



**PT.PLN (PERSERO)**

**DISTRIBUSI JAKARTA RAYA DAN TANGERANG**

# **DASAR DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK**



# PRAKATA

Buku Teori Dasar Distribusi Tenaga Listrik ini merupakan rangkuman dari beberapa sumber teori ketenagalistrikan yang dikemas secara praktis dapat digunakan sebagai salah satu referensi dalam melaksanakan kegiatan kelistrikan dilingkungan PT.PLN (Persero) Distribusi Jakarta Raya dan Tangerang.

Buku ini terdiri dari beberapa Bab yaitu Bab 1: Dasar Teori Tenaga Listrik, Bab 2: Konfigurasi Jaringan Distribusi, Bab 3: Proteksi Jaringan Distribusi, Bab 4: Transformator, Bab 5: KHA Konduktor, Bab 6: CT/PT, Bab 7: Rak TR dan Bab 8: APP.

Selanjutnya kami berharap buku ini dapat bermanfaat bagi semua kalangan, baik pegawai maupun akademisi dalam memahami kegiatan kelistrikan. Dalam penyusunan buku ini jauh dari sempurna, apabila terdapat kesalahan / kekurangan mohon dapat dikoreksi atau masukan dari pembaca.

Hormat kami,  
M Budisusilo  
Vick Nawan  
I Putu Kesama

# DAFTAR ISI

- Bab 1: Dasar Teori Tenaga Listrik
- Bab 2: Konfigurasi Jaringan Distribusi
- Bab 3: Proteksi Jaringan Distribusi
- Bab 4: Transformator
- Bab 5: KHA Konduktor
- Bab 6: CT/PT
- Bab 7: Rak TR
- Bab 8: APP

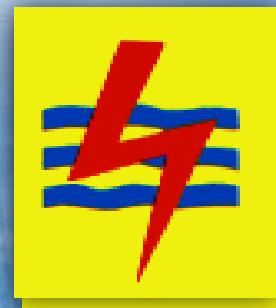




**PT.PLN (PERSERO)**  
**DISTRIBUSI JAKARTA RAYA DAN TANGERANG**

## BAB I

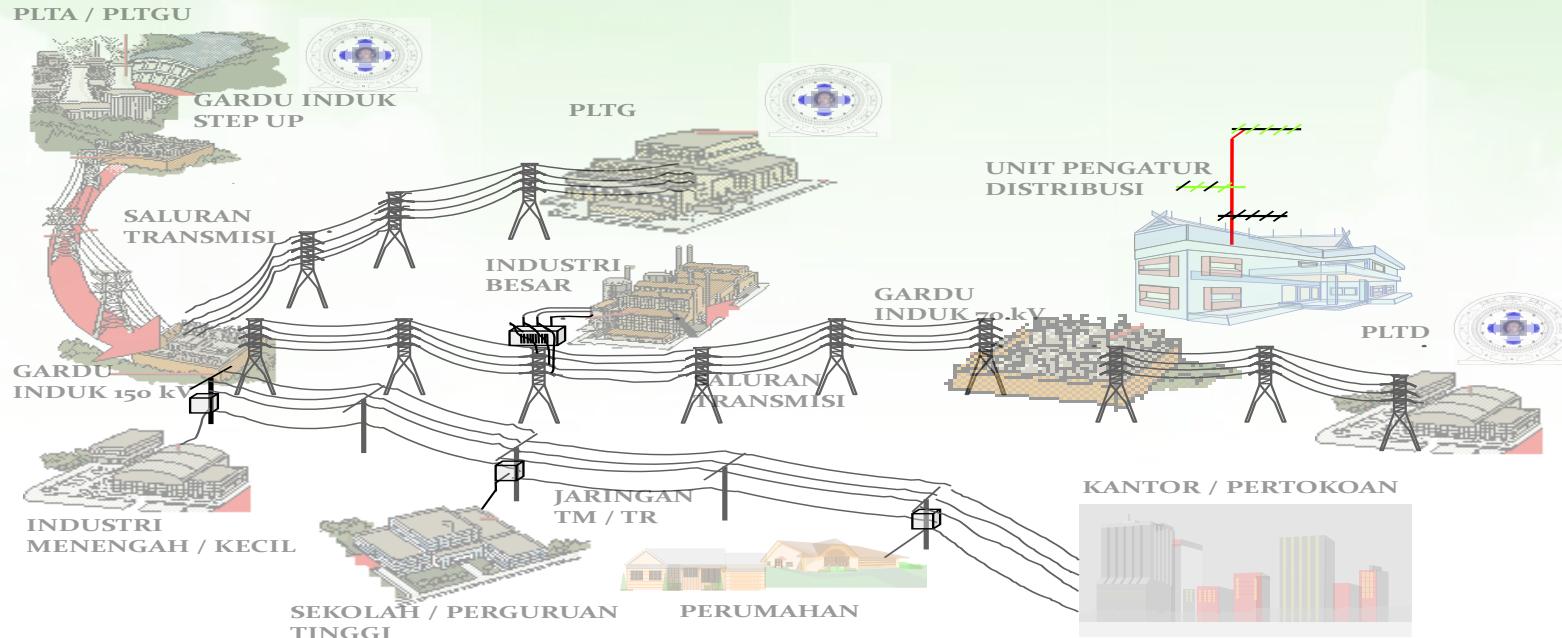
# SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK



# SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

## PROSES DISTRIBUSI LISTRIK

### PROSES PEMBANGKITAN SAMPAI DENGAN PEMANFAATAN ENERGI LISTRIK

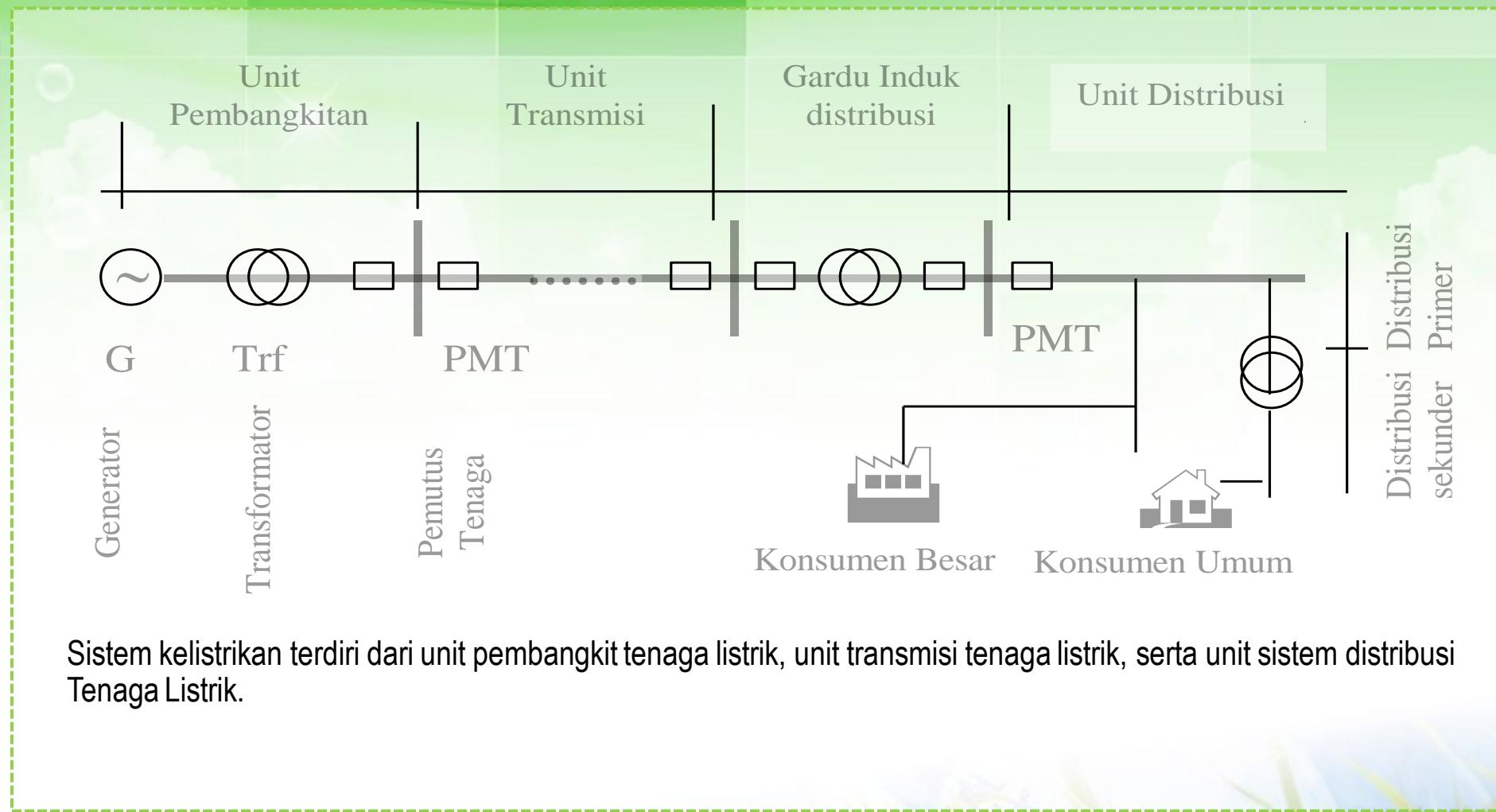


Sistem kelistrikan jawa:

- 500 KV : Tegangan Ekstra Tinggi
- 150 KV : Tegangan Tinggi
- 20 KV Tegangan Menengah
- 380-400 Volt : Tegangan Rendah

# SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

## BLOK DIAGRAM SISTEM TENAGA LISTRIK



# SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

## PENGERTIAN BESARAN LISTRIK

### TAHANAN LISTRIK

Tahanan difinisikan sbb :

1 (satu) Ohm ( $\Omega$ ) adalah tahanan satu kolom air raksa yang panjangnya 1063 mm dengan penampang  $1 \text{ mm}^2$  pada temperatur  $0^\circ \text{ C}$ . Tahanan penghantar besarnya berbanding terbalik terhadap luas penampangnya. Bila suatu penghantar dengan panjang  $l$ , dan penampang  $q$  serta tahanan jenis  $\rho$  (rho), maka tahanan penghantar tersebut adalah :

$$R = \frac{\rho \times l}{q}$$

Dimana :

$R$  = Tahanan Kawat [ $\Omega/\text{ohm}$ ]

$\rho$  = Tahanan Jenis Kawat [ $\Omega\text{mm}^2/\text{meter}$ ]

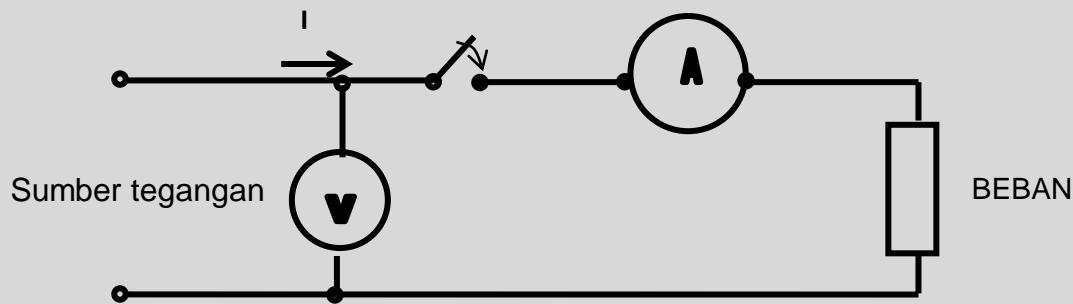
$l$  = Panjang Penghantar [meter/m]

$q$  = penampang kawat [ $\text{mm}^2$ ]

# SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

## RANGKAIAN LISTRIK

### 1. RANGKAIAN ARUS SEARAH



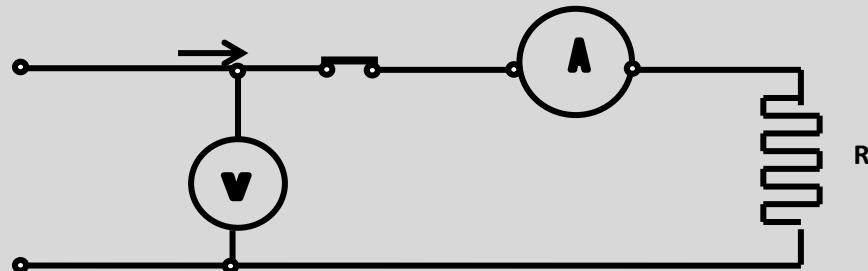
Pada suatu rangkaian akan mengalir arus, apabila dipenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- Adanya sumber tegangan
- Adanya alat penghubung
- Adanya beban

# SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

## RANGKAIAN LISTRIK

### 2. HUKUM OHM



$$I = \frac{V}{R} \rightarrow \begin{array}{c} V \\ | \\ R \end{array}$$

$$R = \frac{V}{I} ; I = \frac{V}{R}$$

### Daya Listrik ( $P$ )

$$P = I.V$$

$$P = I.I.R$$

$$P = I^2.R$$

Dimana :

V = Tegangan [Volt]  
I = Arus Listrik [Ampere]  
R = Tahanan [Ohm]  
P = Daya Listrik [Watt]

# SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

## RANGKAIAN LISTRIK

### CONTOH SOAL DAYA 1 FASA

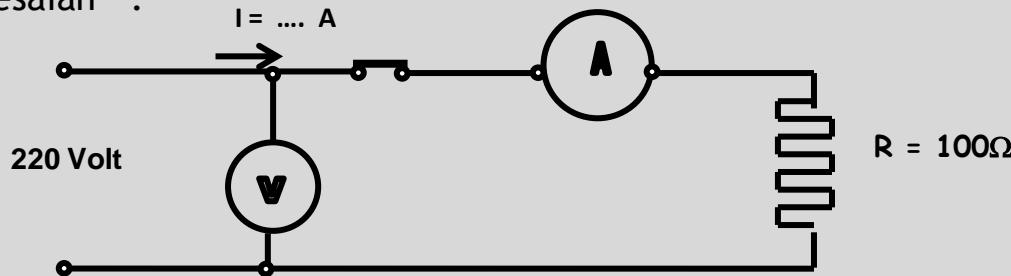
Suatu beban yang mempunyai tahanan  $R = 100 \Omega$ , dihubungkan kesumber tegangan ( V ) yang besarnya 220 Volt. Berapa besar arus ( I ) dan daya ( P ) yang mengalir pada rangkaian tersebut?

Jawab : Diketahui :  $R = 100 \Omega$

$V = 220$  Volt.

Ditanyakan : I (Arus Listrik) dan P (Daya).

Penyelesaian :

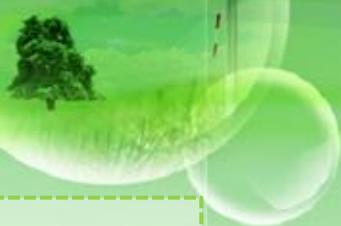


$$I = V/R = 220/100 = 2,2 \text{ Ampere}$$

$$P = I \cdot V = 2,2 \times 220 = 484 \text{ Watt}$$

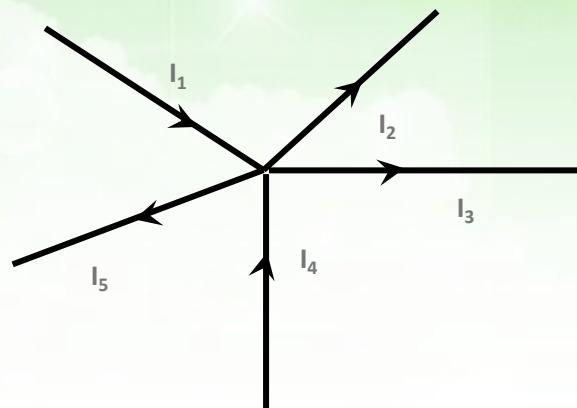
Daya 1 Fasa Di DISJAYA memiliki Daya Maksimal 7700 VA.

# SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK



## RANGKAIAN LISTRIK

### 2. Hukum Kirchoff



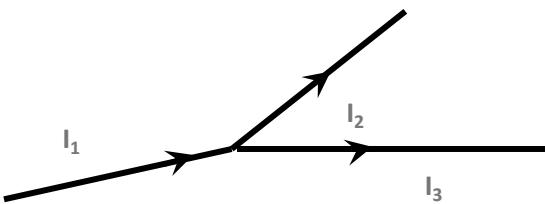
Pada setiap rangkaian listrik, jumlah aljabar dari arus-arus yang bertemu di satu titik adalah nol ( $\sum I = 0$ ).

Jadi :

$$I_1 + (-I_2) + (-I_3) + I_4 + (-I_5) = 0$$

$$I_1 + I_4 = I_2 + I_3 + I_5$$

### CONTOH SOAL :



Diketahui :  $I_1 = 10$  Ampere,  $I_2 = 4$  Ampere

Ditanyakan : Berapa Arus  $I_3 = \dots$ ?

Dijawab:

$$\sum I = 0$$

$$I_1 + (-I_2) + (-I_3) = 0$$

$$I_3 = I_1 - I_2 = 10 - 4 = 6 \text{ Ampere}$$

# SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

## ARUS BOLAK BALIK

### IMPEDANSI (Z)

Sistem arus bolak balik beban merupakan “ Impedansi” ( Z ) yang biasa dibentuk dari unsur : R, L, C. Unsur Hambaran R merupakan Hambatan murni, sedangkan untuk hambatan XL dan XC merupakan Hambatan Imaginer.

Contoh beban :

R (hambatan murni) : Lampu pijar, setrika listrik, heater

L ( hambatan induktif) : Reaktor, komparan

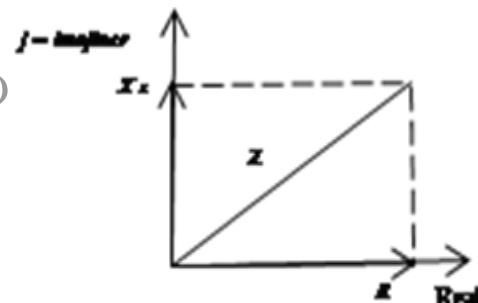
C (hambatan kapasitas) : Kapasitor

$$X_L = 2\pi f L ; \quad X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

### IMPEDANSI INDUKTIF(Z<sub>L</sub>)

$$Z_L = R + jX_L$$

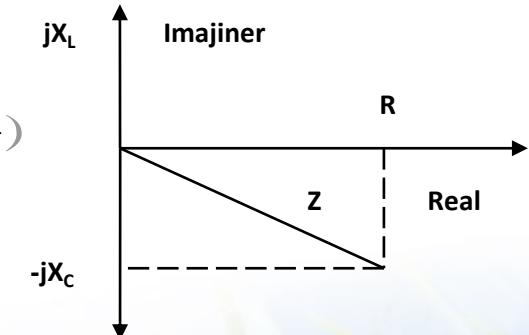
$$Z_L = R + j(2\pi f L)$$



### IMPEDANSI CAPASITIF(Z<sub>C</sub>)

$$Z_C = R + jX_C$$

$$Z_C = R + j\left(\frac{1}{2\pi f C}\right)$$



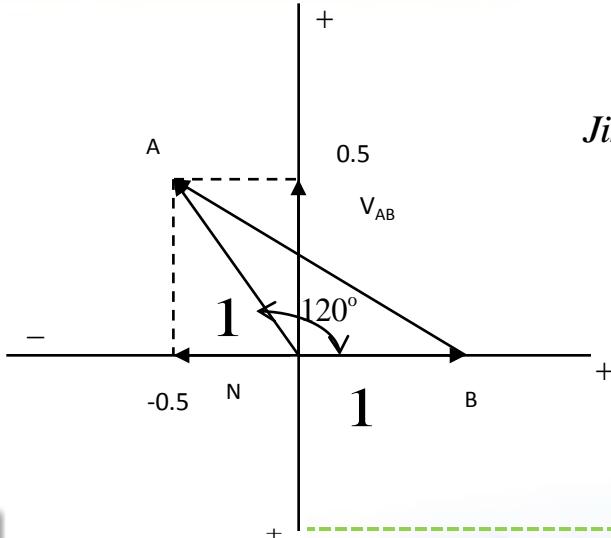
# SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

## PENGERTIAN $\sqrt{3}$ PADA DAYA 3 FASA

Keterangan:

- $V_{AN}, V_{BN}, V_{CN}$  = Tegangan Fasa - Netral
- $V_{AB}, V$  = Tegangan Fasa - Fasa

### Arti $\sqrt{3}$ Pada Tegangan



### P Total 3 Fasa

$$V_{AN} = V_{BN} = V_{CN}$$

$$I_A = I_B = I_C = I$$

$$\text{Power Fasa A} = V_{AN} \times I_A$$

$$\text{Power Fasa B} = V_{BN} \times I_B$$

$$\text{Power Fasa C} = V_{CN} \times I_C$$

$$P_{\text{TOTAL 3 Fasa}} = 3 \times V_{AN} \times I_A$$

$$\cos(120^\circ) = -0.5$$

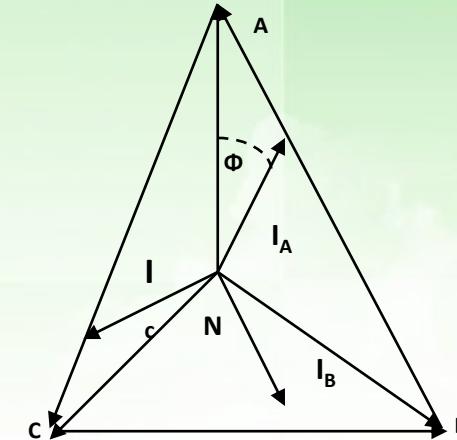
Jika  $V_{AN} \& V_{BN} = 1$

$$\begin{aligned}(V_{AB})^2 &= (V_{AN})^2 + (V_{BN})^2 \pm 2 \times V_{AN} \times V_{BN} \times \cos(120^\circ) \\ &= (V_{AN})^2 + (V_{AN})^2 \pm 2 \times V_{AN} \times V_{AN} \times (-0.5) \\ &= (V_{AN})^2 + (V_{AN})^2 + (V_{AN})^2\end{aligned}$$

$$(V_{AB})^2 = 3 \times (V_{AN})^2$$

$$V_{AB} = \sqrt{3} \times V_{AN}$$

$$\text{Atau } V = \sqrt{3} \times V_{AN}$$



$$\begin{aligned}P_{\text{Total 3 Fasa}} &= 3 \times V_{AN} \times I_A \\ &= 3 \times \left(\frac{V}{\sqrt{3}}\right) \times I \\ &= \frac{3 \times V \times I}{\sqrt{3}}\end{aligned}$$

$$P_{\text{Total 3 Fasa}} = \sqrt{3} \times V \times I$$

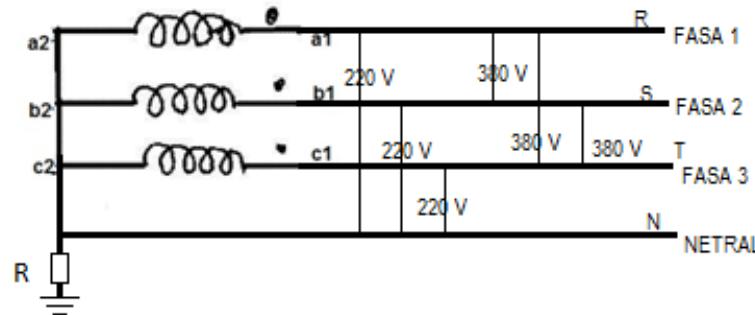
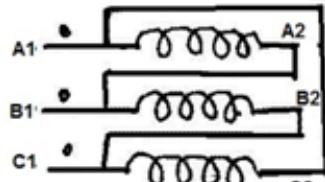
Tegangan fasa-fasa = akar 3 dari tegangan Fasa - Netral



# SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

## Contoh Soal Daya 3 Fasa

### CONTOH SOAL DAYA :



- Untuk TR 3 Fasa Daya Dari 6600 VA Sampai 197000 VA

- Untuk TM 3 Fasa Daya Diatas 200KVA

Diketahui: Daya Pelanggan TR = 10.600 VA, Vph=220 V dan Vh-Ph =  $\sqrt{3} \times 220 = 380$  V

Ditanyakan : Berapa Arusnya?

Jawab:

(1) Tegangan 220 V :

$$P_{Total3Fasa} = 3 \times V \times I$$

$$I = \frac{P_{Total3Fasa}}{3 \times V}$$

$$= \frac{10600}{3 \times 220} = 16 \text{Ampere}$$

(2). Tegangan 380 V:

$$P_{Total3Fasa} = \sqrt{3} \times V_{h-ph} \times I$$

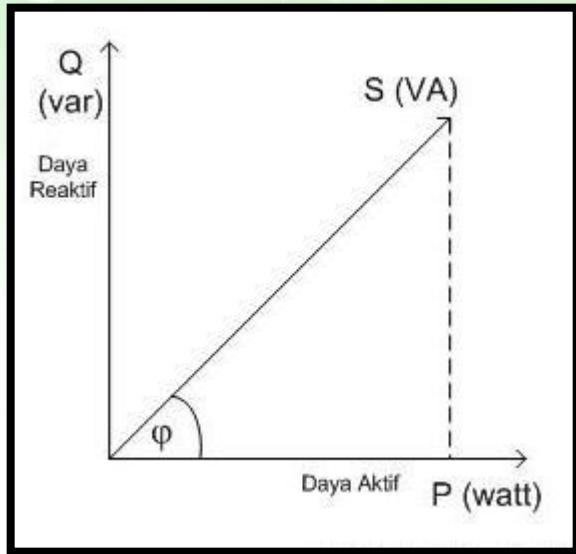
$$I = \frac{P_{Total3Fasa}}{\sqrt{3} \times V_{h-ph}}$$

$$= \frac{10600}{\sqrt{3} \times 380} = 16 \text{Ampere}$$

# SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

## SEGI TIGA DAYA

### DAYA LISTRIK



$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi = \text{DAYA AKTIF(Watt)}$$

$$S = V \cdot I = \text{DAYA SEMU(VA)}$$

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi = \text{DAYA AKTIF(VAR)}$$

# SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

## SEGI TIGA DAYA

### CONTOH SOAL DAYA LISTRIK

Diketahui: Pelanggan 3 Fasa, Dengan Tegangan  $V_{h-Ph}=380\text{ Volt}$  dengan Arus yang mengalir sebesar 10 Ampere,  $\cos\varphi=0.85$  ,  $\sin\varphi=0.53$  . Berapa daya yang terpasang pada pelanggan Tersebut:

Jawab:

(1) DAYA AKTIF :

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cos\varphi = \sqrt{3} \times 380 \times 10 \times 0.85 \\ = 5587.9 \text{ Watt}$$

(2) DAYA SEMU :

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I = \sqrt{3} \times 380 \times 10 \\ = 6581.79 \text{ VoltAmpere}$$

(3) DAYA AKTIF :

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \sin\varphi = \sqrt{3} \times 380 \times 10 \times 0.53 \\ = 3484.22 \text{ VAR}$$

# SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

## SEGI TIGA DAYA

### CONTOH SOAL DAYA LISTRIK

Diketahui: Pelanggan TM dengan Daya 8 MVA, Jika Diketahui Tegangan yaitu 20000Volt .  
Berapa Arus yang terpasang pada pelanggan Tersebut?

Jawab:

ARUS (I)

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

$$I = \frac{8000000}{1.73 \times 20000}$$

$$I = 231.21 \text{ Ampere}$$

Maka Arus yang Mengalir Pada Pelanggan sebesar **231.21 Ampere**



**PT.PLN (PERSERO)**  
**DISTRIBUSI JAKARTA RAYA DAN TANGERANG**

## BAB II

# KONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI

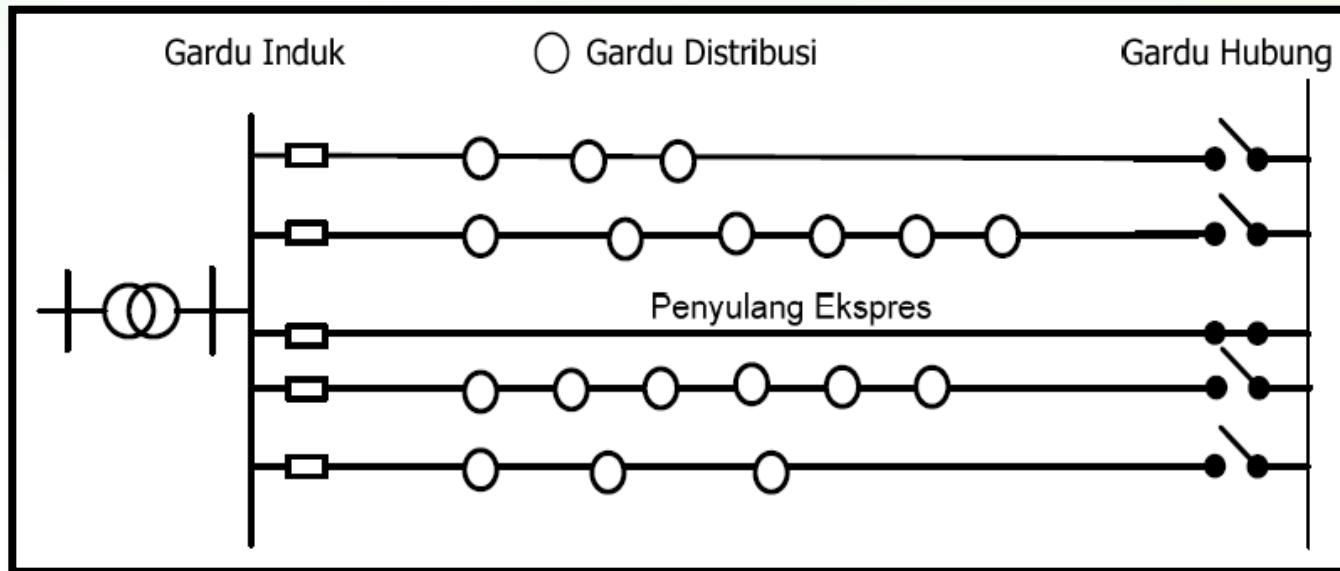


# Konfigurasi Jaringan



## Konfigurasi Jaringan Spindle

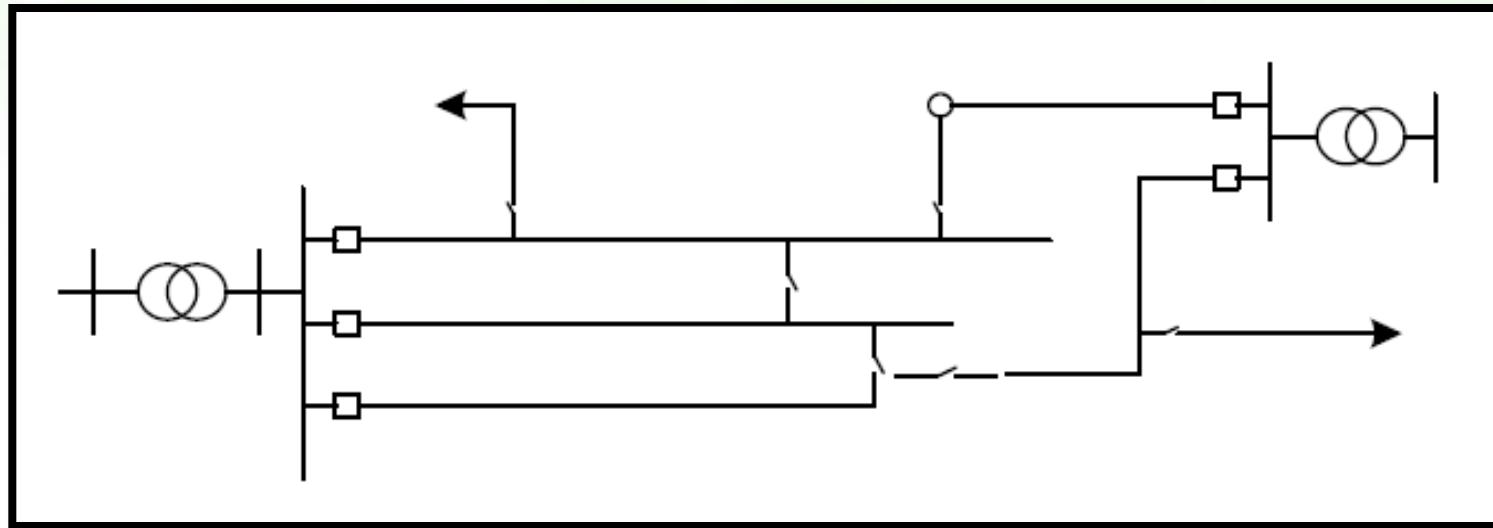
Penyalang SPINDEL merupakan konfigurasi Penyalang SKTM JTM 20 kV, dimana terdapat 2 jenis penyalang yaitu Penyalang Operasi (working feeder) dan penyalang Cadangan (Stanby atau Express Feeder). Dalam Keadaan Normal Penyalang Operasi berbeban sedangkan Penyalang expres tidak berbeban.



# Konfigurasi Jaringan

## Konfigurasi Jaringan Mesh

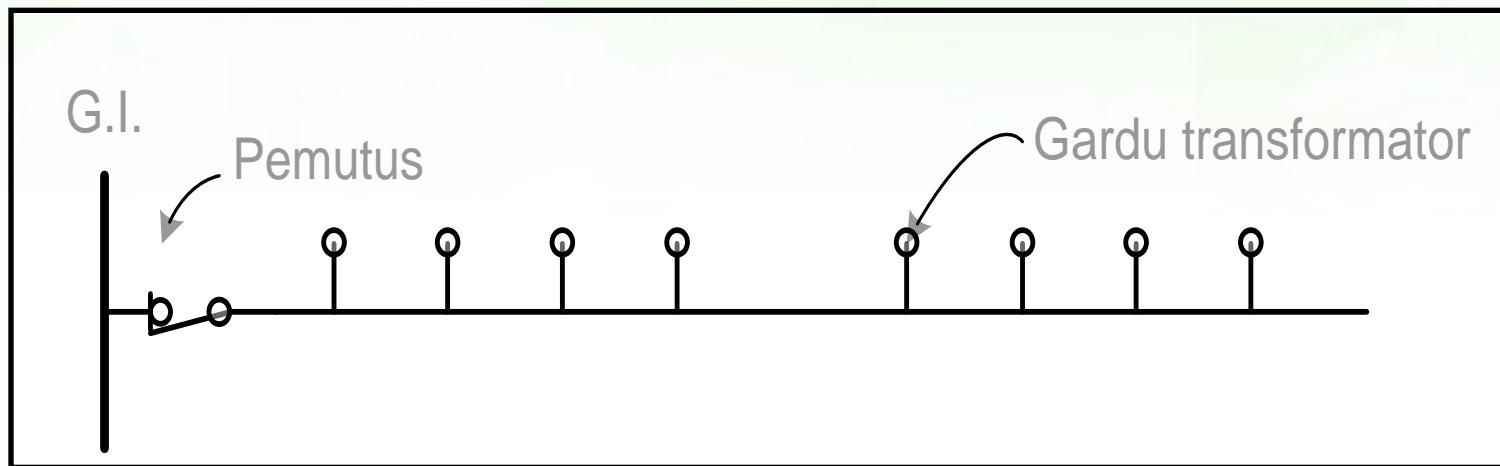
Konfigurasi jala-jala, memungkinkan pasokan tenaga listrik dari berbagai arah ke titik beban. Rumit dalam proses pengoperasian, umumnya dipakai pada daerah padat beban tinggi dan pelanggan-pelanggan pemakaian khusus.



# Konfigurasi Jaringan

## Konfigurasi Jaringan Radial

Sistem Radial merupakan sistem yang paling sederhana dan menjadi dasar operasi dari seluruh sistem jaringan distribusi. Penyalang dengan sistem radial dapat dibebani 100% dari kemampuan arus penghantar yang digunakan, namun keandalannya kurang. Sistem ini umumnya digunakan untuk konsumen dengan beban yang kecil dan tersebar.



# Konfigurasi Jaringan



## Jumlah Penyulang pada Konfigurasi Jaringan Spindle

- Dilihat dari kapasitas TRAFO GI

Misalnya. Trafo GI 60 MVA

Maka ,  $I=60.000 \text{ KVA}/\sqrt{3} \cdot (20 \text{ KVA}) = 1734.10 \text{ Ampere}$

Memperhatikan KHA Kabel SKTM

- KHA kabel XLPE 240 = 350 A,

maka,jumlah penyulang seharusnya =  $1734/350 = 4.95 = 5$  penyulang +express

- KHA kabel XLPE 300 = 398A

Maka jumlah penyulang =  $1734/390 = 4.4 = 4$  penyulang.

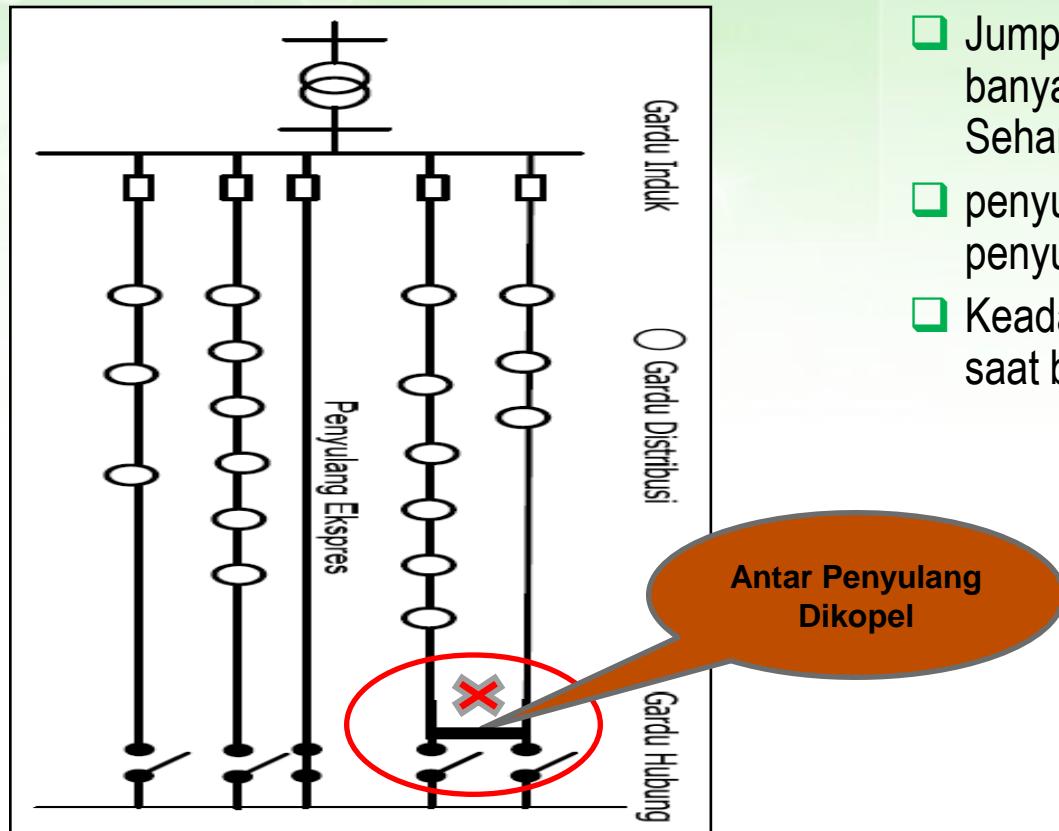
Jika , seperti setting APD = 230 A,

Maka jumlah penyulang seharusnya =  $1734/230= 7.5 = 8$  penyulang

“ Maka Jumlah Minimal Penyulang pada Jaringan SPINDEL yaitu 4 Penyulang Operasi + 1 Penyulang Express (Wajib memiliki P. Express)”

# Konfigurasi Jaringan

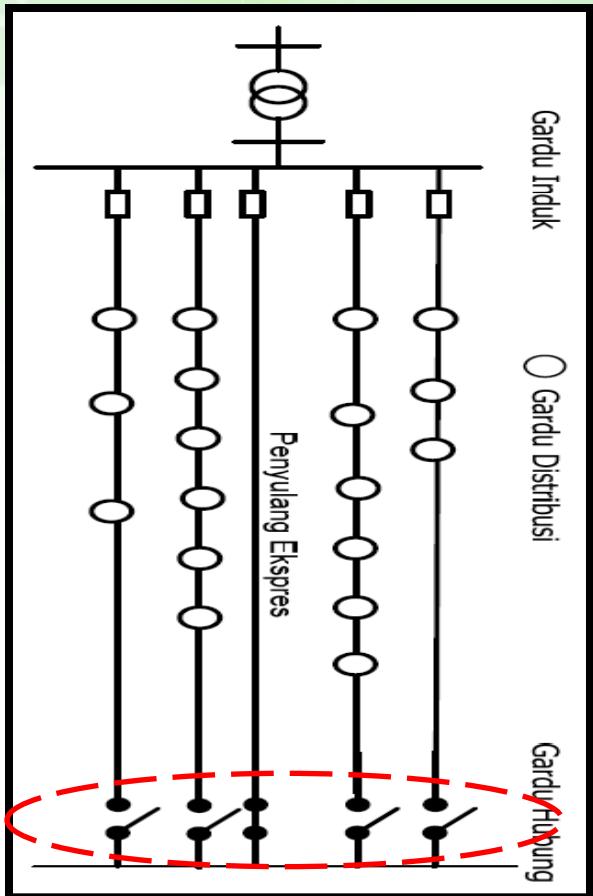
TIDAK ADA KABEL JUMPERAN DI GH



- Jumperan / Kopel antar penyulang masih banyak terdapat di jaringan Area DISJAYA. Seharusnya tidak boleh ada jamperan
- penyulang berbeban memikul beban penyulang lain.
- Keadaan normaly close, tanpa bisa di open saat bertegangan (akibat Kopelan).

# Konfigurasi Jaringan

**SELURUH PENYULANG DI GH KECUALI EXPRESS HARUS OFF**

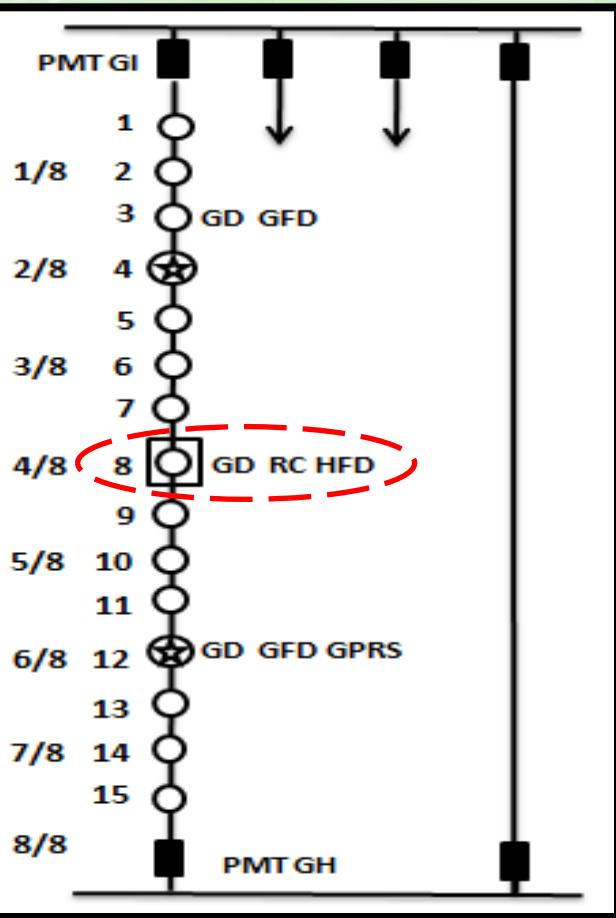


- Pada GH (Gardu Hubung) kondisi Normal yaitu setiap penyulang berbeban normaly Open dan untuk penyulang express normally Close.
- Keadaan Penyulang Express men-supply penyulang lain hanya boleh pada saat Siaga 1 maksimal 24 jam (penyulang yang terganggu harus sudah normal dan konfigurasi kembali normal)

# Konfigurasi Jaringan



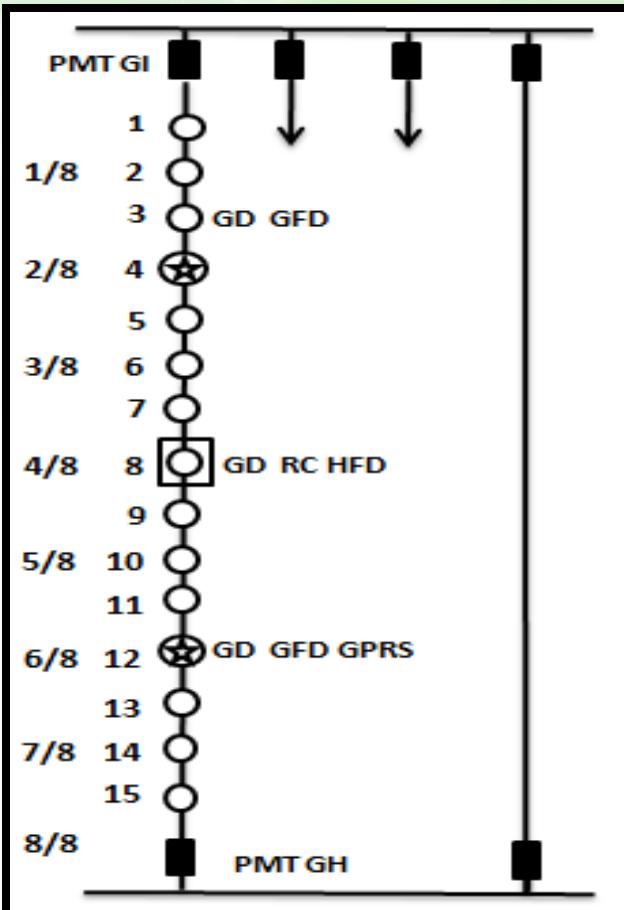
## MIDDLE POINT



- ❑ Middle point merupakan titik remote bagian tengah gardu dihitung berdasarkan daya
- ❑ Untuk Midle point yg akan diremote usahakan hanya ditambah motor/ganti mekanik, tidak perlu diganti satu set kubikel, bila perlu bisa digeser satu gardu keatas atau ke bawah gardu

# Konfigurasi Jaringan

SELURUH PENYULANG BEBAN TERDAPAT MIDLE POINT (1/1/1)

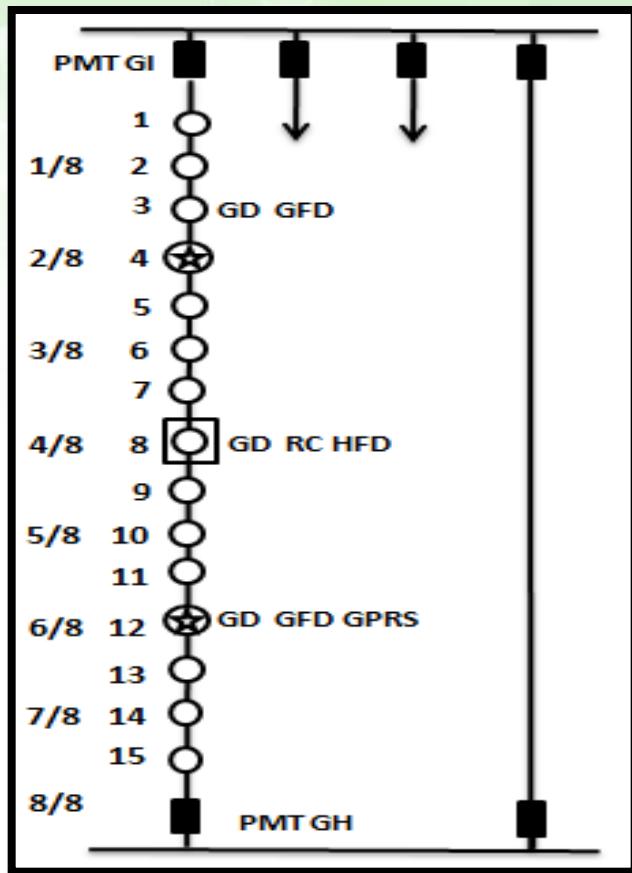


Berfungsi :

- Mempercepat proses Mengetahui dengan cepat titik gangguan, lokalisasi, dan penormalan gangguan.
- Scada (1/1/1) dimaksudkan dapat mengendalikan / meremote proses open/close LBS di bagian GI, Midle Point (tengah penyulang) dan GH, mempercepat operasi distribusi.
- Sesuai dengan roadmap 2013-2015 , pada tahun 2013 menerapkan Scada 1/1/1 : Seluruh LBS GI, Seluruh LBS MP (Midle Point), dan Seluruh LBS GH bisa di remote.
- Konfigurasi menjadi 1/1/1/1/1 : ditambah Remote LBS pada posisi 1/4 and 3/4

# Konfigurasi Jaringan

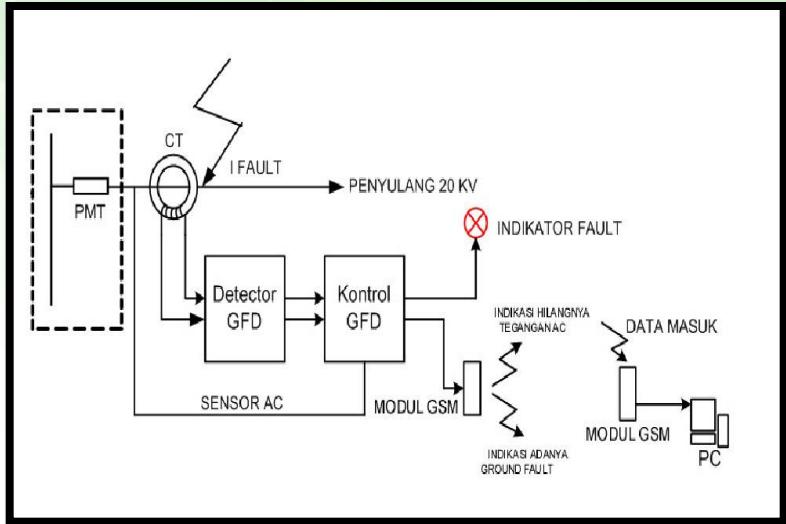
SELURUH GARDU DILENGKAPI GFD



- Pada tahun 2013 merupakan tahun penormalan penyulang expres, di setiap gardu pun direncanakan akan dipasang GFD.
- Hal ini bertujuan untuk mempercepat melokalisir gangguan di setiap penyulang.

# Konfigurasi Jaringan

## GROUND FAULT DETECTOR (GFD)

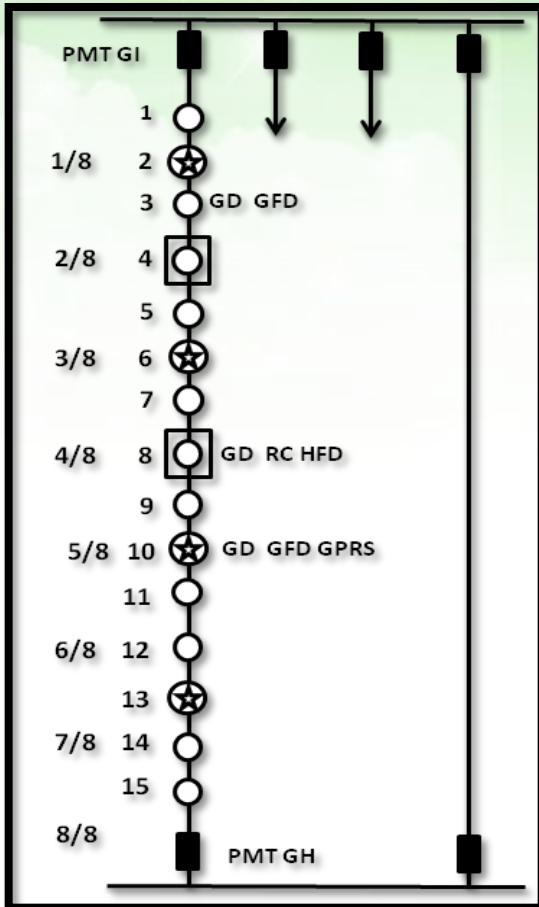


- Ground Fault Detector (GFD) Yang merupakan detektor gangguan hubung singkat ke tanah yang bertujuan untuk mempercepat melokalisir gangguan pada Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) 20 kV



# Konfigurasi Jaringan

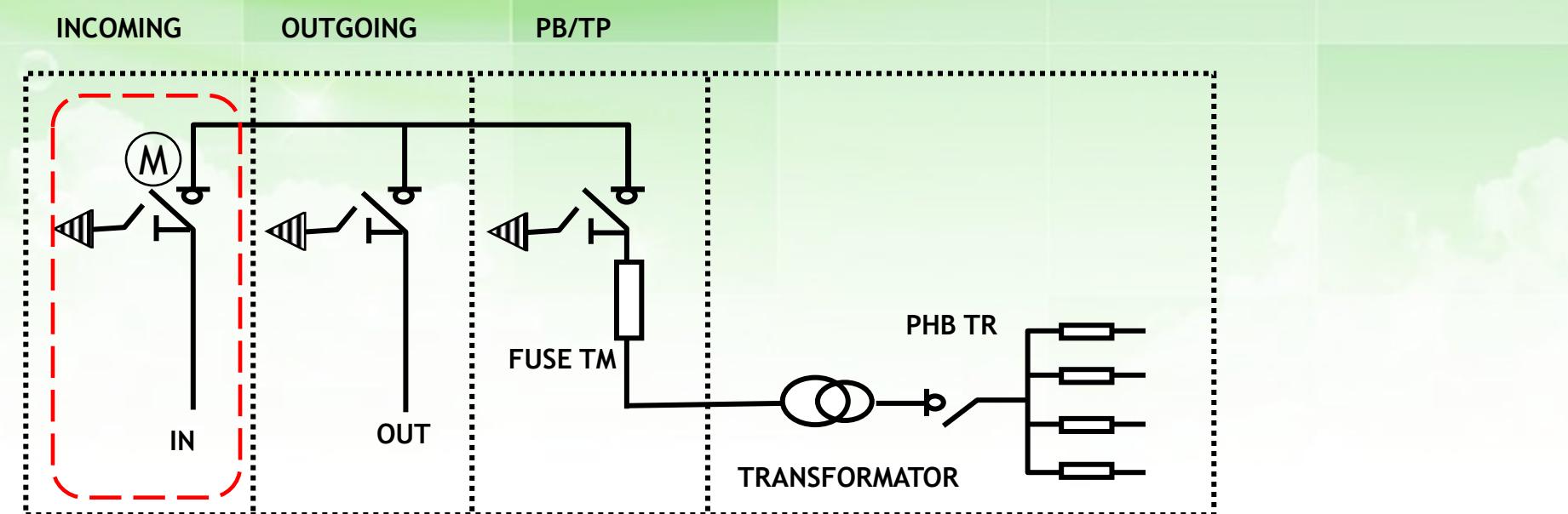
## GFD REMOTE PADA POSISI ¼ (BERTAHAP)



- ❑ Dalam Rodamap tahun 2014 akan menerapkan GFD GPRS pada posisi ¼ penyulang Ring 1, sebagai implementasi penerapan Smart Grid.
- ❑ Tujuannya untuk lebih cepat mencari lokasi gangguan dan pemormalan gardu yang tidak terganggu.

# GARDU DISRIBUSI

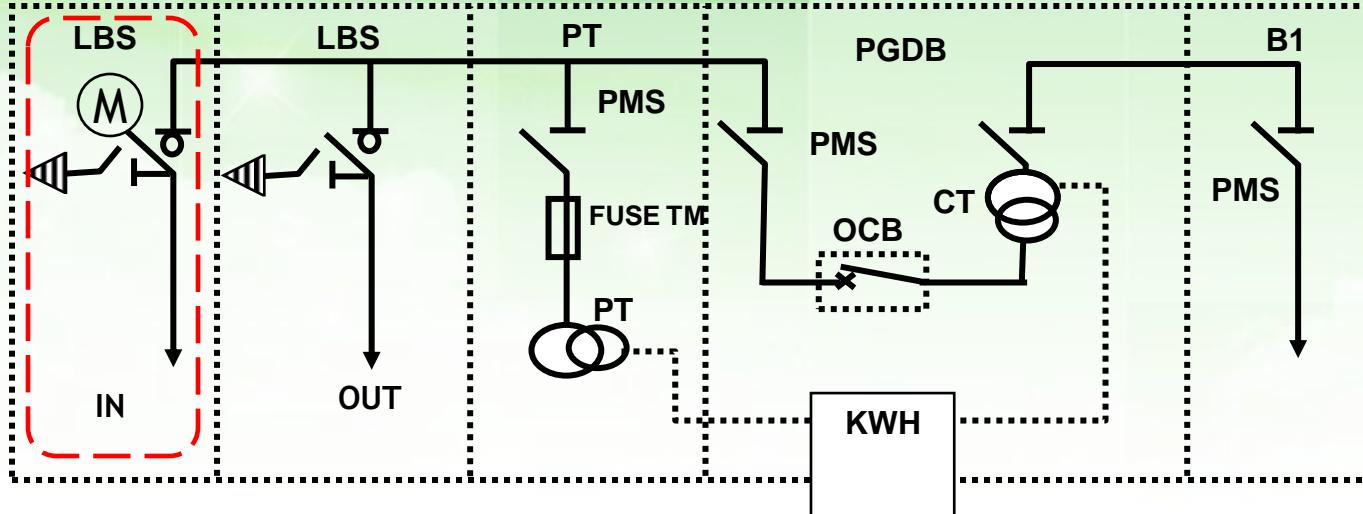
DALAM GARDU DISTRIBUSI YANG DI REMOTE ADALAH 1 LBS, TIDAK PERLU 2 LBS



- Dalam konstruksi gardu distibusi terdiri atas LBS 1 sebagai Incoming dan LBS 2 sebagai Outgoing. Yang perlu di pasang RC hanyalah pada LBS Incoming. Tidak perlu pada outgoing.

# GARDU DISRIBUSI

## Gardu Pelayanan Khusus Tipe LBS-LBS-PT-PGDB-B1

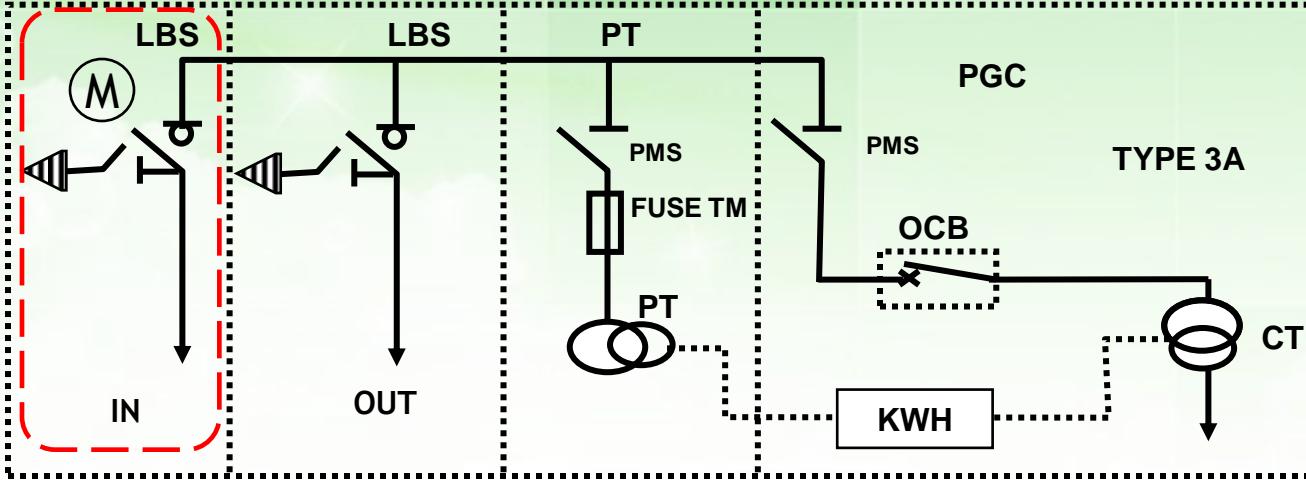


Note :  
- OCB = Outgoing Circuit Breaker  
- PGDB = Protection General Direct Busbar

- RC Terpasang pada LBS Incoming

# GARDU DISRIBUSI

## Gardu Pelayanan Khusus Tipe LBS-LBS-PTC/PGC/CBO

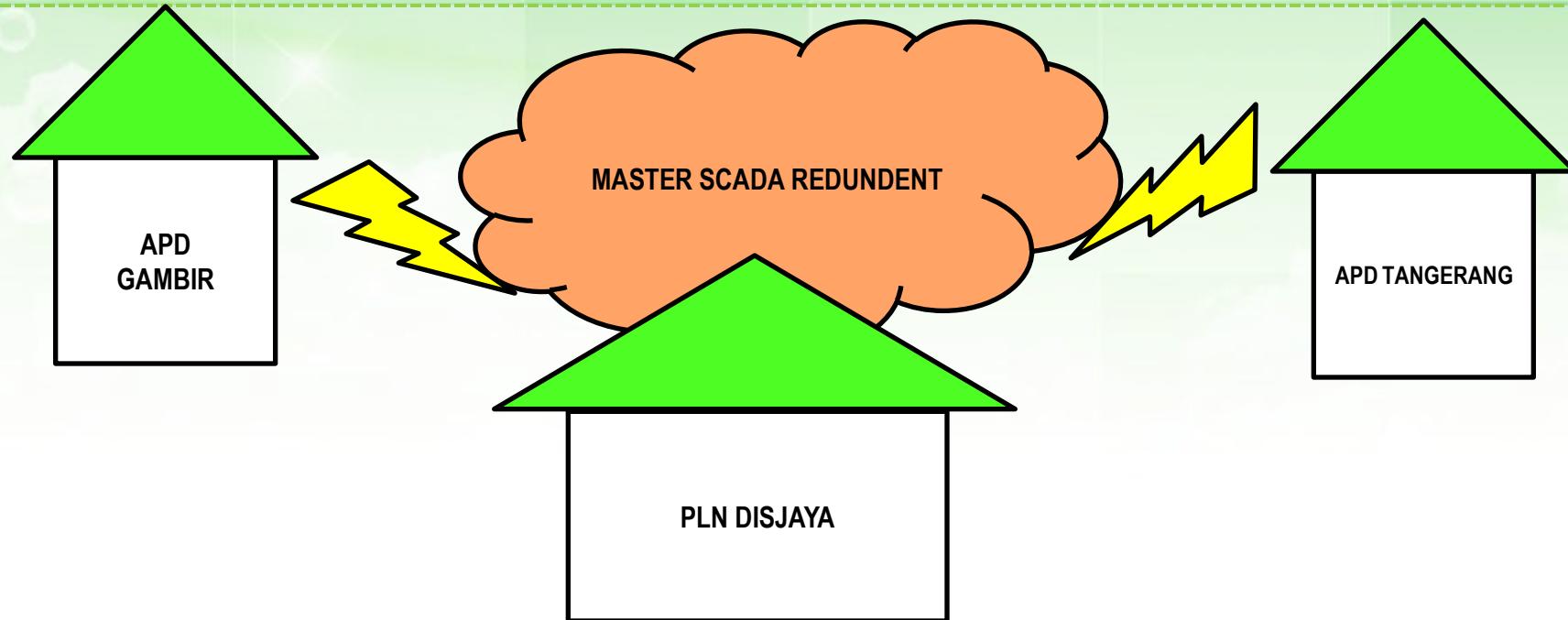


Note :  
- OCB = Outgoing Circuit Breaker  
- PGC = Protection General Circuit

- RC Terpasang pada LBS Incoming

# MASTER SCADA

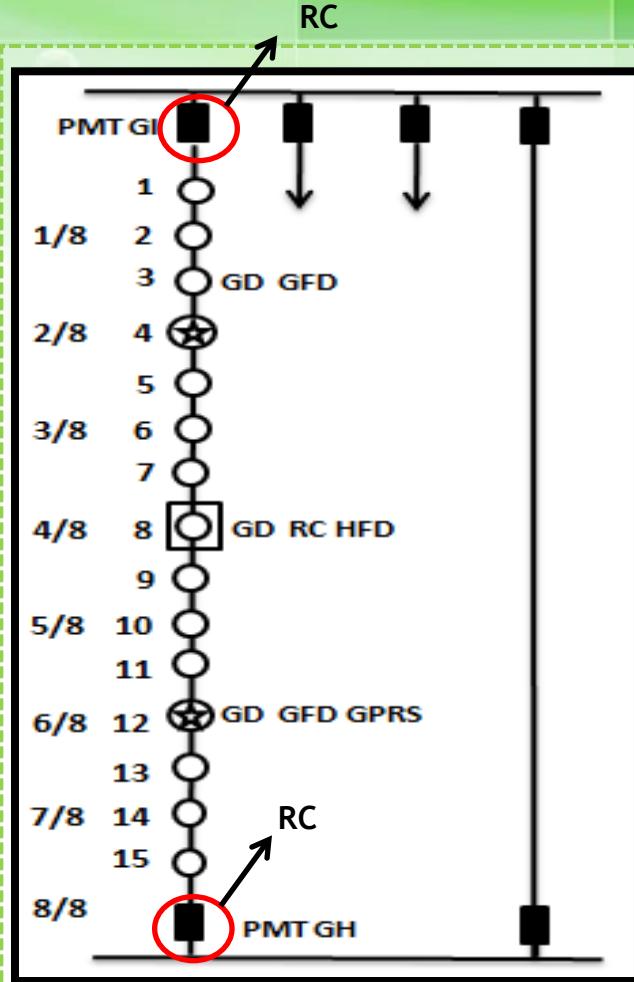
## MASTER SCADA REDUNDENT GAMBIR DAN TANGERANG



- Scada dapat di RC oleh APD Gambir maupun APD Tangerang, hal ini bertujuan jika salah satu Master Scada APD OFF, Maka salah satu APD dapat menjadi Master Scada.
- Dimana seluruh GI, GH, dan MP/KP dapat di remote oleh APD.

# MASTER SCADA

## FAULT DETECTION ISOLATION RESTORATION (FDIR)



- Fault Detection Isolation Restoration (FDIR) merupakan suatu metode penormalan secara automatis jika terjadi gangguan. Tujuan utama dari FDIR yaitu mendeteksi gangguan dan mengisolirnya dengan waktu secepat mungkin. Metode ini harus di dukung dengan kondisi dimana suatu penyulang ideal yaitu terdapat RC di posisi 1/1/1, GFD GRPS (remote) setiap  $\frac{1}{4}$  penyulang, disetiap penyulang terdapat penyulang expres (normal=beban nol).

# DATA ASET

## DATA GI, TRAFO GI, GH DAN PENYULANG HARUS UPTODATE



- ❑ Data APD dan Master jardis harus sinkron dan Uptodate
- ❑ Hal ini untuk mengevaluasi data-data yang ada dalam penyusunan rencana sistem keistrikan.





**PT.PLN (PERSERO)**  
**DISTRIBUSI JAKARTA RAYA DAN TANGERANG**

## **BAB III**

# **PROTEKSI JARINGAN DISTRIBUSI**

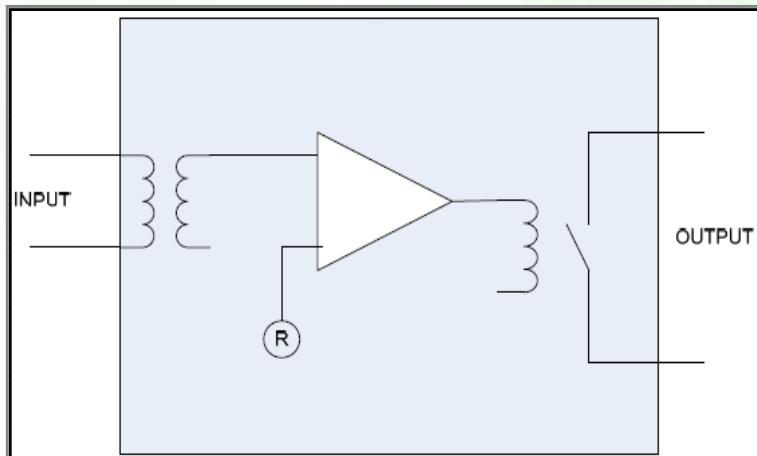


# Relai Proteksi Jaringan Distribusi



## Pengertian Relai

Merupakan peralatan pengambil keputusan dalam sistem proteksi. Dengan melihat masukan dari trafo instrumen dan mempertimbangkan setting yang diterapkan pada relai tersebut, maka relai dapat mengambil keputusan untuk memberi order trip atau tidak kepada peralatan pemutus (PMT).



Pada prinsipnya Relai mempunyai komponen utama yaitu perangkat input, perangkat setting, perangkat pengolah dan perangkat output

# Relai Proteksi Jaringan Distribusi



## *Persyaratan Kerja Proteksi*

Agar bisa memberikan manfaat yang maksimum, suatu sistem proteksi harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut :

1. Sensitif. Sistem harus bisa mendeteksi gangguan terkecil yang ada pada kawasan pengamanannya.
2. Selektif. Suatu sistem proteksi dikatakan selektif apabila bisa memilih daerah yang terganggu saja yang dipisahkan.
3. Cepat. Untuk mencapai manfaat yang maksimum (yang telah dibahas didepan), sistem proteksi harus bekerja cepat dalam memisahkan gangguan.
4. Andal. Sistem proteksi harus setiap saat siap melaksanakan fungsinya dan tidak salah kerja.
  - a. Dependability, yaitu tingkat kepastian bekerjanya.
  - b. Security, yaitu tingkat kepastian untuk tidak salah kerja.
  - c. Availability, yaitu kesiapan beroperasinya.

# Relai Proteksi Jaringan Distribusi

## Relai arus lebih / Over Current Relay (OCR) dan Relai Arus Lebih Keta nah / Ground Fault Relay (GFR)

Pada sistem tenaga listrik Relai Arus Lebih pada umumnya digunakan sebagai :

- Pengaman utama Jaringan Tegangan Menengah (Distribusi).
- Pengaman utama untuk trafo tenaga kapasitas kecil.
- Pengaman cadangan untuk trafo tenaga kapasitas besar.
- Pengaman untuk generator dengan kapasitas kecil ( $< 5 \text{ MW}$  ).
- Pengaman utama untuk motor.

OCR bekerja berdasarkan kenaikan arus akibat adanya gangguan fasa-fasa yang terdeteksi oleh relai. Jika rele dilewati arus yang melebihi nilai pengamanan tertentu (arus setting/ setelan waktu tertentu), maka rele akan bekerja.

GFR merupakan Relai yang bekerja apabila mendekteksi arus lebih akibat gangguan Fasa - ketanah.

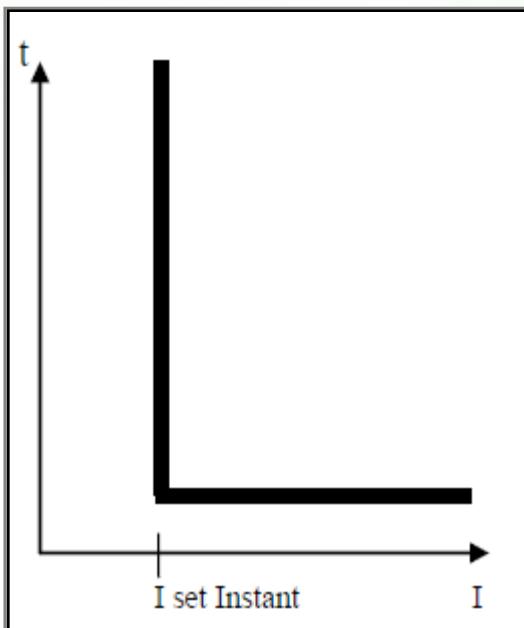
# Relai Proteksi Jaringan Distribusi



## Karakteristik Relai Arus Lebih

### 1. Relai Arus Lebih Seketika

Relai Arus Lebih Seketika (disebut juga instant atau moment) mempunyai waktu kerja (mulai kerja sampai selesai kerja) sangat cepat / waktunya pendek (20- 100 milli detik), sedangkan untuk Relai Arus Lebih dengan tunda waktu (time delayed), jangka waktu relai mulai pick-up sampai selesai kerja diperpanjang dengan nilai waktu tertentu.



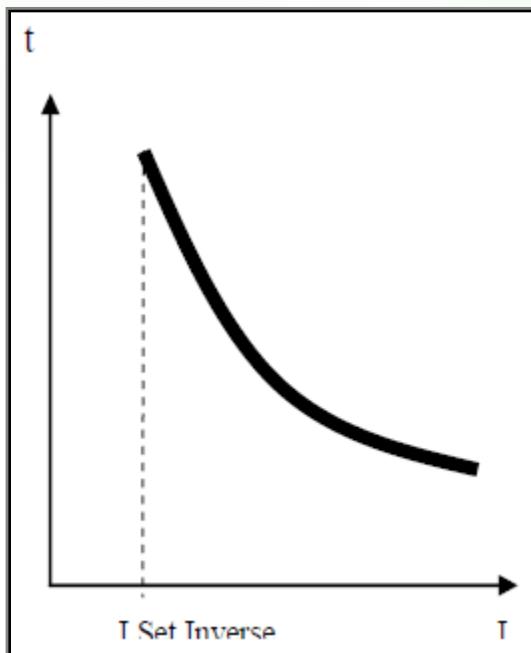
# Relai Proteksi Jaringan Distribusi



## Karakteristik Relai Arus Lebih

### 2. Relai Arus Lebih Inverse

Jangka waktu relai mulai pick-up sampai selesai kerja relai diperpanjang dengan nilai waktu yang tergantung dari besarnya arus inputnya. Semakin besar arus yang lewat rele, maka semakin cepat rele bekerja, dan sebaliknya. Karakteristik OCR Inverse ada 4 macam:



1. Normal Inverse
2. Very Inverse
3. Extremelly Inverse
4. Long Time Inverse

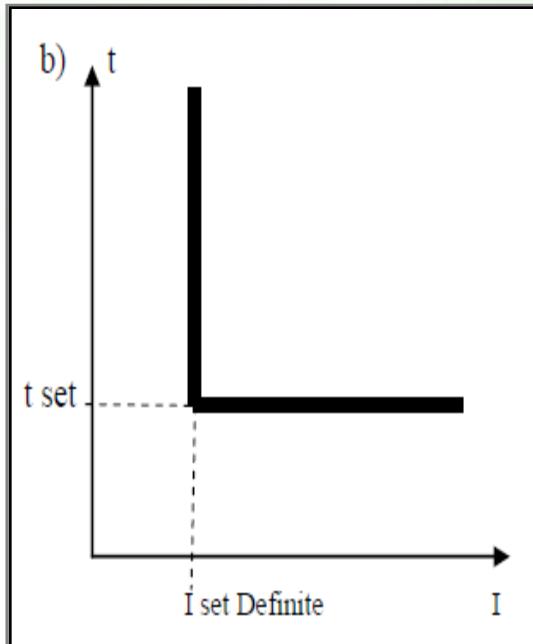
# Relai Proteksi Jaringan Distribusi



## Karakteristik Relai Arus Lebih

### 3. Relai Arus Lebih Definite

Jangka waktu relai mulai pick-up sampai selesai kerja diperpanjang dengan nilai waktu tertentu dan tidak tergantung dari besarnya arus inputnya.



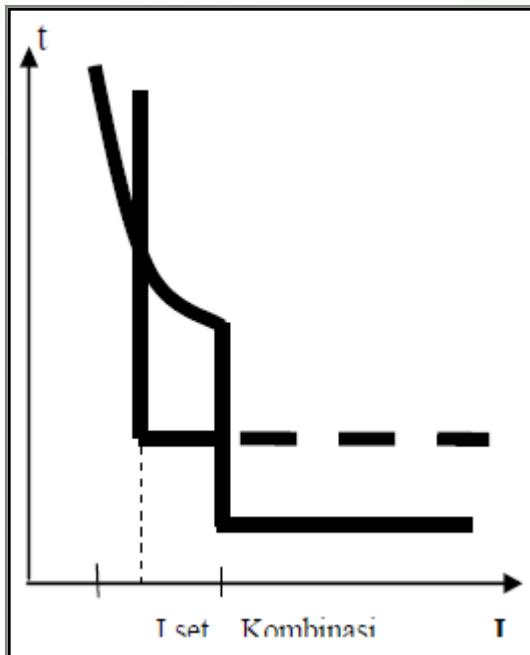
# Relai Proteksi Jaringan Distribusi



## Karakteristik Relai Arus Lebih

### 4. Kombinasi invers - definite

Jangka waktu kerja relai merupakan kombinasi dari Inverse dan definite. Rele mulai pick-up sampai selesai diperpanjang dengan nilai waktu tertentu dan tergantung dari besarnya arus yang menggerakkannya, dan pada nilai arus tertentu rele harus kerja dengan definite time.

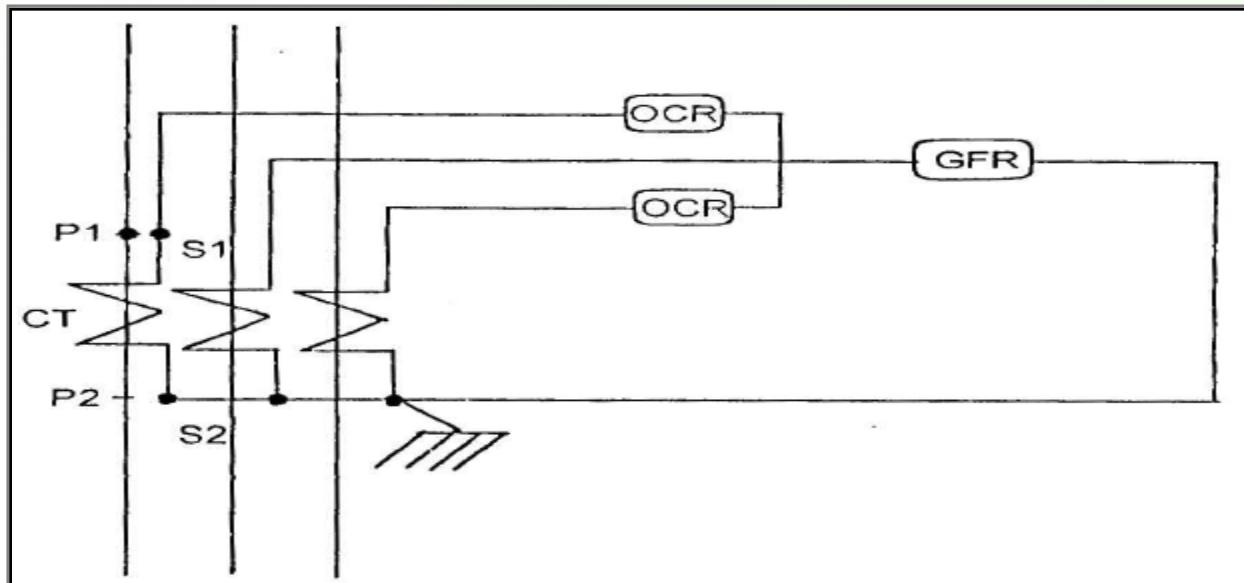


# Relai Proteksi Jaringan Distribusi



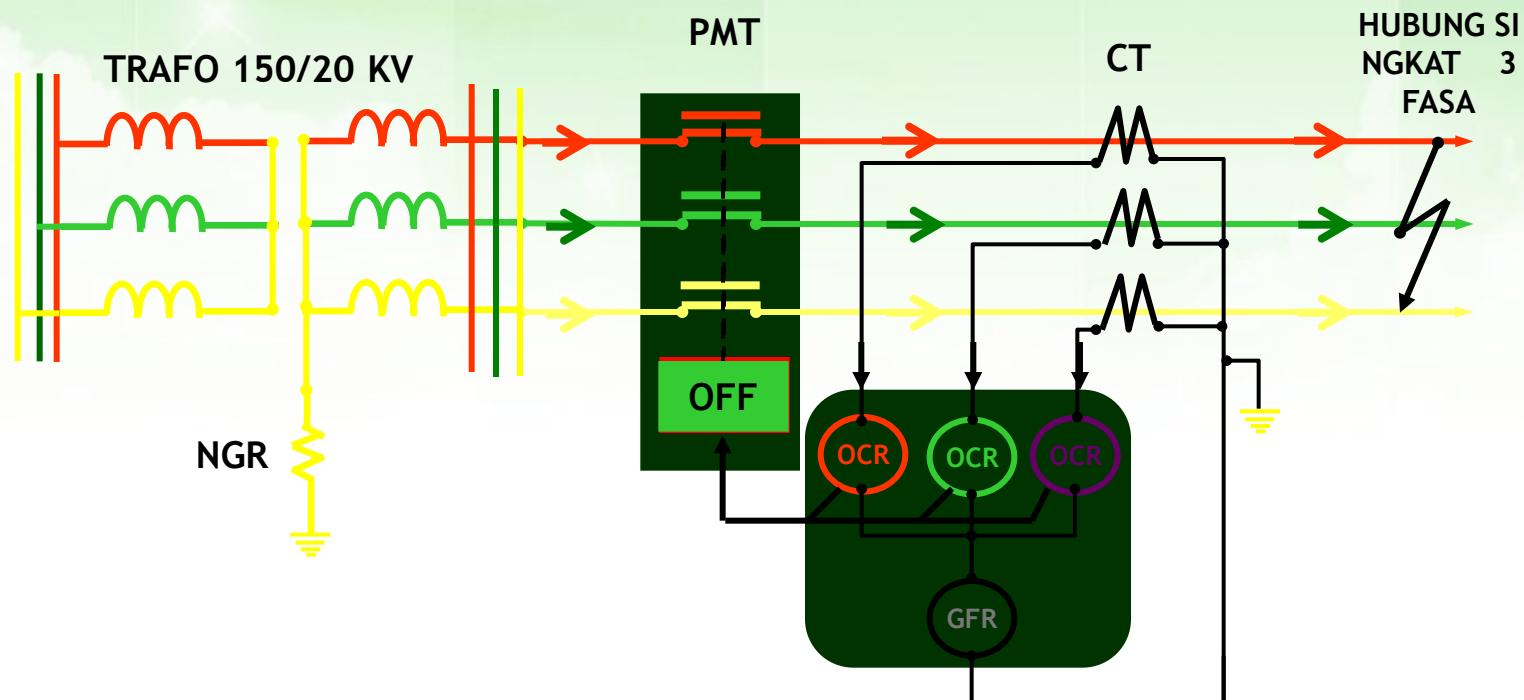
## Sambungan relai arus lebih

Pada penyulang TM, relai arus lebih untuk pengaman gangguan antar fasa pada umumnya dipasang pada fasa R dan T, namun bisa juga dipasang pada ketiga fasa (R,S dan T). Untuk pengaman gangguan fase-tanah dipasang satu relai setiap penyulang yaitu pada titik bintang CT dan biasa disebut sebagai Ground Fault Relay (GFR).



# Relai Proteksi Jaringan Distribusi

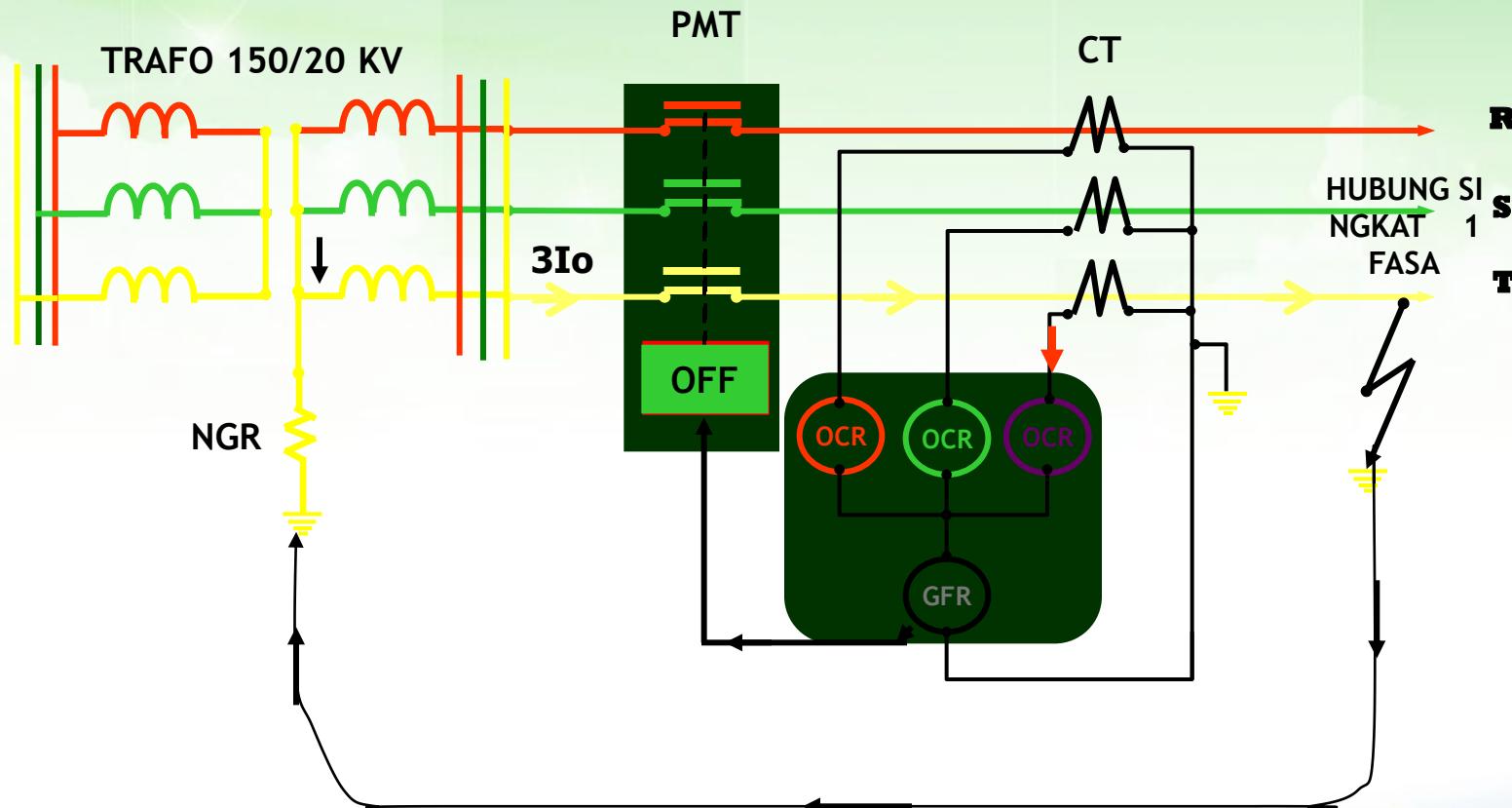
## CARA KERJA OCR PADA HUBUNG SINGKAT 3 FASA



Gangguan terjadi pada fasa R,S dan T  
Arus gangguan hubung singkat mengalir di jaringan,  
Karena arus tersebut > dari ratio CT pada sekunder CT mengalir arus  
Masuk ke OCR --> OCR memasok arus ke PMT--> PMT trip.

# Relai Proteksi Jaringan Distribusi

## CARA KERJA GFR PADA SAAT HUBUNG SINGKAT 1 FASA - TANAH



Gangguan HS terjadi pada fasa T, arus mengalir masuk ke GFR → PMT trip

# Relai Proteksi Jaringan Distribusi



## Relai Arus Lebih Berarah (Directional Over Current Relay)

Relai Arus Lebih Berarah (Directional Over Current Relay) Adalah relai arus lebih yang bekerja hanya bila terjadi gangguan pada lokasi / arah didepannya. Relai ini mempunyai dua elemen :

1. Elemen arah (directional element , directional unit), berfungsi untuk menentukan arah kerja relai .
2. Elemen kerja ( operation element over current unit ) berfungsi untuk mendeteksi besaran arus gangguan .



# Relai Proteksi Jaringan Distribusi



## Relai frekuensi kurang / under frequency relay (UFR)

Relai Frekuensi Kurang (UFR) bekerja dengan indikator frekuensi terukur melalui trafo tegangan yang di pasang pada tegangan fasa-fasa. UFR pada penyulang TM digunakan untuk program pengurangan beban terencana (load shedding) dengan mengetripkan penyulang tertentu.





## Penutup balik otomatis (PBO)

PBO (Recloser) adalah PMT yang dilengkapi dengan peralatan kontrol dan relai penutup balik. Relai penutup balik adalah relai yang dapat mendekksi arus gangguan dan memerintahkan PMT membuka (trip) dan menutup kembali. PBO dipasang pada SUTM yang sering mengalami gangguan hubung singkat fasa ke tanah yang bersifat temporer. Fungsi PBO adalah :

1. Menormalkan kembali SUTM yang trip akibat gangguan temporer.
2. Pengaman seksi pada SUTM agar dapat melokalisir daerah yang terganggu.

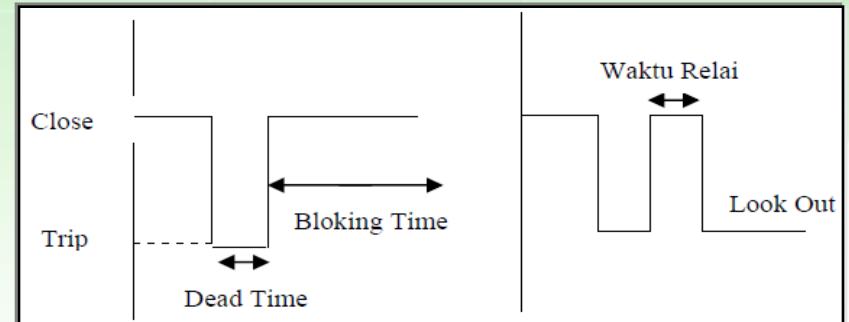




## Jenis-jenis Reclosing relay.

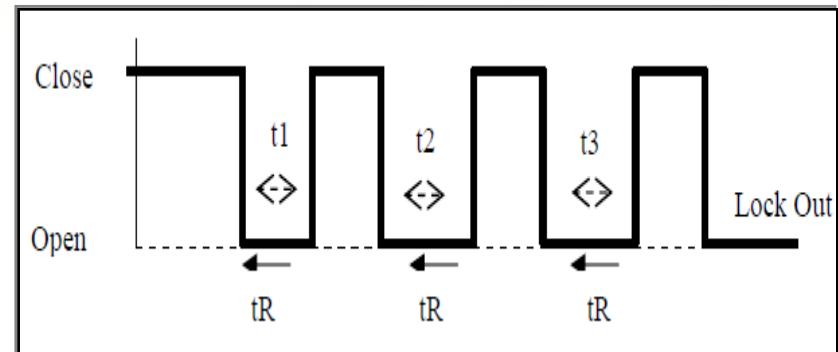
### 1. Single-shot Reclosing Relay

- Relai hanya dapat memberikan perintah reclosing ke PMT satu kali dan baru dapat melakukan reclosing setelah blocking time terakhir.
- Bila terjadi gangguan pada periode blocking time, PMT trip dan tidak bisa reclose lagi (lock - out ).



### 2. Multi Shot Reclosing Relay

- Relai ini dapat memberikan perintah reclosing ke PMT lebih dari satu kali. Dead time antar reclosing dapat diatur sama atau berbeda.



# PBO dan SSO

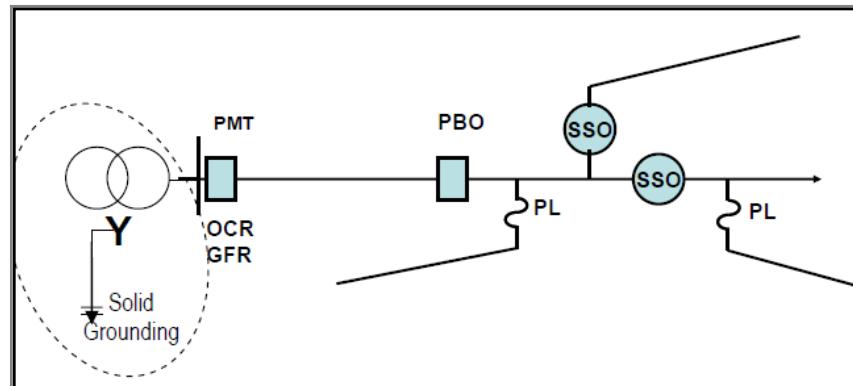


## Saklar seksi otomatis (SSO)

SSO atau Auto Seksionalizer adalah saklar yang dilengkapi dengan kontrol elektronik/mekanik yang digunakan sebagai pengaman seksi Jaringan Tegangan Menengah. SSO sebagai alat pemutus rangkaian/beban untuk memisah-misahkan saluran utama dalam beberapa seksi, agar pada keadaan gangguan permanen, luas daerah (jaringan) yang padam dapat diminimalisir.



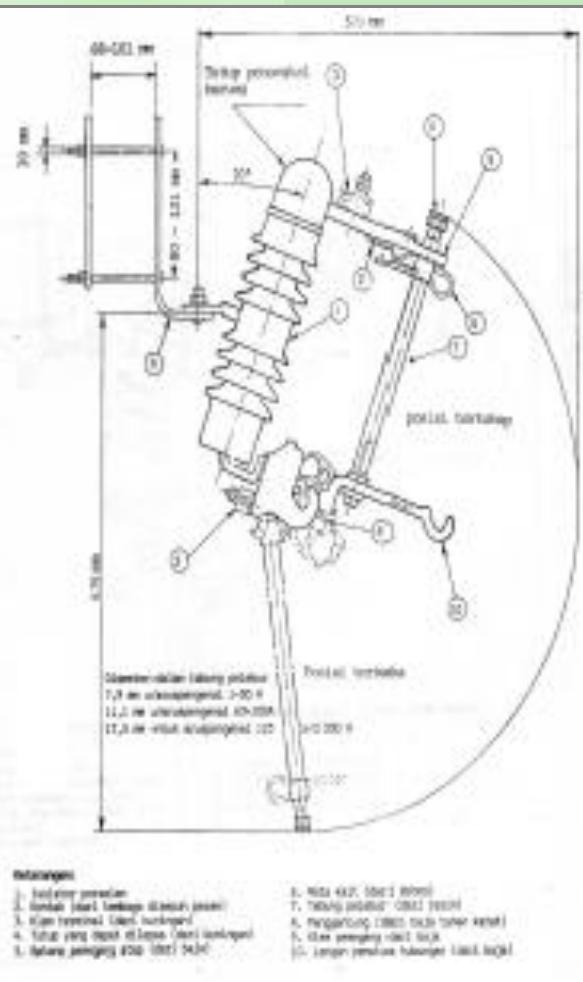
SSO bekerja dikoordinasikan dengan pengaman di sisi sumber (relay recloser atau PBO) untuk mengisolir secara otomatis seksi SUTM yang terganggu.



# Fuse / Pengaman Lebur



## Fuse Cut Out (FCO)



Fuse atau Pengaman Lebur (PL) berfungsi sebagai pengaman pada sistem distribusi terhadap arus gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi atau trafo distribusi. Letak pemasangan Fuse / Pengaman Lebur :

- Percabangan JTM / Branch Line
- Sisi primer trafo pada Gardu Distribusi Tiang / Tembok.

Prinsip Kerja Pengaman Lebur : Jika arus yang melewati Pengaman Lebur melebihi nilai arus rating nominal dari Pengaman Lebur maka elemen lebur akan panas dan terus meningkat jika telah mencapai titik leburnya maka elemen akan melebur.

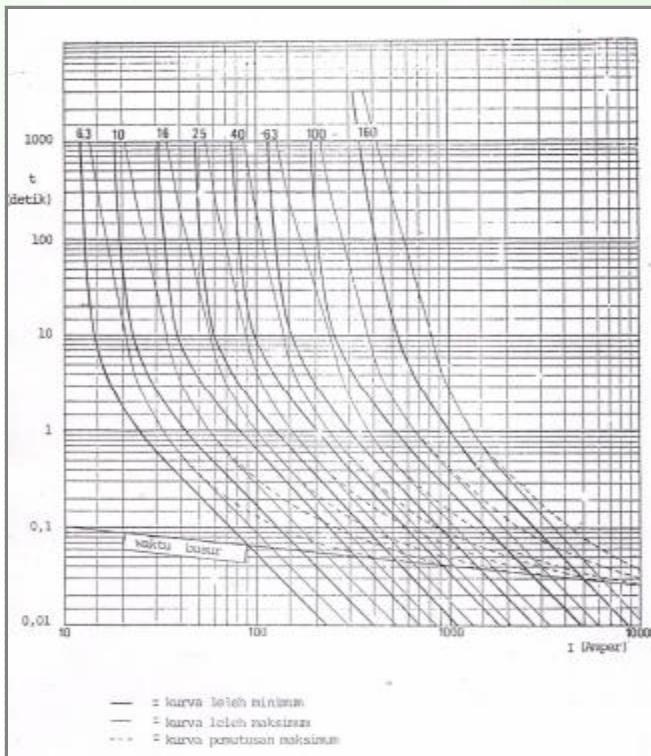
# Fuse / Pengaman Lebur



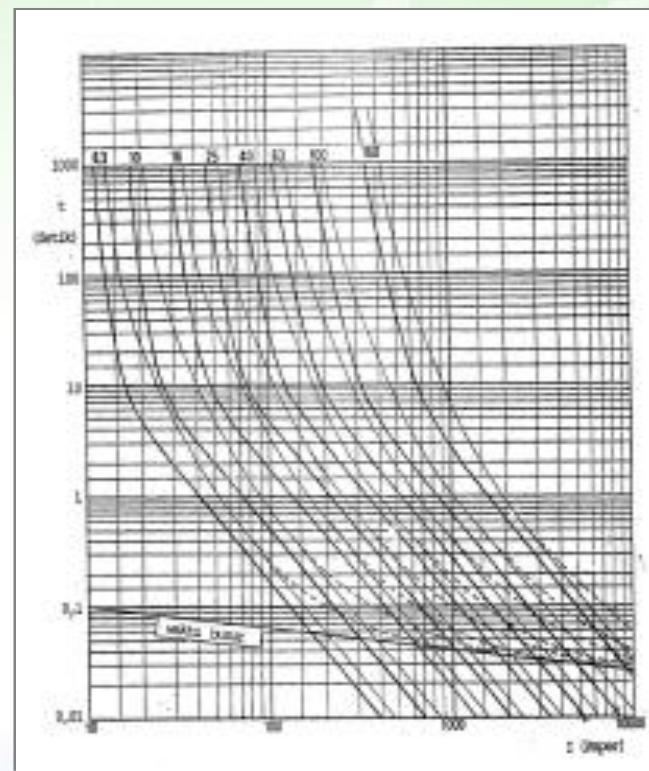
## Fuse Cut Out (FCO)

Ada dua tipe Karakteristik fuse yang banyak digunakan yaitu :

1. Fuse Link tipe pemutusan cepat ( K )



2. Fuse Link tipe pemutusan lambat ( T ).





**PT.PLN (PERSERO)**

**DISTRIBUSI JAKARTA RAYA DAN TANGERANG**

## **BAB IV**

# **TRANSFORMATOR**



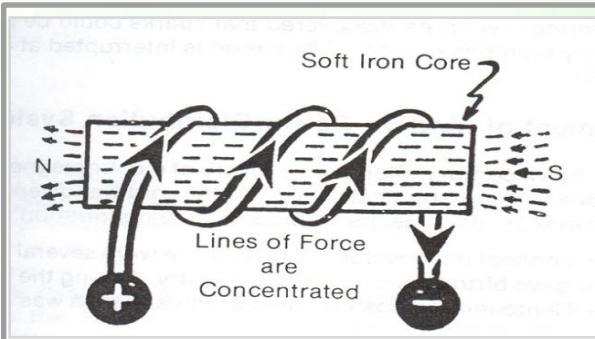
# TRANSFORMATOR



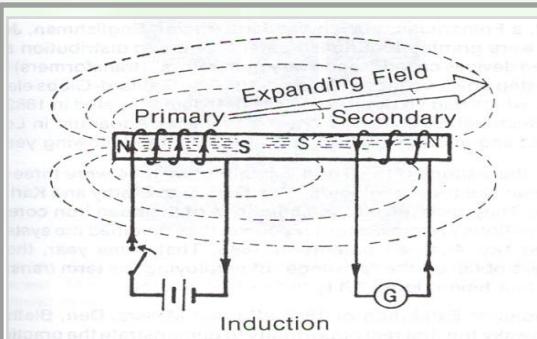
## DASAR TEORI TRANSFORMATOR

Prinsip Indusi :

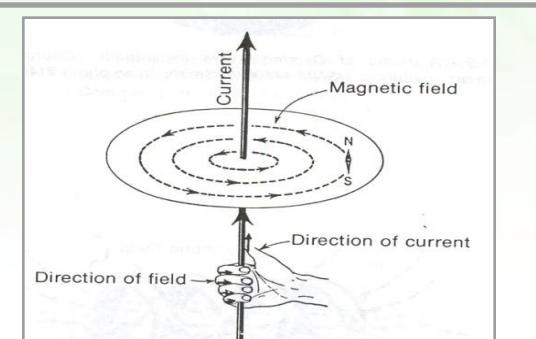
1. Hukum Faraday : perubahan pada medan magnet dapat menghasilkan medan listrik
2. Hukum Lorenz : Gaya Lorentz adalah gaya yang ditimbulkan oleh Muatan listrik yang bergerak atau oleh arus listrik yang berada dalam suatu medan magnet.



Suatu arus listrik mengelilingi inti besi maka besi itu menjadi magnet.

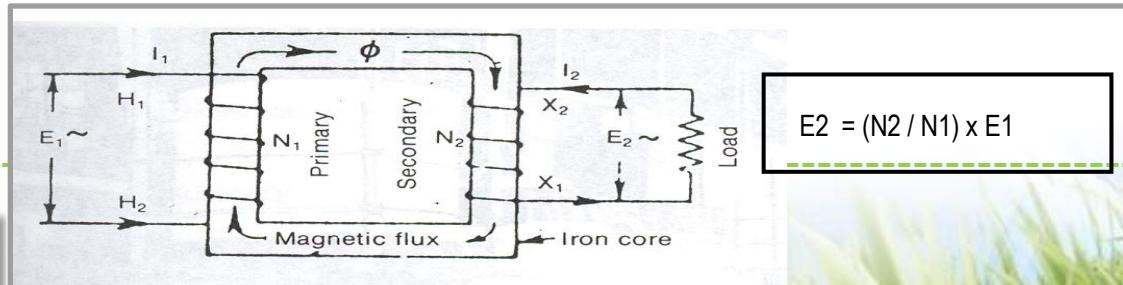


Suatu lilitan mengelilingi magnit maka akan timbul gaya gerak listrik (GGL)



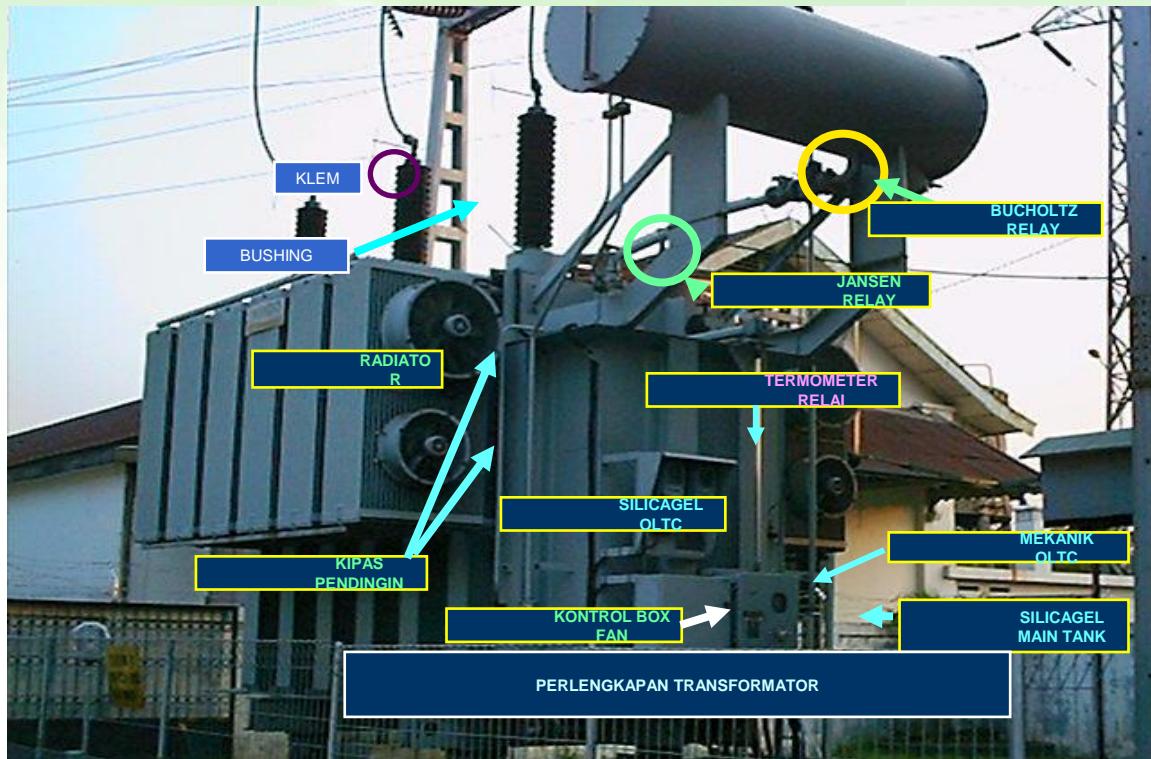
Hukum Lorentz

### Prinsip Dasar Transformator



# TRANSFORMATOR

## TRANSFORMATOR GARDU INDUK



- Berfungsi mentransformasikan daya listrik, dengan merubah besaran tegangan dari 70/150 KV menjadi 20 KV, sedangkan frequensinya tetap yaitu 50 HZ.
- Transformator daya juga berfungsi untuk pengaturan tegangan. Transformatator daya dilengkapi dengan trafo pentahanan yang berfungsi untuk mendapatkan titik neutral dari trafo daya. Peralatan ini disebut Neutral Current Transformer (NCT).
- Perlengkapan lainnya adalah pentahanan trafo, yang disebut Neutral Grounding Resistance (NGR).

# TRANSFORMATOR



## TRANSFORMATOR GARDU INDUK

### SYARAT-SYARAT PARAREL TEGANGAN TRAFO GI :



- Frekuensi Harus sama
- Urutan Fasa Tegangan harus sama (R-R, S-S, T-T)
- Tegangan Hampir sama

# TRANSFORMATOR

## TRANSFORMATOR GARDU DISTRIBUSI

### JENIS-JENIS TRANSFORMATOR DISTRIBUSI :

Tipe Hermatical



Tipe Hermatical dengan N2



Tipe Conservator



Sistem Preservasi Minyaknya dibuat sedemikian rupa dengan mengizinkan udara luar masuk ke tangky trafo untuk mengatasi fluktuasi beban (memuoi dan menurun).  
Proses Penyaringan udara luar menggunakan Silica Gell Air Breather

Mengandung minyak Trafo dan gas N2 (Nitrogen) sebagai bahan pendingin dan isolasi belitan trafo. Apabila minyak trafo memuoi dan menekan gas nitrogen, gas nitrogen tersebut akan diseimbangkan tekanannya sebesar 0.5 bar melalui pengaman tekanan (Vacuum bleeder)

Tidak mengizinkan adanya udara luar masuk ke tangky trafo sehingga dibuat Kedap dengan bantalan gas (*hermetically-sealed inert gas cushion*) dan mengisi minyak penuh kedalam tangki trafo(*fully filled*).

# TRANSFORMATOR



## TRANSFORMATOR GARDU DISTRIBUSI



Bushing TM

Jepitan

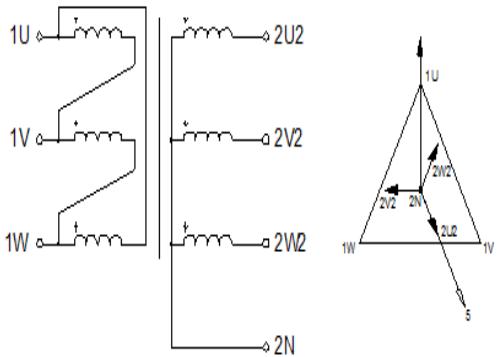
Belitan

Sirip Pendingin

Pada Umumnya Belitan trafo distribusi yang digunakan memiliki hubungan DYN5:

- D artinya memiliki hubungan primer DELTA
- Y artinya Memiliki hubungan Sekunder Bintang (Y).
- N artinya sekunder di tanahkan solid
- 5 artinya sekunder trafo memiliki beda sudut 150 derajat atau seperti jam 5

Dyn5



# TRANSFORMATOR



## MENGHITUNG ARUS (In) DISISI TM/TR TRAFO DISTRIBUSI

### 1. Trafo 1000 kva

- arus sisi TM (In) =  $1000 \text{ kva} / (1.73 \times 20 \text{ kv}) = 28.9 \text{ ampere}$
- Arus di sisi TR (In) =  $1000 \text{ Kva} / (1.73 \times 0.4\text{kv}) = 1449.28 \text{ ampere}$

### 2. Trafo 630 kva

- Arus sisi TM (In) =  $630 \text{ kva} / (1.73 \times 20 \text{ kv}) = 18.20 \text{ ampere}$
- Arus di sisi TR (In) =  $630 \text{ Kva} / (1.73 \times 0.4\text{kv}) = 910.41 \text{ ampere}$

### 3. Trafo 400 kva

- Arus sisi TM (In) =  $400 \text{ kva} / (1.73 \times 20 \text{ kv}) = 11.56 \text{ ampere}$
- Arus di sisi TR (In) =  $400 \text{ Kva} / (1.73 \times 0.4\text{kv}) = 578.04 \text{ ampere}$

### 4. Trafo 160 kva

- Arus sisi TM (In) =  $160 \text{kva} / (1.73 \times 20 \text{ kv}) = 4.63 \text{ ampere}$
- Arus di sisi TR (In) =  $160 \text{Kva} / (1.73 \times 0.4\text{kv}) = 231.21 \text{ ampere}$

### 5. Trafo 100 kva

- Arus sisi TM (In) =  $100 \text{kva} / (1.73 \times 20 \text{ kv}) = 2.89 \text{ ampere}$
- Arus di sisi TR (In) =  $100 \text{Kva} / (1.73 \times 0.4\text{kv}) = 144.51 \text{ ampere}$



**PT.PLN (PERSERO)**  
**DISTRIBUSI JAKARTA RAYA DAN TANGERANG**

## BAB V

# KUAT HANTAR ARUS KONDUKTOR



# KHA KONDUKTOR

## KHA KABEL NA2XSEYBY 3X240MM2 & 3X300MM2



- Dengan tegangan pengenal 24 KV, Kabel NA2XSEYBY 240 mm<sup>2</sup> memiliki KHA dalam tanah sebesar= 358 Ampere, Sedangkan Kabel NA2XSEYBY 300 mm<sup>2</sup> KHA nya Adalah 398 Ampere.

Jenis kabel	Luas penampang nominal mm <sup>2</sup>	KHA terus menerus			
		Tegangan pengenal 6/10 kV (12kV)		Tegangan pengenal 8,7/15 kV (17,5 kV) & 12/20 kV (24 kV)	
		Di tanah A	Di udara A	Di tanah A	Di udara A
1	2	3	4	5	6
		35	137	139	127
		50	153	160	148
		70	189	199	179
NA2XSEYBY	95	226	242	214	242
NA2XSEYFGbY	120	257	280	246	282
NA2XSEYRGbY	150	288	318	272	319
	185	327	365	308	365
	240	380	431	358	425
	300	-	-	398	481

# KHA KONDUKTOR



## DERATTING KHA KABEL NA2XSEYBY



- *Deratted Capacity = capacity x derating factor*

*NB: De ratting Factor (DF) = Peburunan Nilai KHA Kabel Akibat Ratting Faktor*

Contoh Kondisi Ideal Katalog produk Jembo Kabel dengan DF=1 Jika:

- Maksimum temperatur kabel = 90 derajat
- Tidak Terdapat kabel lain (1 Jalur, 1 Kabel)
- Untuk Kabel yang di tanam
  - Temperatur Tanah = 20 derajat
  - Thermal Resistivity dari tanah = 100 C cm/Watt
  - Kedalaman = 70 cm
  - Faktor beban = 100%

- Ratting Factor pada berbagai nilai temperatur tanah.

Ground temperature (°C)	20	25	30	35	40
Rating factor	1.0	0.97	0.93	0.89	0.85

- Ratting Faktor pada Berbagai nilai Thermal Resistivity

Thermal resistivity of soil (°C cm/W)	70	100	150	250
Rating Factor	1.12	1.00	0.87	0.78

- Ratting Factor pada berbagai nilai Kedalaman Galian Tanah.

Depth of laying	50	70	100	120	160	200
Rating factor	1.02	1.00	0.98	0.97	0.95	0.94

- Ratting Faktor pada Berbagai nilai Suhu Udara

Air temperature (°C)	20	25	30	35	40	45	50
Rating factor	1.00	0.97	0.93	0.89	0.85	0.81	0.76

# KHA KONDUKTOR



## DERATTING KHA KABEL NA2XSEYBY

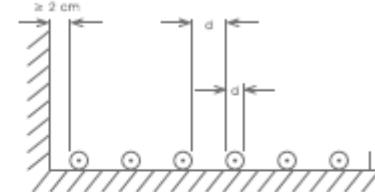
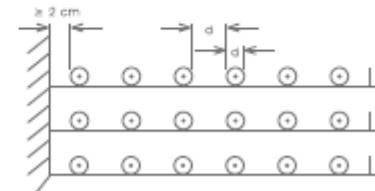


- Aluminium Conductor
- PVC Filler
- Conductor Screen
- XLPE Insulation
- Insulation Screen
- Copper Tape Screen
- ID Tape
- Non-hygroscopic Tape
- PVC Inner Sheath
- Galvanized Steel Tape Armor
- PVC Sheath

### □ Ratting Factor pada berbagai posisi penempatan Kabel

Formation	/ / / / / / / /							
Number of group	1	2	3	4	5	6	8	10
Rating factor	1.00	0.86	0.76	0.71	0.67	0.64	0.66	0.57

Clearance from the wall > 2 cm  Clearance between cables = cable diameter (d)	Number of circuits		
	1	2	3
	Rating factors		
Cables laid on the ground	0.92	0.89	0.88
Cables laid on troughs	Number of troughs		
	1	0.92	0.89
	2	0.87	0.84
	3	0.84	0.82
	6	0.82	0.80
		0.79	

# KHA KONDUKTOR



## DERATTING KHA KABEL NA2XSEYBY



- Aluminium Conductor
- PVC Filler
- Conductor Screen
- XLPE Insulation
- Insulation Screen
- Copper Tape Screen
- ID Tape
- Non-hygroscopic Tape
- PVC Inner Sheath
- Galvanized Steel Tape Armor
- PVC Sheath

### □ Ratting Factor pada berbagai posisi penempatan Kabel

Cables laid on racks	Number of racks			
		1	2	3
	1	1.00	0.97	0.96
	2	0.97	0.94	0.93
	3	0.96	0.93	0.92
	6	0.94	0.91	0.90

Arranged near the wall	0.94	0.91	0.89	
Arranged on the wall	0.89	0.86	0.84	

# KHA KONDUKTOR



## KAPASITAS DAYA KABEL NA2XSEYBY 3X240MM<sup>2</sup> & 3X300MM<sup>2</sup>



- Dengan tegangan pengenal 24 KV, Kabel NA2XSEYBY 240 mm<sup>2</sup> memiliki KHA dalam tanah sebesar = 358 Ampere, Sedangkan Kabel NA2XSEYBY 300 mm<sup>2</sup> KHA nya Adalah 398 Ampere.

Diketahui, Tegangan = 20 kV, beban Maksimal yang di perbolehkan kabel NA2XSEYBY 3x240 sebesar 300 Ampere, sedang untuk ukuran 3x300 sebesar 340 Ampere

*Maka, kapasitas daya yang di perbolehkan melewati kabel*

A. 3x240 adalah

$$I=300 \text{ ampere}, V=20kV, \text{ maka}$$

$$S=\sqrt{3}xIxV=1.73x300x20000= \mathbf{10.38 \text{ MVA}}$$

B. 3x300 adalah

$$I=340 \text{ ampere}, V=20kV, \text{ maka}$$

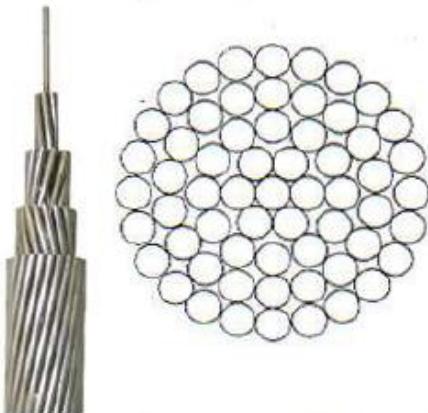
$$S=\sqrt{3}xIxV=1.73x340x20000= \mathbf{11.76 \text{ MVA}}$$

Catatan: Kabel NA2XSEYBY 240 mm<sup>2</sup> Dapat di operasikan Sampai dengan 300 Ampere, sedangkan diameter 300 mm<sup>2</sup> dioperasikan sampai dengan 340 mm<sup>2</sup>

# KHA KONDUKTOR



## KHA DAN KAPASITAS DAYA AAAC 150MM<sup>2</sup> DAN 240 MM<sup>2</sup>



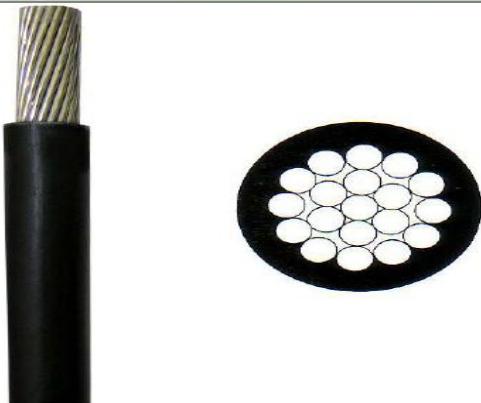
- SUTM AAAC ukuran 150 mm<sup>2</sup> memiliki KHA Sebesar = 425 Ampere, Sedangkan untuk Ukuran 240 mm<sup>2</sup> KHA nya Adalah 585 Ampere.

Conductor Size	Number / Diameter of Wire	Calculated Sectional Area	Approx. Overall Diameter	Approx. Weight of Conductor	Maximum DC Resistance at 20°C	Maximum Current Carrying Capacity *	Calculated Breaking Load	Standard Length per Drum
mm <sup>2</sup>	n / mm	mm <sup>2</sup>	mm	kg/km	ohm/km	A	kg	m
16	7 / 1.75	16.8	5.3	46	1.955	105	480	10,700
25	7 / 2.25	27.8	6.8	77	1.183	135	790	6,500
35	7 / 2.50	34.4	7.5	95	0.958	170	980	5,300
50	7 / 3.00	49.5	9.0	137	0.665	210	1,410	3,700
50	19 / 1.75	45.7	8.8	126	0.724	205	1,300	4,000
55	7 / 3.25	58.1	9.8	160	0.567	235	1,655	3,100
70	19 / 2.25	75.5	11.3	209	0.438	255	2,150	2,400
95	19 / 2.50	93.3	12.5	258	0.355	320	2,660	2,000
100	7 / 4.25	99.3	12.8	275	0.332	335	2,830	1,800
120	19 / 2.75	112.9	13.8	313	0.293	365	3,220	1,600
150	37 / 2.25	147.1	15.8	407	0.225	425	4,190	1,250
150	19 / 3.25	157.6	16.3	437	0.210	425	4,490	1,250
185	37 / 2.50	181.6	17.5	503	0.183	490	5,175	1,000
240	61 / 2.25	242.5	20.3	672	0.139	585	6,910	1,000
240	19 / 4.00	238.8	20.0	662	0.137	585	6,805	1,000

# KHA KONDUKTOR



## KHA DAN KAPASITAS DAYA AAAC-S150MM2 DAN 240 MM2



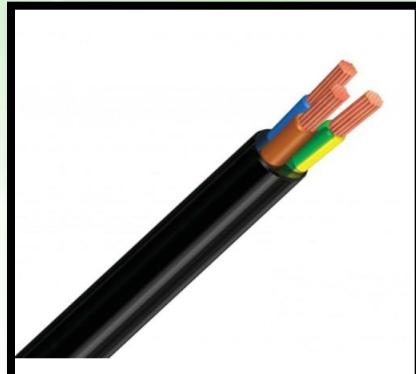
- SUTM AAAC ukuran 150 mm<sup>2</sup> memiliki KHA Sebesar = 425 Ampere, Sedangkan untuk Ukuran 240 mm<sup>2</sup> KHA nya Adalah 585 Ampere.

Size of Cable mm <sup>2</sup>	Maximum DC Conductor Resistance at 20 °C ohm/km	Maximum Current Carrying Capacity		Calculated Breaking Load of Conductor N	AC Voltage Test kV / 5 min.
		at 30°C	at 40°C		
35	0.958	167	150	9,615	13
50	0.724	200	180	12,750	13
70	0.438	275	246	21,090	13
95	0.355	315	282	26,095	13
120	0.293	356	319	31,590	13
150	0.210	423	378	44,045	13
150	0.225	423	378	41,105	13
185	0.183	484	432	50,765	13
240	0.139	586	523	67,785	13

# KHA KONDUKTOR



## KHA DAN KAPASITAS DAYA KABEL LVTIC



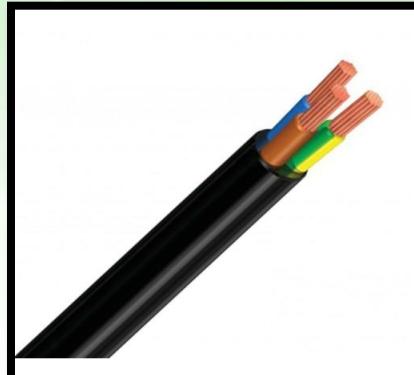
Kuat Hantar Arus kabel NFA2X 2x 10 mm<sup>2</sup> adalah 54 Ampere, kabel 10x16 mm<sup>2</sup> adalah 72 Ampere

Size of Cable mm <sup>2</sup>	Nominal Thickness of Insulation mm	Approx. Overall- Diameter mm	Approx. Weight of Cable kg/km	Maximum DC Conductor Resistance at 20°C Ohm/km	Minium Insulation Resistance at 20°C M ohm/km	Current Carrying Capacity in Air A	Maximum AC Voltage Test at 35°C kV / 5 min.	Standard Length per Drum m
<b>COPPER CONDUCTOR ( NF2X )</b>								
2 x 6	1.2	11.6	147	3.08	1000	54	3.5	2,000
2 x 10	1.2	13.4	228	1.83	1000	73	3.5	2,000
2 x 16	1.2	15.6	350	1.15	1000	97	3.5	1,000
4 x 6	1.2	14.0	294	3.08	1000	54	3.5	1,000
4 x 10	1.2	16.2	455	1.83	1000	73	3.5	1,000
4 x 16	1.2	18.8	700	1.15	1000	97	3.5	1,000
4 x 25	1.4	22.7	1,072	0.727	1000	133	3.5	1,000
<b>ALUMINIUM CONDUCTOR ( NFA2X )</b>								
2 x 10	1.2	13.4	99	3.08	1000	54	3.5	2,000
2 x 16	1.2	15.6	144	1.91	1000	72	3.5	1,000
4 x 10	1.2	16.2	198	3.08	1000	54	3.5	1,000
4 x 16	1.2	18.8	288	1.91	1000	72	3.5	1,000
4 x 25	1.4	22.7	433	1.20	1000	102	3.5	1,000
4 x 35	1.6	26.6	600	0.868	1000	125	3.5	500

# KHA KONDUKTOR



## KHA DAN KAPASITAS DAYA KABEL LVTIC



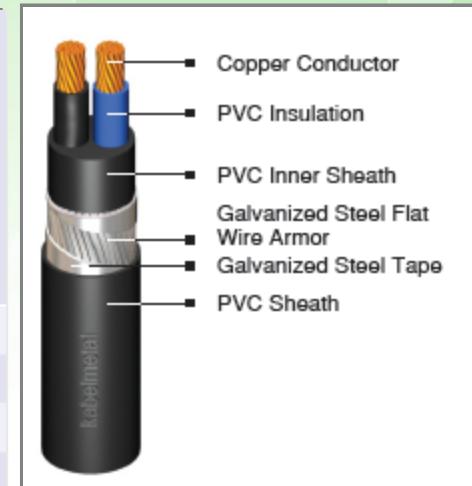
Kuat Hantar Arus kabel NFA2X 3x 70 mm<sup>2</sup> adalah 196 Ampere, kabel 3x95 mm<sup>2</sup> adalah 242 Ampere

Size of Cable mm <sup>2</sup>	Phase		Neutral/Messenger Maximum DC Conductor Resistance at 20°C ohm/km	Public Lighting		AC Voltage Test kV / 5 min.
	Maximum DC Conductor Resistance at 20°C ohm/km	Maximum Current Carrying Capacity in Air at 35°C A		Maximum DC Conductor Resistance at 20°C ohm/km	Maximum Current Carrying Capacity in Air at 35°C A	
2 x 25 + 1 x 25	1.200	130	1.380	-	-	3.5
2 x 35 + 1 x 25	0.868	125	1.380	-	-	3.5
2 x 50 + 1 x 35	0.641	154	0.986	-	-	3.5
2 x 70 + 1 x 50	0.433	196	0.690	-	-	3.5
2 x 95 + 1 x 70	0.320	242	0.450	-	-	3.5
3 x 25 + 1 x 25	1.200	130	1.380	-	-	3.5
3 x 35 + 1 x 25	0.868	125	1.380	-	-	3.5
3 x 50 + 1 x 35	0.641	154	0.986	-	-	3.5
3 x 70 + 1 x 50	0.433	196	0.690	-	-	3.5
3 x 95 + 1 x 70	0.320	242	0.450	-	-	3.5

# KABEL NYFGBY

## KHA KABEL NYFGBY

Nom. Cross Sect. (mm <sup>2</sup> )	Conductor		Insulation Resistance at 20°C	Inductance (mH/km)	Current - Carrying Capacity at 30°C *		Short circuit current at 1 sec			
	DC Resistance at 20°C	AC Resistance at 70°C			Capacity at 30°C *					
					in air	in ground				
	Max. (Ω/km)	Max. (Ω/km)	Min. (M.Ω.km)	(mH/km)	Max. (A)	Max. (A)	Max. (kA)			
25	0.727	0.870	40	0.255	120	134	2.88			
35	0.524	0.627	40	0.246	150	160	4.03			
50	0.387	0.464	30	0.247	180	187	5.75			
70	0.268	0.321	30	0.238	230	230	8.05			
95	0.193	0.232	30	0.238	275	280	10.93			
120	0.153	0.184	30	0.233	320	320	13.80			
150	0.124	0.150	20	0.233	375	355	17.25			
185	0.0991	0.121	20	0.233	430	409	21.28			
240	0.0754	0.093	20	0.232	510	472	27.60			
300	0.0601	0.075	20	0.231	590	525	34.50			



# KHA KONDUKTOR



## KHA DAN KAPASITAS DAYA MAKSIMUM BERBAGAI JENIS KONDUKTOR

- ❑ KHA kabel XLPE 240 =350 A
- ❑ KHA kabel XLPE 300 = 398A
- ❑ A3C 150 = 425 ampere, Daya maksimal  $S=\sqrt{3} \cdot 20000 \cdot 425 = 14.7 \text{ MVA}$
- ❑ A3C 240 mm<sup>2</sup> = 585 ampere, Daya Maksimal  $S=\sqrt{3} \cdot 20000 \cdot 585 = 20.24 \text{ MVA}$
- ❑ Kapasitas (A dan KVA) Kabel JTR : TC 3x70+1x50 = 196 ampere dan 3x95+1x50 mm<sup>2</sup> = 242 Ampere
- ❑ Daya Maksimal Kabel JTR : TC 3x70+1x50 (S)=  $I \cdot v_{ph} \cdot \sqrt{3} = 196 \times 380 \times \sqrt{3} = 128850 \text{ VA}$
- ❑ Daya Maksimal Kabel 3x95+1x70 mm<sup>2</sup> adalah  $S= 242 \times 1.73 \times 380 = 159090.8 \text{ VA}$
- ❑ Kapasitas (A dan VA) untuk daya berapa SR : TC 2x10 =54A, 11.88 KVA, TC 2x16 =72A, 15.84 KVA
- ❑ TC 4x16 = 72 ampere,  $S= 72 \times 1.73 \times 380 = 47332.8 \text{ VA}$
- ❑ TC 4x25 = 102 A,  $S= 102 \times 1.73 \times 380 = 67054.8 \text{ VA}$
- ❑ TC 4x50 = 154 A,  $S= 124 \times 1.73 \times 380 = 101239.6 \text{ VA}$



## Pelaksanaan Tarif Tenaga Listrik Tegangan Menengah

- Tarif tenaga listrik Tegangan menengah (TM) merupakan Tarif diperuntukan bagi sambungan Tenaga Listrik (TL) dengan tegangan antar fasa sebesar 1000 volt - 35000 volt dan dengan tegangan standar 20000 volt.
- Golongan Tarif tegangan menengah: S-3,B-3,I-3, P-2, C dan T.

Sumber: Edaran Direksi PT. PLN (PERSERO) No: 020.E/012/DIR/2002



## Pelaksanaan Sambungan Tegangan Menengah

- A. Sambungan TM/TM/TM
    - Pelanggan TM dgn daya >200 KVA, Diukur disisi TM, dan menerima Pasokan tegangan Menengah.
    - Tidak ada perbedaan hasil ukur dengan perhitungan tagihan rekening karena diukur pada sisi yang seharusnya.
  - B. Sambungan TM/TM/TR
    - Pelanggan TM dengan daya >200KVA, diukur di sisi TM, dan menerima pasokan pada tegangan rendah (TR).
    - Karena telah diukur pada sisi seharusnya (TM) maka tidak ada faktor Koreksi. Bagi pelanggan yang ingin menghindari investasi berlebihan, dapat menggunakan trafo milik PLN dan dikenakan biaya pemakaian.
  - C. Sambungan TM/TR/TR
    - Pelanggan TM dengan daya >200KVA, diukur disisi TR, dan menerima pasokan disisi TR menggunakan Trafo Dist PLN di gardu dengan skema penggenaan biaya pemakaian trafo. Untuk perhitungan biaya pemakaian, hasil baca akan dikalikan dengan faktor:
      1. 1,02 bila APP terletak di gardu PLN, FRT=2
      2. 1,05 bila APP tidak terletak di gardu PLN, FRT=5.
- Note: Faktor koreksi tidak ditentukan dari kepemilikan trafo (dari PLN atau sendiri) melainkan semata-mata ditentukan oleh peletakan APP. Saat ini Pelaksanaan sambungan TM hanya diperbolehkan menggunakan poin A (TM/TM/TM).



**PT.PLN (PERSERO)**  
**DISTRIBUSI JAKARTA RAYA DAN TANGERANG**

## BAB VI

# CURENT & POTENSIAL TRANSFORMATOR



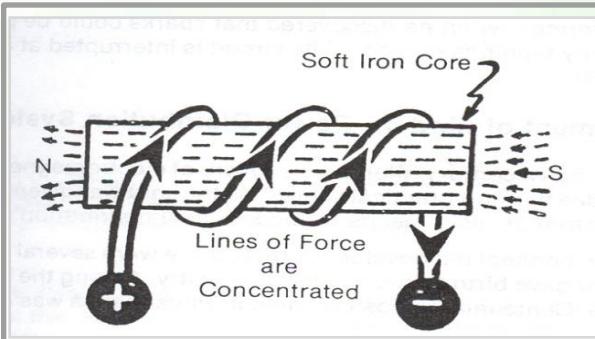
# TRANSFORMATOR



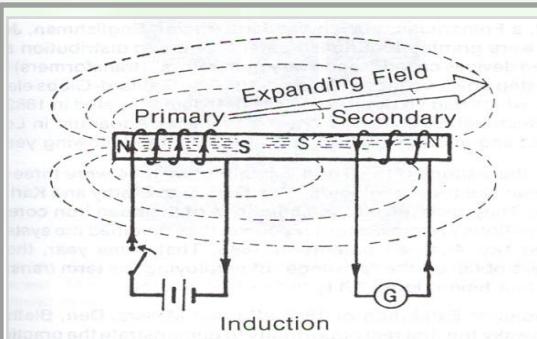
## DASAR TEORI TRANSFORMATOR

Prinsip Indusi :

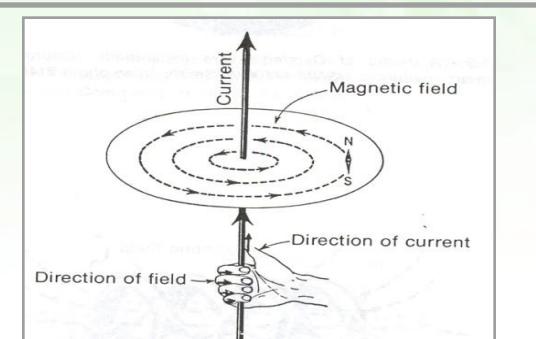
1. Hukum Faraday : perubahan pada medan magnet dapat menghasilkan medan listrik
2. Hukum Lorenz : Gaya Lorentz adalah gaya yang ditimbulkan oleh Muatan listrik yang bergerak atau oleh arus listrik yang berada dalam suatu medan magnet.



Suatu arus listrik mengelilingi inti besi maka besi itu menjadi magnet.

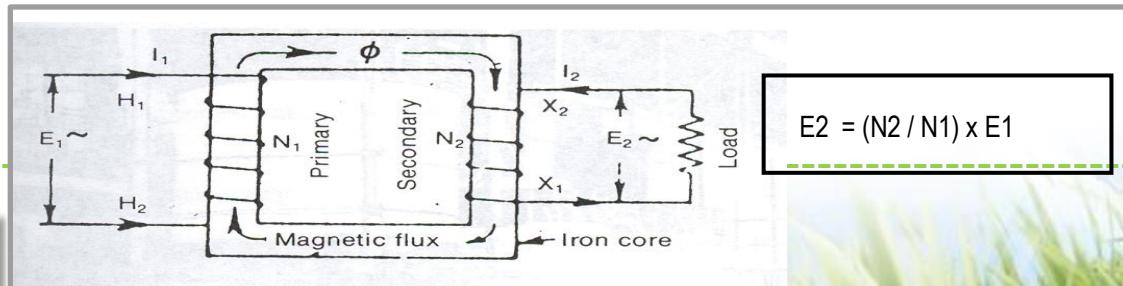


Suatu lilitan mengelilingi magnit maka akan timbul gaya gerak listrik (GGL)



Hukum Lorentz

### Prinsip Dasar Transformator



# CURENT TRANSFORMER



## Pengertian Current Transformer



- Curent Transformer Merupakan Transformator yang digunakan untuk menurunkan Arus yang berukuran besar menjadi Arus dengan ukuran kecil , dipergunakan dalam rangkaian arus bolak – balik.

### FUNGSI CT :

- Mentransformasikan dari arus yang besar ke arus yang kecil guna pengukuran atau proteksi
- Sebagai isolasi sirkuit sekunder dari sisi primernya
- Memungkinkan penggunaan standar arus pengenal untuk alat sisi sekundernya

Perbandingan antara Belitan Primer dan sekunder yaitu:

$$I_2 = N_2 / (N_1 \cdot I_1)$$

Contohnya : 2.000/5 A, 300/1 A

2.000 A DAN 300 A                   = I<sub>1</sub> = Merupakan Arus Primer  
5 A DAN 1 A                           = I<sub>2</sub> = Merupakan Arus Sekunder  
  N<sub>1</sub> =Jumlah lilitan Primer  
  N<sub>2</sub>=Jumlah Lilitan Sekunder

# CURRENT TRANSFORMER



## TRANSFORMATOR INSTRUMENT

### Pengukuran

1. Harus punya ketelitian tinggi pada daerah arus pengukuran beban nominal
2. Harus jenuh pada arus gangguan yang besar, untuk keamanan alat ukur

### Proteksi

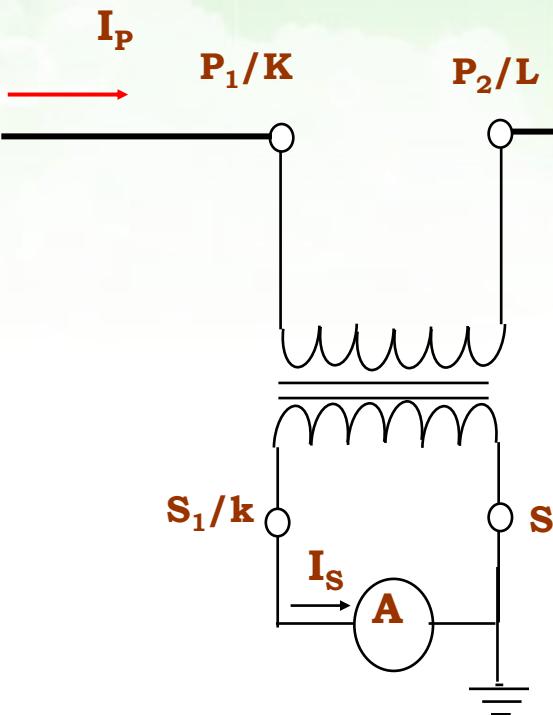
1. Harus punya ketelitian / error kecil pada daerah arus gangguan hubung singkat besar
2. Tidak jenuh pada arus gangguan yang besar, untuk keandalan alat proteksi

# CURRENT TRANSFORMER



## TRANSFORMATOR INSTRUMENT

### RANGKAIAN EKIVALEN CT



- $P_1/K$  masuknya arus primer &  $P_2/L$  keluaran arus primer
- $S_1/k$  masuknya arus sekunder dari primer dan  $S_2/I$  keluaran arus sekunder

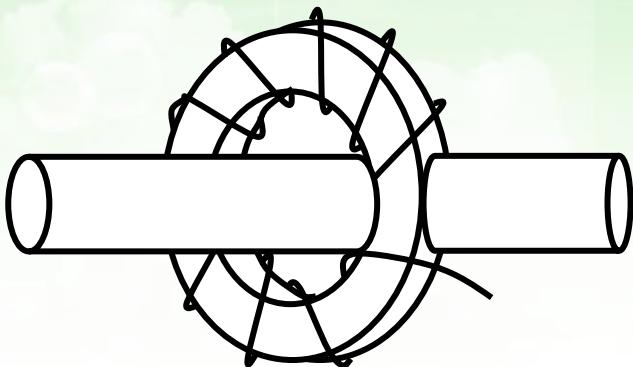
Pembumian: pada  $S_2/I \rightarrow$  sudut  $I_P$  dan  $I_S = 0^\circ$   
pada  $S_1/k \rightarrow$  sudut  $I_P$  dan  $I_S = 180^\circ$

# CURENT TRANSFORMER

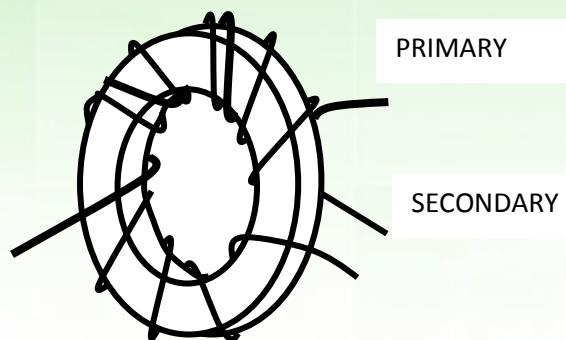


## Konstruksi Trafo Arus

SISI PRIMER MERUPAKAN BATANG



SISI PRIMER MERUPAKAN BELITAN



Tipikal Trafo Arus Dengan Batang Pada Sisi Primer 1000 / 1 A



# CURENT TRANSFORMER



## Pengenal Trafo Arus

Pengenal Primer : 10 - 12,5 - 15 - 30 - 40 - 50 - 60 - 75 - 80 A Dan Kelipatan 10

Pengenal Sekunder : 1 - 2 - 5 A

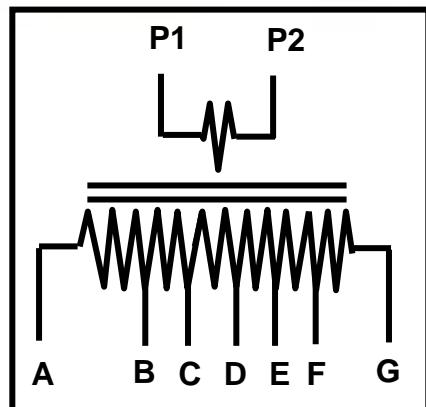
Trafo Arus Dengan 2 Pengenal Primer

Contoh : 500 - 1000 / 5 A

A. Primer Seri Dan Paralel Rangkaian Paralel : 1000 / 5 A

Rangkaian seri : 500 / 5 A

B. Sekunder Di Tap



500/5 A    500 - 1000/5 A

500-1000/5 A

500-1000-2000/5 A

# CURENT TRANSFORMER



## Kelas Akurasi

- Kelas Akurasi CT adalah arus pada CT yang dibatasi oleh kesalahan arus dan kesalahan fasa.
- Kelas akurasi yang digunakan untuk **Pengukuran** adalah:
  1. Untuk kelas 0,1-0,2-0,5 dan 1, pada frekuensi pengenal kesalahan arus dan pergeseran fasa tidak melebihi dari nilai yang di tentukan, bila burden sekunder antara 25%-100% dari burden pengenal.
  2. untuk kelas 0,2S – 0,5S, dipergunakan unutk aplikasi khusus untuk kWh meter yang mana pengukuran yang tepat pada arus antara 50 mA s/d 6 A. kesalahan arus dan pergeseran fasa tidak melebihi nilai yang ditentukan , , bila burden sekunder antara 25%-100% dari burden pengenal. Pemakaian kelas ini diutamakan pada ratio 25/5, 50/5, dan 100/5 dengan arus pengenal 5A.
  3. Untuk kelas 3 dan kelas 5, kesalahan arus dan pergeseran fasa tidak melebihi dari nilai yang di tentukan, bila burden sekunder antara 50%-100%
- Kelas akurasi yang digunakan untuk **Proteksi** adalah: 5P, 10P. Tanda P merupakan “Protection”, dan 5 dan 10 merupakan nilai kesalahan arus (komposie error) dalam %.

# CURRENT TRANSFORMER



Tabel Kelas Akurasi Sesuai IEC 60044-1

Class	For burdens <sup>1)</sup>	Limits of errors			Application
		at % rated current	Ratio error %	Phase displacement minutes	
0.1	25-100% of rated burden	5	0.4	15	Laboratory
		20	0.20	8	
		100	0.1	5	
0.2	25-100% of rated burden <15 VA 1VA-100%	120	0.1	5	Precision revenue metering
		5	0.75	30	
		20	0.35	15	
		100	0.2	10	
0.2S <sup>2)</sup>	25-100% of rated burden <15 VA 1VA-100%	120	0.2	10	Precision revenue metering
		1	0.75	30	
		5	0.35	15	
		20	0.2	10	
		100	0.2	10	
0.5	25-100% of rated burden	120	0.2	10	Standard commercial metering
		5	1.5	90	
		20	0.75	45	
		100	0.5	30	
0.5S <sup>3)</sup>	25-100% of rated burden	120	0.5	30	Precision revenue metering
		1	1.5	90	
		5	0.75	45	
		20	0.5	30	
		100	0.5	30	
0.5S <sup>4)</sup>	25-100% of rated burden	120	0.5	30	Precision revenue metering
		1	1.5	90	
		5	0.75	45	
		20	0.5	30	
		100	0.5	30	

1) PF of secondary burden 0.8 (for 5 VA burden and lower PF = 1.0)

2) Applicable only to transformers having a rated secondary current of 5 A

Class	For burdens <sup>1)</sup>	Limits of errors			Application
		at % rated current	Ratio error %	Phase displacement minutes	
1.0	25-100% of rated burden	5	3.0	180	Industrial grade meters
		20	1.5	90	
		100	1.0	60	
3.0	50-100%	120	3.0	-	Instruments
		50	3.0	-	
5.0	50-100%	120	5.0	-	Instruments
		50	5.0	-	
5P and 5PR <sup>5)</sup>	100%	100	1.0	60	Protection
		$4LF \times I_n$	5 <sup>4)</sup>	-	
10P and 10PR <sup>5)</sup>	100%	100	3.0	-	Protection
		$4LF \times I_n$	10 <sup>4)</sup>	-	
PX <sup>4)</sup>	$E_k, I_k, R_{ct} 5)$	-	-	-	Protection

1) PF of secondary burden 0.8 (for 5 VA burden and lower PF = 1.0)

2) Composite error

3) Remanence factor ( $K_r$ ) shall not exceed 10% after 3 minutes (see section 3.4.3)

4) Rated knee point o.m.f. ( $E_k$ ). The minimum sinusoidal o.m.f. (r.m.s.) at rated power frequency when applied to the secondary terminals of the transformer, all other terminals being open-circuited, which when increased by 10% causes the r.m.s. exciting current to increase by no more than 50%.

Note! The actual knee point o.m.f. will be  $\pm$  the rated knee point o.m.f.

5)  $R_{ct}$  = CTs secondary resistance at 75 °C



# CURENT TRANSFORMER



## Beban (Burden)

- Batasan Maksimum CT dapat menampung beban dalam VA, dimana beban yang dihubungkan ke sekunder C T dengan batasannya dapat menampung beban pada sisi sekunder (burden).
- Misalkan:
  - Terminal CT Sekunder pengukuran tersambung beban Amp Meter dan kWh meter maka beban CT =  $2 \times V_A k$ abel +  $V_A$  amp meter +  $V_A$  kWh Meter, beban CT ini dikatakan Beban yang harus < dari burdennya.
- Adapun Burden Current Transformer sesuai IEC 60044-1 adalah : 2,5 VA, 5 VA, 7,5VA, 10VA, 15VA, 20VA, dan 30 VA.  
Catatan : klas akurasi baik, bila burden antara 25% s/d 100% dari burden pengenal.

# CURENT TRANSFORMER



## Beban (Burden)

### Beban Pengenal

- Nilai dari beban CT dimana klas ketelitian dinyatakan
- Beban CT dinyatakan dalam va
- Nilai beban umum digunakan : 2,5 ; 5 ; 7,5 ; 10 ; 15 ; 30 VA

### Arus Pengenal Kontinyu

- Umumnya dinyatakan pada sisi primer, misalnya 1000/1 A, 2000/1 A

### Arus Pengenal Waktu Singkat (Short Time Rated Current)

- Umumnya dinyatakan untuk 0,5 ; 1,0 ; 2 ; 3 detik
- Tidak menimbulkan kerusakan
- Umumnya dinyatakan pada keadaan sekunder CT di hubung singkat
- Arus dinyatakan dalam rms (nilai efektif)

### Pengenal Arus Dinamik

- Perbandingan dari :  $I_{puncak} / I_{pengenal}$
- $I_{puncak}$  : kemampuan arus maksimum ct tanpa menimbulkan suatu kerusakan

# CURENT TRANSFORMER



## Bagaimana Memilih CT

- Ratio arus (dihitung dari arus beban dalam (ampere))  
Misal: 20/5-5 (untuk pelanggan TM sekunder 2 belitan)  
100/5 (untuk pelanggan TR sekunder 1 belitan)
- Class Proteksi : 5P5, 5P10, 5P15, 5P20, 5P25, 5P30  
P: Protection
- Class pengukuran : 0.2S , S= Saturation
- Class Isolasi : Clas E
- Burden = Batas Kemampuan CT menampung Beban (VA)  
sesuai standar IEC 60044-1 Burden CT adalah 2,5 VA, 3VA, 5VA, 7,5VA, 10 VA, 20 VA, 25 VA, dan 30 VA.  
Untuk pemilihan burden CT perlu dilihat beban yang disambungkan pada CT (beban : CT+Kabel+alat Ukur  
yang disambung VA)
- $I_{th}$ = arus thermis adalah kemampuan CT menerima arus besar selama 1 detik , untuk pelanggan TM dapat  
di pilih (5 kA - 12,5 kA) dalam pemilihan arus thermis sebaiknya dihitung arus gangguan disisi tegangan 20  
KV, untuk TR pelanggan TR dapat dipilih besarnya pembatas arus yang terpasang dan lamanya waktu trip.
- $I_{dy}$ =Arus dynamic =  $2,5 \times I_{th}$  adalah nilai puncak dari atas primer CT tanpa ada kerusakan secara electric dan  
mechanic yang dihasilkan dari tenaga kerja.
- FS = Instrument Security Factor = ratio antara nilai arus lebih primer (Ips) dan nilai arus primer (Ip), nilai  
nya 5 atau 10 dipilih 5
- Tegangan (Um) = 0,6/12/24/50/125 kV
- Frekuensi = 50 Hz

# CURRENT TRANSFORMER



## Bagaimana Memilih CT

### Pemilihan Arus Primer

Diperhitungkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$S = \sqrt{3} \cdot I \cdot V_f - f$$

Dimana :  $S$  = Daya pelanggan (VA)

$I$  = Arus masing-masing fasa (Ampere)

$V_f-f$  = Tegangan Fasa-fasa (Volt)

Contoh :

- 1). Daya pelanggan 630 kVA tarif TM/TM/TM tegangan 20 kV,  
pemilihan ratio CT adalah

$$I = 630 \text{ kVA} / \sqrt{3} \times 20 \text{ kV} = 18 \text{ A}$$

Untuk pemilihan CT Perlu melihat faktor keamanan CT = 0,8

Maka arus primer =  $18 \text{ A} / 0,8 = 22,5 \text{ A}$ . karena dipasaran tidak ada maka dipilih CT pada sisi primer 20A, bila CT dipergunakan untuk pengukuran dan proteksi maka digunakan **Rasio 20/5-5**

- 2). Daya pelanggan TR 105 kVA tarif TR/TR/TR tegangan 400 Volt, Pemilihan ratio CT adalah

$$I = 105000 / \sqrt{3} \cdot 400 = 152 \text{ Ampere},$$

Maka arus primer CT adalah  $0,8 \times 152 \text{ Ampere} = 190 \text{ Ampere}$ , atau dipasaran dapat menggunakan 200A atau dengan Rasio 200/5



# CURRENT TRANSFORMER



## Pengertian 5P (untuk Proteksi)

- ❑ Pengertian 5P10 (misal), ratio CT 20/5-5, adalah  $10 \times 20 = 200$  A dengan error 5%, hal ini bukan jenuh tapi composite error artinya garis-garis gaya magnet di inti besi bergeser, terkena arus besar nilai 10 = faktor kali dan 5 = kesalahan / error
- ❑ Kejenuhan CT dilihat dari burden CT dan beban yang tersambung (berhubungan dengan lebar inti) ke CT (perlu diuji atau dihitung).

# POTENSIAL TRANSFORMER



## Pengertian



Trafo tegangan atau Potensial Transformer (PT) adalah sesuatu peralatan listrik yang dapat memperkecil tegangan tinggi menjadi tegangan rendah, yang dipergunakan dalam rangkaian arus bolak-balik.

Pada trafotegangan yang dibutuhkan adalah tingkat ketelitian nya dan penurunan tegangannya yang disesuaikan dengan alat ukur . Untuk sistem 3 fasa nilai standar tegangan primer adalah  $1/\sqrt{3}$  kali dari nilai tegangan pengenal sistem. Tegangan sekunder yang digunakan di eropa adalah  $100/\sqrt{3}$  atau  $110/\sqrt{3}$ .



# POTENSIAL TRANSFORMER



## Bagaimana Memilih PT

Pemilihan PT untuk metering adalah 80 s/d 120 % dari tegangan pengenal dan untuk proteksi antara 0.05 s/d 1.5 atau 1.9 dari tegangan pengenal sesuai faktor tegangannya.

Sesuai Standar IEC faktor tegangan PT sebagai berikut:

- 1,9 kali tegangan pengenal untuk PT tidak diketanahkan.
- 1,5 kali tegangan pengenal untuk PT diketanahkan Solid  
Dimana lamanya kenaikan tegangan ini adalah 30 detik.

Pemilihan PT untuk pengukuran tergantung tegangan primernya misal  $20000/\sqrt{3} / 100/\sqrt{3}$ , dengan class proteksi 3P atau 6P dan untuk pengukuran kelas 0,2

Contoh:

- a. Daya pelanggan 630kVA tarif TM/TM/TM tegangan 20 kV, pemilihan CT adalah

$$I = 630/\sqrt{3} \times 20 = 18 \text{ Ampere}$$

Maka dipilih ratio CT 20/5-5 (Sekunder pengukuran dan proteksi)

PT diambil dengan rasio tegangan  $20000/\sqrt{3} / 100/\sqrt{3}$

- b. Pelanggan TR, daya 147 kVA tegangan 380 Volt, pemilihan ratio CT, adalah

$$I = 197/\sqrt{3} \times 380 = 223 \text{ A}$$

Maka dipilih ratio CT pada sisi primer sebesar 250/5

# POTENSIAL TRANSFORMER



## Bagaimana Memilih PT

- ❑ Bila burden digunakan untuk komponen metering dan proteksi, kelas akurasi untuk metering dipilih harus lebih baik dari pada untuk proteksi.
- ❑ Burden dari PT adalah penjumlahan dari total burden dari semua beban yang di sambung ke PT. kesalahan arus dan penggeseran fasa tidak melebih dari nilai yang ditentukan seperti tabel VI.5 atau tabel VI.6, bila burden sekunder antara 25% s/d 100% dari burden pengenal.

Accuracy classes according to IEC 60044-2:

Class	Range		Limits of errors		Application
	Burden %	Voltage %	Ratio %	Phase displacement Minutes	
0.1	25-100	80-120	0.1	5	Laboratory
0.2	25-100 <10VA 0-100% PF=1	80-120	0.2	10	Precision and revenue metering
0.5	25-100	80-120	0.5	20	Standard revenue metering
1.0	25-100	80-120	1.0	40	Industrial grade meters
3.0	25-100	80-120	3.0	-	Instruments
3P	25-100	5-Vf *)	3.0	120	Protection
6P	25-100	5-Vf *)	6.0	240	Protection

\*) Vf = Voltage factor

# POTENSIAL TRANSFORMER



## Bagaimana Memilih PT

Contoh:

- Peralatan Metering 30 VA, klas akurasi 0.2 dan proteksi = 70 VA, klas akurasi 3P, maka pemilihan PT sebesar 100 VA dengan kelas akurasi 0,2.

Kelas untuk proteksi baik 5% s/d Vf kali tegangan pengenal bila burden 25% s/d 100% dari burden pengenal.

Sesuai standar daya keluaran trafo tegangan pengenal dengan pf 0.8 laging, adalah 10;15;30;50;75;100;150;200;300;400;500 VA.



# POTENSIAL TRANSFORMER



## Bagaimana Memilih PT

Accuracy classes according to IEEE C57.13

Class	Range		Power error at metered load PF 0.6-1.0	Application
	Burden %	Voltage %		
0.15	0-100	90-110	0.15	High-accuracy metering
0.3	0-100	90-110	0.3	Revenue metering
0.6	0-100	90-110	0.6	Standard metering
1.2	0-100	90-110	1.2	Relaying
1.2R	0-100	90	1.2	Relaying CCVT
		25	3	
		5	5	

Standard burdens	VA	PF
M	35	0.20
W	12.5	0.10
X	25	0.70
Y	75	0.85
Z	200	0.85
ZZ	400	0.85



## Faktor Meter

- Jumlah pemakaian yang sebenarnya dihitung berdasarkan angka-angka yang tertera pada register sebelumnya (awal) yang dikurangkan terhadap angka-angka yang tertera pada register terakhir (akhir) atau dapat dinyatakan dengan rumus  $kWh = (\text{selisih pembacaan meter kWh}) \times \text{Faktor Meter}$
- Selisih pembacaan meter kWh = Penunjukan meter bulan ini - Penunjukan meter bulan lalu
- Faktor Meter = Rasio CT x Rasio PT x Faktor Register



## Cara Pembacaan Pemakaian Daya Listrik

Rumusnya dapat dituliskan:

Daya terukur (Pemakaian Sebenarnya) = Penunjukan meter x Faktor meter

Faktor meter = CT terpasang x PT terpasang x Faktor register

**Contoh:**

1. Pelanggan CV. Inti Jaya Sakti dengan Daya terpasang 630kVA, dengan tegangan 20kV tercatat sebagai pelanggan TM dengan:

CT Terpasang =  $3 \times 20/5\text{A}$ ,

PT terpasang =  $3 \times 20.000/100\text{V}$

Faktor register = 1

Maka :

Faktor meter =  $20/5 \times 20.000/100 \times 1 = 400000/500 = 800$

Jika Penunjukan di kWh Meter adalah 20

Maka Daya Terukur atau Daya pemakaian sebenarnya adalah  $20 \times 800 = 16000 \text{ kWh}$ .



## Cara Pembacaan Pemakaian Daya Listrik

Contoh:

2. Pelanggan atas nama Ibu Erna dengan Daya terpasang 147kVA, dengan tegangan Line-line 380V tercatat sebagai pelanggan TR dengan:

CT Terpasang =  $3 \times 200/5A$ ,

Faktor register = 1

Maka :

$$\begin{aligned}\text{Faktor meter} &= \text{CT Terpasang} \times \text{Faktor Register} \\ &= 200/5 \times 1 \\ &= 40\end{aligned}$$

Jika Penunjukan di kWh Meter adalah 20

Maka Daya Terukur atau Daya pemakaian sebenarnya adalah  $20 \times 40 = 800$  kWh.



## Cara Pembacaan Pemakaian Daya Reaktif

Contoh:

1. Pelanggan PT. Serba Serbi dengan Daya terpasang 1730kVA, dengan tegangan Line-line 20000V cercatat sebagai pelanggan TM dengan pemakaian kVRH bulan ini 7830 dan pemakaian kVRH bulan ini 6750 dengan:

$$\text{CT Terpasang} = 3 \times 125/5\text{A},$$

$$\text{PT Terpasang} = 20000/100$$

$$\text{Faktor register} = 0.1$$

Maka :

$$\begin{aligned}\text{Faktor meter} &= \text{CT Terpasang} \times \text{PT Terpasang} \times \text{Faktor Register} \\ &= 125/5 \times 20000/100 \times 0.1 \\ &= 500\end{aligned}$$

Jika Penunjukan di kVRHh Meter adalah  $7830 - 6750 = 1080$

Maka Daya Terukur atau Daya pemakaian sebenarnya adalah  $1080 \times 500 = \mathbf{540000} \text{ kVRH}$ .



**PT.PLN (PERSERO)**  
**DISTRIBUSI JAKARTA RAYA DAN TANGERANG**

## **BAB VIII**

# **Alat Pengukur & Pembatas**



# Alat Pembatas dan Pengukur



## Pendahuluan

Energi (kwh) adalah sebagai bentuk pemakaian listrik , yang dikeluarkan oleh pusat dan dipakai oleh beban.  
kWh meter adalah alat pengukur energi listrik yang mengukur secara langsung hasil kali tegangan, arus factor kerja, kali waktu yang tertentu ( $UI \cos \phi t$ ) yang bekerja padanya selama jangka waktu tertentu.

Persamaan energi

Beban 1 fasa=  $V_fase \times I \times \cos\phi \times \text{Pemakaian (Jam)}$

Beban 3 fasa=  $\sqrt{3} \times V_{fase-fasa} \times I \times \cos \phi \times \text{Pemakaian (jam)}$

Satuan = Kilo Watt Hour (KWH).

Jenis- jenis kWh Meter Yaitu

1.kWH Meter Pascabayar ( Contohnya :kWH Meter Mekanik)

2.kWH Meter Prabayar (Contohnya: kWh meter Elektronik dengan Token Listrik)

# Alat Pembatas dan Pengukur



## Jenis – Jenis Tarif Dasar Listrik

Penyambungan Tenaga listrik ke pelanggan diatur dalam Tarif Dasar Listrik yang dikeluarkan oleh PT.PLN (Persero) dengan ketentuan sebagai berikut:

Daya 450 VA-197 kVA = Berlangganan TR

Daya 201 kVA-29.9 MVA = Berlangganan TM

Daya > 30 MVA = Berlangganan TT

Penjelasan tarif diatas:

1. Langganan TR pengukurnya dibagi sebagai berikut:

- Daya 450 VA-41500VA pengukuran langsung (biasanya tanpa menggunakan peralatan bantu CT)
- Daya >41500VA-197000VA pengukuran tidak langsung dengan menggunakan alat bantu CT

2. Langganan TM Pengukurnya dibagi menjadi

- TM/TM/TM pelanggan TM, diukur TM, pasokan tegangan TM
- TM/TM/TR pelanggan TM, diukur TM, pasokan tegangan TR (tidak dikembangkan lagi)
- **TM/TR/TR pelanggan TR, diukur TR, pasokan tegangan TR (tidak dikembangkan lagi)**

3. Langganan TT pengukurnya dibagi menjadi sbb:

- TT/TT/TT pelanggan TT, diukur TT, pasokan tegangan TT
- TT/TT/TM pelanggan TT, diukur TT, pasokan tegangan TM (tidak dikembangkan Lagi)
- TT/TMTM pelanggan TT, diukur TM, pasokan tegangan TM (tidak dikembangkan lagi)



# Alat Pembatas dan Pengukur



## KWH METER PRABAYAR DAN PASCABAYAR

Jenis-jenis kWh Meter Yaitu

1. kWh Meter Pascabayar (Contohnya :kWh Meter Mekanik)
2. kWh Meter Prabayar (Contohnya: kWh meter Elektronik dengan Token Listrik)

1. kWh meter Pascabayar merupakan alat ukur pemakaian energi , pelanggan membayar diakhir pemakaian energi listrik.
2. kWh meter Prabayar merupakan alat ukur pemakaian energi setelah pelanggan membayar diawal dalam bentuk Voucher / Stroom (Token 20 Digit Kode) jumlah kWh yang digunakan.



kWh Meter Pascabayar



kWh Meter Prabayar

# Alat Pembatas dan Pengukur



## KOMPARASI KWH METER PRABAYAR DAN PASCABAYAR



kWH Meter Pascabayar



kWH Meter Prabayar

No.	Sistem Prabayar	Sistem Paskabayar
1.	Menerima uang sebelum energi listrik dikonsumsi pelanggan	Menerima uang setelah energi listrik dikonsumsi pelanggan
2.	Tidak ada pencatatan meter sehingga sumber susut dan keluhan dapat diminimalisasi atau dihilangkan	Memerlukan pencatatan meter yang memerlukan biaya. Pencatatan meter yang tidak akurat dapat menjadi sumber susut atau keluhan Pelanggan
3.	Tidak ada pemutusan aliran listrik karena tidak ada pembayaran rekening bulanan	Pelanggan yang tidak membayar rekening bulanan setelah waktu tertentu, dilakukan pemutusan penyambungan
4.	Tidak dikenakan denda keterlambatan, karena pembayaran dilakukan sebelum energi listrik dikonsumsi	Pelanggan yang terlambat membayar rekening bulanan dikenakan denda keterlambatan
5.	Pelanggan tidak dikenakan Uang Jaminan Pelanggan (UJL) pada saat melakukan Penyambungan Baru	Pelanggan membayar Uang Jaminan Pelanggan (UJL) pada saat melakukan Penyambungan Baru
6.	Dalam menghitung energi listrik yang dikonsumsi tidak memperhitungkan biaya beban	Rekening bulanan memperhitungkan biaya beban
7.	Mengendalikan sendiri pemakaian, sesuai dengan stroom yang tersedia	Pelanggan kurang dapat mengendalikan pemakaian tenaga listrik karena tidak terkait dengan jumlah stroom yang tersedia

# Alat Pembatas dan Pengukur



## KWH METER PELANGGAN TM

Alat ukur pelanggan TM ialah semua peralatan ukur besaran listrik yang terpasang pada kotak lemari APP pelanggan TM yang berfungsi sebagai pengukur daya dan energi terpakai oleh pelanggan dan pengukurannya dilaksanakan pada sisi tegangan menengah.



Alat ukur yang dipakai adalah :

1. meter kWh

Meter yang digunakan pada pelanggan sambungan tegangan menengah ialah :

Meter kWh fase tiga - 3 kawat, untuk JTM fase tiga - 3 kawat

Meter kWh fase tiga - 4 kawat, untuk JTM fase tiga - 4 kawat

Contoh :

Meter kWh yang menggunakan tariff ganda, harus dilengkapi dengan saklar waktu (time switch) guna menunjukan pemakaian kWh pada Waktu Beban Puncak (WBP) dan Luar Waktu Beban Puncak (LWBP).

Waktu beban puncak adalah jam 18.00 s/d 22.00 dan Luar Waktu Beban Puncak adalah **ja**, 22.00 s/d 18.00 waktu setempat.

Gambar: Meter Elektronik

# Alat Pembatas dan Pengukur



## Konduktor 1 $\Phi$ dan 3 $\Phi$

Konduktor yang digunakan pada penyambungan meter 1  $\Phi$  yaitu

NFA2X 2X10 mm<sup>2</sup> atau 2X16 mm<sup>2</sup>

- Kapasitas Hantar Arus Konduktor NFA2X 2X10 mm<sup>2</sup> = 52 Amper

$$\begin{aligned} \text{Daya maksimal yang di hantarkan adalah} &= 52 \text{ ampere} \times 220 \text{ Volt} \\ &= 11440 \text{ VA} \end{aligned}$$

- Kapasitas Hantar Arus Konduktor NFA2X 2X16 mm<sup>2</sup> = 72 Ampere

$$\begin{aligned} \text{Daya maksimal yang di hantarkan adalah} &= 72 \text{ ampere} \times 220 \text{ Volt} \\ &= 15840 \text{ VA} \end{aligned}$$

NFA2X 4X16 atau 4X25 atau 4x50 mm<sup>2</sup>

- Kapasitas Hantar Arus Konduktor NFA2X 4X16 mm<sup>2</sup> = 72 Ampere

Daya maksimal yang di hantarkan adalah =15840 VA

- Kapasitas Hantar Arus Konduktor NFA2X 4X25 mm<sup>2</sup> = 102 Ampere

Daya maksimal yang di hantarkan adalah = 67054.8 VA

- Kapasitas Hantar Arus Konduktor NFA2X 4X50 mm<sup>2</sup> = 124 Ampere

Daya maksimal yang di hantarkan adalah  $= 101239.6 \text{ VA}$

# Alat Pembatas dan Pengukur



## Miniature Circuit Breaker (MCB)

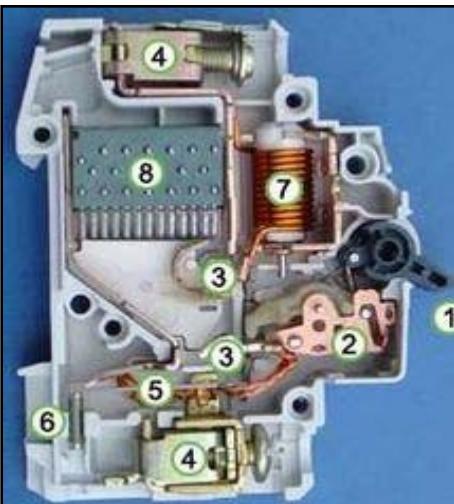


MCB adalah pengaman pada tenaga listrik yang sering dipergunakan pada tegangan rendah baik dipasang di perlengkapan Hubung Bagi atau digunakan sebagai pembatas yang terpasang pada kotak kWh Meter.

Prinsip kerjanya yaitu sesuai dengan karakteristik thermal dimana arus besar yang melewati MCB akan memanaskan bimetallic trip.

Memilih MCB yang tepat sebagai pengaman listrik

1. Dihitung beban yang dipikul oleh MCB
2. Lihat KHA dari pemakaian kabel untuk instalasi listrik



Contoh:

1. Daya yang tersambung di pelanggan 1 Φ sebesar 1300 VA, dengan tegangan 220 Volt maka dapat dipilih kapasitas MCB yaitu

$$\text{Kapasitas MCB (Ampere)} = \text{Daya} / \text{Tegangan} = 1300 / 220 = 5.9 \text{ A}$$

Maka dapat dipilih Kapasitas MCB 6 Ampere.

2. Pelanggan 3Φ dengan daya sebesar 6600 KVA, dengan tegangan 380 Volt maka dapat dipilih kapasitas MCB yaitu

$$\text{Kapasitas MCB (Ampere)} = \text{Daya} / \text{Tegangan} \times \sqrt{3} = 6600 / (380 \times \sqrt{3}) = 10.03 \text{ A}$$

Maka dapat dipilih Kapasitas MCB 3 x 10 Ampere.

# Alat Pembatas dan Pengukur



## Miniature Circuit Breaker (MCB)

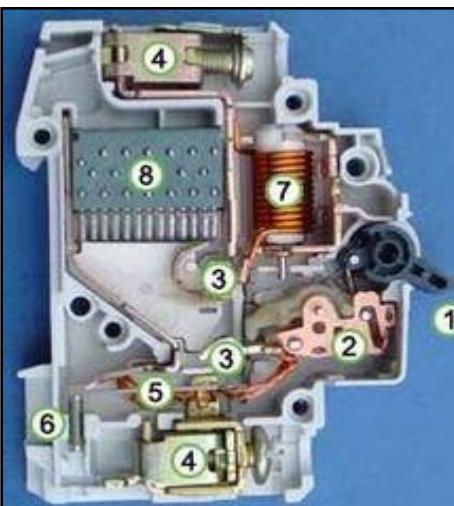


Memperhatikan besar Kuat Hantar Arus kabel yang digunakan pada instalasi listrik rumah.

Contoh:

Instalasi listrik rumah menggunakan kabel NYY 3 x 1.5 dengan KHA = 18.5 A , menggunakan MCB 20 Ampere, Maka karena IKHAKabel<IMCB kabel menjadi panas sehingga kabel meleleh dan terkelupas akan tetapi tidak mentripkan MCB sehingga menjadi penyebab kebakaran.

Seharusnya kapasitas MCB lebih kecil dari KHA kabel, ditambah faktor keamanan. Misalkan hanya 6 A atau maksimal 10 A.



Arus Pengenal MCB:

1A,2A,4A,6A,10A,16A,20A,25A,30A,35A,40A,50A,55A,dan 63A

# DAFTAR PUSTAKA

1. Wahyudi, sarimun.*Protesi Sistem Distribusi Tenaga Kistrik.* Depok;Garamond.2012
2. Wahyudi, sarimun.*Buku saku pelayanan Teknik.*Garamond;Depok. 2011
3. *Materi Pengoperasian Gardu Distribusi.* PT.PLN(Persero) Pusdiklat. 2009
4. *Pemeliharaan Kubikel.* PT.PLN(Persero) Pusdiklat. 2009
5. *Pemeliharaan Trafo Distribusi.* PT.PLN(Persero) Pusdiklat. 2009
6. *Pemeliharaan PHB TR.* PT.PLN(Persero) Pusdiklat. 2009
7. *Analisa Proteksi Sistem Distribusi.* PT.PLN(Persero) Pusdiklat. 2009

# **TIM PENYUSUN**

- 1. M BUDISUSILO (NIP: 5883149H)**
- 2. VICK NAWAN (NIP: 6895032Z)**
- 3. I PUTU KESAMA P. WIJAYA (NIP:86112306Z)**





**PT.PLN (PERSERO)**

**DISTRIBUSI JAKARTA RAYA DAN TANGERANG**

# **Terima kasih**