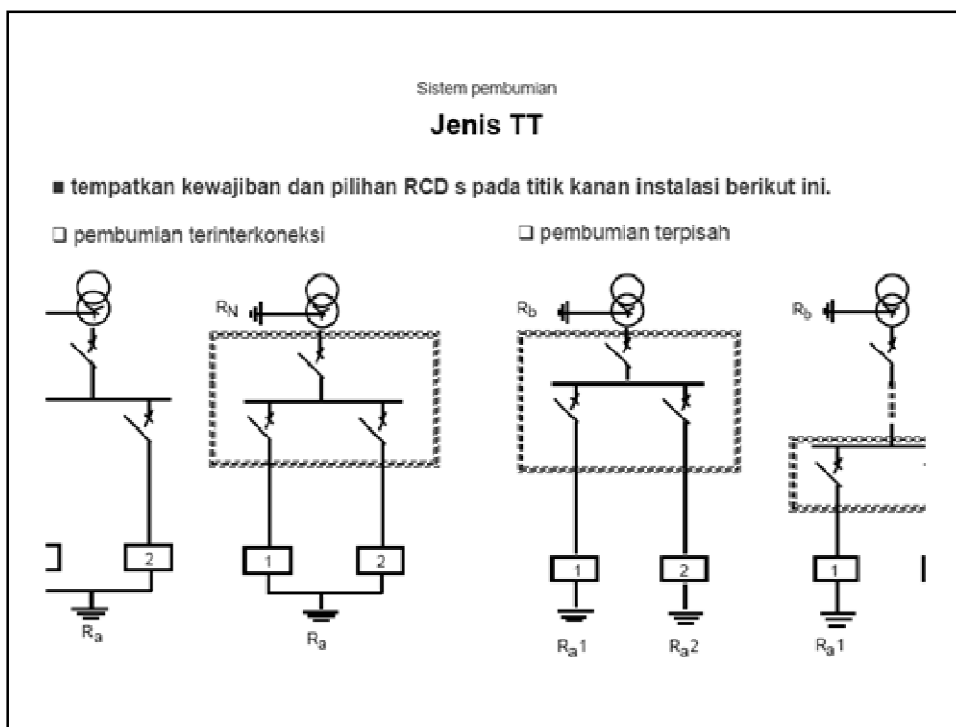
Untuk menghindari trip A akibat gangguan sisi bawah B, baik diskriminasi arus dan waktu atau diskriminasi selektivitas ditentukan:

- diskriminasi arus: sensitivitas RCD sisi atas harus sekurang-kurangnya 2 kali RCD sisi bawah, karena:  $I_{\Delta n/2} < I_F < I_{\Delta n}$
- diskriminasi waktu: tunda  $t_1$  pada operasi sisi atas RCD harus lebih besar dari total waktu pemutusan  $t_2$  RCD sisi bawah.

Sistem pembumian

**Jenis TT****• diskriminasi horisontal**

dijinkan oleh standar NFC 15-100 bagian 533-232, diskriminasi horisontal mengamankan satu RCD pada ujung sisi atas (kepala) instalasi apabila bermacam-macam sirkit pemutus daya dipasang pada perangkat kendali yang sama. Saat terjadi gangguan, hanya keluaran yang mengalami gangguanlah yang diputuskan, karena RCD yang lain tidak mengalami arus gangguan.



Sistem pembumian

**Jenis TT**

■ waktu pemutusan maksimum untuk sistem TT

□ waktu pemutusan maksimum untuk  $U = 50V$  □ waktu pemutusan maksimum  $U =$ 

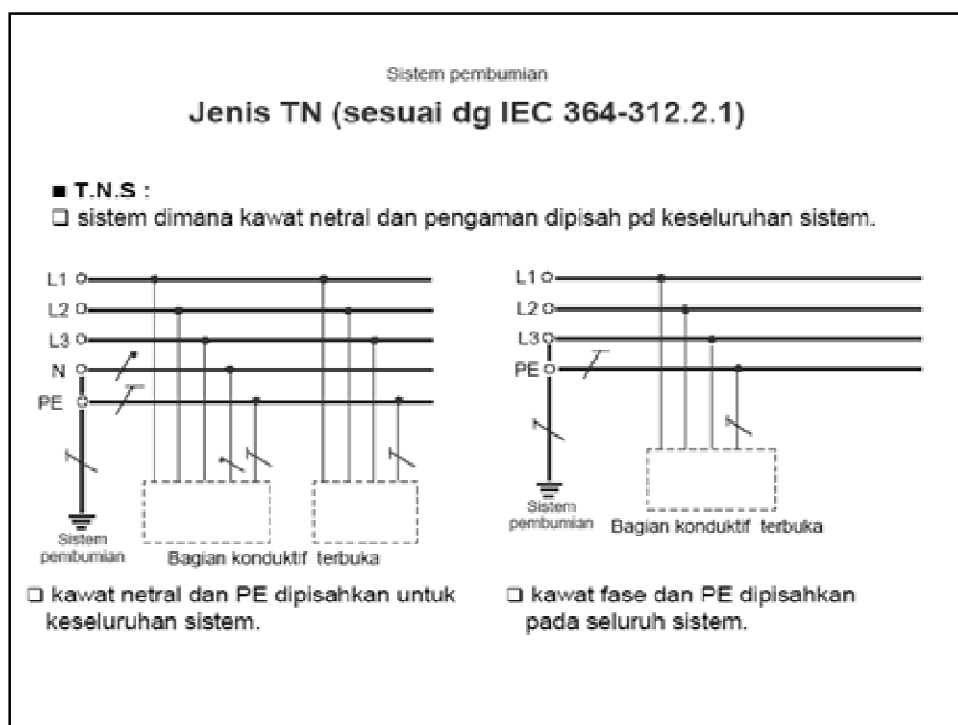
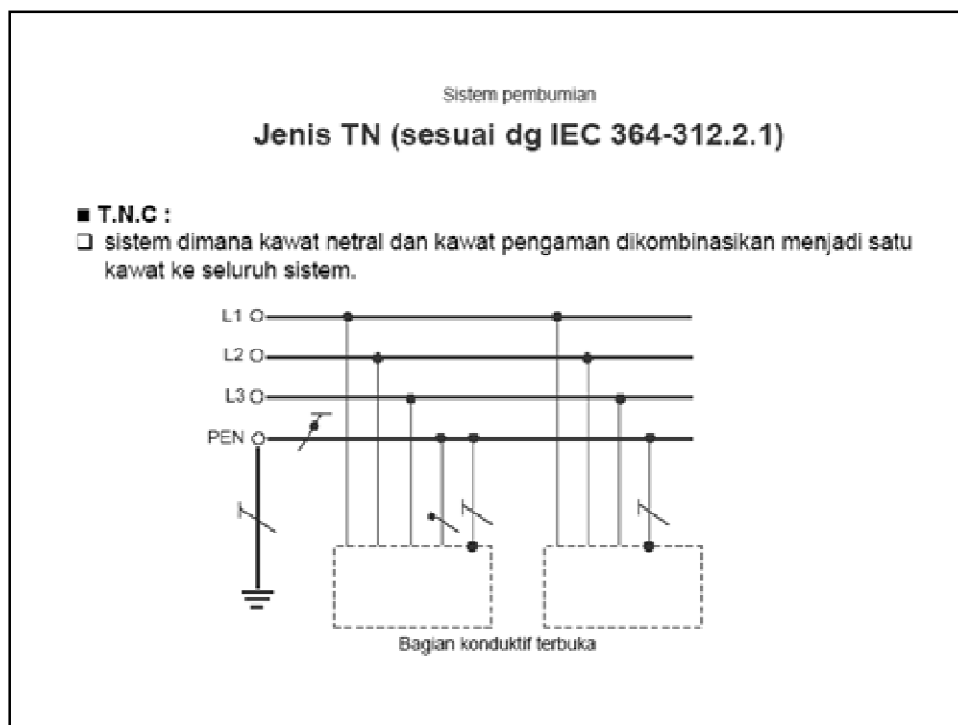
tegangan kontak (Vc)	waktu lepas maksimum gawai tripping (detik)	
	AC	DC
< 50	5	5
50	5	5
75	0,60	5
90	0,45	5
120	0,34	5
150	0,27	1
220	0,17	0,4
280	0,12	0,3
350	0,08	0,2
500	0,04	0,1

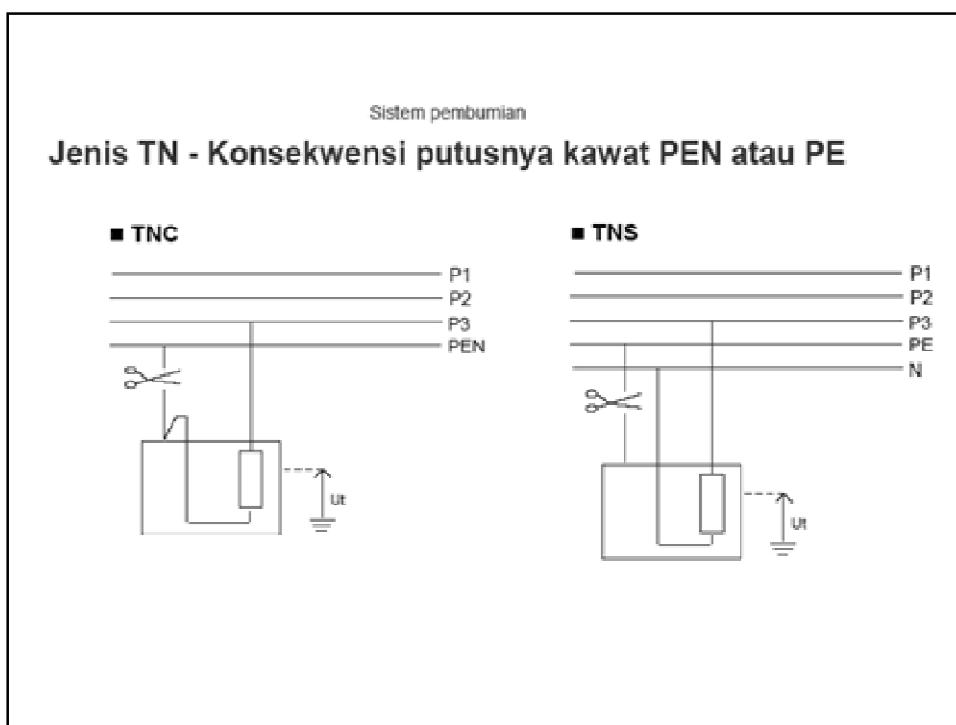
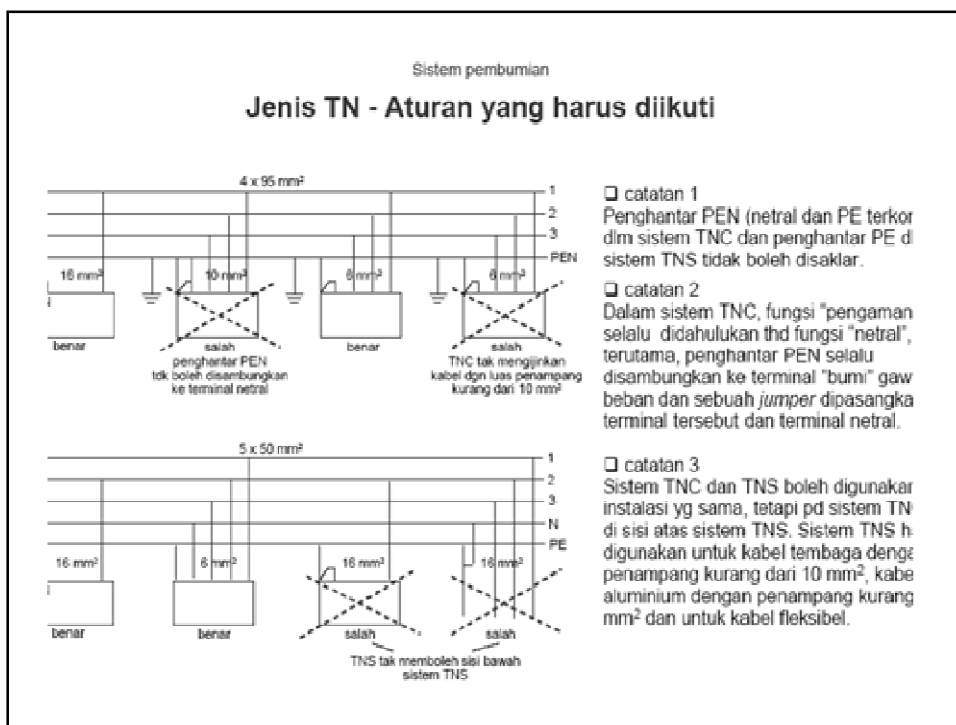
tegangan kontak (V)	waktu lepas maksimum gawai tripping (detik)	
	AC	DC
25	5	5
50	0,48	5
75	0,30	2
90	0,25	0,80
110	0,18	0,50
150	0,12	0,25
230	0,05	0,06
280	0,02	0,02

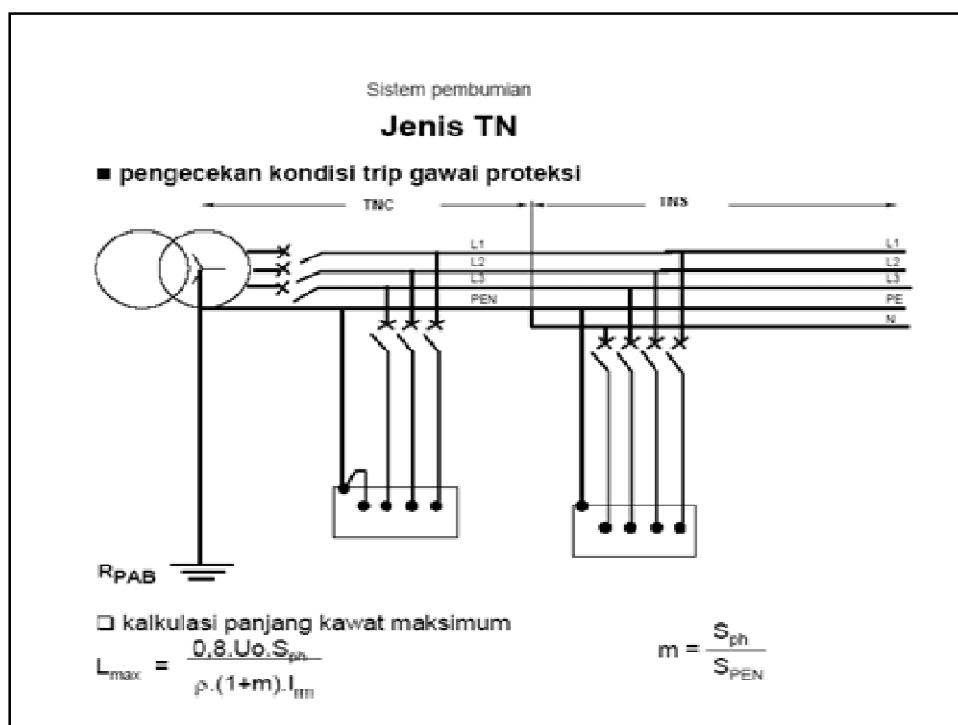
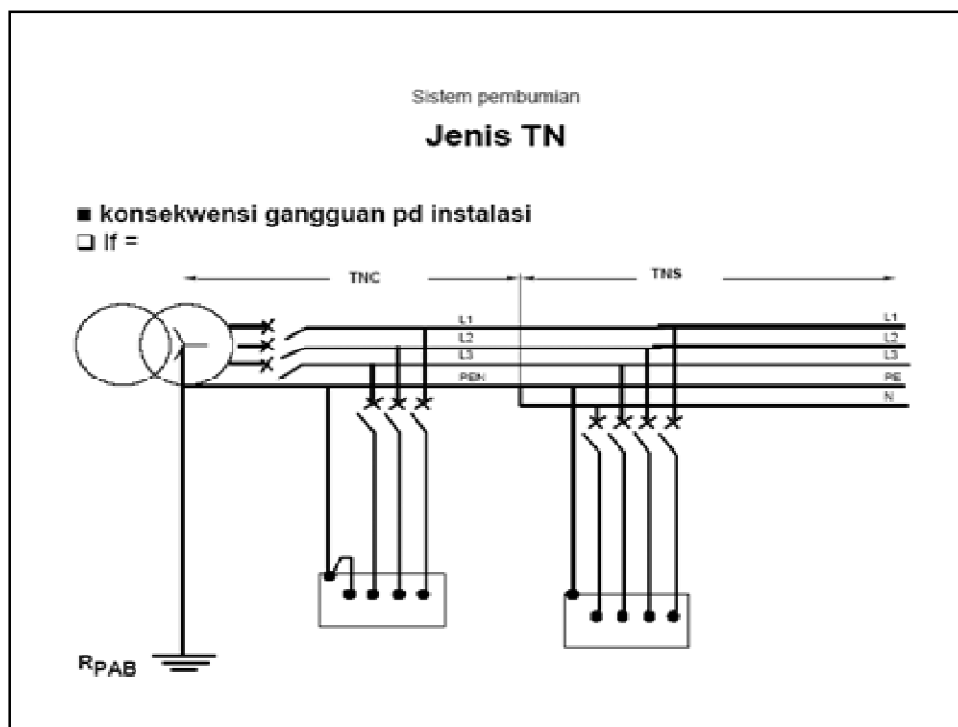
Sistem pembumian

**Keuntungan dan kerugian sistem TT**

	keuntungan	kerugian
TT	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. sederhana</li> <li>2. membatasi intensitas gangguan, sehingga mengurangi resiko api listrik, ledakan dan kebakaran</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. pemutusan instalasi listrik secara menyeluruh atau sebagian</li> <li>2. kerugian waktu pada waktu deteksi gangguan</li> </ol>







Sistem pembumian

**Jenis TN**

- hipotesa : tegangan jatuh 20% antara fase dan netral selama gangguan ke bumi

$$I_d = \frac{0,8 \cdot U_0}{R_{ph} + R_{PE(N)}}$$

$$= \frac{0,8 \cdot U_0}{\rho \cdot \frac{L}{S_{ph}} + \rho \cdot \frac{L}{S_{PE(N)}}}$$

$$L_{max} = \frac{0,8 \cdot U_0}{\rho \cdot \left( \frac{1}{S_{ph}} + \frac{1}{S_{PE(N)}} \right)} \cdot I_{rm}$$

$$= \frac{0,8 \cdot U_0}{\rho \cdot \left( \frac{1}{S_{ph}} + \frac{1}{S_{PE(N)}} \right)} \cdot \frac{S_{ph}}{S_{ph}}$$

$$L_{max} = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S_{ph}}{\rho \cdot \left( \frac{S_{ph}}{S_{ph}} + \frac{S_{ph}}{S_{PE(N)}} \right)} \cdot I_{rm}$$

$$L_{max} = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S_{ph}}{\rho (1 + m)} \cdot I_{rm}$$

$$m = \frac{S_{ph}}{S_{PE(N)}}$$

Sistem pembumian

**Jenis TNC**

- bermacam-macam kemungkinan mencapai kondisi tripping

□

□

□

□



Sistem pembumian

**Jenis TNS**

- bermacam-macam kemungkinan mencapai kondisi tripping

- 
- 
- 
- 

Sistem pembumian

**Jenis TN**

- waktu pemutusan maksimum (IEC 364-4-41) IEC 38

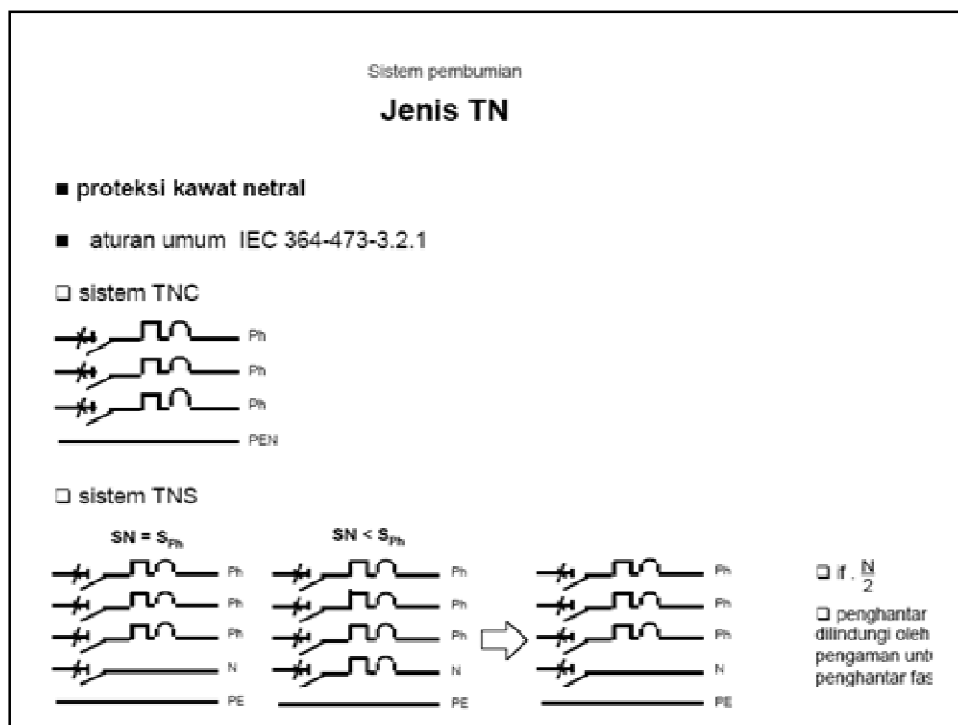
- $U_1 = 50V$

$U_0$ V	waktu pemutusan s
120	0,8
230	0,4
277	0,4
400	0,2
>400	0,1

\* nilai tsb berdasarkan pd IEC 38 (1983) :  
IEC standard voltages.

- $U_1 = 25V$

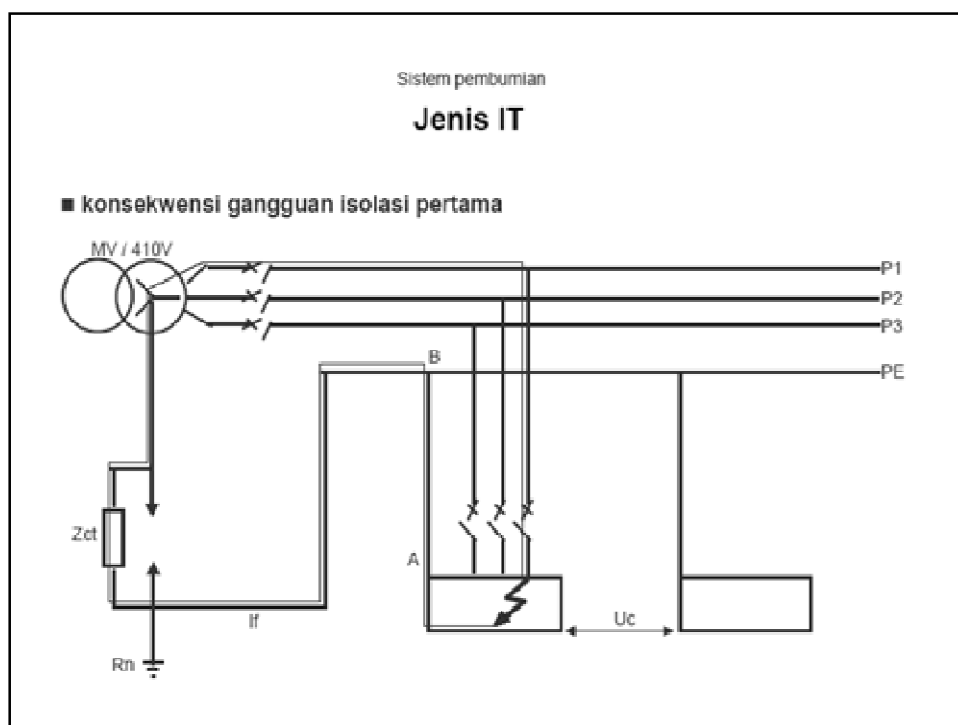
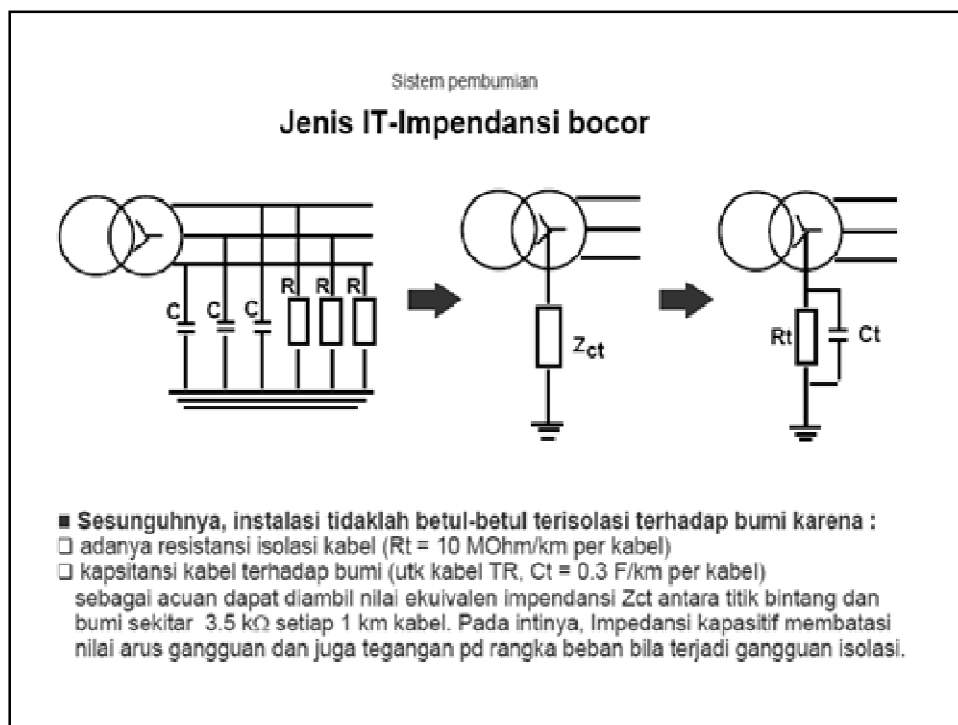
Sistem TN	
tegangan nominal instalasi	waktu pemutusan
$U_0$ V	s
120	0,35
230	0,2
277	0,2
400, 480	0,05
580	0,02*

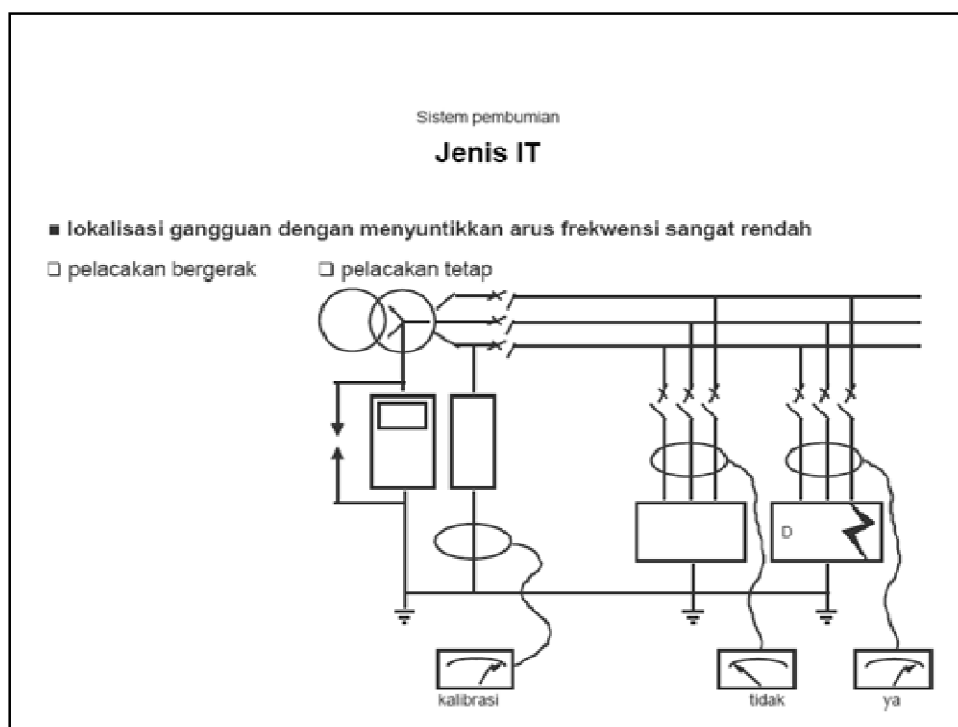
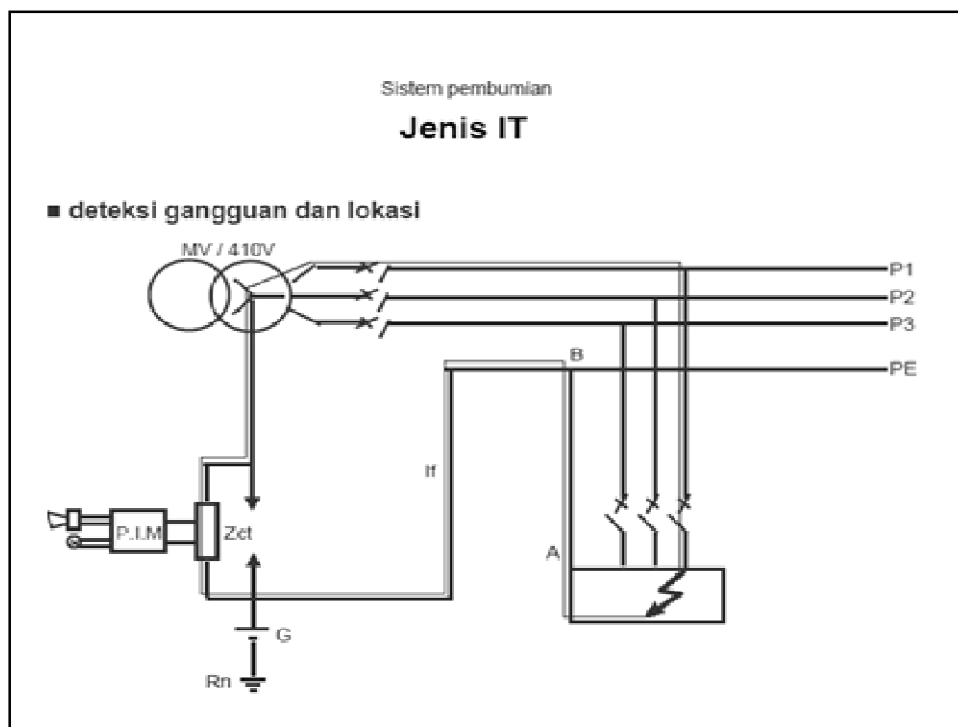


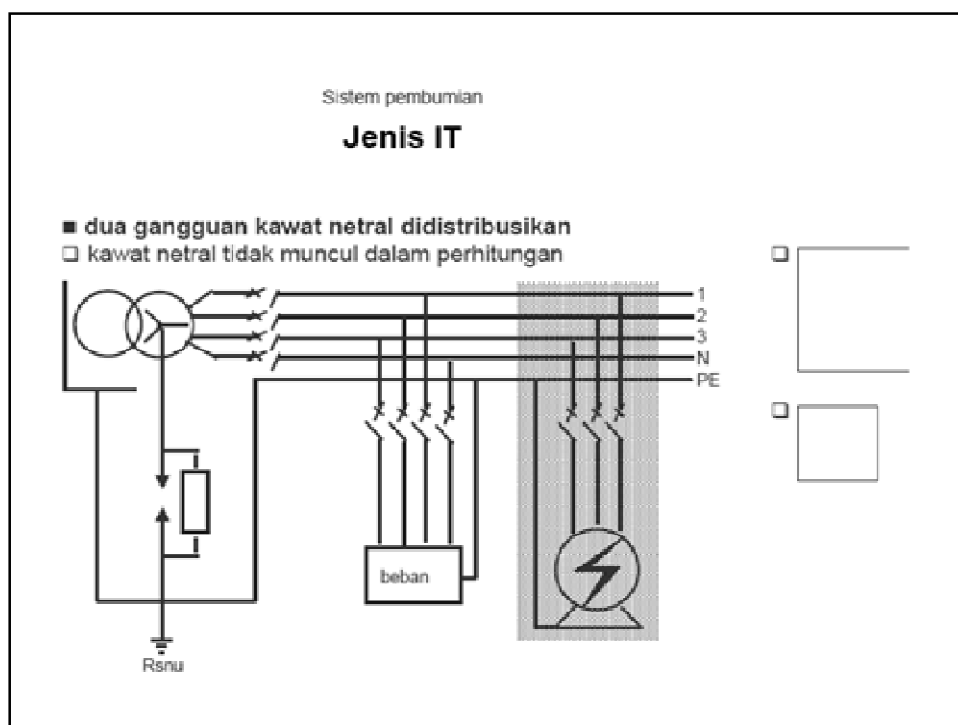
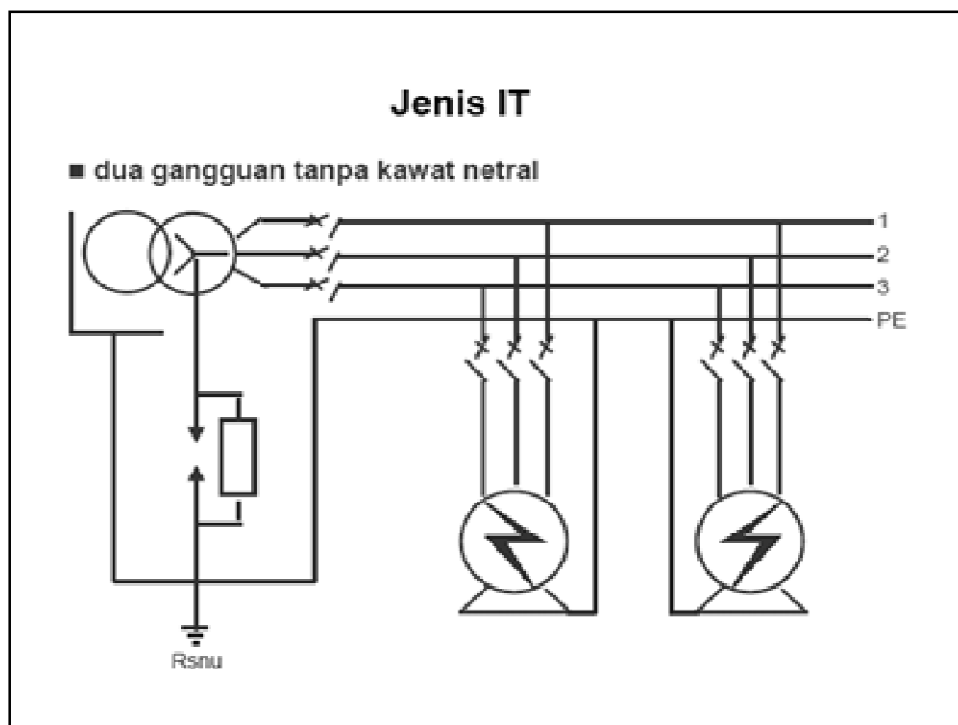
Sistem pembumian

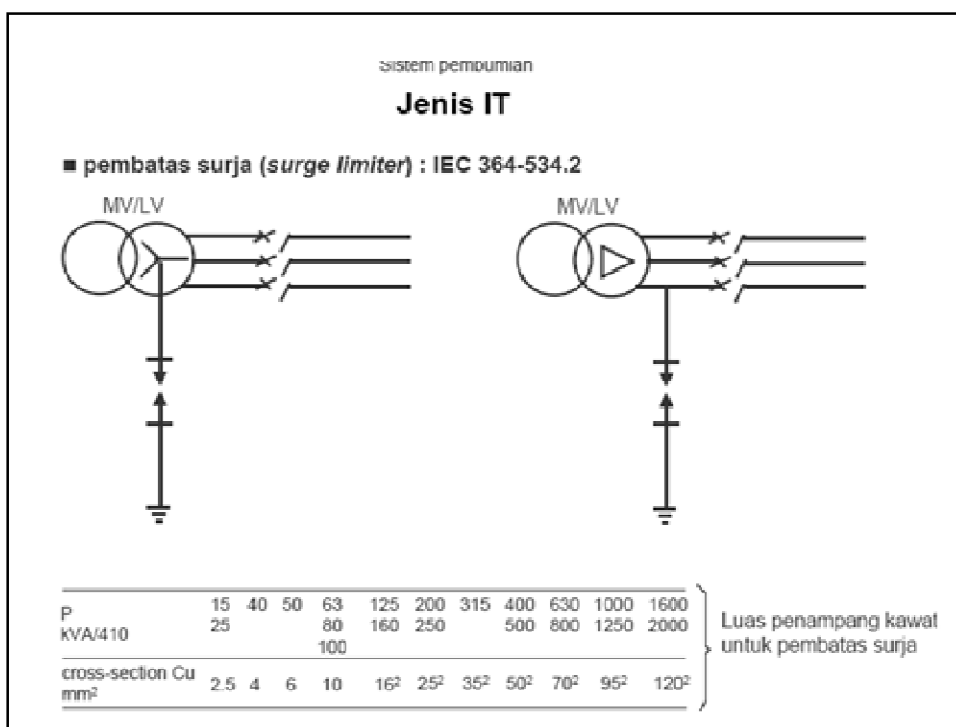
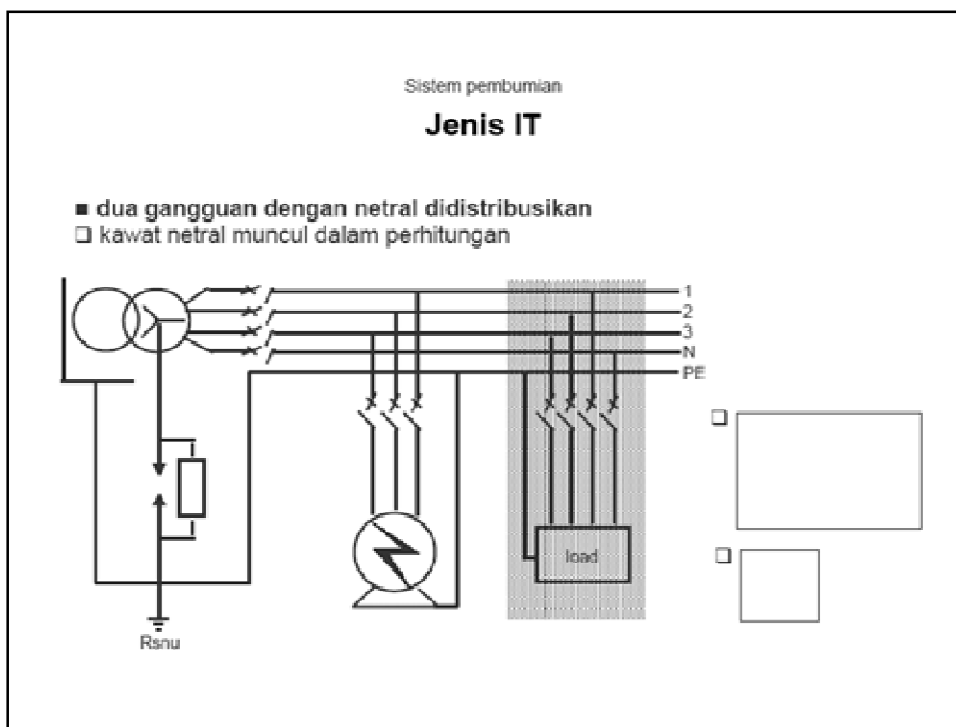
### Keuntungan dan kerugian sistem TN

	keuntungan	kerugian
TN	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. sederhana</li> <li>2. hanya peralatan yang terganggu yang dihentikan</li> <li>3. menyederhanakan pendeteksian gangguan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. merubah gangguan isolasi menjadi hubung pendek, sehingga membesarkan terjadinya api</li> <li>2. menghentikan gawai yang terganggu atau rangkaian yang terganggu (hati-hati terhadap sambungan otomatis)</li> </ol>









Sistem pembumian

**Jenis IT**

- pembatas surja (*surge limiter*) : IEC 364-534.2

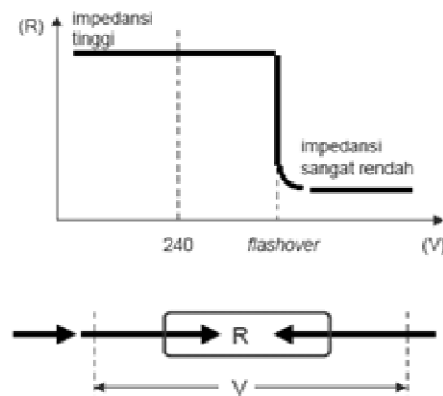
- nilai ambang = tegangan *flashover*  $V$

- $V <$  tegangan *flashover*  $V$

- $R$  sangat tinggi ( $1\text{ M}\Omega$ )
- $I$  sangat rendah ( $\sim 1\text{ mA}$ )

- $V >$  tegangan *flashover*  $V$

- $R$  sangat rendah ( $2\ \Omega$ )
- $I$  dilewatkan
- $V$  turun  $<$  tegangan triger  $V_d$



Sistem pembumian

**Jenis IT**

- kapasitas pemutusan selama *prospective double fault*

- saat instalasi jenis IT dibikin, aturan kapasitas pemutusan diaplikasikan tidak hanya untuk arus hubung pendek tiga fase pada titik yang dimaksud tetapi juga untuk dua arus prospektif gangguan

- menurut standar praktek, gawal pengaman boleh disaklar, pada kutub tunggal dengan tegangan fase ke fase, arus gangguan ganda sama dengan:

- 0,15 kali arus hubung singkat tiga fase pada titik yang dimaksud bila arus tersebut kurang dari atau sama dengan 10 kA
- 0,25 kali arus hubung singkat tiga fase pada titik yang dimaksud bila arus tersebut lebih besar daripada 10 kA

Sistem pembumian

**Jenis IT**

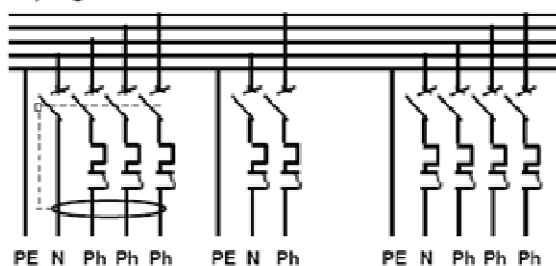
- untuk pemutus daya kutub banyak, informasi yang khusus tak mencukupi, hal tersebut diijinkan bahwa kapasitas pemutusan kutub tunggal dengan tegangan fase ke fase sekurang-kurang sama dengan kapasitas pemutusan tiga fase dengan tegangan sama dengan  $\sqrt{3}$  kali tegangan nominal instalasi.
- sebagai contoh: pada instalasi 230/400 V, pemutus daya seperti yang diumumkan oleh pabrik pembuatnya memiliki nilai kapasitas pemutusan:
  - 30000 A dengan tegangan tiga fase 400 V
  - 10000 A dengan tegangan tiga fase 690 V
- diperbolehkan bahwa pemutus daya memiliki kapasitas pemutusan sekurang-kurangnya 10000 A pada kutub tunggal dengan tegangan fase ke fase 400 V.
- untuk gawai pengaman kutub tunggal (pemutus daya kecil, pengaman lebur), kapasitas pemutusan yang harus dipertimbangkan adalah tegangan fase ke fase, sebagai contoh 400 V dalam instalasi 230/400 V.

Sistem pembumian

**Jenis IT**

■ aturan umum sesuai IEC 364-473.3.2.2.

pengaman netral



dalam sistem IT sangat dianjurkan bahwa penghantar netral tidak didistribusikan.

- simpangan yang diperbolehkan: sistem diijinkan bila :  
 $I_{\Delta N} \leq 0.15 I_{ad} \cdot N$
- sirkuit yang mengandung keraguan, bagian sirkuit terminal yang terdiri dari saluran dengan jenis sama atau membolehkan arus yang sama dan penghantar yang mempunyai luas penampang yang sama atau dua kali luas penampang yang berdekatan.
- bila luas penampang penghantar berbeda, otoritas ini berlaku jika gawai pengaman arus lebih untuk setiap sirkuit terminal mempunyai arus nominal yang tidak berbeda jauh dari 2 kali nilai tersebut.



Sistem pembumiharan

### jenis IT

■ pengaman penghantar netral : sesuai IEC 364-473.3.2.2

□ bila sirkit tertentu diamankan oleh gawai pengaman arus sisa dengan arus nominal tak melebihi 0,15 kali kapasiti arus pembawa pada penghantar netral, gawai ini harus memutuskan seluruh penghantar yang bertegangan, termasuk penghantar netral.

Sistem pembumiharan

### Jenis IT

■ pengaman penghantar netral : sesuai IEC 364-473.3.2.2

□ pada penghantar netral tertentu secara efektif diamankan terhadap hubung pendek dengan gawai pengaman yang ditempatkan pada sisi sumber, sebagai contoh pada awal instalasi, sesuai aturan yang dinyatakan dalam klausa 434-3.

Sistem pembumian

**Jenis IT**

## ■ waktu pemutusan untuk sistem IT

□  $U_1 = 50V$ 

tegangan nominal instalasi $U_0 / U$ V	Waktu pemutusan (s)	
	netral tdk didistribusikan	netral didistribusikan
120-240	0,8	5
230/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1000	0,1	0,2

## □ catatan

- untuk tegangan masih dalam toleransi yg dinyatakan oleh IEC 38, waktu pemutusan berdasarkan tegangan nominal.
- bila tegangan berada pada nilai tengah julat tegangan, digunakan tabel tegangan tertinggi yang paling mendekati.

Sistem pembumian

**Keuntungan dan kerugian sistem IT**

	keuntungan	kerugian
IT	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. tidak menghentikan peralatan listrik walaupun ada gangguan</li> <li>2. mengurangi intensitas gangguan, sehingga mengurangi juga resiko api, ledakan dan terbakar</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. kesulitan mendeteksi gangguan</li> <li>2. biaya besar (pengaman netralnya) dan metode yang rumit</li> </ol>

Pengamanan terhadap bahaya sentuhan listrik

### **Petunjuk membebaskan penderita dari sengatan aliran listrik**

- 3 Untuk memutuskan hubungan antara penderita dan penghantar, dilakukan cara sebagai berikut :
  - ⊗ sedapat mungkin penghantar harus dibuat bebas tegangan dengan jalan memutuskan sakelar atau melepaskan gawai pengaman. Atau penghantar ditarik sampai terlepas dari penderita dengan menggunakan benda kering bukan logam, misalnya sepotong kayu atau seutas tali yang diikatkan pada penghantar.
  - ⊗ penderita ditarik dari tempat kecelakaan.
  - ⊗ penghantar dilepaskan dari tubuh penderita dengan tangan yang dibungkus dengan pakaian kering yang dilipat-lipat.
  - ⊗ penghantar dihubungkan pendekkan atau dibumikan.
- 3 penolong harus mengamankan diri dahulu untuk menghindarkan atau mengurangi pengaruh arus listrik. Ia harus menempatkan diri pada papan yang kering, kain kering, pakaian kering atau alas serupa itu yang bukan logam (kayu, karet). Jika hal itu tidak mungkin, kedua tangan penolong dibalut dengan kain kering, pakaian kering atau bahan kering serupa itu (kertas, karet). Pada saat memberikan pertolongan, penolong harus menjaga diri agar tubuhnya jangan bersentuhan dengan benda logam.

**Referensi**  
**Dari berbagai sumber**