

**PELATIHAN  
PEMBINAAN DAN SERTIFIKASI AHLI K3 LISTRIK**

**PERSYARATAN RIKSA UJI PERTAMA DAN  
PERUBAHAN PADA INSTALASI, PERLENGKAPAN  
DAN PERALATAN LISTRIK**



HARTOYO, MT

085640929467

[hartoyo@uny.ac.id](mailto:hartoyo@uny.ac.id)

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

**CENTRA SAFETY CONSULTANT  
YOGYAKARTA, 24 FEBRUARI 2020**

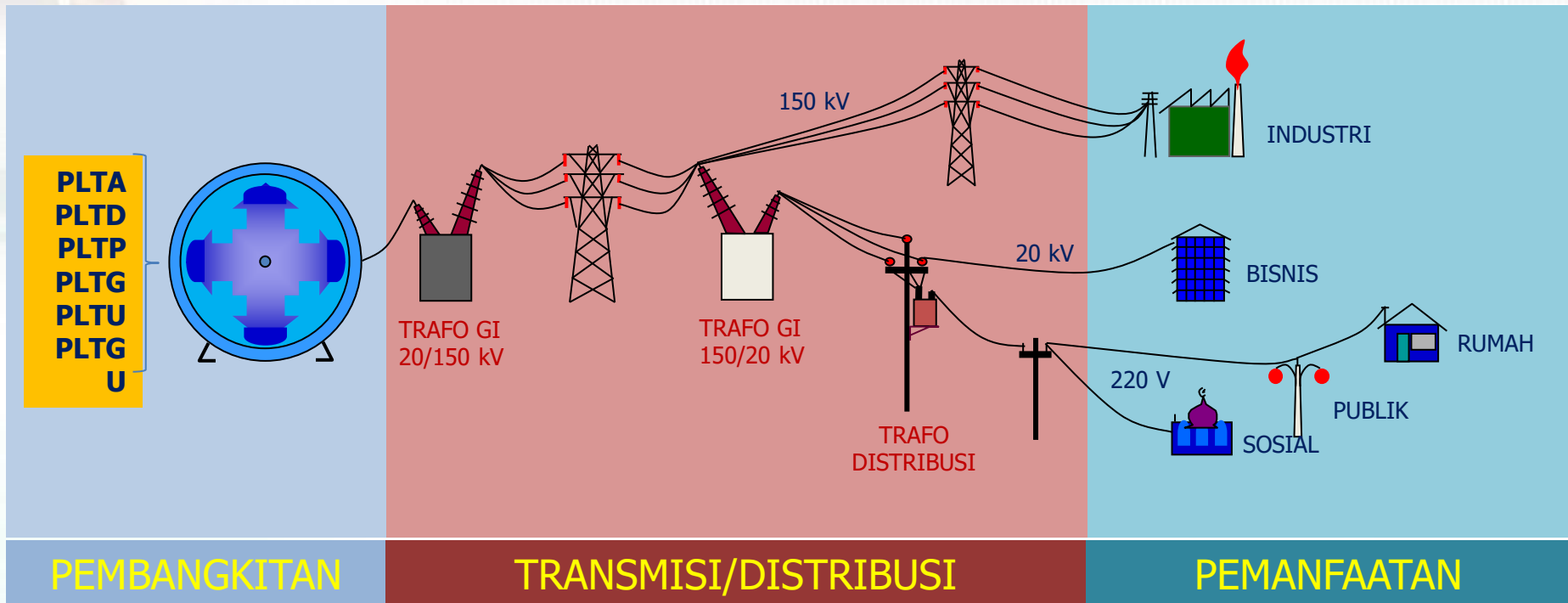
# Profil



- Nama : Dr. Ir. Hartoyo, M.Pd.,M.T.
- No. HP : +6285640929467
- Jabatan : Koordinator Program Studi Sarjana Terapan (D4)Teknik Elektro
- Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro
- Fakultas : Teknik
- Universitas : Universitas Negeri Yogyakarta (UNY)
- Riwayat Pendidikan:
  - ✓ S1: Pendidikan Teknik Elektro FPTK IKIP Yogyakarta
  - ✓ S2: Pendidikan Teknologi dan Kejuruan UNY
  - ✓ S2: Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada (UGM)
  - ✓ S3: Pendidikan Teknologi dan Kejuruan UNY
  - ✓ Ir : Pendidikan Profesi Insinyur FT UNY



# INSTALASI TENAGA LISTRIK



Instalasi tenaga listrik tenaga listrik terdiri atas:

1. Instalasi penyediaan tenaga listrik, meliputi
  - a. Instalasi pembangkit tenaga listrik;
  - b. Instalasi transmisi tenaga listrik; dan
  - c. Instalasi distribusi tenaga listrik.
2. Instalasi pemanfaatan tenaga listrik, meliputi:
  - a. Instalasi pemanfaatan tegangan tinggi;
  - b. Instalasi pemanfaatan tegangan menengah; dan
  - c. Instalasi pemanfaatan tegangan rendah.

# MENGAPA PERLU PENGUJIAN Potensi Bahaya Listrik

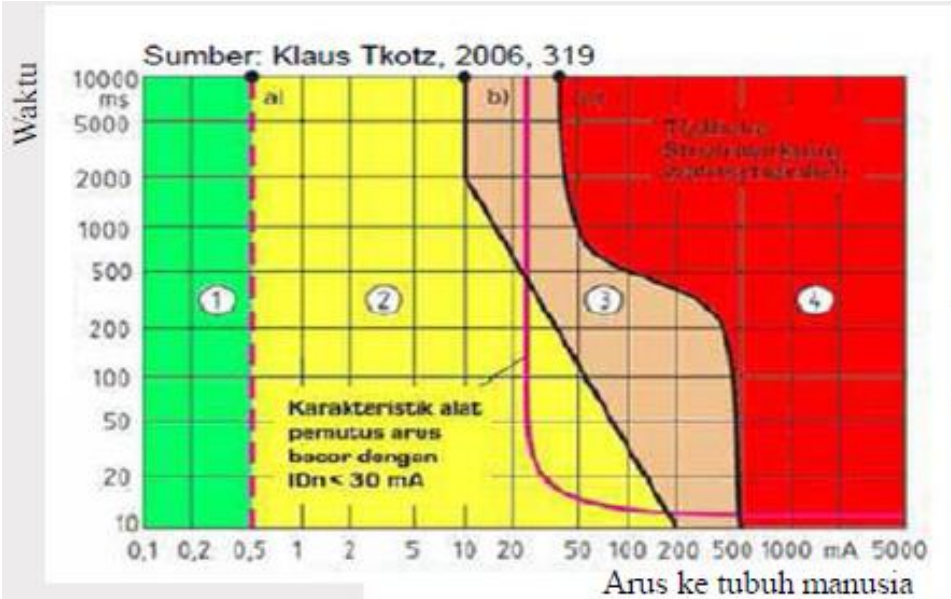
- Peralatan listrik memiliki potensi bahaya bagi manusia maupun bagi peralatan itu sendiri. Potensi bahaya ini bisa menjadi sumber penyebab terjadinya kecelakaan listrik.
- Terdapat 4 macam bahaya listrik yaitu :
  - ✓ Bahaya kejutan listrik karena tersentuh tegangan
  - ✓ Bahaya kebakaran
  - ✓ Bahaya panas yang dapat merusak isolasi
  - ✓ Bahaya ledakan atau percikan metal panas

# Bahaya Kejut Listrik

- Shock adalah mengalirnya arus listrik ke tubuh manusia
- Listrik yang mengalir ke tubuh manusia bisa membahayakan bahkan bisa menimbulkan kematian
- Perlu pemahaman bahaya shock oleh pekerja bidang listrik

PENGARUH ARUS LISTRIK PADA TUBUH MANUSIA	
BESARNYA ARUS	PENGARUH PADA TUBUH MANUSIA
0 ..... 0,9 mA	BELUM DIRASAKAN PENGARUHNYA
0,9 ..... 1,2 mA	BARU TERASA ADANYA ARUS LISTRIK
1,2 ..... 1,6 mA	MULAI TERASA SEAKAN-AKAN ADA YANG MERAYAP DIDALAM TANGAN
1,6 ..... 6,0 mA	TANGAN SAMPAI KESIKU MERASA KESEMUTAN
6,0 ..... 8,0 mA	TANGAN MULAI KAKU, RASA KESEMUTAN MAKIN BERTAMBAH
13 ..... 15,0 mA	RASA SAKIT TIDAK TERTAHANKAN PENGHANTAR MASIH DAPAT DILEPASKAN DENGAN GAYA YANG BESAR SEKALI
15 ..... 20,0 mA	OTOT TIDAK SANGGUP LAGI MELEPASKAN PENGHANTAR
20 ..... 50,0 mA	DAPAT MENYEBABKAN KERUSAKAN PADA TUBUH MANUSIA
50 ..... 100,0 mA	BATAS ARUS YANG DAPAT MENYEBABKAN KEMATIAN

# Batas Bahaya



Daerah	Reaksi Tubuh
1	Tidak terasa
2	Terasa, tetapi belum menyebabkan gangguan kesehatan
3	Kejang otot, dan gangguan pernafasan
4	Kegagalan detak jantung, kematian

Pada Arus 30 mA : Manusia Tidak bisa melepaskan diri sendiri (Can not let go) atau mulai lengket → Sensitivitas ELCB dipilih = 30 mA (IEC)  
 Lihat Kurva: ELCB akan trip jika arus lebih dari 30 mA dalam waktu 20 mS.

# Kondisi yang menimbulkan bahaya (kecelakaan/kerusakan/kebakaran)

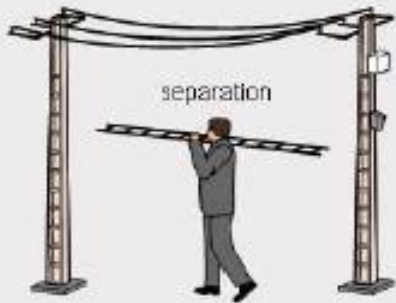
- ✓ Hubung pendek terjadi tanpa pengaman atau dengan pengaman yang salah
- ✓ Beban lebih tanpa pengaman atau dengan pengaman yang tidak sesuai.
- ✓ Ledakan, percikan api atau pemanasan lokal yang timbul karena salah pemilihan dan penggunaan perlengkapan listrik
- ✓ Peralatan tidak memenuhi persyaratan keamanan baik yang disyaratkan dalam standar maupun dalam PUIL.
- ✓ Pelaksanaan pemasangan sistem proteksi termasuk di dalamnya sistem pembumian instalasi yang tidak benar
- ✓ Penggunaan identifikasi warna atau tanda lain yang tidak benar.
- ✓ Kontak pada peralatan pemutus, terminal, sambungan, dan pada klem buruk kondisinya
- ✓ Hilang kontak atau netral putus yang menimbulkan tegangan tidak berimbang.
- ✓ Keadaan lingkungan instalasi yang buruk

# Sumber Kecelakaan dari Listrik

- ❑ Sebab -sebab kemungkinan kecelakaan yang berasal dari peralatan:
  - ✓ Peralatan sudah tua.
  - ✓ Peralatan yang kondisinya tidak baik.
  - ✓ Peralatan yang tidak memenuhi persyaratan keamanan/standar.
  
- ❑ Sebab - sebab kemungkinan kecelakaan yang berasal bukan dari peralatan (peralatan memenuhi persyaratan):
  - ✓ Kesalahan pengoperasian oleh pemakai instalasi/peralatan listrik
  - ✓ Kesalahan yang dilakukan oleh instalatur, karena salah memasang peralatan (tidak mengikuti peraturan) atau salah memilih peralatan/material yang tidak memenuhi persyaratan standar dan persyaratan PUIL.
  - ✓ Kesalahan yang dilakukan oleh pengawas, karena tidak cermat, tidak disiplin
  - ✓ Kesalahan yang dilakukan oleh perancang atau perencana, baik karena salah memilih peralatan maupun karena salah perhitungan/perencanaan
  - ✓ Kesalahan - kesalahan karena kondisi peraturan dan kontrol perhitungan/Peralatan tidak persyaratan yang belum memadai



# Mengatasi Bahaya Kejut Listrik



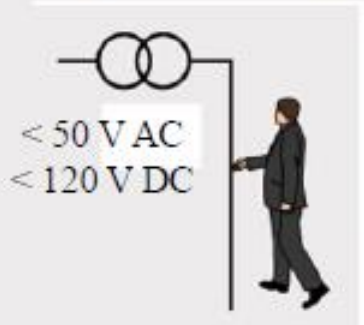
Jaga Jarak Aman



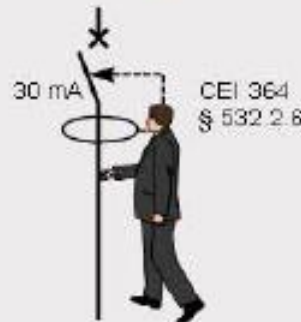
Proteksi Sumber Listrik



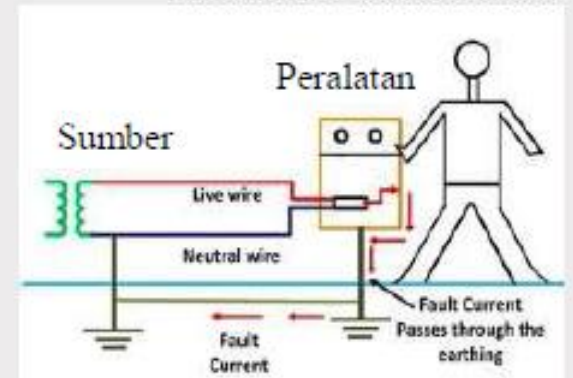
Isolasi Peralatan Listrik



Gunakan Tegangan Ekstra Rendah



Amankan Dengan ELCB



Grounding

## 4. Tuntutan atau Syarat Utama

- ❑ Instalasi harus aman bagi manusia, ternak dan harta benda
- ❑ Instalasi harus andal dalam arti memenuhi fungsinya secara aman bagi instalasi
- ❑ Instalasi listrik harus akrab lingkungan dalam arti tidak merusak lingkungan

# UU K3

Setiap pemberi kerja wajib menjamin keselamatan dan Kesehatan para pekerja/buruh.



Setiap pekerjaan harus mampu mencegah timbulnya kecelakaan dan penyakit akibat kerja

Setiap Tenaga Kerja harus memahami dan mempunyai **Sertifikat K3**



Setiap kegiatan kerja wajib memenuhi ketentuan yang disyaratkan dalam peraturan perundang-undangan di bidang **Lingkungan Hidup**



Setiap peralatan produksi wajib memiliki **Sertifikat Laik Operasi**.

Setiap perusahaan wajib menerapkan sistem manajemen K3 yang terintegrasi dengan manajemen perusahaan



Undang Undang No.1 Tahun 1970 Tentang **Keselamatan dan Kesehatan Kerja**



# UU KETENAGALISTRIKAN (K2)

Setiap usaha ketenagalistrikan wajib memenuhi ketentuan **Keselamatan Ketenagalistrikan**



Setiap peralatan dan pemanfaat tenaga listrik wajib memenuhi ketentuan **Standar Nasional Indonesia**



Setiap instalasi tenaga listrik yang beroperasi wajib memiliki **Sertifikat Laik Operasi**.



Undang Undang  
No. 30/2009  
Tentang  
**KETENAGALISTRIKAN**



Setiap tenaga teknik dalam usaha ketenagalistrikan wajib memiliki **Sertifikat Kompetensi Tenaga Teknik Ketenagalistrikan**



Setiap badan usaha penunjang tenaga listrik wajib memiliki **Sertifikat Badan Usaha** sesuai (klasifikasi dan kualifikasi)



Setiap kegiatan usaha ketenagalistrikan wajib memenuhi ketentuan yang disyaratkan dalam peraturan perundang-undangan di bidang **Lingkungan Hidup**





# K3 Listrik

Undang undang No 1 tahun 1970  
Keselamatan Kerja

**Pasal 2 ayat (2) huruf q  
(Ruang lingkup)**

**Setiap tempat dimana listrik  
dibangkitkan, ditransmisikan,  
dibagi-bagikan, disalurkan dan  
digunakan**



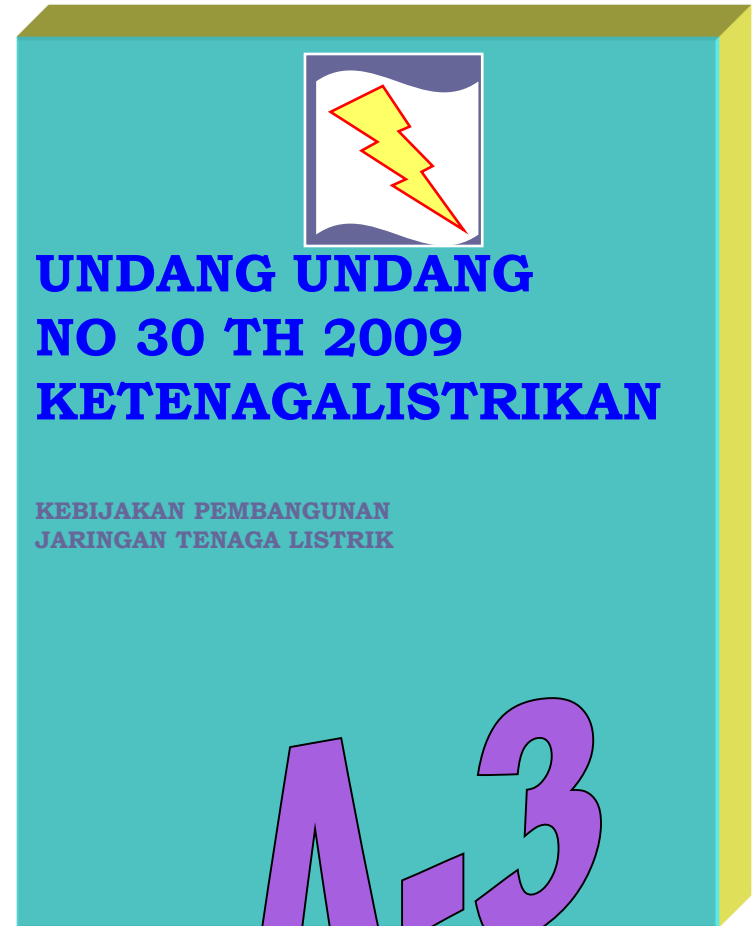
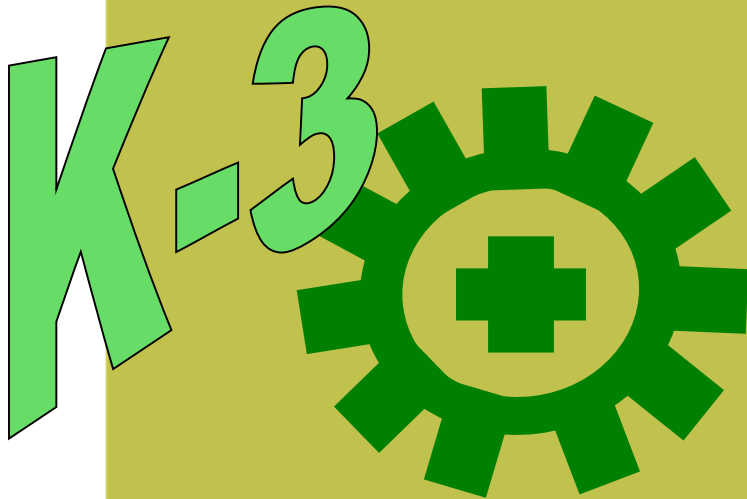
## Pasal 3 ayat (1) huruf q (Objective)

**Dengan peraturan perundangan  
ditetapkan syarat-syarat keselamatan  
kerja untuk:**

**q. mencegah terkena aliran listrik  
berbahaya**

# UU - Listrik

**UNDANG UNDANG  
NO 1 TH 1970  
KESELAMATAN KERJA**



Andal, Aman dan  
Akrap lingkungan

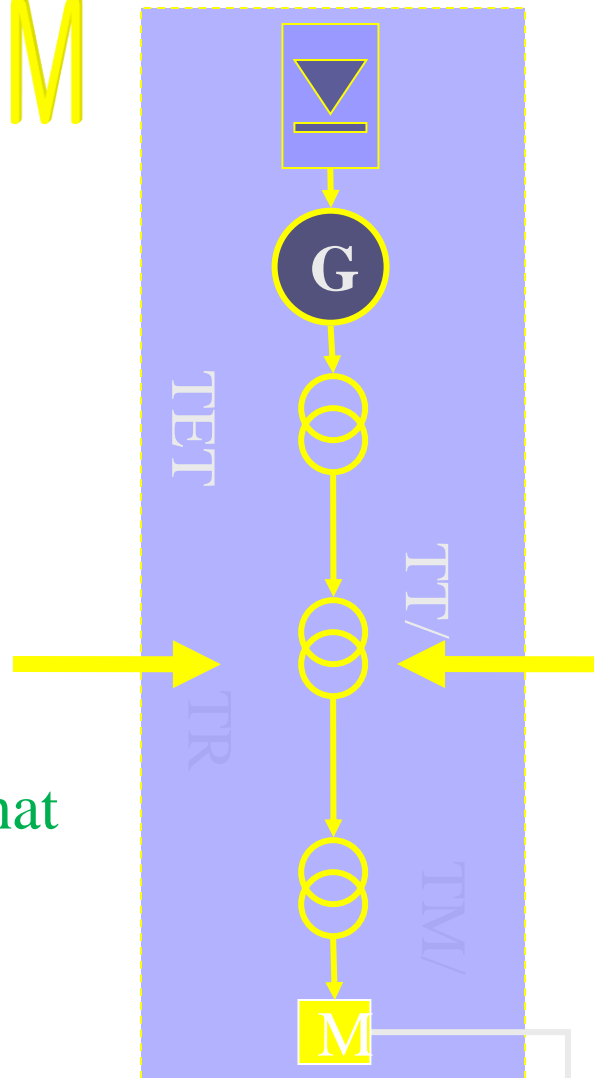
# DASAR HUKUM

**UU 1 / 70**

Kebijakan nasional dalam hal upaya menjamin **tempat kerja** yang Aman dan lingkungan yang Sehat

**K3**

Tempat kerja



**UU 15 / 85**

**UU 20 / 02**

**UU 30 / 2009**

Kebijakan nasional dalam hal penyediaan tenaga listrik (**pengusahaan**) yang Andal, Aman dan Akrap lingkungan

**A3**

Bukan tempat kerja



# 7.1. PENGERTIAN UMUM

- Pekerjaan instalasi listrik yang telah selesai dikerjakan dan akan dioperasikan, tidak serta merta langsung boleh dioperasikan. Sebelum dan pada saat akan dioperasikan harus diyakini terlebih dahulu bahwa instalasi listrik tersebut benar-benar aman untuk dioperasikan.
- Untuk meyakini bahwa instalasi listrik tersebut benar-benar aman dioperasikan, keberadaannya harus telah memenuhi ketentuan dan persyaratan teknis yang ditentukan.
- Apakah instalasi listrik telah memenuhi ketentuan dan persyaratan teknis yang ditentukan, perlu dilakukan pemeriksaan dan pengujian atau testing dan komisioning.
- Testing dan komisioning (commissioning test), adalah serangkaian kegiatan pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik yang telah selesai dikerjakan dan hendak dioperasikan.
- Dengan hasil pemeriksaan dan pengujian yang baik, maka diyakini bahwa instalasi listrik aman pada saat dioperasikan, yaitu aman bagi manusia, ternak, harta benda dan aman bagi instalasi itu sendiri.

## 7.2. PEMERIKSAAN

- ✦ Pemeriksaan merupakan bagian dari testing dan komisioning, dengan cara melihat langsung terhadap material/ peralatan/ barang maupun konstruksi instalasi listrik yang telah terpasang, secara kasat mata dan tanpa melalui alat/ peralatan bantu.
- ✦ Ada dua jenis pemeriksaan, yaitu : pemeriksaan sifat tampak (visual check) dan pemeriksaan pemasangan (konstruksi).
- ✦ Pemeriksaan sifat tampak (visual check) :
  1. Pemeriksaan item per item material/ barang/ alat yang telah terpasang.
  2. Untuk mengetahui apakah perlengkapan yang dipasang telah sesuai dengan spesifikasi dalam kontrak.
  3. Melihat, apakah semua perlengkapan dalam kondisi baik, secara fisik tidak ada kelainan, tidak cacat fisik, dan lain-lain.
- ✦ Pemeriksaan pemasangan (konstruksi) :
  1. Pemeriksaan rangkaian (konstruksi) material/ barang/ alat yang telah terpasang.
  2. Untuk mengetahui apakah rangkaian material/ barang/ peralatan yang dipasang telah sesuai/ tidak sesuai dengan gambar rencana maupun peraturan yang berlaku (PUIL, SPLN, dan lain-lain).

## 7.3. PENGUJIAN

- ✦ Pengujian merupakan bagian dari testing dan komisioning, dimana untuk dilihat secara kasat mata tidak bisa dilakukan, terhadap material/ barang/ alat maupun konstruksi yang telah terpasang pada instalasi listrik.
- ✦ Beberapa jenis pengujian, antara lain : pengujian individual, pengujian atau pengukuran tahanan pembumian, pengujian tegangan tinggi, dan pengujian sistem pengaman/ kontrol.
  - ✦ Pengujian individual :
    1. Pengujian untuk mencocokkan kesesuaian karakteristik dan rujukan, atau
    2. Pengujian untuk mengetahui apakah kondisi peralatan telah berfungsi dengan baik atau tidak.
  - ✦ Pengujian atau pengukuran tahanan pembumian :

Untuk mengetahui apakah nilai tahanan pembumian telah memenuhi standar/ ketentuan yang telah ditetapkan.

# Pemeriksaan Dan Pengujian Instalasi Listrik

- Wajib dilakukan pada perencanaan, pemasangan, penggunaan, perubahan, dan pemeliharaan
- mengacu kepada standar bidang kelistrikan dan peraturan perundang-undangan
- dilakukan oleh Pengawas Ketenagakerjaan Spesialis K3 Listrik dan/atau Ahli K3 bidang Listrik
- pelaksanaannya :
  - sebelum penyerahan kepada pemilik/pengguna;
  - setelah ada perubahan/perbaikan; dan
  - secara berkala

- Pemeriksaan berkala
  - 1 (satu) tahun sekali
- Pengujian berkala
  - 5 (lima) tahun sekali
- hasil pemeriksaan dan pengujian
  - dilaporkan ke dinas yang membidangi pengawasan setempat
  - sebagai bahan pembinaan dan penegakan hukum

# Pemeriksaan Berkala

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

# Pengujian Listrik

Sekurang-kurangnya ada 35 Jenis Pungujian Listrik.  
Yang berkaitan secara langsung (sekali lagi secara langsung) dengan K3 Listrik adalah No.01-05 (Uji Insulasi) , dan No.06-10.

No.	JENIS PENGUJIAN	FUNGSI PENGUJIAN	PENGUJIAN UNTUK					
			GEN	MOT	TRF	FDR	INS TR	BAT
01.	Insulation Resistance (megger) Test	Offline : Untuk mengetahui tahanan isolasi pada Tegangan rendah sampai dengan Menengah	V	V	V	V	V	
02.	PI (Polarization Index) Test & DAR Test	Offline : Untuk mengetahui kondisi winding : lembab (moist), kotor (dirt), kontaminasi	V	V	V			
03.	Hi Pot Test	Offline : Untuk mengetahui kondisi isolasi baru, untuk Tegangan Menengah keatas	V	V	V	V		
04.	Tangen Delta Test	Offline : Untuk mengetahui kondisi isolasi, untuk Tegangan Menengah keatas	V	V	V	V		
05.	Partial Discharge Test	Offline & Online : Untuk mengetahui kondisi isolasi, untuk Tegangan Menengah keatas	V	V	V	V		
06.	ERT (Earth Resistance Test)	Offline & Online : Untuk mengetahui tahanan pentanahan maksimum 5 Ohm	V	V	V	V	V	
07.	Micro Ohm Test	Offline : Untuk mengetahui kondisi sambungan lempeng listrik (loss connection)	V	V	V	V	V	V
08.	CB (Circuit Breaker) Testing	Offline : Untuk mengetahui kondisi baik dari CB	V	V	V	V	V	V
09.	Prot.Relay Function test & Calibration	Offline : Untuk mengetahui kondisi baik dari Protective Relay	V	V	V	V		
10.	Infrared Thermography Test (Heat Gun Test)	Online : Untuk mengetahui kondisi temperatur peralatan	V	V	V	V	V	V

**GEN=Generator, MOT=Motor, TRF=Trafo, FDR=Feeder,  
INS TR=Instalasi Tegangan Rendah, BAT = Battery (DC Power)**

# Pengujian Listrik- Lanjutan 1

No.	JENIS PENGUJIAN	FUNGSI PENGUJIAN	PENGUJIAN UNTUK					
			GEN	MOT	TRF	FDR	INS TR	BAT
11.	DC Resistance Test	Offline : Untuk mengetahui nilai tahanan winding, penyimpangan kl. 2%	V	V	V			
12.	Surge Comparison Test	Offline : Untuk mengetahui kondisi turn, coil, winding, misalnya turn to turn short, dll	V	V	V			
13.	Ring flux Test (EL CID)	Offline : Untuk mengevaluasi kondisi keseluruhan laminasi Iron core	V	V				
14.	Short Circuit Field Turn Test	Offline : Untuk mendeteksi short circuit turn, kesalahan jumlah turn	V	V				
15.	Voltage Drop Test for Rotor DC	Offline : Untuk mendeteksi gangguan pada winding Rotor DC	V	V				
16.	Zero Adjustment (Brush Rocker Adjustment)	Offline : Untuk mendeteksi Sparking yang terjadi pada Carbon Brush dan Commutator pada mesin DC	V	V				
17.	Grawler Test	Offline : Untuk mendeteksi kondisi rotor dengan menginduksikan magnetic ke rotor bar	V	V				
18.	Vibration Test	Online : Untuk mengetahui kondisi vibrasi peralatan	V	V	V			
19.	MCA (Motor Circuit Analysis) Test	Online : Untuk mengetahui kondisi Resistance, Impedance, Inductance, Phase angle, dll		V				
20.	EMI (Electro Magnetic Interference) Test	Online : Untuk mengetahui kerusakan komponen pada Gen & Motor, Merk Doble	V	V				
21.	ESA (Electric or Current Signature Analysis) Test	Online : Untuk mengetahui current & voltage signals pada Rotor & Stator core	V	V				

**GEN=Generator, MOT=Motor, TRF=Trafo, FDR=Feeder, INS TR=Instalasi Tegangan Rendah, BAT = Battery (DC Power)**



## Pengujian Listrik - Lanjutan 2

No.	JENIS PENGUJIAN	FUNGSI PENGUJIAN	PENGUJIAN UNTUK					
			GEN	MOT	TRF	FDR	INS TR	BAT
22.	TTR (Transformer Turn Ratio) Test	Offline : Untuk mengetahui ratio lilitan (turn) dari Transformer			V			
23.	DGA (Disolve Gas Analysis) Test	Offline : Untuk menganalisis gas-gas apa saja yang ada dan yang terlarut dalam oil trafo			V			
24.	BDV (Break Down Voltage) Oil Test	Offline : Untuk mengetahui tegangan tembus dari oil trafo yang bertindak sebagai isolasi			V			
25.	Oil Purification Test	Offline : Untuk mem purifikasi oil trafo agar kembali menjadi baik (murni)			V			
26.	SG (Specific Gravity) Test	Onine : Untuk mengetahui SG dari Battery basah						V
27.	BCT (Battery Charge Test)	Offline : Untuk mengetahui kondisi Battery bila diberi beban (bisa berapa jam)						V
28.	Uji Kualitas (karakteristik) Oil	Online : Untuk mengetahui ada tidaknya kontaminan dan oksidasi dalma Oil			V			
29.	Uji FURAN	Online: Untuk mengetahui tingkat depolmerisasi (penuruna kualitas isolasi kertas). Diperiksa nilai Furan-nya.			V			
30.	Uji Corrosive Sulfur	Online: Untuk mengetahui kandungan Sulfur yang bisa merusak isolasi kertas			V			
31.	Uji SFRA (Sweep Frequence Response Analysis)	Offline: Untuk mengetahui adanya pergeseran pada inti dan belitan			V			

**GEN=Generator, MOT=Motor, TRF=Trafo, FDR=Feeder, INS TR=Instalasi Tegangan Rendah, BAT = Battery (DC Power)**

## Pengujian Listrik – Lanjutan 3

No.	JENIS PENGUJIAN	FUNGSI PENGUJIAN	PENGUJIAN UNTUK					
			GEN	MOT	TRF	FDR	INS TR	BAT
32.	Uji OLTC	Offline: Untuk mengetahui OLTC berfungsi baik			V			
33.	Uji Rele Bucholz	Offline: Untuk mengetahui Rele Bucholz berfungsi baik			V			
34.	Uji rele Jansen	Offline: Untuk mengetahui Rela Jansen berfungsi baik			V			
35.	Uji Sudden Pressure	Offline: Untuk mengetahui Sudden Pressure berfungsi baik			V			

**GEN=Generator, MOT=Motor, TRF=Trafo, FDR=Feeder,  
INS TR=Instalasi Tegangan Rendah, BAT = Battery (DC Power)**

# 1. PENGUJIAN ISOLASI

**Insulation (isolasi) sangat berkaitan dengan terjadinya Short Circuit yang menyebabkan Shock, Arc & Blast.**

**Teknologi untuk mengetahui kondisi isolasi :**

**1. Teknologi kesatu (paling awal) adalah dengan menggunakan Insulation Resistance Tester (Meger) : Untuk Tegangan Rendah s/d Tegangan Menengah**



Meter Tahanan Isolasi

**□ Rule of Thumb : Insulation Resistance minimum = 1000 Ohm/Volt.  
Aplikasi didunia industri seringkali + 1 MOhm, sehingga menjadi (kV operasi isolasi) + 1 Mohm (NEMA-MG1-Part 20)**

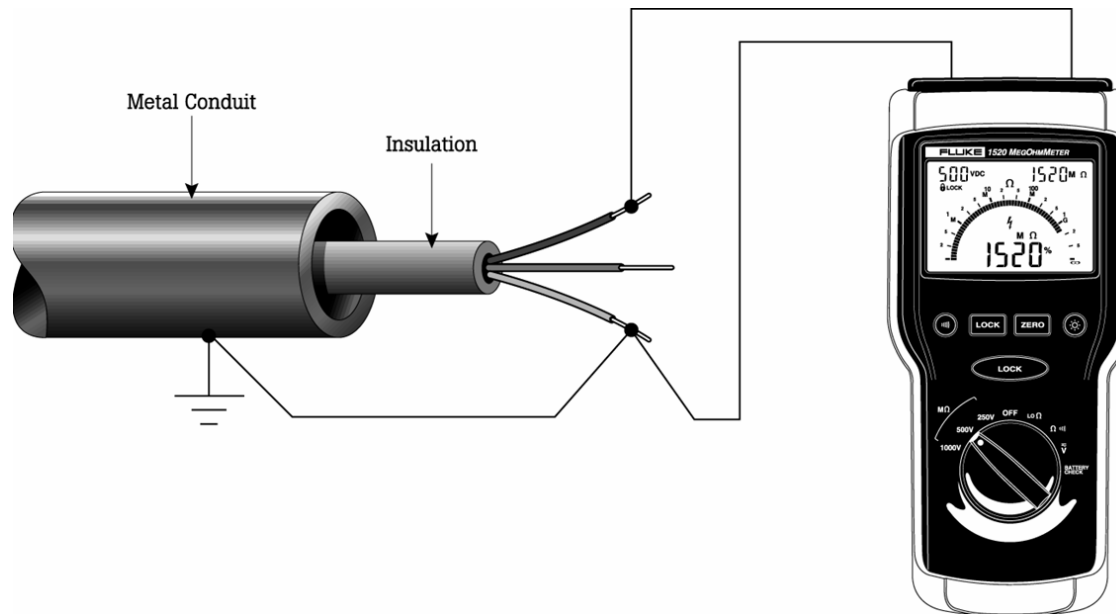
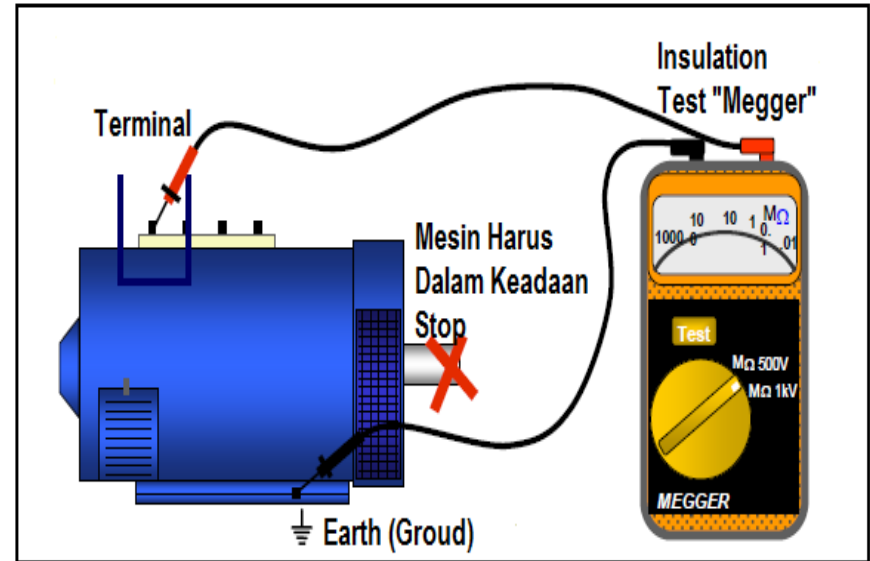
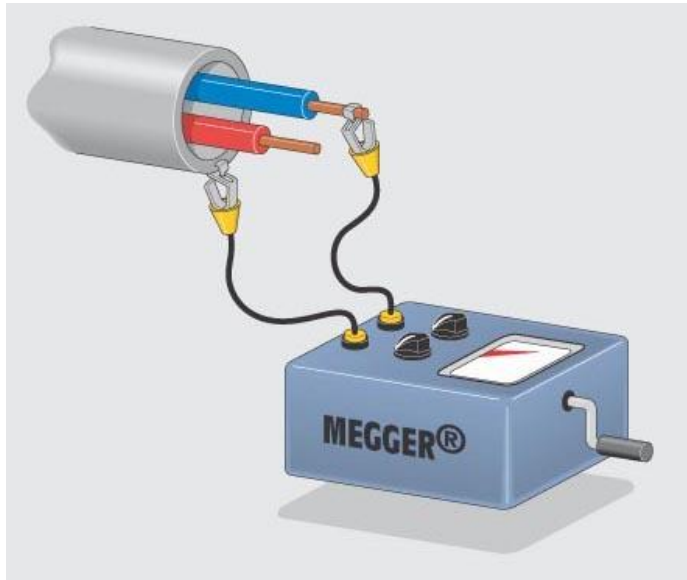
**Contoh : Jika tegangan operasi kabel berisolasi 220 Volt (=0,22 kV), maka Insulation Resistance minimum = 0,22 MOhm + 1 MOhm = 1,22 Mohm.  
Insulation Resistance Test merupakan "Go or No Go Test"**

**Megger :**

**One lead to the Winding,  
another one lead to the frame (ground)**

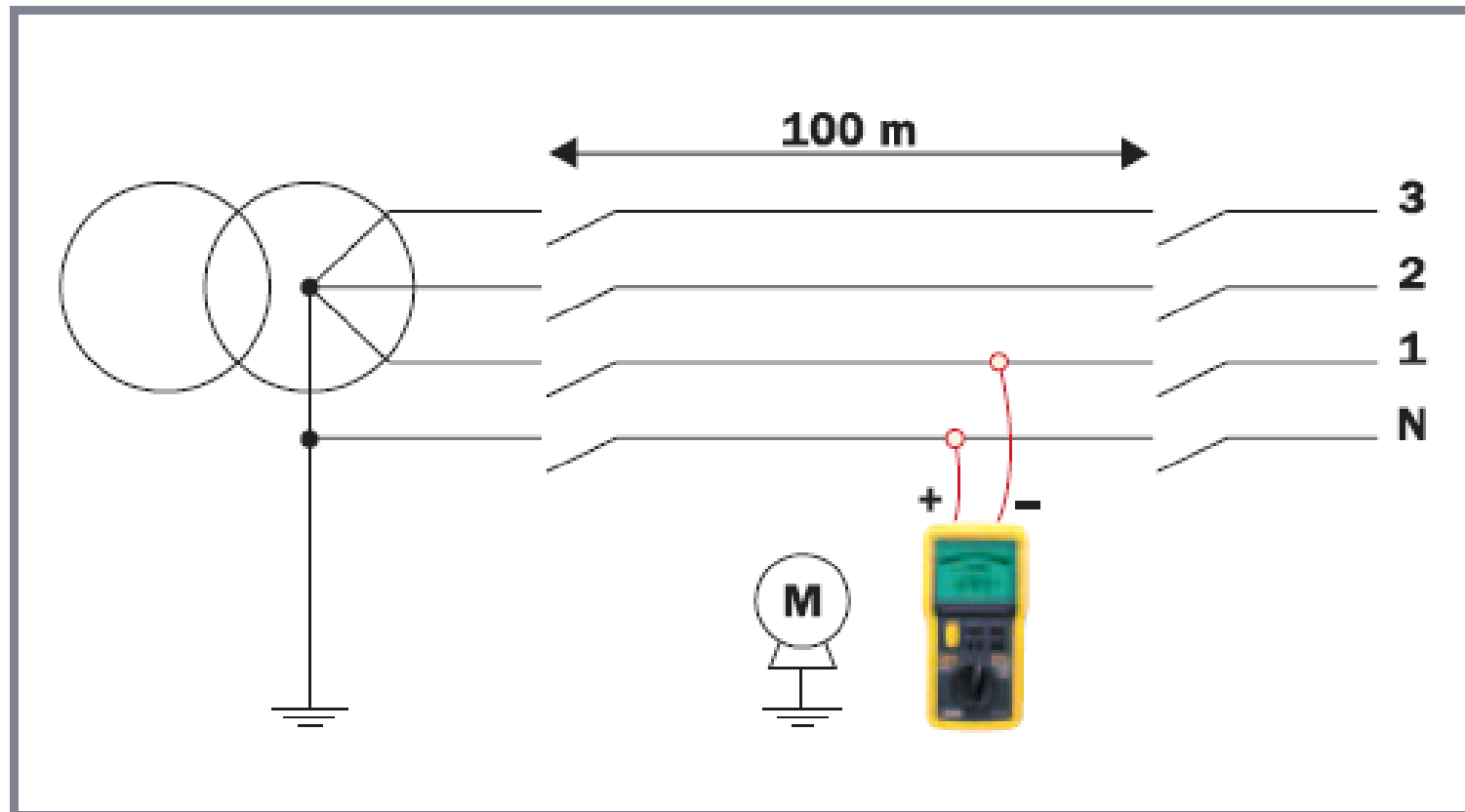


# Connection for Insulation Resistance Test :

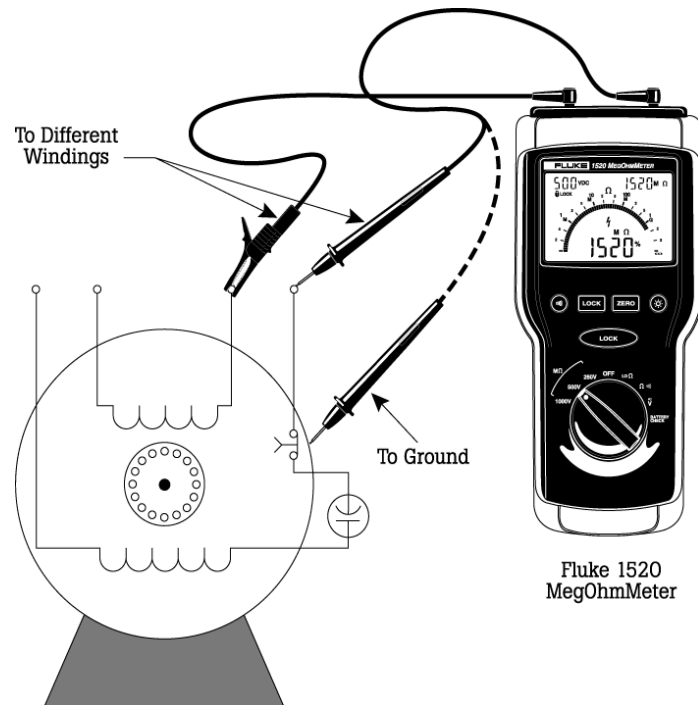
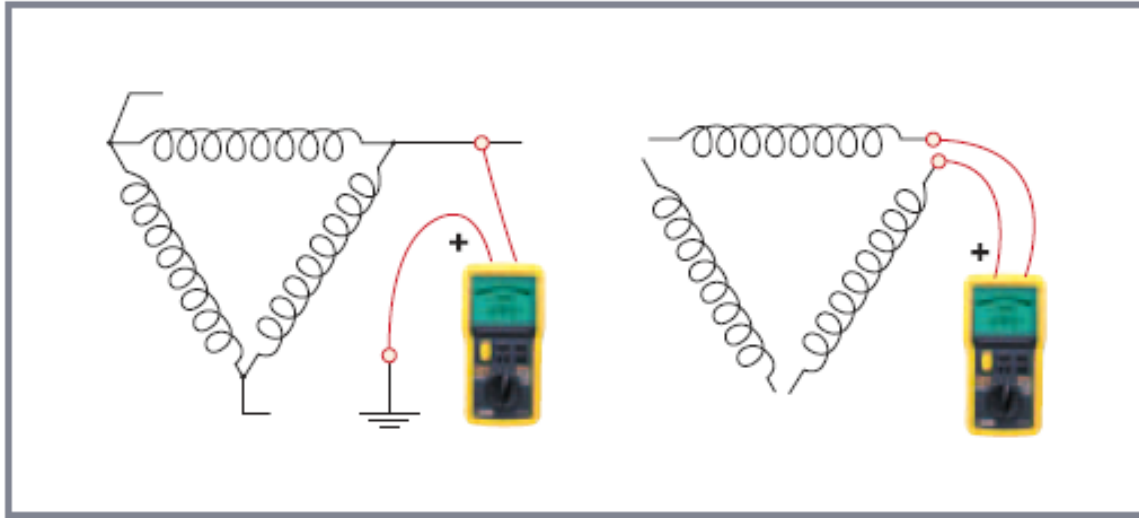


# Examples of insulation tests

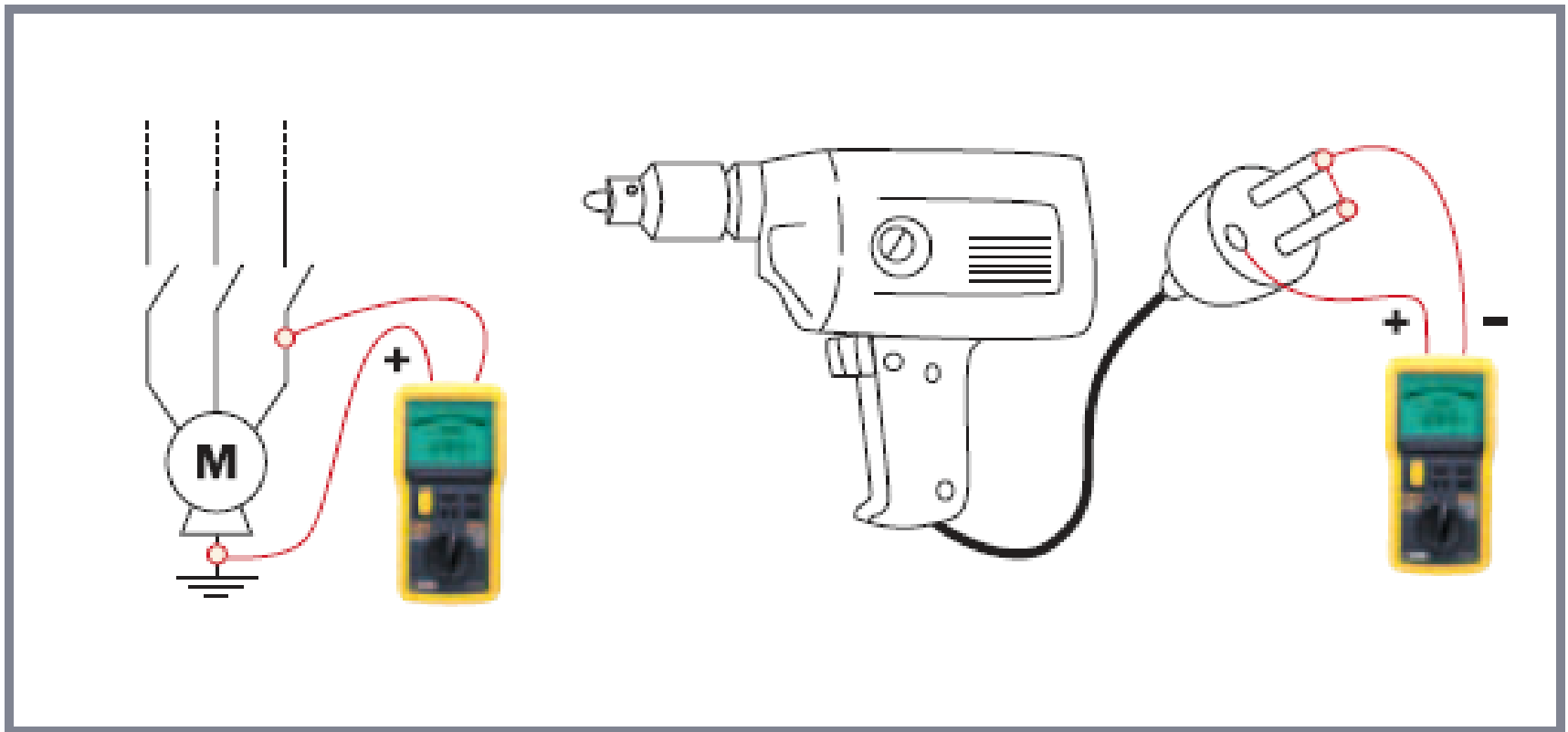
## ■ Insulation measurement on an electrical installation



## ■ Insulation measurement on a rotating machine



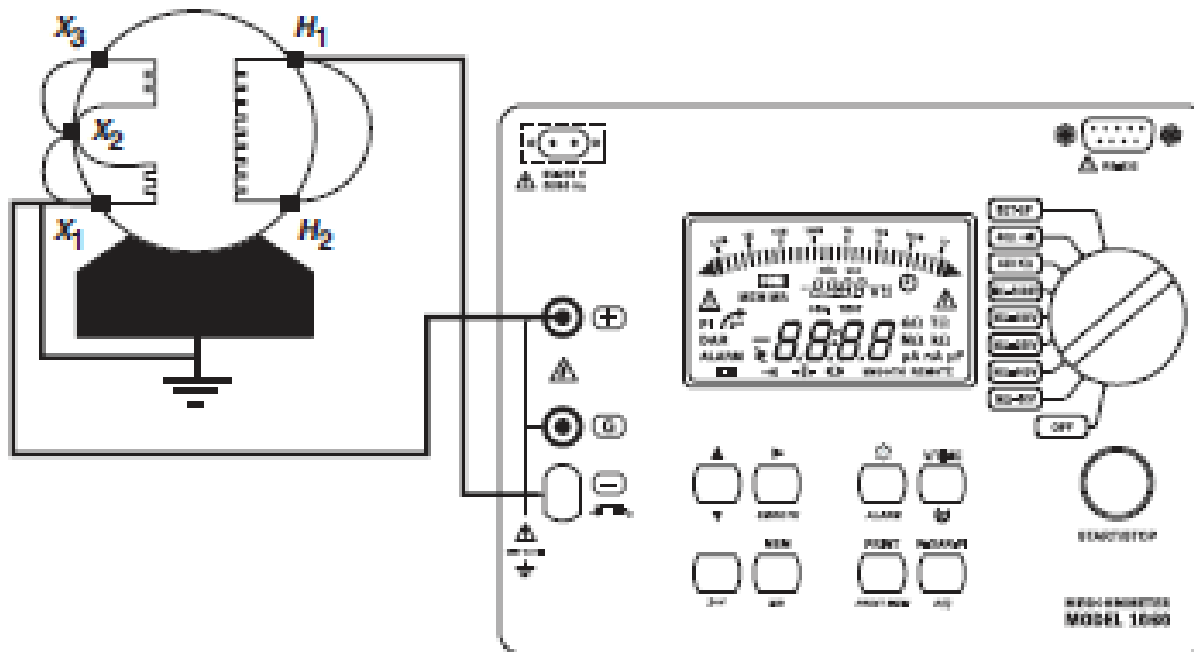
## ■ Insulation measurement on an appliance and an electric motor



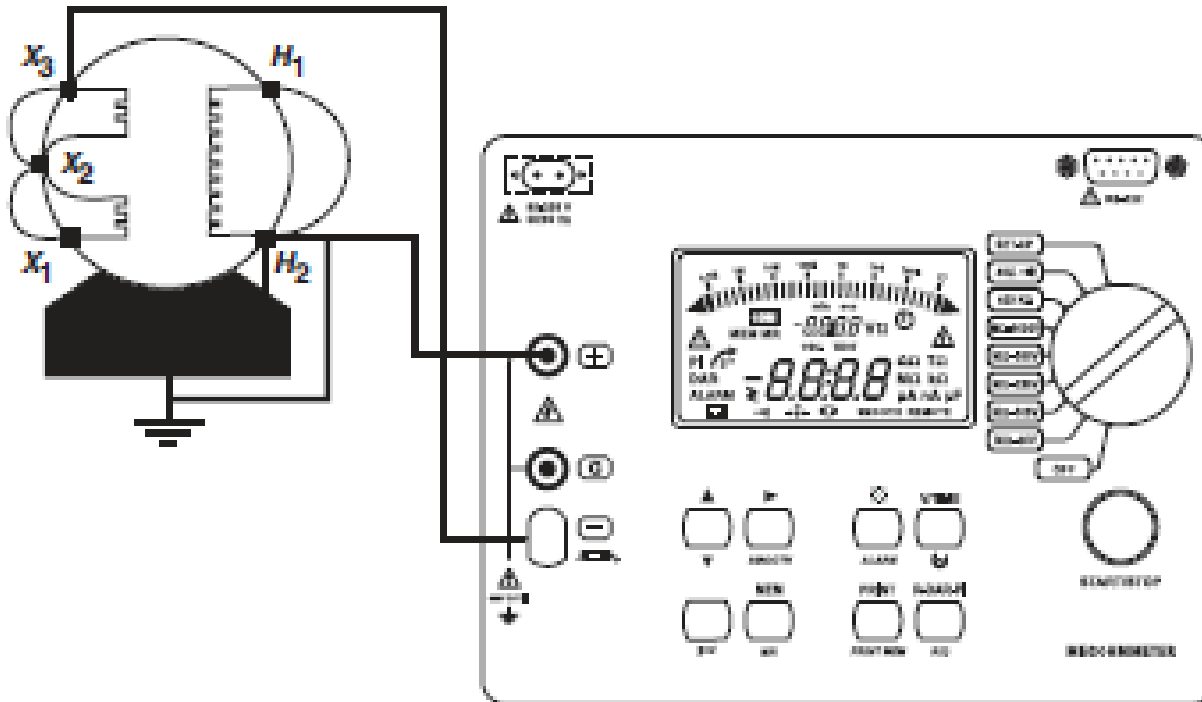




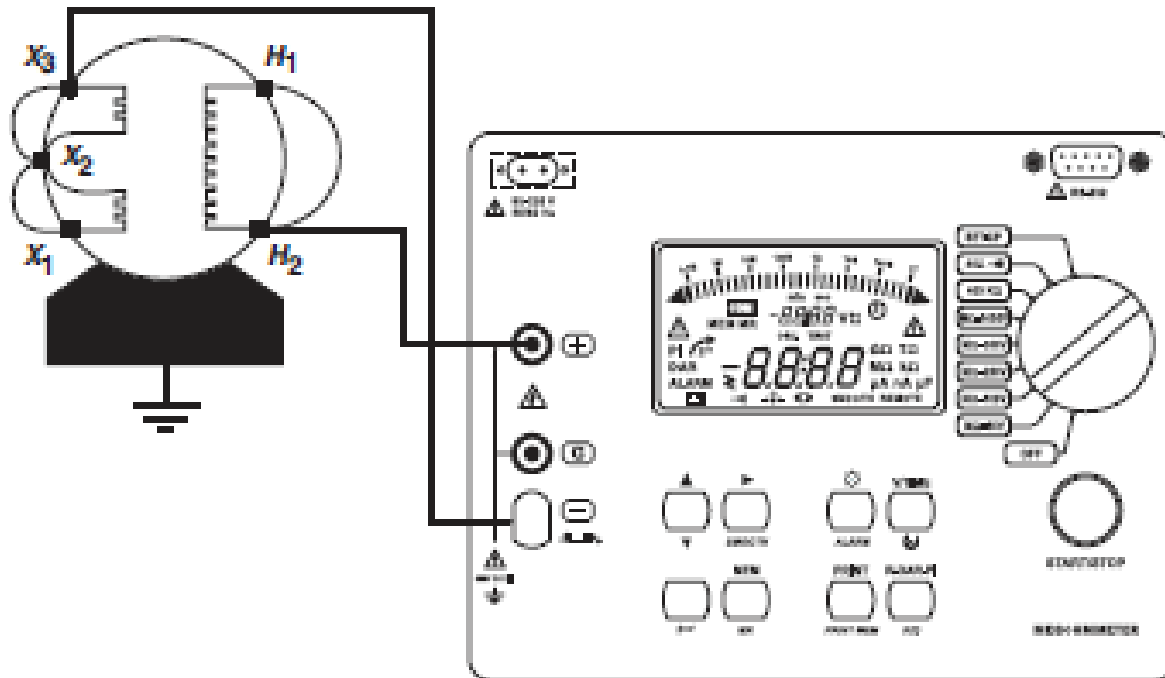
## ■ Insulation measurement on a transformer



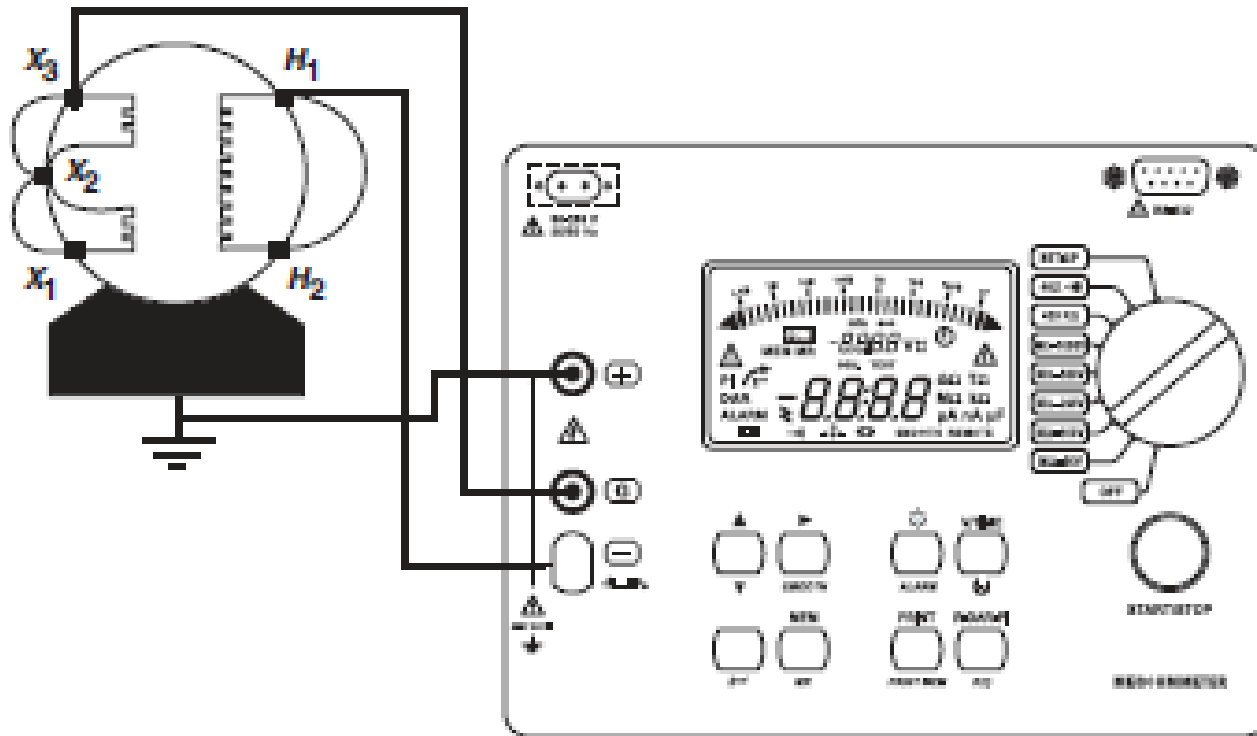
*a. High-voltage winding to low-voltage winding and earth*



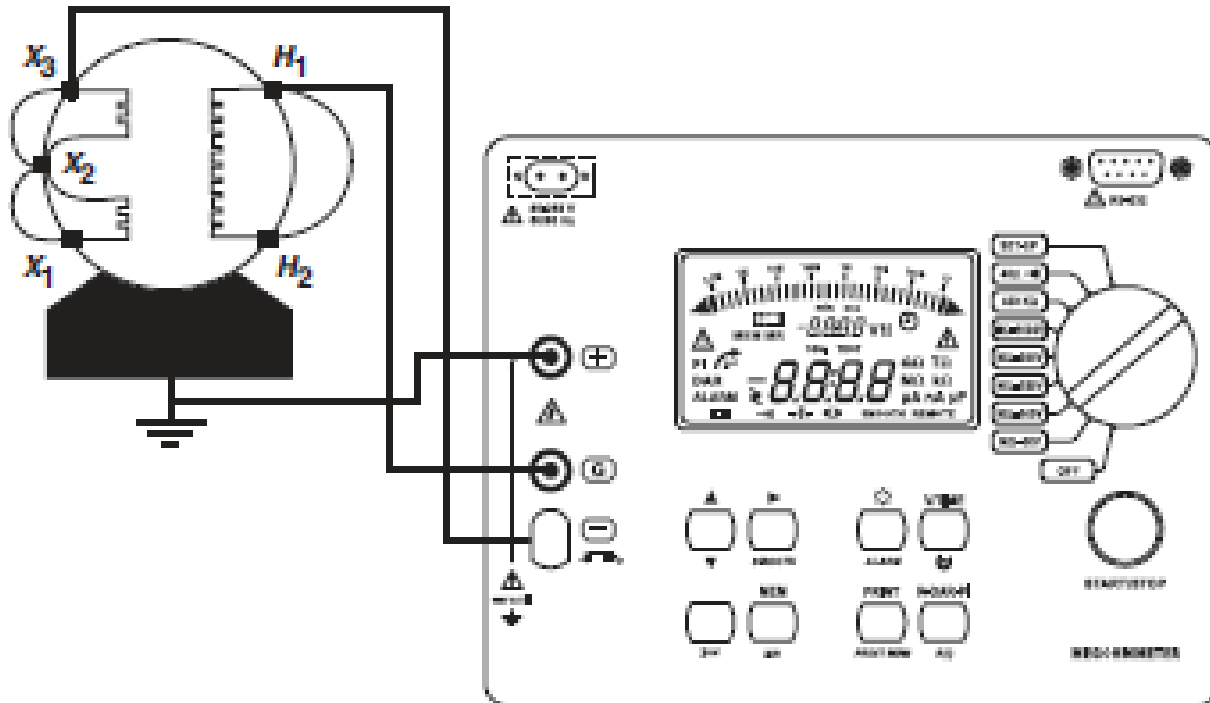
*b. Low-voltage winding to high-voltage winding and earth*



*c. High-voltage winding to low-voltage winding*



*d. High-voltage winding to earth*



*e. Low-voltage winding to earth*



**2.**

**P I**

**(Polarization Index)  
Testing**

## 2. Teknologi kedua adalah "Polarization Index (P.I) Test" :

- ❑ Khusus untuk equipment yang ada winding-nya, misalnya Motor, Generator, Transformator, dll.
- ❑ Untuk Tegangan Rendah s/d Tegangan Menengah.

$$PI = \frac{\text{Pengukuran } R_{IS} \text{ 10 menit}}{\text{Pengukuran } R_{IS} \text{ 1 menit}}$$



Meter Tahanan Isolasi

**Nilai PI menurut standar IEEE 43-2000 :**

Lower than 1.0	=	Dangerous
1.0 to 1.4	=	Poor
1.5 to 1.9	=	Questionable
2.0 to 2.9	=	Fair
3.0 to 4.0	=	Good
Over than 4.0	=	Excellent

# Megger MIT 430 with automatic DAR or PI



zoom





# Di Bengkel listrik PT.HIDUP BARU Balikpapan-October 2016: - Megger-nya otomatis bisa menghitung PI



PI test untuk rotor Generator



Hitung mundur : dari  
10 menit (=600  
detik), tertera masih  
464 detik lagi.  
PI=2,48



Hitung mundur : dari  
10 menit (=600  
detik), tertera pas  
0 detik .  
PI=1,20

# Catatan : IEEE P43-2000 merupakan revisi dari IEEE 43-2000

Table 2—Recommended minimum values of polarization index for all machine components<sup>a</sup> insulation classes per IEC 60085-01: 1984

Thermal class rating	Minimum <i>P.I.</i>
Class A	1.5
Class B	2.0
Class F	2.0
Class H	2.0



**Informasi :**

**Batas kenaikan suhu tertinggi yang masih diizinkan pada titik terpanas dari mesin, menurut standard VDE 0530 Tabel. 1**

Insulation Class	Max Temp. in °C	Limit Temp. Rise in °C
Y	90	50
A	105	65
E	120	80
B	130	90
F	155	110
H	180	135



**FLUKE**®

# Insulation resistance testing

**Application Note**

<b>Insulation Resistance Condition</b>	<b>60/30 Second Ratio</b>	<b>10/1 Minute Ratio (Polarization Index)</b>
Dangerous	0 - 1.0	0 - 1
Poor	1.0 - 1.3	1 - 2
Good	1.3 - 1.6	2 - 4
Excellent	1.6 and above	4 and above



**Catatan :IEEE P43-2000 merupakan revisi dari IEEE 43-2000**

### **7.1.2. PI (Polarization Index)**

PI adalah salah cara yang digunakan untuk mengetahui quality winding akibat pengaruh lingkungan, seperti penyerapan air, pengotoran debu, dll

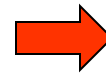
PI adalah merupakan perbandingan pengukuran Arus Bocor pada pengukuran dalam 10 menit terhadap 1 menit, atau pengukuran 1 menit di bagi 1/2 menit.

**Standarisasi:** pengukuran PI yang di sarankan berdasarkan standard IEEE transaction No. 43



## Pengukuran 10 menit di bagi dengan pengukuran 1 menit

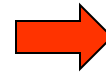
Lower than 1.0	= Dangerous
1.0 to 1.4	= Poor
1.5 to 1.9	= Questionable
2.0 to 2.9	= Fair
3.0 to 4.0	= Good
Over than 4.0	= Excellent



**PI**

## Pengukuran 1 menit di bagi dengan pengukuran 1/2 menit

Kurang dari 1.1	= Poor
1.1 to 1.24	= questionable
1.25 to 1.3	= Fair
<b>1.4 to 1.5</b>	<b>= Good</b>
>1.5	= Excellent



**DAR**

Jika **PI kurang dari 2.0** pada pengukuran 10 menit atau  $PI < 1.25$  pada pengukuran 1 : 1/2 menit, menunjukkan bahwa isolasi winding terlalu banyak menyerap uap air atau terdapat penumpukan kotoran konduktive.

PI s/d 1.5 pada pengukuran 10:1 menit atau 1.1 pada pengukuran 1:1/2 menit, dapat dikategorikan aman **jika:**

$$RIS > ( 1000 + 1 M\Omega )$$

### 3. Teknologi ketiga adalah dengan "Hi Pot Test".



Tester Tegangan Tinggi Arus Searah Tester 20 kV  
Untuk memeriksa adanya tegangan pada kabel masuk / keluar kubikel

The DC Hi-Pot withstand test is a **Pass/Fail** test that has been applied to many types of cable and accessories.

The DC Hi-Pot leakage current technique is a diagnostic test which involves the measurement of leakage current when a **high potential (above nominal)** is applied to the conductor while the metallic shield of the cable is grounded.

The behavioral characteristics of the leakage current are evaluated to **determine the condition of the cable, specifically the insulation.**

**Hi Pot bisa merusak cable.**

**Hi Pot dilakukan sebelum cable baru tersebut dioperasikan.**

**Hi Pot yang dilakukan pada pekerjaan Maintenance harus dipertimbangkan agar tidak merusak cable**

## ***High Potential Testing - DC***

IEEE, Electric Power Research Institute (EPRI), Insulated Cable Engineers Association (ICEA), and Association of Edison Illuminating Companies (AEIC) all agree on the following:

- “DC High Potential Maintenance Testing on aged (XLP) cables can damage the cable resulting in premature failure”
- “High Voltage DC Tests continue to be useful tests to check systems before they are placed in service. When used as maintenance tests the possibility of damage to the cable should be considered.”
- “Cable Manufacturer’s must be consulted to determine acceptable voltage levels and recommendations typically include to test at your own risk”



## VLF Testing of Shielded Power Cables

by Paul Brooker, consultant to Techrentals division of TR Corporation.

This article reviews the application of very low frequency (VLF) AC high voltage test sets for commissioning and maintenance of shielded medium voltage cables. The implication of DC Hipot testing in the premature failure of extruded solid dielectric cables led to the development of IEEE documents - "IEEE Guide for Field Testing and Evaluation of the Insulation of Shielded Power Cable Systems" and IEEE 400.2 "Guide for Testing of Shielded Power Cable Systems using Very Low Frequency (VLF)". Additional information from HV Diagnostics Inc. regarding testing durations and test set selection form the basis of this article.

Cable Rating phase to phase (RMS)	Installation Test phase to ground	Acceptance Test phase to ground	Maintenance Test phase to ground
kV RMS	kV RMS (or peak)	kV RMS (or peak)	kV RMS (or peak)
5	9 (13)	10 (14)	7 (10)
8	11 (16)	13 (18)	10 (14)
15	18 (25)	20 (28)	16 (22)
25	27 (38)	31 (44)	23 (33)
35	39 (55)	44 (62)	33 (47)

**Table 1:** IEEE 400.2 VLF Test Voltage Levels for Sinusoidal, Cosine-Rectangular. Voltage Peak values are shown in brackets for Cosine-Rectangular and Squarewave.

# Untuk Hi Pot Motor, Generator, Transformer



## Testing Theories and Recommendations

### Recommended Test Voltages – HiPot and Surge Tests

A recommended test voltage for HIPOT testing a motor, generator or transformer is twice the AC line voltage plus 1000 volts. This test voltage is consistent with NEMA MG-1, IEEE 95-1977 (for test voltage greater than 5000 volts), and IEEE 43-1974 (test voltages less than 5000V).

Examples for 460VAC and 4160VAC motors are as follows:

$$2 \times 460V + 1000V = 920 + 1000 = 1920 \text{ V}$$
$$2 \times 4160V + 1000V = 8320 + 1000 = 9320 \text{ V}$$

For new windings or rewound motors, the test voltage is sometimes increased by a factor of 1.2 or even 1.7. This provides for a higher level of quality control on the work performed. For the above 460V motor, the test voltage would be:

$$1920V * 1.2 = 2304$$

or

$$1920 * 1.7 = 3264$$

# INSPECTION, TROUBLESHOOTING AND CORRECTION

## FOR ELECTRIC MACHINERY'S

HI POT ref. VDE 0530

No	Machine or machine part	Test Voltage
1	Rotating machines of rated output less than 1 KW or 1 KVA or with rated voltage < 100 volts	500 V ± 2U
2	Rotating machine of rated output less than 10 000 KW or 10 000 KVA	2U + 1000 V Min. 1500 V
3	Rotating machines of rated output of 10000 KW or 10000 kVA or more:	
	U ≤ 2000 V	2U + 1000 V
	2000 V < U ≤ 6000 V	2.5 U
	6000 V < U ≤ 17000 V	2 U + 3000 V
	U > 17 000 V	Subject to special agreement
4	Separately-excited field winding of d.c machine	2U + 1000V, min. 1500 V U = max. field voltage
5	Field winding of synchronous generator, motor. condenser	
	Not intended for self starting	10U. Min. 1500V Max. 3500 V
	Intended for self starting	10U. Min. 1500V Max. 3500 V
	Self starting with resistance	1000 V +2U starting voltage

**4. Teknologi keempat adalah "Tangen Delta Test":  
Untuk Tegangan Menengah keatas.**

- "Tangen Delta Test" = Power Factor Test (American)**
- = Tan Delta Test (European)**
- = Loss Angle Test**
- = Dissipation Factor Test**
- = Capacitance Measurement**
- = Tan Delta Measurement**
- = Dielectric Loss Test**



Pengujian Tangen Delta

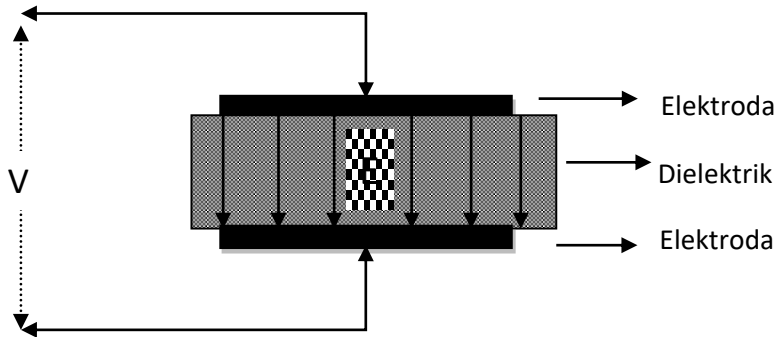
**Standar ANSI C 57.12.90, interpretasi hasil uji tangen deltanya sebagai berikut :**

•Less Than 0.5%	--	GOOD
•>0.5% but < 0.7%	--	DETERIORATED
•>0.5% but <1.0% & increasing	--	INVESTIGATE
•Greater than 1.0%	--	BAD

## Pengujian Kehilangan Daya Dielektrik Dan Faktor Daya Dielektrik (Pengujian Tan Delta)

- Maksud dari pengujian isolasi Tan  $\delta$  adalah untuk mengetahui proses kelemahan yang terjadi, supaya kegagalan dalam operasi dapat dihindarkan.
- Kegagalan ( *failure* ) yang terjadi pada peralatan tegangan tinggi yang sedang dipakai dalam operasi sehari – hari disebabkan karena isolasinya memburuk ( *deterioration* ) atau karena terjadi kegagalan ( *breakdown* ) pada bagian – bagiannya.
- Melemahnya isolasi ini disebabkan karena panas, kelembaban, kerusakan mekanis, korosi kimiawi, korona, tegangan lebih dan lain-lain.

# ***Kekuatan dielektrik***



Suatu dielektrik tidak mempunyai elektron-elektron bebas, melainkan elektron-elektron yang terikat pada inti atom unsur yang membentuk dielektrik. Suatu bahan dielektrik ditempatkan diantara dua elektorda yang bertegangan searah  $V$ , maka akan terjadi medan listrik  $E$  didalam dielelektrik. Medan listrik akan memberikan gaya kepada elektron-elektron agar terlepas dari ikatan dan menjadi elektron bebas. Dengan demikian medan listrik merupakan suatu kekuatan yang mempengaruhi dielektrik untuk berubah menjadi konduktor. Beban pada dielektrik disebut juga terpaan medan listrik dengan satuan dalam Volt/cm

3. Untuk fungsi :

$$y = \frac{ax^2 + bx + c}{px + q}$$

a). Asimptot tegak :  $y \rightarrow \infty$  }  $x = -q/p$   
 $px + q = 0$

b). Tak mempunyai asimptot datar, tetapi mempunyai asimptot miring :

$$\frac{ax^2 + bx + c}{px + q} = (kx + m) \text{ sisa } n$$

maka asimptot miring : garis  $y = kx + m$

#### X. DALIL SISA.

Jika suatu suku banyak bulat dan terukur  $V(x)$  dibagi dengan  $(x-a)$ , maka sisa pembagiannya =  $V(a)$ .

Contoh:  $(x^4 + 2x^3 + 3x^2 + 5x + 6) : (x - 2)$

$$\begin{aligned} \text{Sisa pembagiannya} &= V(2) \\ &= 2^4 + 2 \cdot 2^3 + 3 \cdot 2^2 + 5 \cdot 2 + 6 \\ &= 60 \end{aligned}$$

∴ sisa pembagian = 60.

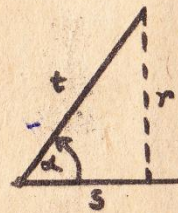
#### XI. DERET.

1. Deret Hitung:  $a, (a+b), (a+2b), \dots, \{a+(n-1)b\}$   
 bila  $n =$  banyaknya suku deret.

a).  $S_n = a + (n-1)b \rightarrow S_n =$  suku ke- $n$  dari D.H.

b).  $S_n = (d_n - d_{n-1}) \rightarrow d_n =$  jumlah deret hitung

## GONIOMETRI



$t =$  projectum

$r =$  projector

$s =$  projectio

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{r}{t}, \quad \text{cosec } \alpha = \frac{t}{r} \rightarrow \sin \alpha = \frac{1}{\text{cosec } \alpha} \\ \cos \alpha &= \frac{s}{t}, \quad \sec \alpha = \frac{t}{s} \rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{\sec \alpha} \\ \text{tg } \alpha &= \frac{r}{s}, \quad \text{cotg } \alpha = \frac{s}{r} \rightarrow \text{tg } \alpha = \frac{1}{\text{cotg } \alpha} \end{aligned}$$

atau dapat ditulis :  $\sin \alpha \cdot \text{cosec } \alpha = 1$

$\cos \alpha \cdot \sec \alpha = 1$

$\text{tg } \alpha \cdot \text{cotg } \alpha = 1$

$$\begin{aligned} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha &= 1 \\ \text{tg}^2 \alpha + 1 &= \sec^2 \alpha \\ 1 + \text{cotg}^2 \alpha &= \text{cosec}^2 \alpha \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{tg } \alpha &= \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \\ \text{cotg } \alpha &= \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \cos (90^\circ - \alpha) \\ \cos \alpha &= \sin (90^\circ - \alpha) \\ \text{tg } \alpha &= \text{cotg } (90^\circ - \alpha) \\ \text{cotg } \alpha &= \text{tg } (90^\circ - \alpha) \end{aligned}$$

# Tangen Delta Tester merk Megger, type Delta 4000



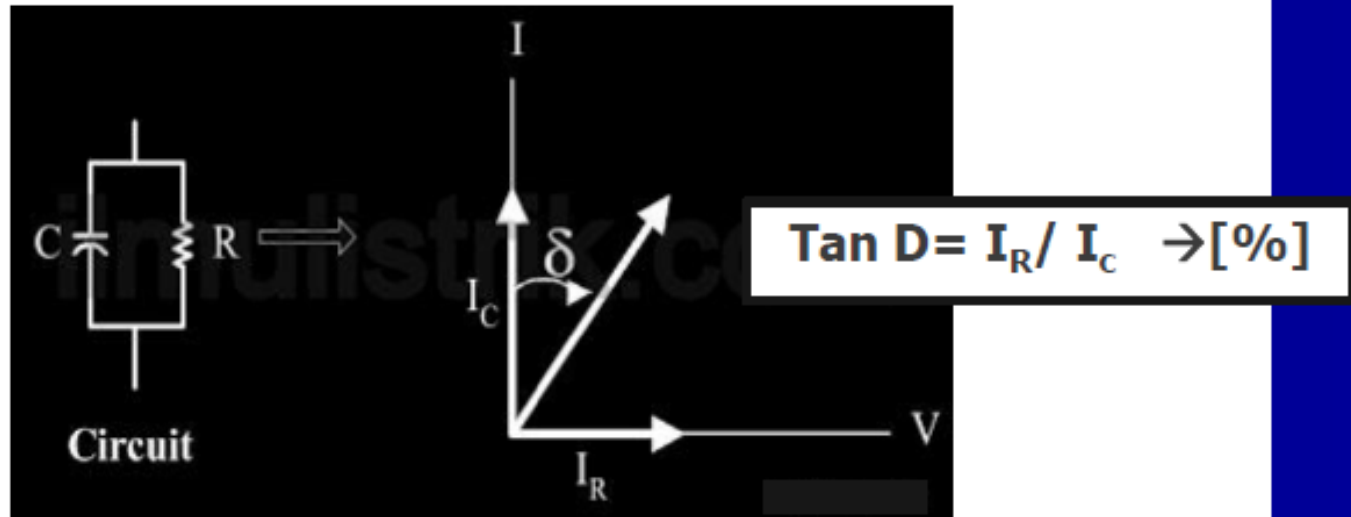


## ***Power Factor/Dissipation Factor Testing***

- Effective in locating weaknesses in insulation and potential hazards before impending failure.
- Not a “Go-No-Go” Test
- Testing does not overstress the insulation and can determine if the insulation is slowly degrading through trending.
- Testing limited to relatively short lengths of cables.
- Not effective in detecting localized faults as the length of cable increases.

# TANGEN DELTA TEST

Trafo dengan isolasinya ini dapat dimodelkan sebagai rangkaian kapasitor yang paralel dengan resistor. Kapasitor yang sempurna apabila dicatu tegangan bolak balik maka arusnya akan tertinggal sebesar 90 derajat terhadap tegangannya, tetapi karena adanya disipasi daya (dimodelkan sebagai resistor R) maka beda sudut antara arus dan tegangannya lebih kecil dari 90 derajat. Berikut ini diagram vektornya.



Rangkaian ekivalen trafo dengan isolasinya dan Diagram vektor tegangan terhadap arus

Daya yang terdisipasi (Power Dissipation=PD) pada resistor dapat dinyatakan dengan :

$$PD = I_R^2 \cdot R = V \cdot I \cos \phi = V \cdot I \sin \delta = V \cdot \omega \cdot C \cdot V \cdot \sin \delta / \cos \delta$$
$$PD = V^2 \cdot \omega \cdot C \cdot \tan \delta$$

Tan  $\delta$  menyatakan faktor rugi – rugi daya, besaran inilah yang menjadi indikasi besarnya daya yang terdisipasi, semakin besar nilai tangen delta maka semakin besar daya yang terdisipasi yang berarti kualitas isolasi semakin buruk.

## POWER FACTOR

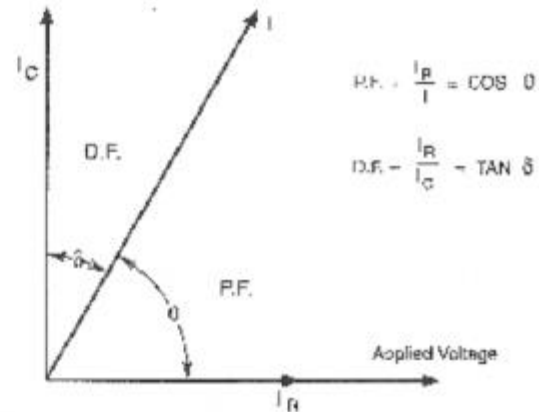
- Doble test
- Dissipation Factor ( $\tan \delta$ )
- AC test
- Non destructive

- $PF = \frac{\text{watts absorbed in insulation}}{\text{applied voltage} \times \text{charging current}} \times 100$

- $DF = I_R / I_C$

- Perfect insulation would have PF of 0%

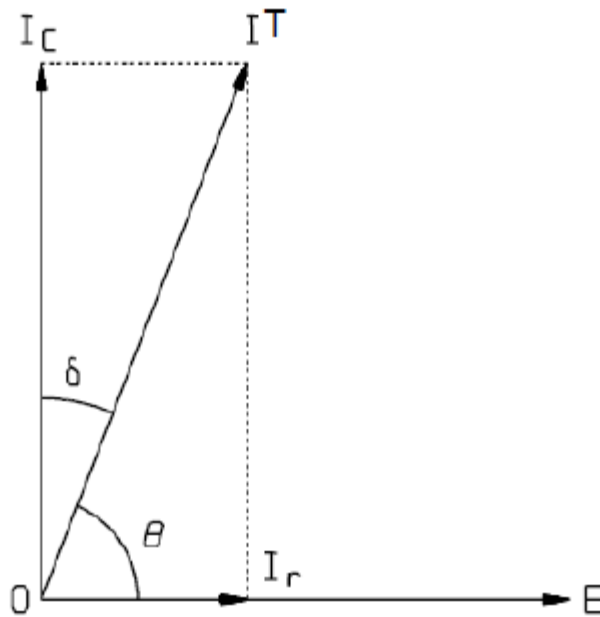
- Must be corrected to 20°C



**Megger**



# Power Factor Testing



*Power factor*

$$\cos \Theta = \frac{I_r}{I_T}$$

*Dissipation factor*

$$\tan \delta = \frac{I_r}{I_c}$$

---

**Megger**<sup>®</sup>



# Sekurang-kurangnya ada 6 Interpretasi Hasil Pengujian Tangen Delta

## 1). Ref.TD#1 : Arief Setyowibowo mengutip ANSI C 57.12.90

### **Pengujian Tangen Delta Trafo dan Bushing**

#### **Kasus khusus Tangen Delta Negatif**

Oleh : Arief Setyowibowo

PT PLN (Persero) P3B Jawa Bali

Email : arief\_setyo@pln-jawa-bali.co.id

#### **IV. Interpretasi Hasil Uji Tangen Delta**

Berdasarkan literatur Doble untuk trafo baru dapat dinyatakan dalam kondisi baik bila nilai hasil uji tangen delta kurang dari 0.5 % sedangkan trafo yang sudah beroperasi berdasarkan standar ANSI C 57.12.90, interpretasi hasil uji tangen deltanya sebagai berikut :

•Less Than 0.5%	--	GOOD
•>0.5% but < 0.7%	--	DETERIORATED
•>0.5% but <1.0% & increasing	--	INVESTIGATE
•Greater than 1.0%	--	BAD

Tangen delta negatif karena adanya jalur bocor dari isolasi keground.

Kebocoran ini dapat disebabkan kesalahan prosedur, kontaminasi pada isolasi atau pemburukan isolasi.



## NETA TABLE 100.3

**Maintenance Test Values**  
**Recommended Dissipation Factor/Power Factor at 20° C**  
**Liquid-Filled Transformers, Regulators, and Reactors**

	<b>Oil Maximum</b>	<b>Silicone Maximum</b>	<b>Tetrachloroethylene Maximum</b>	<b>High Fire Point Hydrocarbon Maximum</b>
<b>Power Transformers</b>	1.0%	0.5%	3.0%	2.0%
<b>Distribution Transformers</b>	2.0%	0.5%	3.0%	3.0%

---

**Megger**<sup>®</sup>

50

# ELTEL INDUSTRIES



311 EMBASSY CENTRE, CRESCENT ROAD,  
BANGALORE-560 001, INDIA

TEL. : 2255467, 2205686, 2284253, 2284298 FAX : 91-80-2252733

E.mail: [eltel@vsnl.com](mailto:eltel@vsnl.com)

home page:<http://www.designergraphix.com/eltel>

WORKS : 80/1, NAGAVARAPALYA, OFF OLD MADRAS ROAD  
BANGALORE-560 093. INDIA.

TEL : 5245234, 5240008, 5243104 FAX : 91-80-5241087

CALCUTTA ☎ 4765536 \* CHENNAI ☎ 4339075 \* MUMBAI ☎ 5225216  
NEW DELHI ☎ 6831252 \* VADODARA ☎ 657109

*(SPECIFICATIONS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE)*

Certified ISO 9001 by



## For Bushing

Voltage Class	Tan Delta		
	Good	Investigate	Bad
Upto 76 KV	0-2.5%	2.51-3.5%	above 3.51%
76 to 145 KV	0-2.0%	2.01-3.0%	above 3.01%
Above 145 KV	0-1.5%	1.51-2.5%	above 2.51%



**Tangen Delta tester merk DOBLE (dipakai di LNG Plant-Bontang)**

**Untuk Feeder :**

**0 – 0,1 % : Good (Test next year)**

**0,11 % – 0,30 % : Deteriorated (Satisfactory until next 6 months test)**

**0,31 – 0,49 % : Investigated**

**> 0,5 % : Bad (Recondition)**





**Standar dari hasil pengukuran tangen delta untuk Trafo Arus (CT) untuk temperature 20°C. berdasarkan reverensi ABB dapat dilihat pada Tabel.**

<b>No.</b>	<b>Hasil Pengujian</b>	<b>Keterangan</b>
CT 150 kV	< 2,5%	Acceptable
	> 2,5%	Unacceptable
CT 500 kV	< 0,5%	Acceptable
	> 0,5%	Unacceptable

**Alat Uji** : MPD 600 Omicron

- Acceptance criteria** :
1. Berdasarkan standard VDE 503 :
    - $\tan \delta$  0.2 Un : maksimum 4%
    - $\frac{1}{2}(\tan \delta$  0.6 Un- $\tan \delta$  0.2Un) : maksimum 0.25%
    - $\Delta \tan \delta$  per interval 0.2 Un : maksimum 0.5%
  2. Berdasarkan standard Jepang :
    - $(\tan \delta$  at  $1.25E/\sqrt{3}$  –  $\tan \delta$  at 2 kV) : maksimum 2.5%
  3. Berdasarkan standard ESI 44-7 :

Test	Insulation Class	
	Class F	Class B
Maximum value of $\tan \delta$ at 0.2 Un	3%	5%
Maximum value of $\frac{1}{2}(\tan \delta$ at 0.6 Un- $\tan \delta$ at 0.2 Un	0.3%	0.6%
Maximum value of $\Delta \tan \delta$ per 0.2 Un increment	0.6%	1.2%

- Kesimpulan** :
1. Tan delta pada 0.2 Un semua fasa masih memenuhi kriteria yaitu di bawah 4%
  2. Tan delta tip-up semua fasa sudah melebihi limit. Kemungkinan penyebab masih tingginya tan delta tip up adalah karena deterioration pada slot semiconductive coating, contaminant pada sisi DE dan deteriorasi stress control coating sisi DE.



**Measurement #2**

9/1/2016 2:04:32 PM

**Test Object:**

**Tester:** Satellite L740

**Mode:** Unknown      **Switch Frequency:** 100 mHz

**FDS Voltage:** 100 V      **PDC Voltage:** 200 V

**Comment:** Weather Conditions:  
Air Temperature:  
Air Humidity:  
Tap Changer Position:  
Test Object Manufacturing Year:

**Calculated Moisture:** 2.5 %      **Moisture Category:** moderately wet

**Moisture Saturation:** 8.8 %      **Bubbling Inception Temp.:** 148 °C / 298 °F

**Oil Temperature:** 20 °C / 68 °F

**Oil Conductivity:** 26 fS/m      **Oil Category:** very good

**Capacitance @ 50Hz:** 2.4974 nF      **Tanδ @ 50Hz:** 0.404 %

**Capacitance @ 60Hz:** 2.4963 nF      **Tanδ @ 60Hz:** 0.411 %

**Barriers:** 35 %      **Spacers:** 24 %

**Polarization Index:** 1.469      **DAR:**

# Contoh Tangen Delta test untuk Transformer disuatu Oil& Gas Plant-October 2016

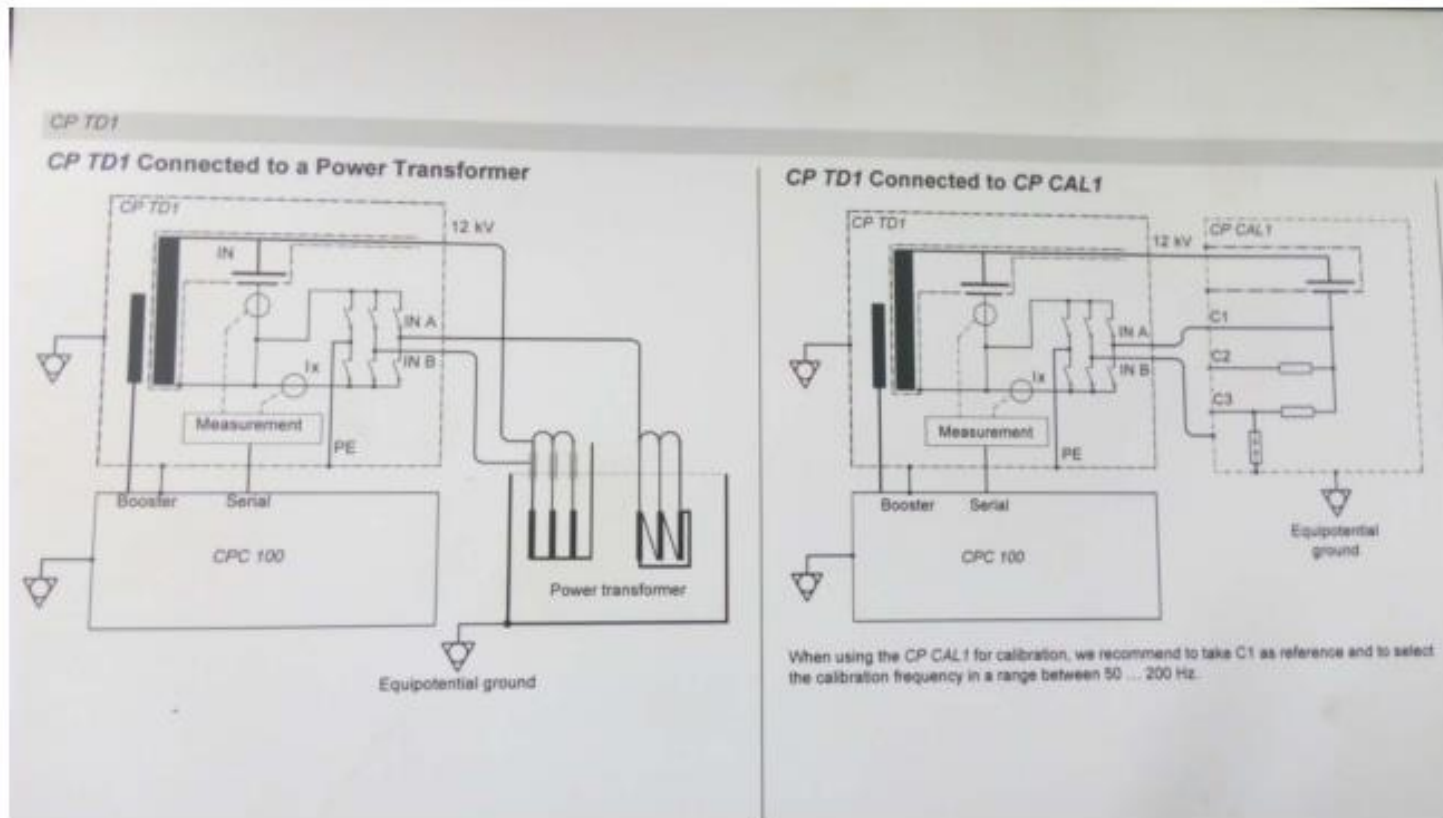


Prinsip pengujian Tangen Delta yakni mengukur nilai kapasitansi dari winding Dengan ground atau winding dengan winding.

Pengujian yang kita lakukan untuk Transformer di lokasi kerja kami yang mengalami Kerusakan.

Tangen Delta test dilakukan ketika suatu kertas isolasi trafo telah mengikat kandungan uap air yang mengakibatkan penurunan kualitas isolasinya. Dalam hal ini Oil yang terkandung di dalam trafo telah kemasukan uap air. Uap air tersebut akhirnya Menempel pada kertas isolasi trafo.

Untuk cara pengetesannya adalah sebagai berikut:



## Results:

V test	V meas.	I meas.	Frequency	Cp	DF	Assessment
2000.00 V	1996 V	1.4929 mA	*50.00 Hz	2.3796 nF	3.6953 %	Failed
2000.00 V	1994 V	1.4918 mA	*50.00 Hz	2.3796 nF	3.6962 %	Failed
2000.00 V	1995 V	1.4921 mA	*50.00 Hz	2.3796 nF	3.6972 %	Failed
2000.00 V	1994 V	1.4917 mA	*50.00 Hz	2.3796 nF	3.6980 %	Failed

! = Reduced Voltage; ? = Reduced Accuracy (low voltage or partial discharge)

\* = Mains Frequency Suppression

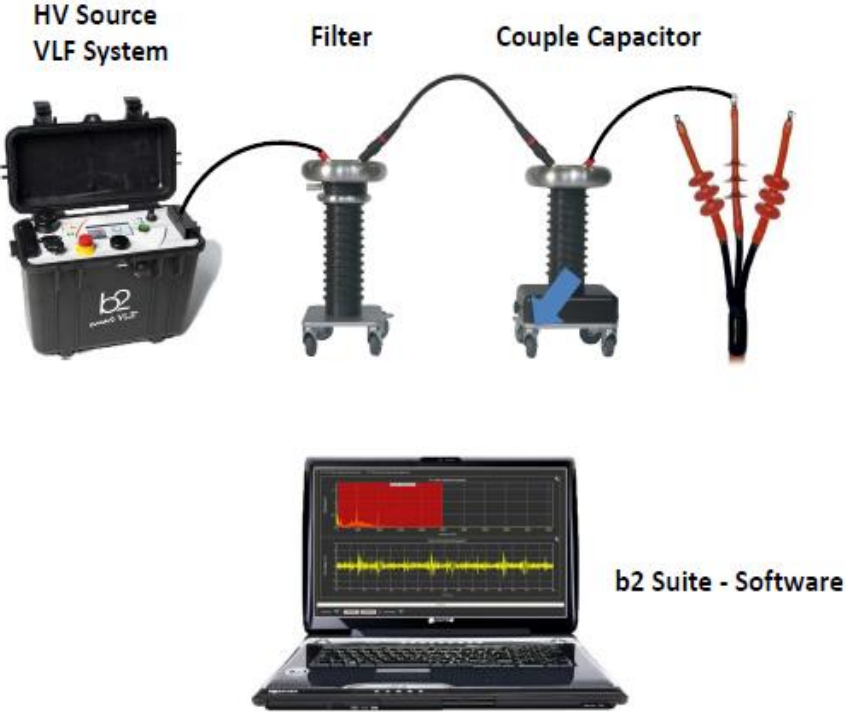
Menurut standard ANSI dan NETA menyatakan bahwa jika hasilnya melebihi 1 % maka dinyatakan jelek.

Dari hasil table diatas, hasilnya adalah 3.697 % (FAILED).

Akhirnya Trafo kami dilakukan penggantian baru karena biaya perbaikan trafo yang Sudah mengalami gangguan pada kertas isolasi trafo hampir menyamai harga baru Pembelian trafo.

# 5. Teknologi kelima (paling modern sampai saat ini) adalah "Partial Discharge (PD) Test": Untuk Tegangan Menengah keatas.

## PD set-up



## Analysis

### MV Cable – XLPE

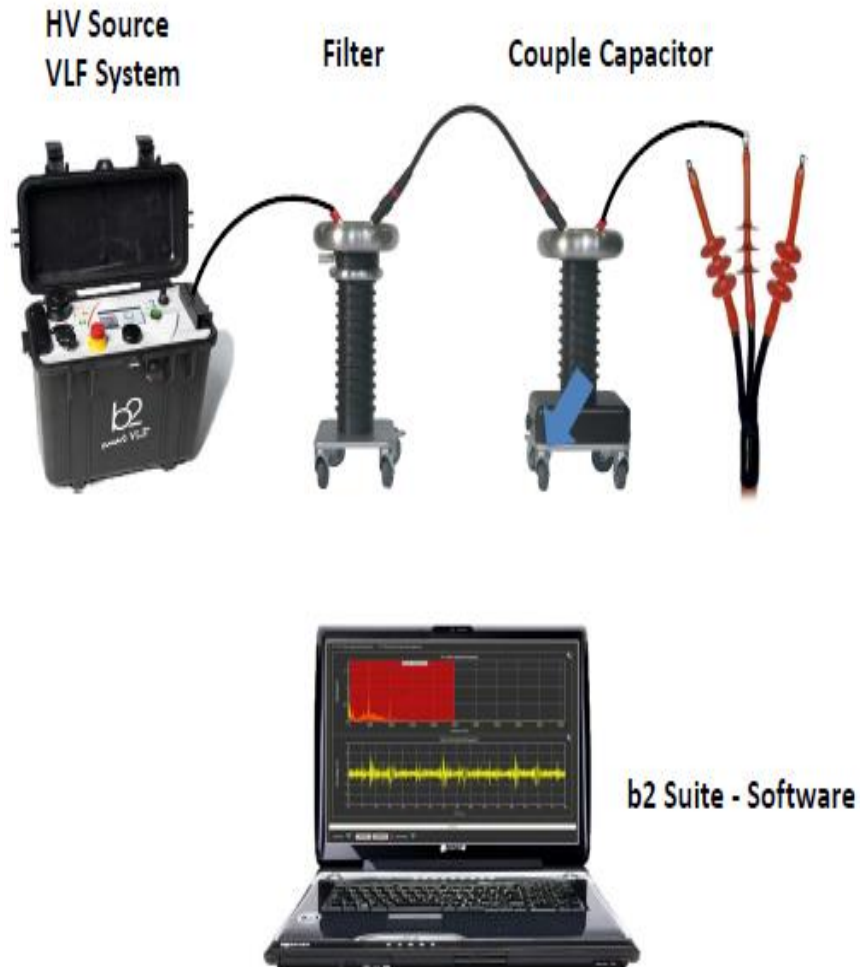
0 – 50 pC	Within acceptable limits
50 – 150 pC	Some concern – monitoring recommended
150 – 500 pC	Concern – regular monitoring
> 500 pC	Major concern, locate and repair

### MV Cable – ACCESSORIES

Paper	XLPE
0 – 4000 pC	0 – 500 pC
4000 – 6000 pC	500 - 1000 pC
6000 – 10000 pC	1000 – 2500 pC
> 10000 pC	> 2500 pC

5. Teknologi kelima (paling modern sampai saat ini) adalah  
"Partial Discharge (PD) Test":  
Untuk Tegangan Menengah keatas.

## PD set-up



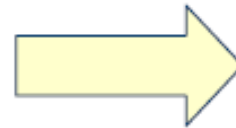






# The Partial Discharge Process

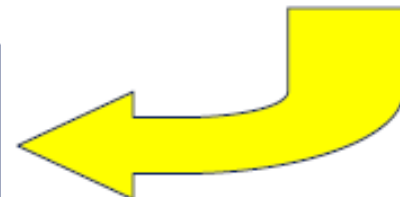
Microscopic spaces (“voids”) may be formed in insulation systems due to water tree growth, aging, installation or manufacturing defects. Continued stress and overvoltages can initiate PD in voids.



Heat and other forms of energy released by PD cause erosion of the internal surface of the void.



Continued erosion forms channels that develop into so-called electrical trees in the insulation.



Continued PD produces further erosion until the electrical tree bridges the insulation.



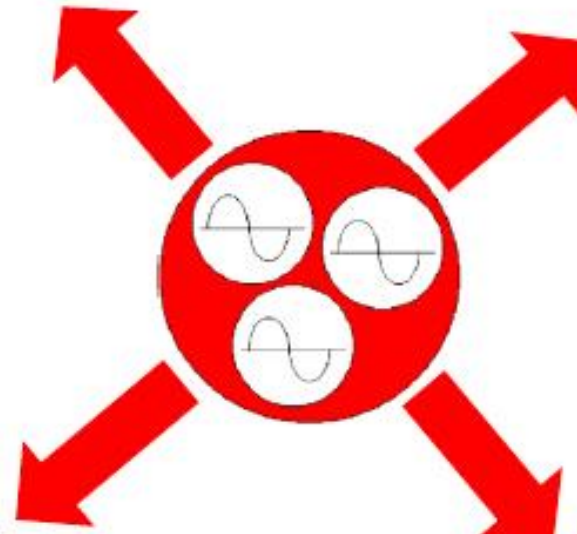
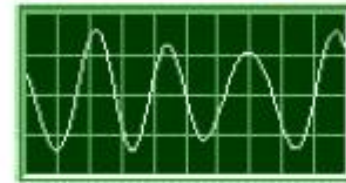
**Insulation System Failure**

# The Partial Discharge Process

HEAT/CHEMICAL REACTIONS



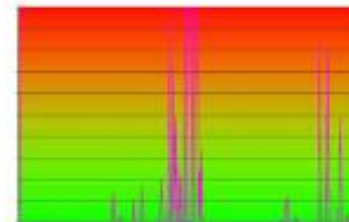
ACOUSTICS

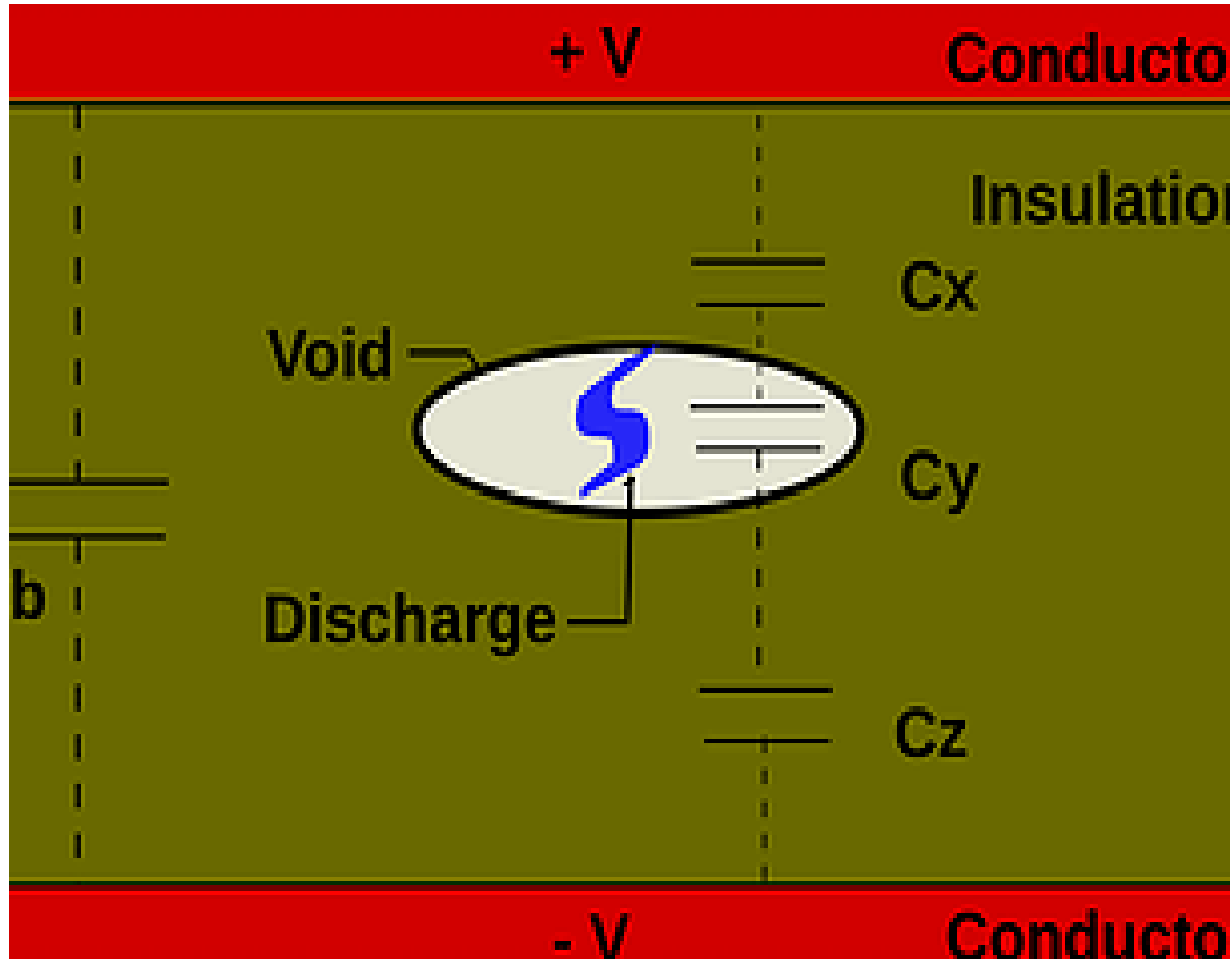


LIGHT



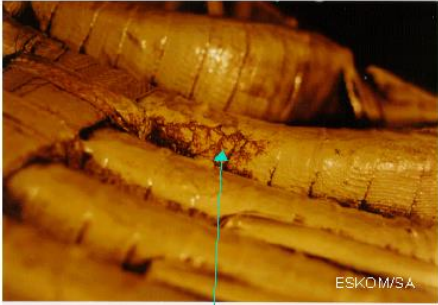
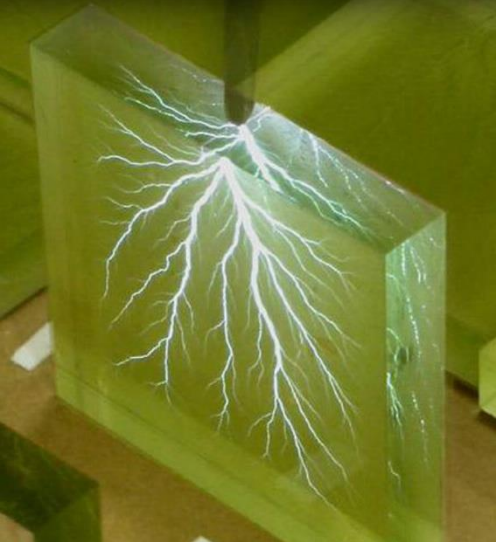
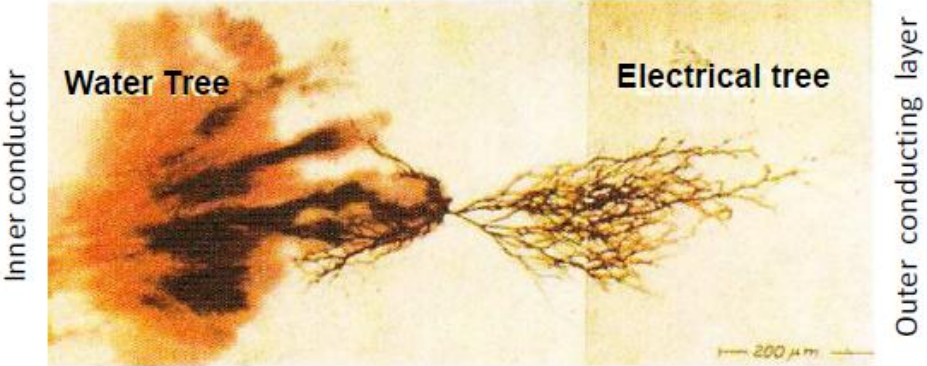
EM WAVES



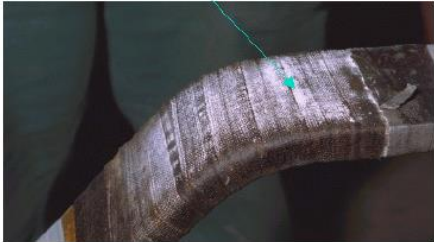


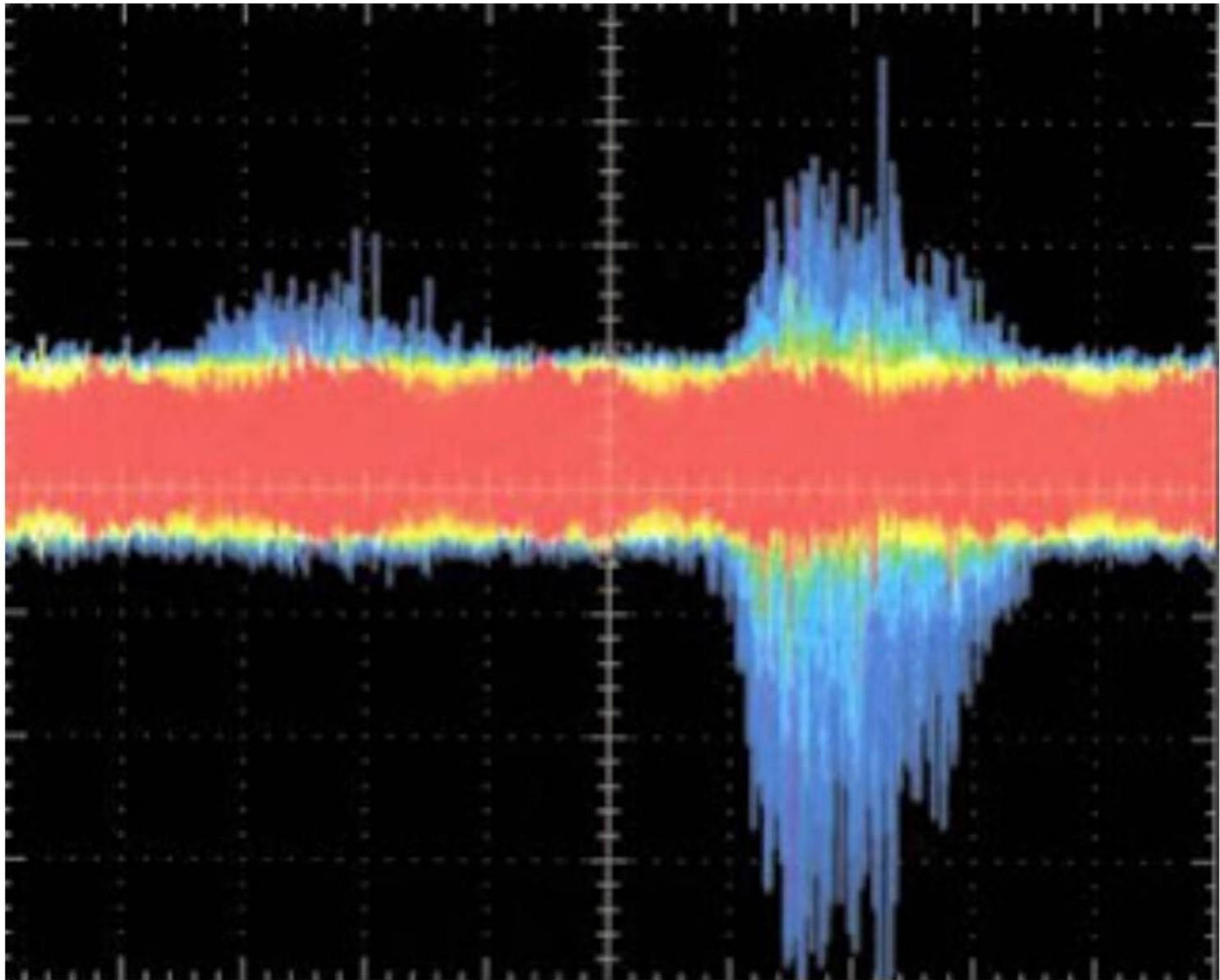
**Partial Discharge (PD) is a localised dielectric breakdown of a small portion of a solid or fluid electrical insulation system under high voltage stress, which does not bridge the space between two conductors.**

Water tree – electrical tree



**Corrosion by PD (Autopsy)**





## Analysis

### MV Cable – XLPE

0 – 50 pC	Within acceptable limits
50 – 150 pC	Some concern – monitoring recommended
150 – 500 pC	Concern – regular monitoring
> 500 pC	Major concern, locate and repair

### MV Cable – ACCESSORIES Paper

	XLPE
0 – 4000 pC	0 – 500 pC
4000 – 6000 pC	500 - 1000 pC
6000 – 10000 pC	1000 – 2500 pC
> 10000 pC	> 2500 pC



*Partial Discharge  
Testing for Cables*  
Protecting Critical Assets



<b>PLIC Cables</b>	0 pC - 3,000 pC	Discharge within acceptable limits
	3,000 pC - 6,500 pC	Some concern, monitoring recommended
	6,500 pC - 10,000 pC	Some concern, regular monitoring recommended
	> 10,000 pC	Major concern, repair or replace

<b>XLPE Cables</b>	0 pC - 3,000 pC	Discharge within acceptable limits
	250 pC - 350 pC	Some concern, monitoring recommended
	350 pC - 500 pC	Some concern, regular monitoring recommended
	> 500 pC	Major concern, repair or replace

PD Tolerance Levels for MV Cables

## Partial Discharge Testing for Switchgear

Air Insulation Switchgear (AIS)		
db Level	MV Level	Condition and Action
<10 db	< 1 mV	Discharge within acceptable limits
10 db - 15 db	1 mV - 6 mV	Some concern, monitoring recommended
15 db - 30 db	6 mV - 32 mV	Some concern, regular monitoring recommended
>30 db	> 32 mV	Major concern, located PD and should repair or replace

*PD Tolerance Levels for Switchgear*

# ***Final Partial Discharge Report***

The data is then used to electronically generate a final report that details the severity and location of partial discharge activity. PD activity is then classified into the following category(s) and appropriate recommendations made.

## **Severity Level Classifications**

**Level A-Low levels of Partial Discharge activity occurring. No necessary actions at this time. Retest in 3 years.**

**Level B-Moderate levels of Partial Discharge activity occurring. Retest within 12-18 months to monitor & trend PD activity.**

**Level C-High levels of Partial Discharge activity occurring. Prioritized repair or replacement is recommended.**

**Alat Uji** : MPD 600 Omicron

**Acceptance criteria** : 3. Berdasarkan standard Melco untuk generator 6-11 kV

4.  $Q_m \leq 10 \text{ nC}$  : good

5. Berdasarkan best practice PD Tech

6.  $Q_m < 1 \text{ nC}$  : good

7.  $Q_m < 10 \text{ nC}$  : medium

8.  $Q_m > 15 \text{ nC}$  : bad

9. Pattern PD



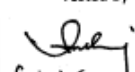
- Internal discharge, dipicu oleh thermal aging, berbentuk segitiga dan amplitudanya simetris.
- Slot discharge, dipicu oleh rusaknya semiconductive layer atau loose wedges, berbentuk segitiga, asimetris dengan amplitude lebih tinggi pada setengah siklus negative.
- Delamination, dipicu oleh proses manufaktur yang kurang sempurna

atau load cycling yang menyebabkan partial discharge dominan pada setengah siklus positif.

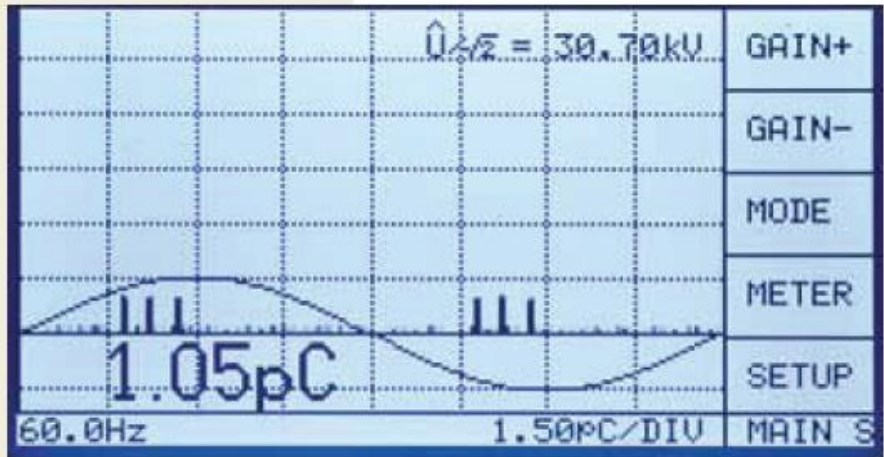
**Kesimpulan** : 1. Pattern PD fasa R dan fasa S mengindikasikan slot discharge akibat semicon abrasion di dalam slot.

2. Pattern PD fasa T mengindikasikan deteriorasi pada stress grading coating atau surface end winding discharge akibat contaminant.

# Contoh Partial Discharge test pada Oil& Gas Plant-October 2016

 pt. trafindo prima perkasa		<b>PARTIAL DISCHARGE MEASUREMENT</b>		Dokumen No : PM-22-A1 Revisi ke/Tgl : 8/11-01-2011 Lembar : 1 dari 1																
3 Phase, 50 Hz, 750 kVA,		Vector Group : <u>Dyn-11</u>		High Voltage : <u>5500</u> Volt Low Voltage : <u>420</u> Volt																
		Ref. Number : <u>151312109</u>		Serial Number : <u>151312109</u> Date of Test : <u>22-12-2015</u>																
1. Background PD																				
<table border="1"> <tr> <td>- Phase A</td> <td>=</td> <td><u>6.7</u></td> <td>pC</td> <td><u>3</u></td> </tr> <tr> <td>- Phase B</td> <td>=</td> <td><u>7.0</u></td> <td>pC</td> <td><u>3</u></td> </tr> <tr> <td>- Phase C</td> <td>=</td> <td><u>8.6</u></td> <td>pC</td> <td><u>3</u></td> </tr> </table>						- Phase A	=	<u>6.7</u>	pC	<u>3</u>	- Phase B	=	<u>7.0</u>	pC	<u>3</u>	- Phase C	=	<u>8.6</u>	pC	<u>3</u>
- Phase A	=	<u>6.7</u>	pC	<u>3</u>																
- Phase B	=	<u>7.0</u>	pC	<u>3</u>																
- Phase C	=	<u>8.6</u>	pC	<u>3</u>																
2. 1.1 x Um = <u>462</u> Volt PD Measurement (T = 5 Minutes)																				
<table border="1"> <tr> <td>- Phase A</td> <td>=</td> <td><u>11.6</u></td> <td>pC</td> <td><u>3</u></td> </tr> <tr> <td>- Phase B</td> <td>=</td> <td><u>8.5</u></td> <td>pC</td> <td><u>3</u></td> </tr> <tr> <td>- Phase C</td> <td>=</td> <td><u>9.2</u></td> <td>pC</td> <td><u>3</u></td> </tr> </table>						- Phase A	=	<u>11.6</u>	pC	<u>3</u>	- Phase B	=	<u>8.5</u>	pC	<u>3</u>	- Phase C	=	<u>9.2</u>	pC	<u>3</u>
- Phase A	=	<u>11.6</u>	pC	<u>3</u>																
- Phase B	=	<u>8.5</u>	pC	<u>3</u>																
- Phase C	=	<u>9.2</u>	pC	<u>3</u>																
3. 1.3 x Um = <u>546</u> Volt PD Measurement (T = 5 Minutes)																				
<table border="1"> <tr> <td>- Phase A</td> <td>=</td> <td><u>16.6</u></td> <td>pC</td> <td><u>3</u></td> </tr> <tr> <td>- Phase B</td> <td>=</td> <td><u>8.7</u></td> <td>pC</td> <td><u>3</u></td> </tr> <tr> <td>- Phase C</td> <td>=</td> <td><u>10.5</u></td> <td>pC</td> <td><u>3</u></td> </tr> </table>						- Phase A	=	<u>16.6</u>	pC	<u>3</u>	- Phase B	=	<u>8.7</u>	pC	<u>3</u>	- Phase C	=	<u>10.5</u>	pC	<u>3</u>
- Phase A	=	<u>16.6</u>	pC	<u>3</u>																
- Phase B	=	<u>8.7</u>	pC	<u>3</u>																
- Phase C	=	<u>10.5</u>	pC	<u>3</u>																
4. 2 x Um = <u>840</u> Volt <u>90s.</u>																				
<table border="1"> <tr> <td>- Phase A</td> <td>=</td> <td><u>22.1</u></td> <td>pC</td> <td><u>3</u></td> </tr> <tr> <td>- Phase B</td> <td>=</td> <td><u>16.1</u></td> <td>pC</td> <td><u>3</u></td> </tr> <tr> <td>- Phase C</td> <td>=</td> <td><u>18.2</u></td> <td>pC</td> <td><u>3</u></td> </tr> </table>						- Phase A	=	<u>22.1</u>	pC	<u>3</u>	- Phase B	=	<u>16.1</u>	pC	<u>3</u>	- Phase C	=	<u>18.2</u>	pC	<u>3</u>
- Phase A	=	<u>22.1</u>	pC	<u>3</u>																
- Phase B	=	<u>16.1</u>	pC	<u>3</u>																
- Phase C	=	<u>18.2</u>	pC	<u>3</u>																
5. 1.3 x Um = <u>546</u> Volt PD Measurement (T = 5 Minutes)																				
<table border="1"> <tr> <td>- Phase A</td> <td>=</td> <td><u>15.1</u></td> <td>pC</td> <td><u>3</u></td> </tr> <tr> <td>- Phase B</td> <td>=</td> <td><u>8.8</u></td> <td>pC</td> <td><u>3</u></td> </tr> <tr> <td>- Phase C</td> <td>=</td> <td><u>9.9</u></td> <td>pC</td> <td><u>3</u></td> </tr> </table>						- Phase A	=	<u>15.1</u>	pC	<u>3</u>	- Phase B	=	<u>8.8</u>	pC	<u>3</u>	- Phase C	=	<u>9.9</u>	pC	<u>3</u>
- Phase A	=	<u>15.1</u>	pC	<u>3</u>																
- Phase B	=	<u>8.8</u>	pC	<u>3</u>																
- Phase C	=	<u>9.9</u>	pC	<u>3</u>																
6. 1.1 x Um = <u>462</u> Volt PD Measurement (T = 5 Minutes)																				
<table border="1"> <tr> <td>- Phase A</td> <td>=</td> <td><u>19.7</u></td> <td>pC</td> <td><u>3</u></td> </tr> <tr> <td>- Phase B</td> <td>=</td> <td><u>7.6</u></td> <td>pC</td> <td><u>3</u></td> </tr> <tr> <td>- Phase C</td> <td>=</td> <td><u>9.8</u></td> <td>pC</td> <td><u>3</u></td> </tr> </table>						- Phase A	=	<u>19.7</u>	pC	<u>3</u>	- Phase B	=	<u>7.6</u>	pC	<u>3</u>	- Phase C	=	<u>9.8</u>	pC	<u>3</u>
- Phase A	=	<u>19.7</u>	pC	<u>3</u>																
- Phase B	=	<u>7.6</u>	pC	<u>3</u>																
- Phase C	=	<u>9.8</u>	pC	<u>3</u>																
				Standard: * No collapse * 1.3 Um < 300 pF * 1.1 Um < 100 pF																
Result of test :				ACCEPTED <del>REJECTED</del>																
Review By :				Tested By :																
																				

- Routine testing in a variety of applications



Model PD2U



The study reveals a pattern indicating holes on the isolation of both XLPE cables. The isolation of the old XLPE cable undergoes quality degradation judged from the measurement of the PD and FTIR test of chemical cluster function of the cable primary composer. The isolation of the old XLPE cable (7 years in use) in line with the increase of voltage (16 kV, 20 kV, and >20 kV) a minimum and maximum value are obtained for each respective voltage : 23-24 pC, 24-30 pC, and 21-124 pC, with a breakdown occurring when the voltage was increased to 22 kV. The isolation of the new cable has different minimum and maximum values when the voltage is increased: 22-24 pC (16 kV) and 23-25 pC (20 kV) and 21-169 (>20 kV) with breakdown voltage limit >24 kV. FTIR test indicates a decrease in the function clusters between the isolation of the old cable and that of the new one.



# Partial Discharge

Partial discharges are the source of Erosion Breakdown which affects the long term life of an insulator.

Partial discharges are discharges that do not completely bridge the insulation between the terminals.

These discharges are termed “partial” because they occur in areas that occupy a small portion of the electrical path length and are limited in magnitude because they are in series with mostly good insulation (which may eventually degrade).

These discharges can occur in insulators that contain gaseous inclusions, cavities, or voids.

Discharge activity can develop under normal working conditions in high voltage equipment where the insulation condition has deteriorated.

PD is an electrical discharge in insulation between two conducting electrodes, it occurs in Metal-clad switchgear under high voltage stress where there are deficiencies in the primary insulation.

As the switchgear ages, the risk of PD increases.

Undetected PD within insulation will almost certainly increase over time to the point where there is a catastrophic failure of the primary insulation.

In the most severe situations the equipment can explode causing a large amount of damage to the electrical system infrastructure and potentially injure any switchgear operators.

Health and safety is a significant factor as older, often oil filled, equipment was not designed for arc fault containment.

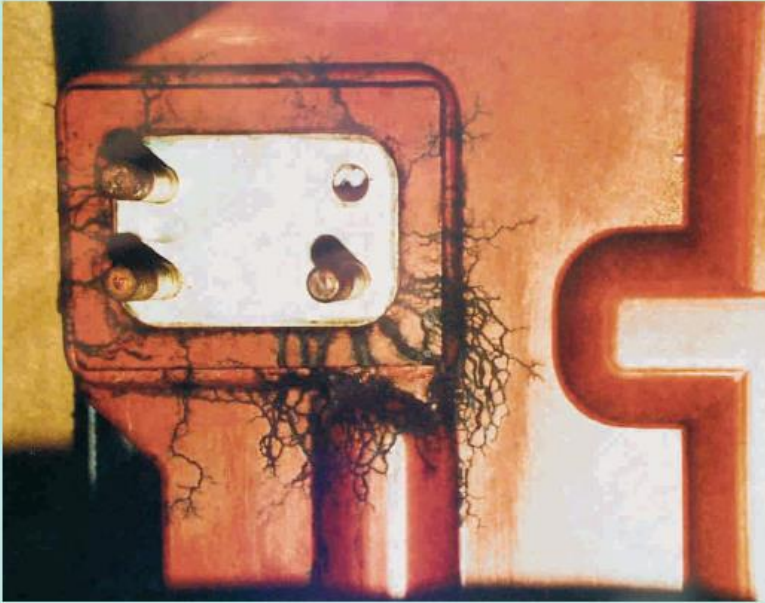
==oo00o==



## The PD Time Bomb

Partial Discharge (PD) is a potential “time bomb” waiting to explode in your switchgear. Discharge activity can develop under normal working conditions in high voltage equipment where the insulation condition has deteriorated.

PD is an electrical discharge in insulation between two conducting electrodes, it occurs in Metal-clad switchgear under high voltage stress where there are deficiencies in the primary insulation. As the switchgear ages, the risk of PD increases.



Tracking on 11kV Epoxy Resin Busbar



Tracking in Paper Insulation

## The Catastrophic Consequences

Undetected PD within insulation will almost certainly increase over time to the point where there is a catastrophic failure of the primary insulation. In the most severe situations the equipment can explode causing a large amount of damage to the electrical system

infrastructure and potentially injure any switchgear operators. Health and safety is a significant factor as older, often oil filled, equipment was not designed for arc fault containment.

# Partial Discharge Testing for Switchgear

## Protecting Critical Assets

Electrical systems are among the most valuable assets in your plant and can have the biggest impact on your bottom line. Their production and management costs are high, and failures almost always lead to catastrophic losses. Electrical systems are being operated at higher levels, even while systems are aging — which affects both the life and the reliability of the assets.

Today's asset managers are facing the increased challenge of maximizing their aging electrical infrastructure with fewer qualified technical in-house resources, stricter regulatory requirements for worker safety, and shrinking maintenance budgets.

Advances in technology, including the use of Partial Discharge Testing, are giving asset managers new approaches to achieve improved reliability and performance of critical electrical assets.



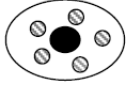

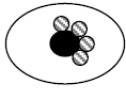

## Benefits

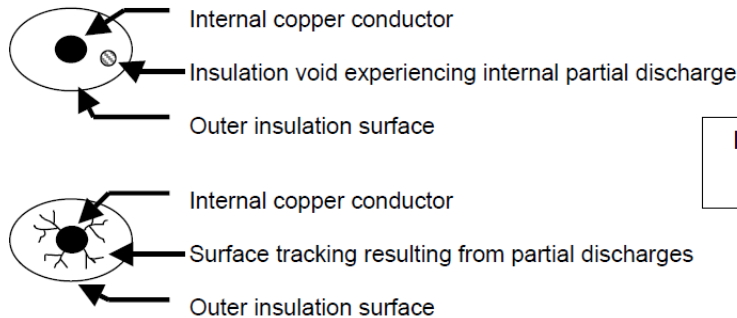


## Assess the condition of your critical electrical assets with Emerson's Partial Discharge Testing Services

Partial discharges are small electrical sparks that occur within the insulation or on the surface of the insulation of medium and high voltage electrical assets. Each discrete partial discharge is the result of an electrical breakdown of a small portion of the insulation surface or an air pocket within the insulation. Partial Discharge can occur on the surface of insulators or within voids, gaps and similar defects in medium voltage switchgear. If allowed to continue, partial discharge will erode the insulation, resulting in tracking or a tree-shaped pattern of deterioration (electrical tree) and eventually result in complete breakdown and failure of the switchgear. Such failures cause

Table 2 – Partial Discharge Testing related to Traditional Testing Methods

Insulation Model	Insulation Condition	Megger Test	Polarization Index Test	High-Pot Test	Partial Discharge Testing
	Good	High	Good	Linear leakage current vs. voltage is minimal	Unmeasurable partial discharge activity
	Marginal	Fair	Fair	Linear leakage current vs. voltage is stable	Minimal discharge activity, balanced both positive and negative discharges
	Dry but insulation delaminated	False Fair Result	False Fair value	False linear leakage current vs. voltage	Partial discharges observed, therefore accurately showing insulation problems which are missed by traditional tests
	Poor - Cleaning or Overhaul Required	Low	Poor	High leakage current. May be required to limited test voltage.	High positive polarity discharges indicate probable surface tracking
	Unacceptable - Major Repair or Rewind Required			Potential failure during testing	High negative polarity discharges indicates internal voids near the copper conductor.
	Near-Failure condition - PD arcing as caused carbon tracking	Very low	Very low	High leakage current and probable failure during testing	Minimal partial discharge activity. Partial discharge arcing as progressed to the point where permanent damage (tracking) as occurred.



Insulation Model Descriptions

Table 3 - Motor Partial Discharge Data Interpretation & Corrective Actions			
Partial Discharge Results	Possible Root-Cause – PD Site	Short Term Corrective Actions	Long Term Corrective Actions
Moderate to low partial discharge Magnitude and Repetition Rate	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normal Partial Discharge</li> <li>• Beginning of PD activity</li> <li>• Insulation near failure</li> </ul>	<p>At first indication, repeat on-line testing in 3 months.</p> <p>If insulation is old and shows signs of external wear, or any evidence of surface tracking, then schedule outage for traditional insulation resistance testing.</p>	<p>If trending is level, extend on-line testing to 6 months, or as scheduled.</p> <p>If insulation is near failure, traditional testing should indicate low insulation resistance values.</p>
Trending indicates increasing partial discharge activity	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Slot / surface tracking PD</li> <li>• Internal insulation voids</li> <li>• Winding looseness if indicated by the “Load Variation Test” (Increase in positive polarity pulses with increased loading).</li> </ul>	<p>Repeat on-line testing in 1 to 3 months, depending on the severity of the increase.</p> <p>If the trend increase is substantial, schedule outage and test monthly until outage.</p> <p>Add permanent sensors if required to improve PD testing. During outage, complete Off-line / Incremental Testing and traditional insulation resistance testing.</p>	<p>-If positive polarity, schedule field or shop cleaning and reinsulating with end-turn bracing.</p> <p>-If negative polarity, budget for major rewind and schedule outage.</p> <p>-If winding loose-ness indicated, schedule for removal and shop rewedging.</p>
Positive Polarity pulses prevalent	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voids in the slot between insulation and iron,</li> <li>• Surface tracking at end-turns</li> </ul>	Same as above	Schedule field or shop cleaning and reinsulating with end-turn bracing
Negative Polarity pulses prevalent	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voids at inner copper / insulation interface.</li> </ul>	Same as above	Budget for rewind, and schedule off-line test, in hope of minor problems.
Balance of Positive and Negative Pulses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voids internal to insulation system</li> </ul>	Same as above	Budget for rewind and major outage.

# **CASE STUDY (STUDI KASUS) PARTIAL DISCHARGE**

**PADA  
"INSPEKSI GARDU INDUK TEGANGAN EKSTRA  
TINGGI (GITET) GANDUL  
TERKAIT GANGGUAN MELEDAKNYA TRAFU  
ARUS (CT) PADA BAY 150 KV"**

## **INSPEKSI GARDU INDUK TEGANGAN EKSTRA TINGGI (GITET) GANDUL TERKAIT GANGGUAN MELEDAKNYA TRAFU ARUS (CT) PADA BAY 150 KV**

**Telah terjadi pemadaman tenaga listrik pada tanggal 25 April 2012, sehingga sistem tenaga listrik untuk beberapa area di Jakarta padam, untuk memeriksa kejadian tersebut, maka dilakukan inspeksi lapangan oleh Inspektur Ketenagalistrikan pada tanggal 26 April 2012 pada instalasi Gardu Induk Tegangan Extra Tinggi (GITET) Gandul 500/150 kV melalui surat tugas Nomor 3295/20/640.2/2012 tanggal 26 April 2012 untuk melakukan inspeksi ketenagalistrikan di wilayah kerja PT. PLN (Persero) P3B Jawa Bali Area Pelaksana Pemeliharaan Cawang GITET Gandul terkait meledaknya Trafo Arus pada bay 150 kV.**

## **Gambaran Umum**

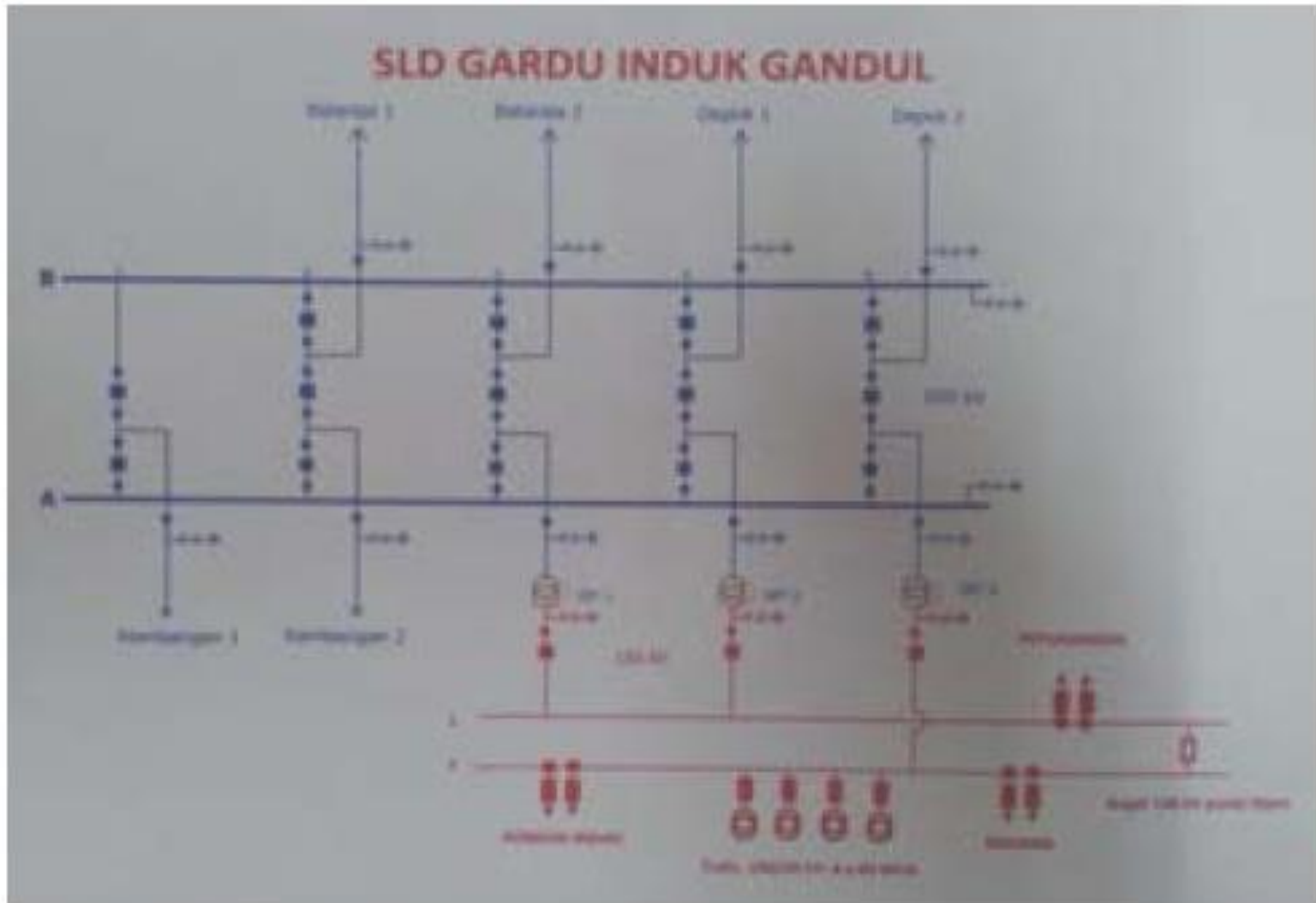
**Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) Gandul menyuplai daya listrik di beberapa daerah antara lain Petukangan, Pondok Indah, Kemang dan daerah Gandul sendiri.**

**GITET Gandul terdiri dari tiga level tegangan yaitu 500 kV, 150 kV dan 20 kV. Sisi 500 kV terdiri dari 5 Bay, yang terdiri dari 2 Over High Line (OHL) dan 3 IBT dengan konfigurasi sistem 1,5 Breaker.**

**Tiga IBT 500/150 kV tersebut masing-masing memiliki kapasitas  $\pm 500$  MVA. Sisi 150 kV terdiri dari beberapa feeder dengan konfigurasi sistem double busbar.**

**Pada tanggal 25 April 2012 pukul 13.00 WIB GITET Gandul IBT 1 dan IBT 2 sisi 500/150kV menampung beban  $\pm 562$  MW yang merupakan lebih dari sepertiga dari beban subsistem yaitu  $\pm 1600$  MW. Pada pukul 13.12 terjadi gangguan pada subsistem yang menyebabkan 18 Gardu Induk Padam.**

**Gangguan tersebut bersumber dari meledak dan terbakarnya Trafo Arus pada IBT 1 500/150 kV sisi 150kV phasa R**



*Gambar.1 Single Line Diagram GITET Gandul*





*Gambar. 2 CT IBT 1 500/150kV Sisi 150 KV Phasa R Terbakar*

# **Kronologis Gangguan**

**1. Pada pukul 13.12 WIB tanggal 25 April 2012 terjadi breakdown voltage pada isolasi yang terdapat dalam CT IBT 1500/150 kV sisi 150 kV.**

**Breakdown voltage tersebut menyebabkan CT tersebut meledak dan kemudian terbakar.**

**2. Relay proteksi pada IBT 1 bekerja dan mentripcion CB sehingga mengisolasi daerah gangguan, akan tetapi lidah api dan asap yang timbul akibat terbakarnya CT IBT 1 menyebabkan gangguan pada Busbar 1 150kV yang menimbulkan gangguan hubung singkat (shorcircuit) antara phasa R dan S di Busbar 1 150 kV.**

**Gangguan ini mentrigger relay proteksi busbar protection pada bekerja dan memutuskan seluruh beban di IBT 1 dan IBT 2 yang terhubung pada Busbar 1 150 kV.**

**3. Hilangnya beban pada IBT 1 dan IBT 2 menyebabkan subsistem kehilangan sepertiga beban sekitar 562 MW, hal ini menyebabkan pembangkit yang menyuplai subsistem tersebut yaitu PLTU Lontar dan PLTG/GU Muara Tawar menjadi kekurangan beban, sehingga menyebabkan sistem proteksi pembangkit tersebut bekerja yang menjadikan kedua pembangkit tersebut lepas dari subsistem. Hal inilah yang menyebabkan 18 Gardu Induk yang berada dalam subsistem tidak mendapat suplai daya listrik dan mengakibatkan pemadaman.**

**4. Untuk menghidupkan subsistem kembali, PT. PLN (Persero) melaksanakan beberapa langkah sebagai berikut :**

**1) Memadamkan api yang masih menyala di CT IBT 1 500/150 kV sisi 150 kV phase R GITET Gandul dan memperbaiki gangguan yang terjadi di Busbar 1 150 kV GITET Gandul.**

**2) Pukul 13.31 tanggal 25 April 2012, daya dari subsistem lain dialirkan kearah PLTG/GU Muara Tawar dan PLTU Lontar untuk menghidupkan kembali kedua pembangkit tersebut.**

**3) Pukul 14.05 tanggal 25 April 2012, PLTU Lontar dan PLTG/GU Muara Tawar kembali beroperasi kemudian IBT 2 dan IBT 3 GITET Gandul dipararel untuk mengurangi daerah yang mengalami pemadaman.**

**4) Kemudian sebagian besar subsistem pulih kembali, kecuali GI Petukangan karena IBT 1 500/150 kV sisi 150 kV GITET Gandul masih dalam proses perbaikan.**

**Pada Pukul 08.15 tanggal 26 April 2012 perbaikan pada IBT 1 selesai dan sistem kembali normal.**

## **Hasil Inspeksi dan Analisa**

**Inspeksi dilakukan dengan metode pemeriksaan visual dan diskusi teknis dengan pegawai PLN GITET Gandul baik operator maupun pihak manajemen untuk mendapatkan gambaran yang lengkap terhadap peristiwa yang terjadi.**

**Penyebab terjadinya gangguan di GITET Gandul pada tanggal 25 April 2012 disebabkan meledak dan terbakarnya CT Interbus Transformer (IBT) I 500/150 kV di sisi 150kV fase R.**

**Hipotesis awal dari PT. PLN (Persero) terkait dengan meledaknya CT ini adalah karena **penuaan (aging)** pada CT tersebut.**

**Terkait dengan hal tersebut diatas maka Inspeksi difokuskan pada pemeriksa data teknis CT dan data lain yang terkait dengan pengoperasian CT tersebut serta melakukan diskusi dengan operator dan manajemen PLN di GITET Gandul.**

**Trafo Arus ini mulai dipasang di GITET Gandul tahun 1984 dan digunakan sebagai input arus untuk beberapa peralatan metering dan relay proteksi IBT 1 GITET Gandul.**

**Beberapa relay proteksi yang mendapat input arus sekunder dari CT ini adalah:**

### **1. Proteksi Transformer Differential Relay (87T)**

## 2. Restricted Earth Fault (REF)

## 3. Busbar Protection (87BB)

Dari informasi pihak PLN, **pemeliharaan terakhir dari CT ini dilakukan pada tahun 2011** dengan mengikuti prosedur Petunjuk Operasi & Pemeliharaan Trafo Arus yang dimiliki oleh PT. PLN (Persero).

**Hasil pengukuran tangen delta pada CT IBT 1 500/150kV sisi 150 kV Phasa R, menunjukkan bahwa CT masih dalam kondisi Acceptable karena nilai tangen delta -nya masih dibawah 2,5 % tetapi diatas 1 % ( $1\% < n < 2,5\%$ ).**

**CT baru rata-rata mempunyai nilai tangen delta  $< 1\%$ .**

**Standar dari hasil pengukuran tangen delta untuk Trafo Arus (CT) untuk temperature 20°C. berdasarkan reverensi ABB dapat dilihat pada Tabel 1.**

**Tabel 1. Pengujian Tangen delta**

<b>No.</b>	<b>Hasil Pengujian</b>	<b>Keterangan</b>
CT 150 kV	< 2,5%	Acceptable
	> 2,5%	Unacceptable
CT 500 kV	< 0,5%	Acceptable
	> 0,5%	Unacceptable

**Dari hasil pemantauan diketahui bahwa penyebab dari terbakarnya CT adalah karena gangguan internal pada CT tersebut yang berupa tembus isolasi dari konduktor bertegangan ke ground.**

**Konduktor pada CT (Nomor 7) terlindungi dari metal Kepala CT (Nomor 4) oleh isolasi minyak.**

**Sementara kotak CT terlindungi dari ground oleh isolator bushing (nomor 8) dan minyak di dalamnya.**

**Tembus isolasi terjadi dari konduktor 150 kV ke ground pada bagian kepala dan keramik CT.**

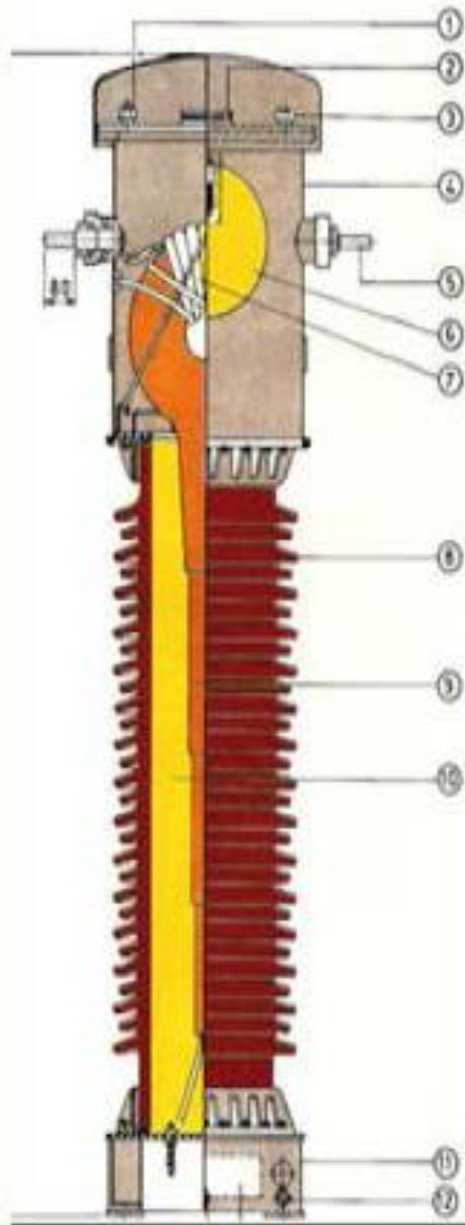
**Namun berdasarkan uraian dari personil GITET Gandul, isolator keramik CT terlebih dahulu retak dan diikuti oleh pecahnya kepala CT, sehingga disimpulkan kegagalan isolasi terjadi pada isolasi keramik, minyak, serta kertas isolasi di dalamnya.**

**Kombinasi isolasi keramik, minyak dan kertas isolasi tentunya telah melalui rangkaian pengujian tegangan tinggi yang menjamin bahwa isolasi dapat menahan tegangan kerja 150 kV (phase-phase).**

**Namun kekuatan isolasi dapat terdegradasi akibat gangguan-gangguan pada sistem, fenomena treeing, umur atau kondisi lingkungan yang ekstrim.**

**Mengingat CT sudah berumur 28 tahun (diproduksi tahun 1983 dan dipasang tahun 1984), maka diduga disebabkan oleh kegagalan isolasi yang dipengaruhi fenomena treeing yang sudah terjadi sejak lama pada CT tersebut.**





Sr. No.	Description
1.	Nitrogen Valve
2.	Pressure Release Device
3.	Oil filling Plug
4.	Oil tank
5.	Primary Terminal
6.	Ratio selection box
7.	Primary winding
8.	Bushing
9.	Secondary Oil
10.	Oil
11.	Base
12.	Earthing Terminal
13.	Secondary Terminal Box
14.	Oil Drain Plug

**Pada semua jenis isolasi, baik isolasi keramik, minyak dan kertas, tidak ada yang murni terdiri dari bahan isolasi 100%.**

**Selalu terdapat partikel-partikel non isolatif kecil yang dapat berupa void udara, kandungan air, atau benda padat intrusif.**

**Partikel-partikel ini memiliki kekuatan isolasi yang tidak sama dengan bahan isolasi utamanya.**

**Akibatnya pada saat dibebani tegangan kerja 150 kV, partikel pengotor ini sudah lebih mengalami tembus tegangan sementara isolasi utamanya masih mampu menahan tegangan tersebut.**

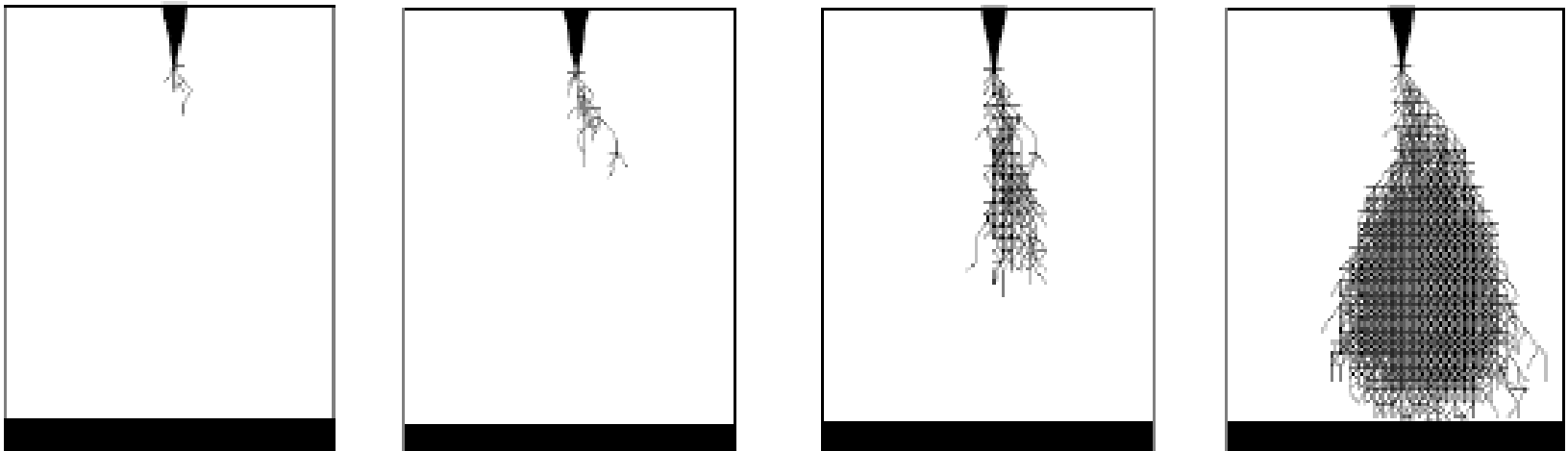
**Fenomena inilah yang disebut **partial discharge** atau tembus sebagian atau peluahan sebagian.**

**Partial Discharge pada awalnya terjadi pada satu atau beberapa void/partikel, namun seiring dengan berjalannya waktu, void-void tersebut akan saling terhubung dan membentuk jalur tembus isolasi.**

**Jalur tembus isolasi ini akan semakin memanjang dan melebar seperti akar pohon dan akan memicu tembus tegangan pada void yang lain.**

**Fenomena inilah yang disebut dengan **treeing**.**

**Lama-kelamaan, treeing akan menghubungkan konduktor bertegangan dengan ground dan pada saat itulah terjadi breakdown.**



**Untuk kasus CT pada bay 150 kV ini, dimisalkan segitiga bagian atas adalah konduktor 150 kV, garis tebal hitam di bagian bawah adalah sisi ground, dan bagian berwarna putih adalah isolasi utama yang dapat berupa minyak, kertas, atau keramik.**

**Awalnya terjadi tembus sebagian pada void-void disekitar konduktor, kemudian void-void yang mengalami tembus sebagian semakin banyak, sementara kekuatan medan listrik akibat tegangan 150 kV adalah tetap.**

**Void-void tersebut akan membentuk jalur yang semakin lama semakin membesar dan akhirnya menghubungkan konduktor dengan ground sehingga terjadi breakdown.**

**Fenomena treeing yang diduga terjadi pada CT tersebut telah lama terjadi dan tidak terdeteksi saat pengujian tangen delta.**

**Percepatan terjadinya kegagalan isolasi pada CT tersebut dapat diakibatkan oleh cuaca lingkungan yang ekstrim yaitu hujan deras yang berganti-ganti dengan panas terik matahari.**

**Cuaca yang berubah-ubah tersebut menyebabkan rembesan air dapat masuk ke dalam keramik melalui packing choke dan kemudian mengotori isolasi minyak.**

**Fenomena treeing seharusnya dapat dideteksi dengan pengujian Partial Discharge pada CT tersebut.**

**Namun, pengujian Partial Discharge sendiri adalah pengujian yang sangat sensitif dan sulit dilakukan di lapangan karena peralatan lain di sekitar gardu listrik akan mempengaruhi hasil pengukuran.**

**Pada umumnya pengujian Partial Discharge hanya dilakukan di pabrik pembuat peralatan.**

**Upaya pemantauan kekuatan isolasi yang umum dilakukan adalah dengan pengujian Tangen Delta ( $\tan \delta$  Measurement).**

**Dimana kekuatan isolasi dianalisa dengan mengukur besar rugi-rugi/losses yang terjadi pada isolasi tersebut.**

**Semakin besar persentase losses yang terjadi pada isolasi peralatan, berarti sudah semakin banyak bagian isolasi tersebut yang sudah mengalami partial discharge dan treeing.**

**Idealnya Tangen Delta diukur pada frekuensi yang berbeda-beda, namun pada saat ini umumnya alat ukur baru mampu mengukur Tangen Delta pada satu frekuensi saja.**

**Hal inilah yang menyebabkan, bahwa kadang-kadang terdapat peralatan yang hasil pengukuran tangen delta-nya masih baik, namun ternyata kondisi isolasi di dalamnya sudah buruk.**

## **Tindak Lanjut**

**Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan memberikan rekomendasi kepada PT. PLN (Persero) berdasarkan hasil inspeksi yang dilakukan oleh inspektur ketenagalistrikan yaitu,**

**1. PT. PLN (Persero) Perlu melakukan pengecekan kondisi kekuatan isolasi CT lainnya yang sudah berumur lebih dari 25 tahun.**

**2. Metoda pengukuran dan ambang batas pengujian tangen delta pada peralatan GITET perlu dikaji ulang dan dengan memperhatikan kasus-kasus yang terjadi di lapangan, tidak hanya mengacu pada standar pabrikan tertentu.**

**3. Untuk menghindari dan memetakan kemungkinan terjadinya hal yang sama, disarankan kepada PT PLN (Persero) untuk memetakan dan mengklasifikasi unit-unit CT yang terpasang di seluruh instalasi berdasarkan tingkat resiko kemungkinan terjadinya kerusakan.**

## **Penulis**

**Elif Doka Marliska (Inspektur Ketenagalistrikan Pertama)**

**Ario Panggi Pramono Jati, ST (Inspektur Ketenagalistrikan Pertama)**

**Hery Wahyudi Wibowo, ST (Inspektur Ketenagalistrikan Pertama)**

**Alamat Redaksi  
Sekretariat Direktorat Jenderal  
Ketenagalistrikan  
Jl. HR. Rasuna Said Blok X-2 Kav.07-08,  
Kuningan, Jakarta 12950  
Telepon/Fax (021) 5225180  
Email : [buletin@djlpe.esdm. go.id](mailto:buletin@djlpe.esdm.go.id)**

**==oo00oo==**



# Sejak 11 Februray 2009, engineer PLN yang sedang mengambil S2 di Delf Unisersity, telah menyadari pentingnya pengujian Partial Discharge untuk diterapkan di PLN.

Rabu 11 Februari 2009, 23:28 WIB

Laporan Dari Delft

## PLN, Pengukuran PD Lebih Hemat dan Terarah

- delikNews

0 Komentar



**Delft** - Perawatan jaringan PLN berbasis kondisi dengan pengukuran *Partial Discharge* (PD) jauh lebih hemat dan terarah, dibandingkan perawatan berbasis waktu, di mana dilakukan pemeriksaan secara periodik pada semua bagian sistem.

**Zoom in :**

Rabu 11 Februari 2009, 23:28 WIB

**Laporan Dari Delft**

# PLN, Pengukuran PD Lebih Hemat dan Terarah

- detikNews



**Delft** - Perawatan jaringan PLN berbasis kondisi dengan pengukuran *Partial Discharge* (PD) jauh lebih hemat dan terarah, dibandingkan perawatan berbasis waktu, di mana dilakukan pemeriksaan secara periodik pada semua bagian sistem.

---

*Delft University of Technology, Senin (9/2/2009) seperti disampaikan Dedy H.B. Wicaksono kepada detikcom kemarin.*

*Tesis Edy memfokuskan pada analisis hasil pengukuran PD tersebut untuk pengambilan keputusan tahap berikutnya, yaitu Manajemen Aset.*

*Metode pengukuran PD untuk klasifikasi aset PLN yang diusulkan EM Billah itu bersifat offline. Maksudnya, saat pengukuran atau pengujian kabel, jaringan listrik di daerah tersebut harus dimatikan untuk sesaat.*

*Metode lain yang menurut Edy masih dalam tahap penelitian adalah pengukuran PD secara online, tanpa perlu mematikan jaringan.*

*Dalam kaitan ini Didik Dahlan, sejawat Edy, menambahkan bahwa setidaknya ada tiga cara mengukur PD secara online, yakni metode akustik (mendengar percikan listrik PD), metode optik (melihat terjadinya percikan saat PD), dan metode kimia (melihat misalnya perubahan pada minyak pelumas untuk insulasi trafo).*

**Sekarang PD telah secara luas dipergunakan dalam pemeliharaan peralatan listrik.**

**Contoh : Pada PT.PJB UP Gresik.**



## **Implementasi PdM ( Predictive Maintenance ) di PT PJB UP Gresik**



*Produsen Listrik Terpercaya Kini dan Mendatang*

### **Monitoring Generator Partial Discharge**

- Hampir sama dengan EWS PD juga menggunakan Trending data untuk mengukur tingkat kerusakan yang terjadi pada Stator Generator yang mana data yang terukur bisa berupa numerik atau angka, juga bisa berupa gambar atau pattern / pola dari pada Partial Discharge tersebut
- Sedangkan Pattern tersebut bisa berupa 3PARD ,PRPD dan 3DPRPD.

# 10. Infrared Thermography

## 2.2.7 Standart Pengukuran

Tabel 2.2. Standar Pengukuran *Thermography*

<b>Standard Inspeksi Thermography</b>					
<b>Differerntial Temp</b>	<b>&lt; 5°C</b>	<b>5°C- 10°C</b>	<b>11°C- 20°C</b>	<b>21°C- 40°C</b>	<b>&gt; 40°C</b>
<b>Maximum Temp</b>					
<b>&lt; 75°C</b>	<b>Normal</b>	<b>Rendah</b>	<b>Menengah</b>	<b>Tinggi</b>	<b>kritis</b>
<b>75°C - 100°C</b>	<b>Peringatan beban lebih</b>	<b>Menengah</b>	<b>Tinggi</b>	<b>kritis</b>	<b>kritis</b>
<b>&gt;100°C</b>	<b>Peringatan beban yang tinggi</b>	<b>kritis</b>	<b>kritis</b>	<b>kritis</b>	<b>kritis</b>
<b>RENDAH</b>	<b>Memerlukan pemantauan dan pemeriksaan lebih awal</b>				
<b>MENENGAH</b>	<b>Memerlukan Perhatian</b>				
<b>TINGGI</b>	<b>Memerlukan perhatian sesegera mungkin</b>				
<b>KRITIS</b>	<b>Memerlukan perhatian ketika adanya gangguan</b>				

Temperature Rise Above Ambient	$\Delta T^*$	Situation	Repair Priority
1 °C to 10 °C	1 °C to 3 °C	Normal	No need to repair
10 °C to 20 °C	1 °C to 3 °C	Beginning of Problem	Monitor Routinely
20 °C to 40 °C	4 °C to 6 °C	First Stage of Overheating	Monitor Closely
40 °C to 60 °C	7 °C to 69 °C	Second Stage Overheating	Monitor Very Closely
60 °C to 80 °C	10 °C to 14 °C	Excessive Overheating	Repair as soon as possible
Greater than 80 °C	15 °C	Acute Overheating	Repair Immediately

# Table 1. N.E.T.A. Maintenance Testing Specifications, 1 for electrical equipment.

TEMP. DIFFERENCE (DELTA-T) BASED ON COMPARISONS BETWEEN SIMILAR COMPONENTS UNDER SIMILAR LOADING	TEMP. DIFFERENCE (DELTA-T) BASED UPON COMPARISON BETWEEN COMPONENT & AMBIENT AIR TEMPERATURES	RECOMMENDED ACTION
1 to 3 °C	1 °C to 10 °C	Possible deficiency; warrants investigation.
4 to 15 °C	11 °C to 20 °C	Indicates probable deficiency; repair as time permits.
— — —	21 °C to 40 °C	Monitor continuously until corrective measures can be done.
>15 °C	>40 °C	Major discrepancy; repair immediately.

# Table 2. Military Standard, 2 for electrical equipment.

10 to 25C°:	Component failure unlikely but corrective measure required at next scheduled routine maintenance period or as scheduling permits.
25 to 40C°:	Component failure probable unless corrected.
40 to 70C°:	Component failure almost certain unless corrected.
70C° and above:	Component failure imminent. Stop survey. Inform officers.

# Table 3. Experience-Based, 3 for electrical and/or mechanical equipment.

ANY DELTA-T CLASSIFICATION SYSTEM BASED ON EXPERIENCE, SUCH AS THE FOLLOWING 3:
4) 1 to 10 °C: corrective measures should be taken at the next maintenance period.
3) >10 to 20 °C: corrective measures required as scheduling permits.
2) >20 to 40 °C: corrective measures required ASAP.
1) >40C°: corrective measures required immediately.
MOTOR CORES, 4 (ON TEST BENCH, NOT IN SERVICE):
3) 1 to 10 °C: no exception likely.
2) >10 to 20 °C: possible exception, consult motor core test data.
1) >20 °C: exception likely.

**NETA Maintenance Testing Specifications,<sup>1</sup> for electrical equipment**

Priority	Delta T between similar components under similar load	Delta T over ambient air temperature	Recommended Action
4	1 to 3C°	1C° to 10C°	Possible deficiency; warrants investigation
3	4 to 15C°	11C° to 20C°	Indicates probable deficiency; repair as time permits
2	---	21C° to 40C°	Monitor until corrective measures can be accomplished
1	>15C°	>40C°	Major discrepancy; repair immediately

**Military Standard,<sup>2</sup> for electrical equipment**

Priority	Delta T	Recommended Action
4	10 to 25C°	Component failure unlikely but corrective measure required at next scheduled routine maintenance period or as scheduling permits
3	25 to 40C°	Component failure probable unless corrected
2	40 to 70C°	Component failure almost certain unless corrected
1	70C° and above	Component failure imminent. Stop survey. Inform cognizant officers

**Experience-Based,<sup>3</sup> for electrical and/or mechanical equipment. Any Delta T classification system based on experience, such as the following<sup>3</sup>**

Priority	Delta T	Recommended Action
4	1 to 10C°	Corrective measures should be taken at the next maintenance period
3	>10 to 20C°	Corrective measures required as scheduling permits
2	>20 to 40C°	Corrective measures required ASAP
1	>40C°	Corrective measures required immediately

**Motor Cores,<sup>4</sup> (on test bench, not in service)**

Priority	Delta T	Recommended Action
3	1 to 10C°	No exception likely
2	>10 to 20C°	Possible exception, consult motor core test data
1	>20C°	Exception likely



**Table 2** Experience-based classification system for electrical and/or mechanical equipment

Priority	Delta-T / °C	Recommended action
1	> 40	Corrective measures required immediately
2	20 ÷ 40	Corrective measures required as soon as possible (ASAP)
3	10 ÷ 20	Corrective measures required as scheduling permits
4	1 ÷ 10	Corrective measures should be taken in the next maintenance period

**Table 3** Experience-based classification system for electrical low-voltage distribution and control equipment

Priority	Delta-T / °C	Recommended action
1	> 30	Corrective measures required immediately
2	20 ÷ 30	Corrective measures required ASAP
3	10 ÷ 20	Corrective measures required on a priority scheduling basis
4	0 ÷ 10	Corrective measures required in the next scheduling maintenance period or as scheduling permits

**Table 4** NETA thermographic survey suggested actions based on the temperature rise

Priority	The temperature difference (Delta-T) based on comparisons between		Recommended action
	Similar components under similar loading	Components and ambient air temperatures	
1	> 15 °C	> 40 °C	Major discrepancy; repair immediately
2	-	21 ÷ 40 °C	Monitor continuously until corrective measures can be accomplished
3	4 ÷ 15 °C	11 ÷ 20 °C	Indicate probable deficiency; repair as time permits
4	1 ÷ 3 °C	1 ÷ 10 °C	Possible deficiency; warrants investigation <sub>12</sub>

**Table 5** Electric inspection criteria for direct measurements (ICT Thermography Basic 2014) [12]

Priority	Temperature rise between component and ambient temperature / °C	Repair priority	Remarks
1	> 70	Immediate	Component failure is imminent, complete repairs immediatly
2	40 ÷ 69	Mandatory	Component failure almost certain unless corrective action is taken
3	25 ÷ 39	Important	Component failure probable unless corrective action is taken
4	10 ÷ 24	As desired	Component failure improbable; corrective action required in the next maintenance period or as schedulling permits

# PENGECEKAN KONDISI PERALATAN

1. Menggunakan Termometer Inframerah
2. Menggunakan Infrared Camera Termographi



# PENGECEKAN KONDISI PERALATAN

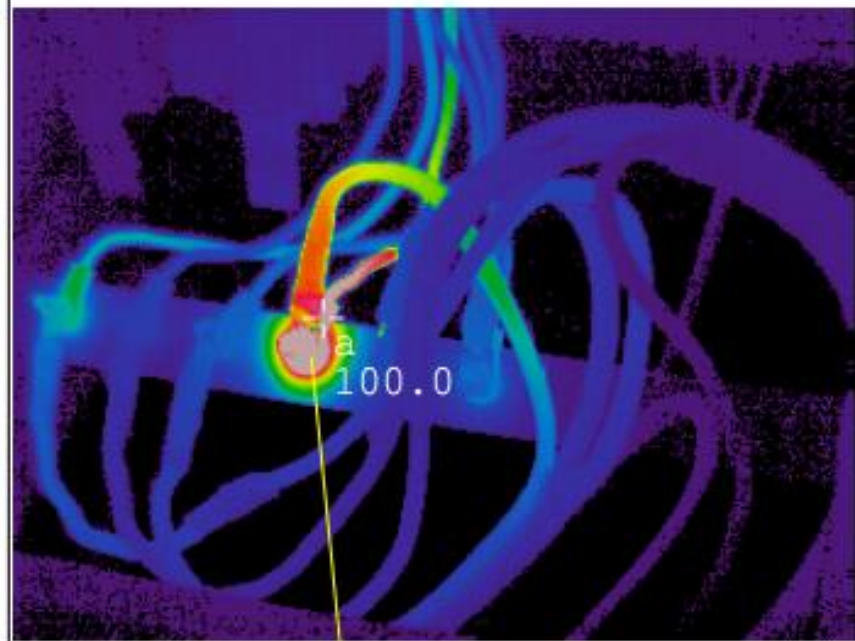
## FOTO INFRAMERAH

RG: 1 E: 1.00 SC: NORM

04/04/20

14:53:30

(120.0)



OBJEK

KABEL TERMINAL No.4

LABEL No

179

PANEL /  
ALAT

PANEL MESIN SISA-1

LOKASI

RUANG PANEL B-2

Temperatur (°C)

	a	b	c
T <sub>SPOT</sub>	100		
T <sub>REF</sub>	50		
ΔT	50	0	0
SKALA	A		

Kemungkinan Penyebab

# PENGECEKAN KONDISI PERALATAN

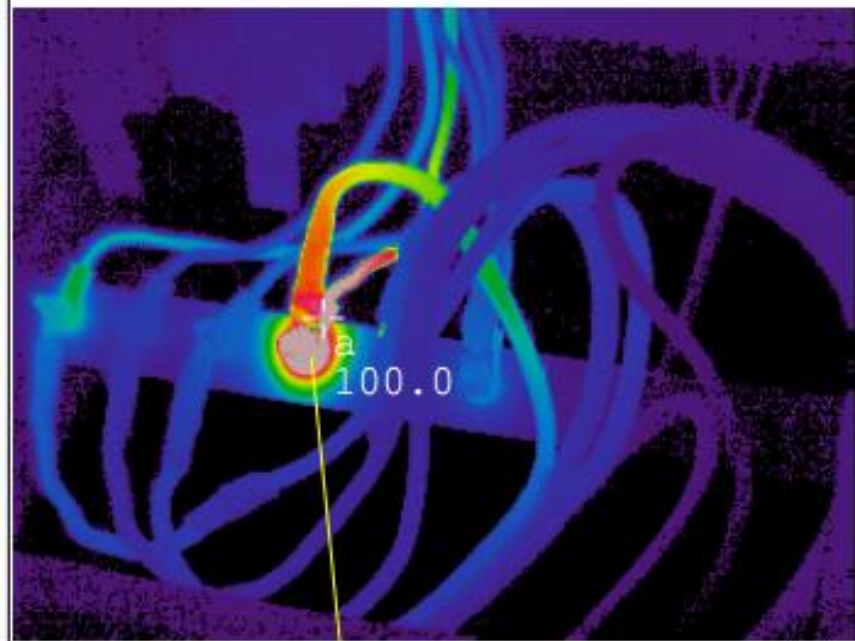
## FOTO INFRAMERAH

RG: 1 E: 1.00 SC: NORM

04/04/20

14:53:30

(120.0)



OBJEK

KABEL TERMINAL No.4

LABEL No

179

PANEL /  
ALAT

PANEL MESIN SISA-1

LOKASI

RUANG PANEL B-2

Temperatur (°C)

	a	b	c
T <sub>SPOT</sub>	100		
T <sub>REF</sub>	50		
ΔT	50	0	0
SKALA	A		

Kemungkinan Penyebab

# PENGECEKAN KONDISI PERALATAN



## FOTO VISUAL



### Kemungkinan Penyebab

<b>X</b>	<b>Koneksi buruk (kendor / kotor )</b>
	Beban berlebih (overload)
	Beban tdk seimbang (unballance)
	Komponen Aus
	Induksi elektromagnetis
	Cable stress

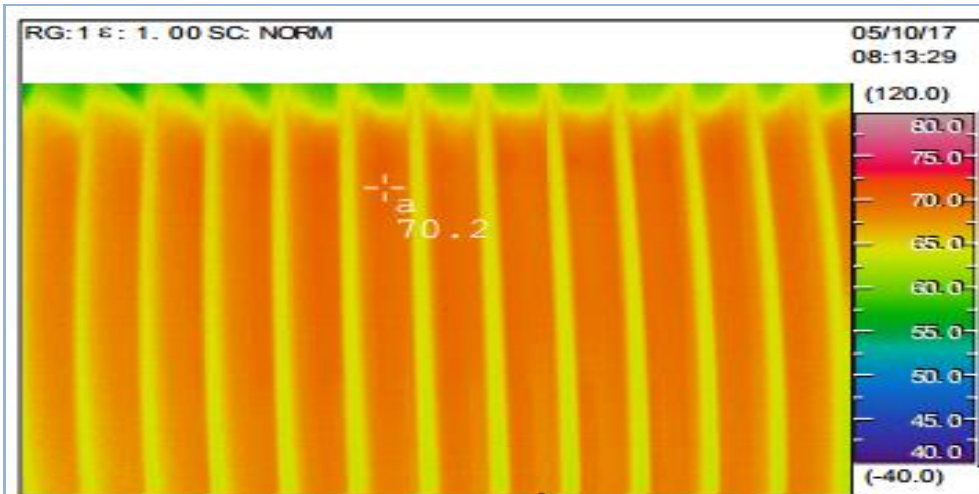
### Komentar & Saran

AWAS.... OVERHEATING AKUT DI KONEKSI KABEL TERMINAL No.4

SEGERA GANTI SKUN KABEL DAN PERBAIKI KONEKSI DI TITIK TSB :

- OFF PANEL
- LEPAS KONEKSI KABEL YG BERMASALAH
- GANTI SKUN KABEL DNG YG BARU
- BERSIHKAN KONTAK TERMINAL
- KONEK KEMBALI KABEL KE TERMINAL DAN KENCANGKAN BAUT TERMINAL DNG TORSI YG TEPAT
- PERIKSA ULANG DNG TERMOGRAFI

# PENGECEKAN KONDISI PERALATAN

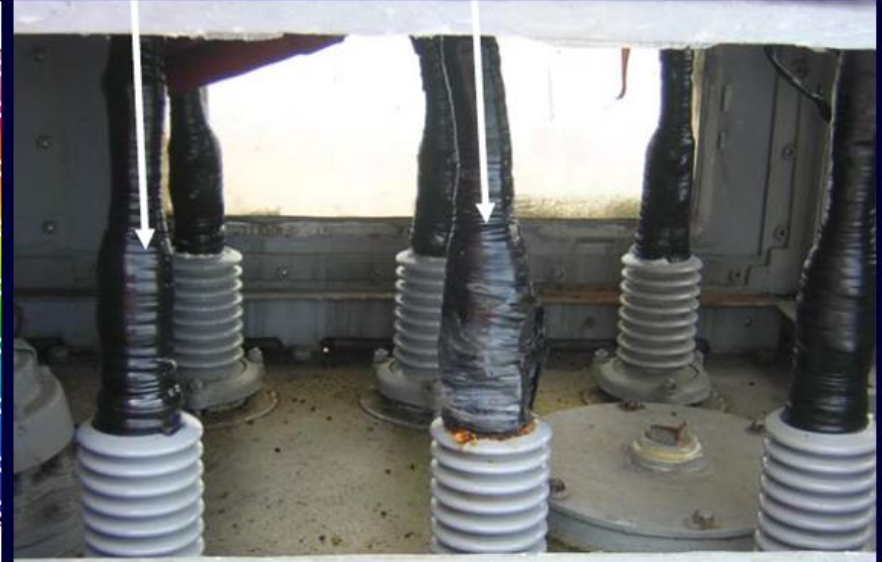
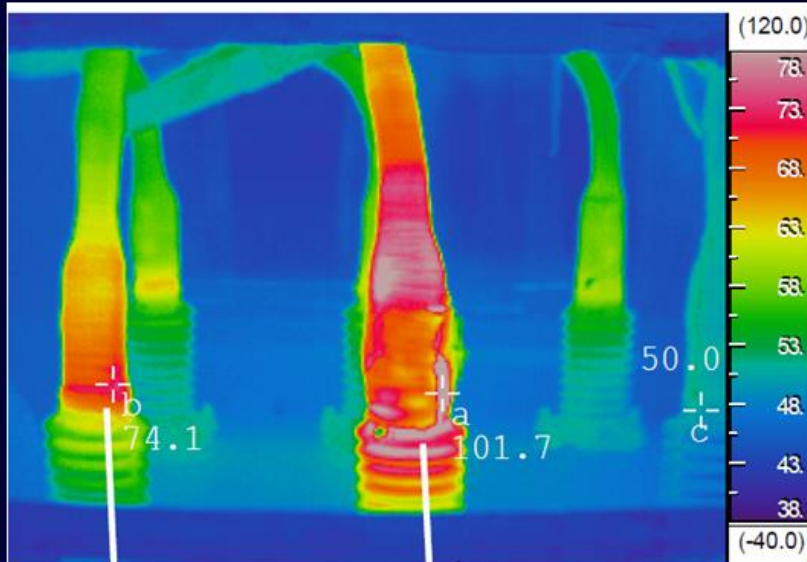


<b>LABEL Nbr</b>		11	
<b>EQUIPMENT</b>		TRAFO TO VSD # 1	
<b>LOCATION</b>		NORA 'A' – MAIN DECK	
<b>Temperature (°C)</b>			
	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
$T_{spot}$	70.2		
$T_{ref}$	60		
$\Delta T$	10.2	0	0
<b>Priority</b>	<b>C</b>		
<b>Probable Cause</b>			
	Fault Connection ( Loose or Dirty )		
<b>X</b>	Overloaded due to high harmonic load		
	Unballance Loaded		
<b>X</b>	Cooling System problem		
	Electromagnetic Induction		
	Normal Operating Temperature		
<b>Comment &amp; Recommendations</b>			
<b>SECOND STAGE OVERHEATING ON TRANSFORMER'S OIL COOLING FIN</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• CHECK FOR ROOM AIR CIRCULATION &amp; VENTING</li> <li>• SCHEDULE FOR OIL DIELECTRIC TEST AND OIL PURIFICATION / TREATMENT.</li> <li>• ALSO CHECK FOR HARMONIC DISTORTION LOADING &amp; TRANSFORMER K-FACTOR</li> <li>• DERATING THIS TRANSFORMER IF HIGH HARMONIC DISTORTION EXIST ON ITS LOAD</li> <li>• DO THERMOGRAPHY RE-INSPECTION AFTER REPAIRMENT HAD DONE</li> </ul>			



# PENGECEKAN KONDISI PERALATAN

## Inspeksi Bidang Kelistrikan



### Kemungkinan Penyebab

- Fault Connection (Loose or Dirty)
- Overloaded
- Unballance
- Electromagnetic Induction
- Internal Component / parts failure

# 11. Pengukuran Tahanan Tanah

- Untuk mengukur tahanan pentanahan digunakan alat ukur megger tanah (Earth Resistance Tester).



# Alat Pengukur Tahanan Tanah



Digital Earth Tester  
Penghubung



Pasak

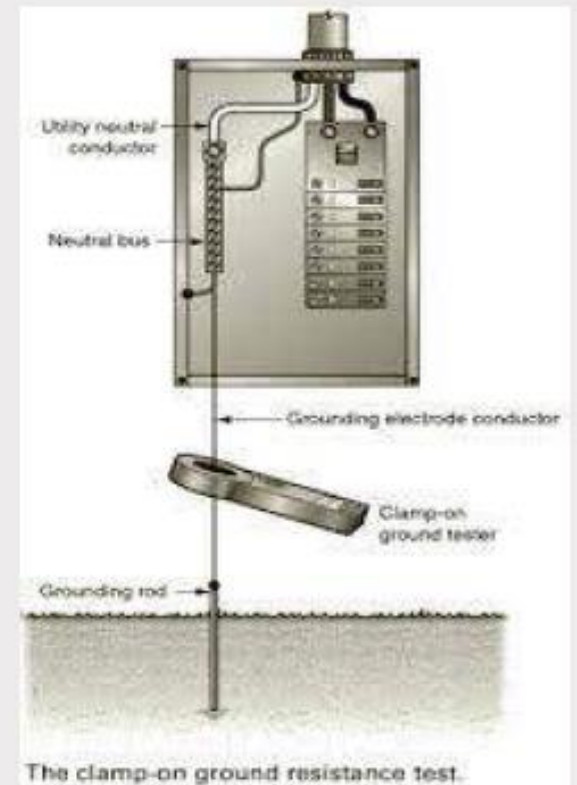
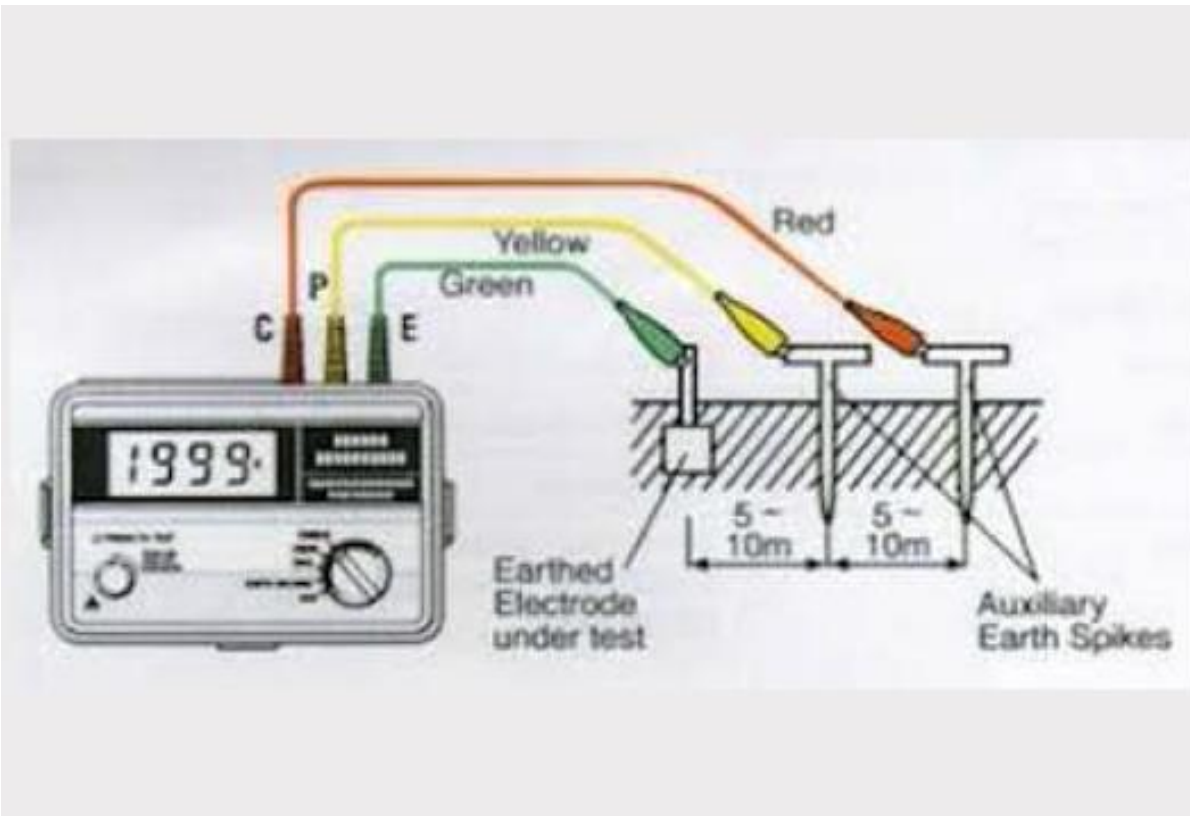


Palu



Kabel

# Cara Mengukur Tahanan Tanah



# Pengukuran Tahanan Tanah





● **TERIMA KASIH**

