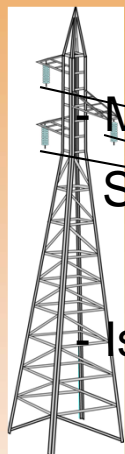


CURRENT TRANSFORMER DAN POTENSIAL TRANSFORMER





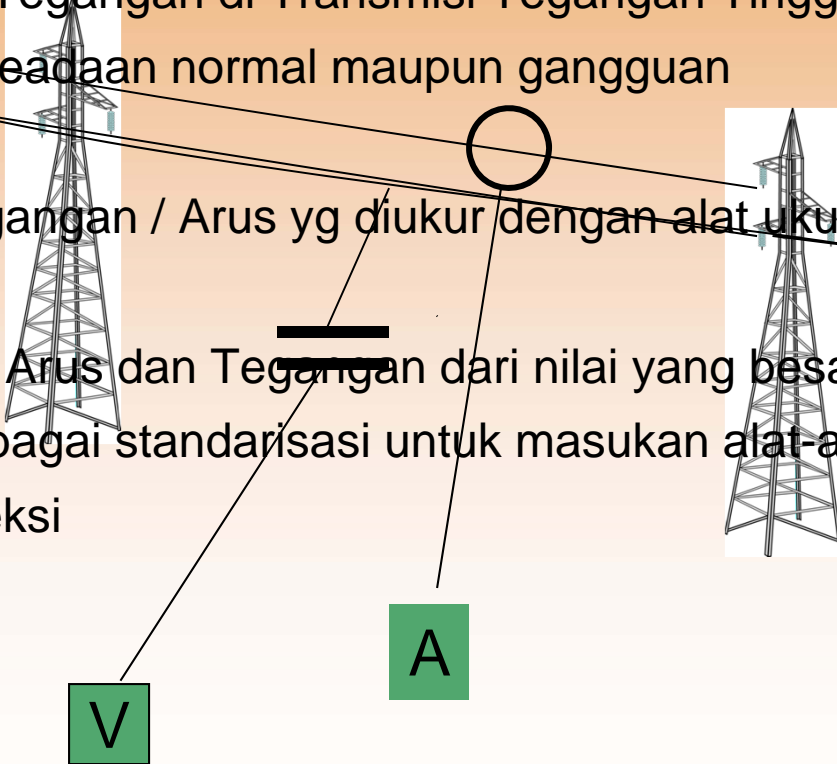
■ Apa yang dilakukan oleh Trafo Pengukuran?

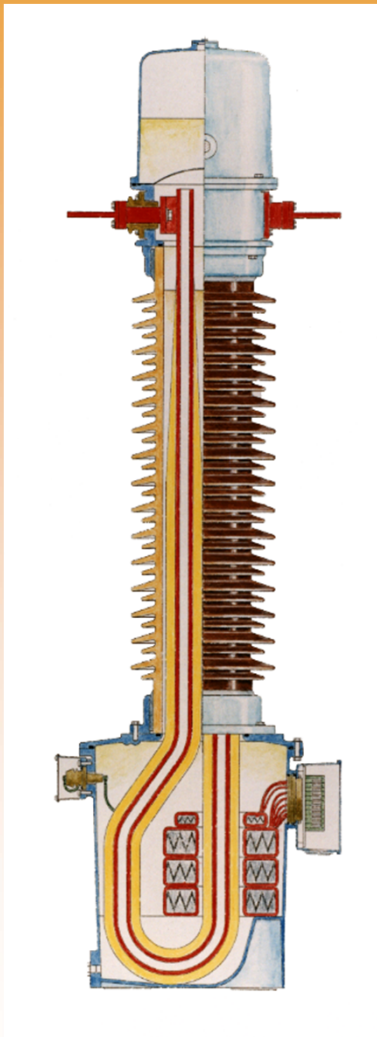


- Mengukur Arus dan Tegangan di Transmisi Tegangan Tinggi dan Switchgears dalam keadaan normal maupun gangguan

- Isolasi antara sisi tegangan / Arus yg diukur dengan alat ukurnya

- Mentransformasikan Arus dan Tegangan dari nilai yang besar menjadi nilai yang rendah sebagai standarisasi untuk masukan alat-alat ukur maupun sistem proteksi





- Rating Tegangan 36 - 362 kV
- Rating Arus up to 4000 A

Konduktor Primer

Belitan Aluminium atau Konduktor Tembaga

Kertas, Minyak Mineral, Aluminium foil insulation

Reconnectable 1:2, 1:2:4

Tap Kapasitif tersedia sesuai permintaan

Quartz filling

Quartz filling, mengurangi volume minyak sampai 2/3

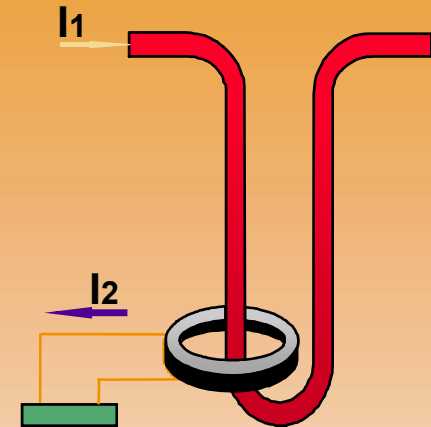
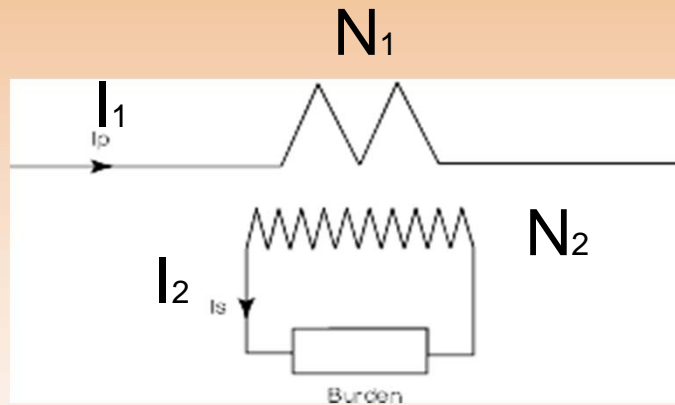
Meningkatkan stabilitas Mekanik

TRAFO ARUS

Teori

- Apa yang dimaksud Trafo Pengukuran?
- Trafo Arus
- Untuk transformer berbeban berlaku persamaan :

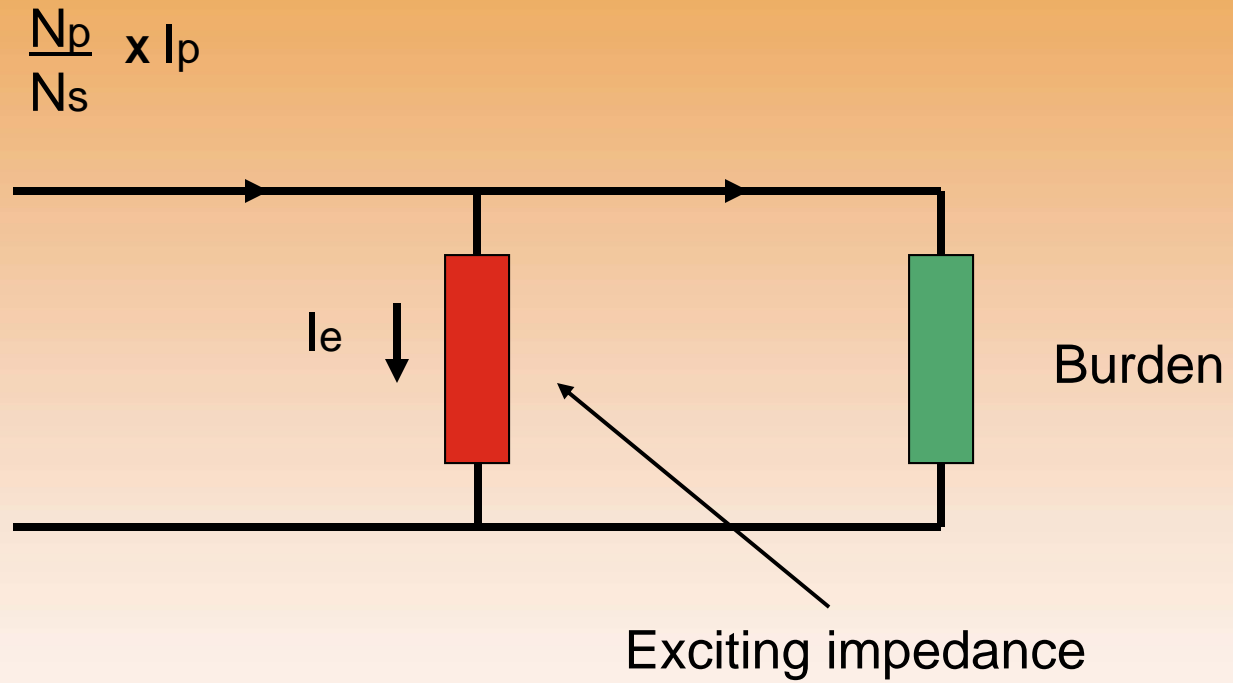
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$



$$I_1 \times N_1 = I_2 \times N_2 = \text{Ampere Lilitan (Selalu Seimbang)}$$

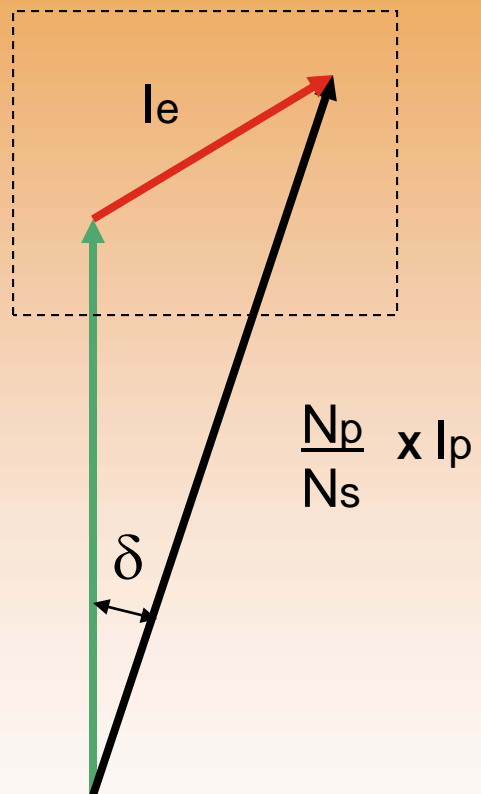


Rangkaian Ekuivalen CT





Error CT



Parameter Inti

$$E = \pi \cdot \times 2 \cdot B \cdot f \cdot A \cdot N_2 \text{ Volt}$$

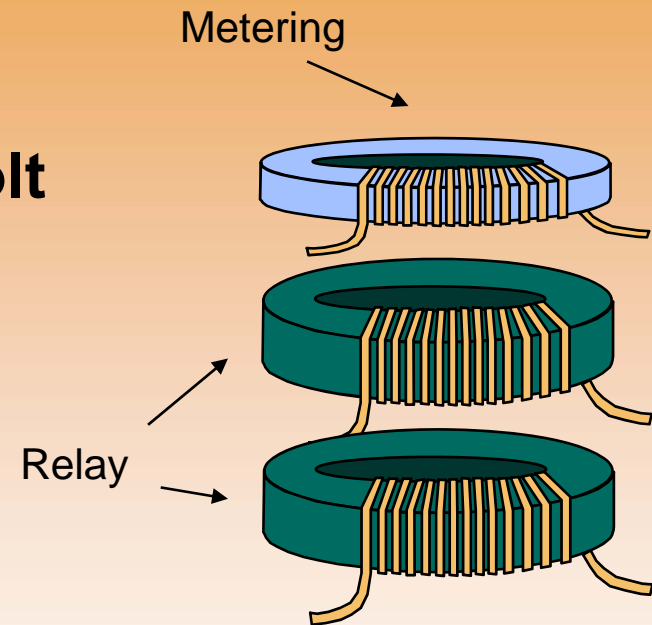
E = Tegangan

B = Kerapatan Flux (Tesla)

F = Frequency

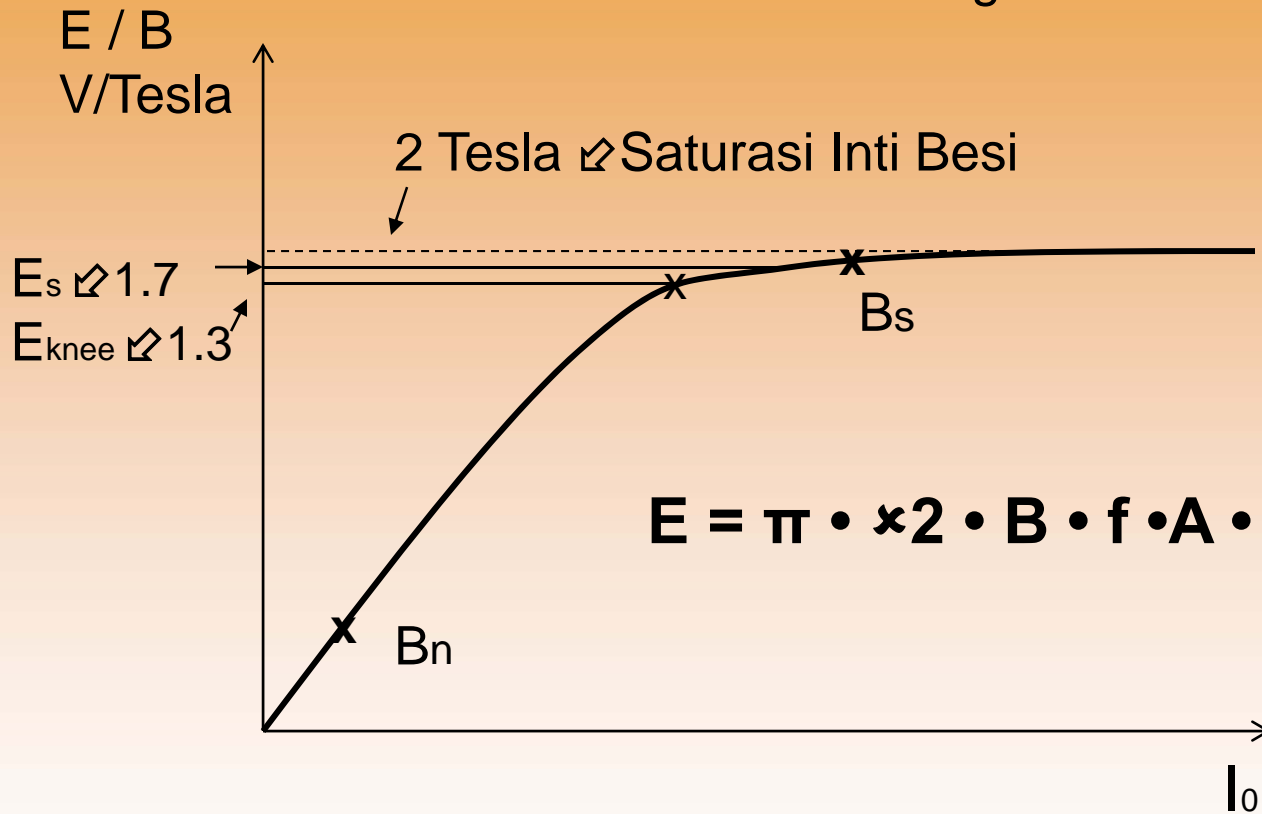
A = Luas inti (m²)

N₂ = Jumlah Lilitan Sekunder





Kurva Magnetisasi



$$E = \pi \cdot \times 2 \cdot B \cdot f \cdot A \cdot N_2 \text{ Volt}$$



Faktor Saturasi

Akurasi Limit Faktor - **ALF**

Faktor Keamanan Pengukuran - **F_s**

$$ALF = \frac{I_{ps}}{I_{pn}} = \frac{B_s}{B_n} \quad (\text{Faktor Minimum})$$

$$F_s = \frac{I_{ps}}{I_{pn}} = \frac{B_s}{B_n} \quad (\text{Faktor Maksimum})$$

I_{ps} = Arus Lebih

I_{pn} = Arus Nominal



Faktor Saturasi

Akurasi Limit Faktor - **ALF** dan Faktor Keamanan Pengukuran - **F_s** mempengaruhi **rating** beban

Persamaan Burden :

$$\mathbf{ALF} \times \mathbf{(ALF)_n} = \frac{\mathbf{Z_n}}{\mathbf{Z}}$$

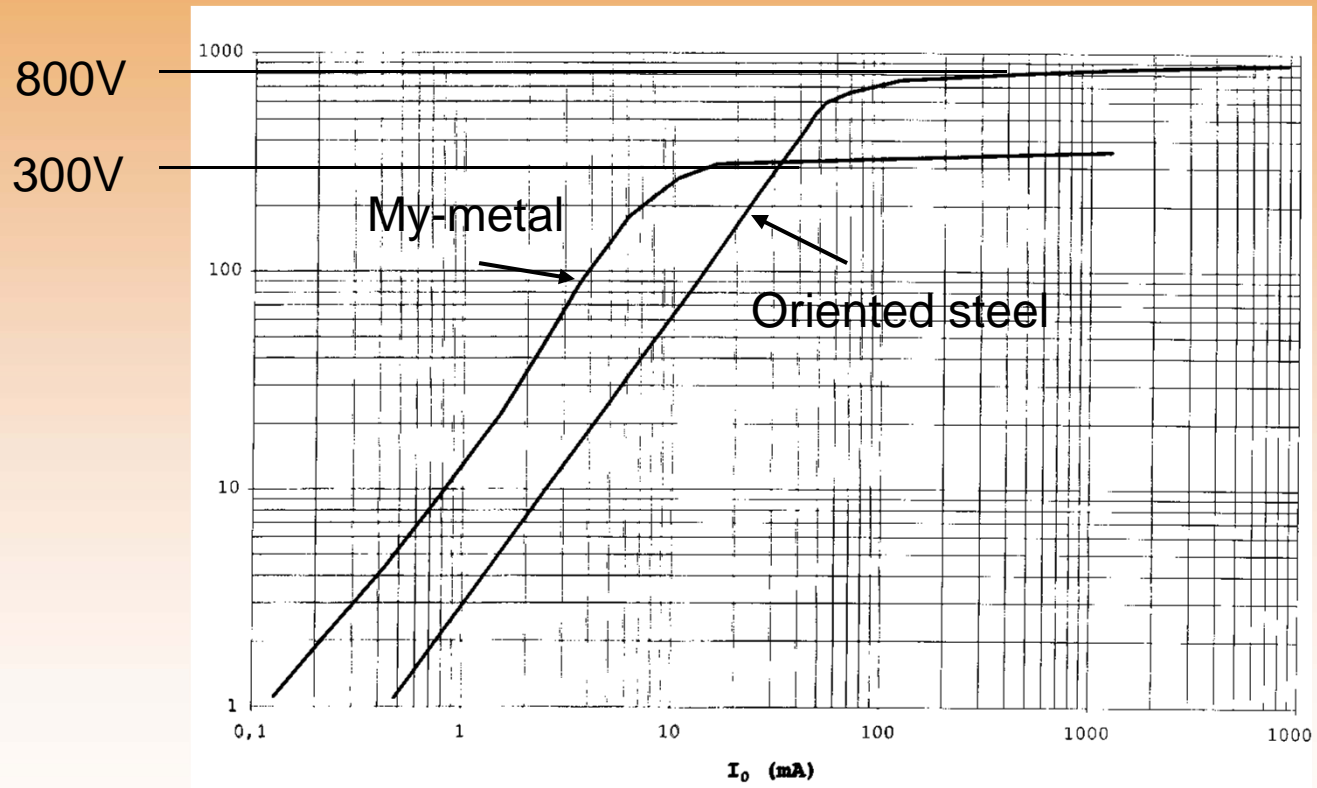
(ALF) (or F_s) = Rating Faktor Saturasi

Z_n = rated burden

Z = actual burden



Kurva Magnetisasi





Parameter Penting – Trafo Arus

High short time current dan Rating Arus Kecil → Lilitan Amper Kecil

Lilitan Amper Kecil → Menaikan daerah inti atau mengurangi Keluaran

Daerah Inti Besar → Menaikan ukuran dan Harga CT

Rating Arus Tinggi > 2000 A → Memerlukan pendingin dan Menaikan harga CT



Kelas Akurasi Trafo

IEC 44-1

Trafo Arus

Pengukuran:

0.2 S

0.2

0.5

0.5 S

1.0

3.0

Proteksi:

5P

10P

TPX

TPY

TPZ

X (BS)

IEC 60044-2

Trafo Tegangan

Pengukuran:

0.1

0.2

0.5

1.0

3.0

Proteksi:

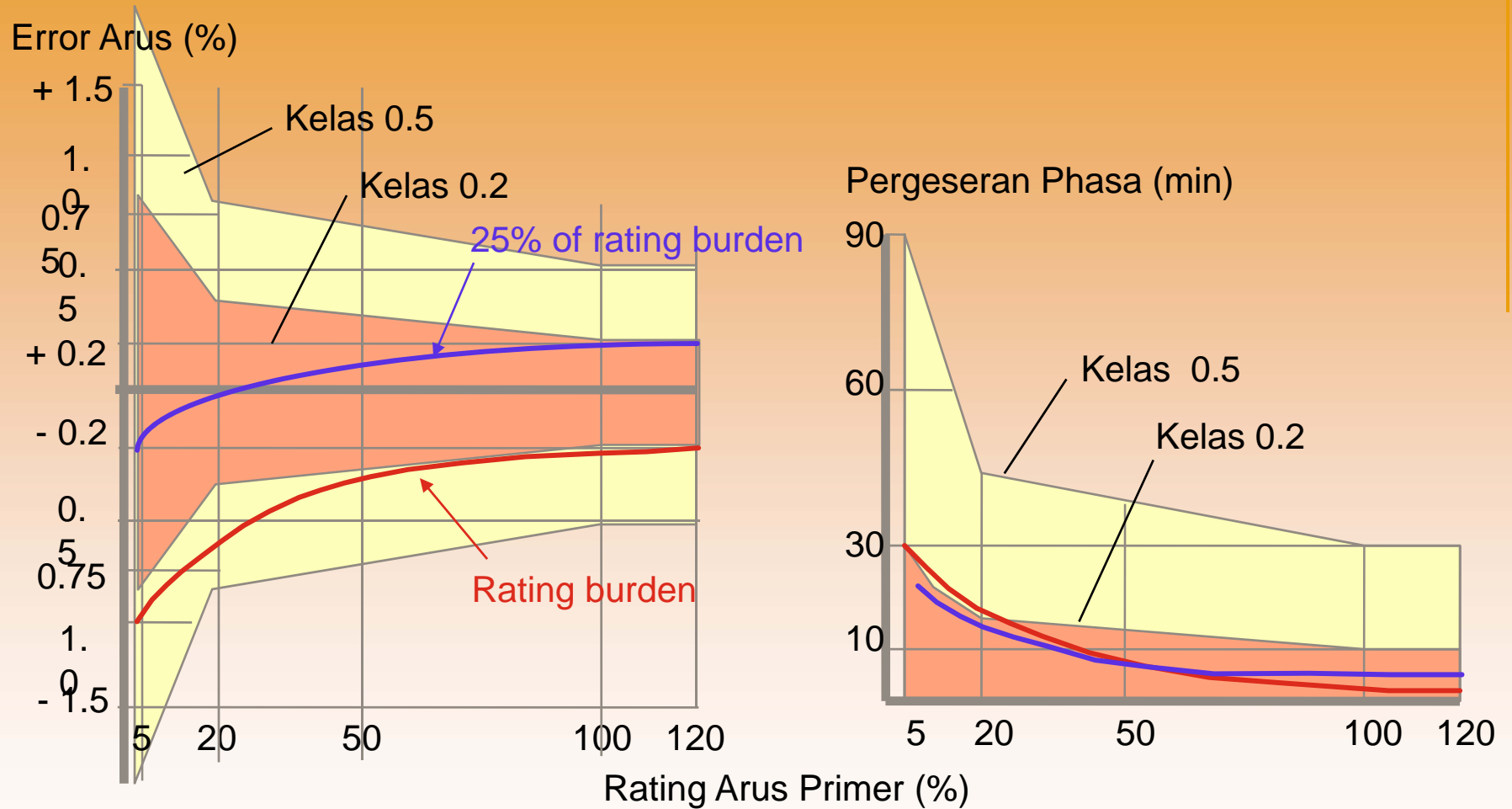
3P

6P

Trafo Arus

Error Arus – Pergeseran Phasa

Teori

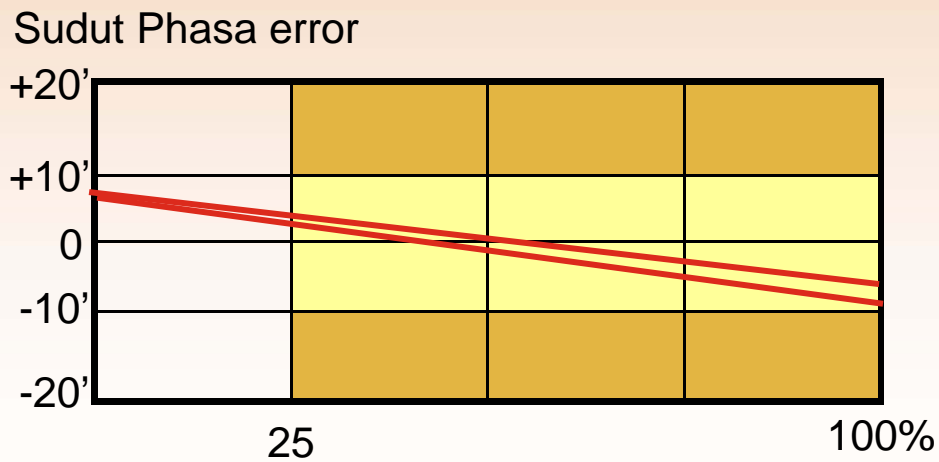
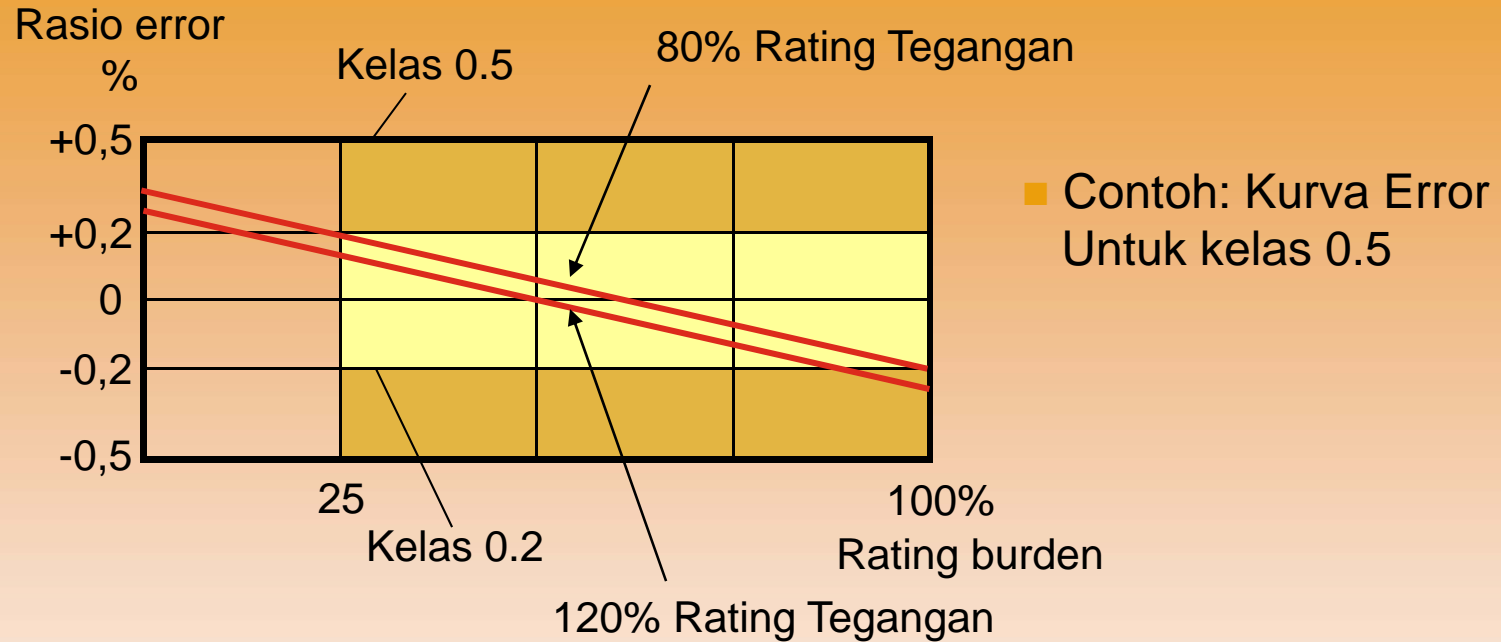


Contoh
Gambar kurva untuk kelas 0.5

Voltage Transformers

Teori

Error Tegangan – Pergeseran Fasa





Kelas Akurasi Trafo

IEEE C57.13

Trafo Arus

IEEE C57.13, ANSI
C93.1-1999

Trafo Tegangan

Pengukuran:

0.3

0.6

1.2

Proteksi:

C100

C200

C400

C800

(T100)

(T200)

(T400)

(T800)

Pengukuran:

0.3

0.6

1.2

Proteksi:

1.2R



Kelas Relay:

IEC Contoh 30 VA 5P20

30 VA = Rating burden

5P20 = 5 % error pada 20 x Arus Nominal

IEEE Contoh C800 (5 A Arus Nominal)

C = 10% error rating dan 20 x Arus Nominal

800 = Tegangan Referensi

$5A \times 20 \times 8 \text{ ohm} = 800 \text{ V}$

5A = Arus Nominal

20 = Faktor Arus Lebih

8 ohm = Rating burden

$8 \text{ ohm} = 5^2 \times 8 = 200 \text{ VA}$



Kelas Relay :
Kelas TPS (IEC)
Kelas X (BS standard)

Semua data untuk Inti harus spesifik

Contoh: 1000/1 0.1/ 500/5

1000/1 = Rasio

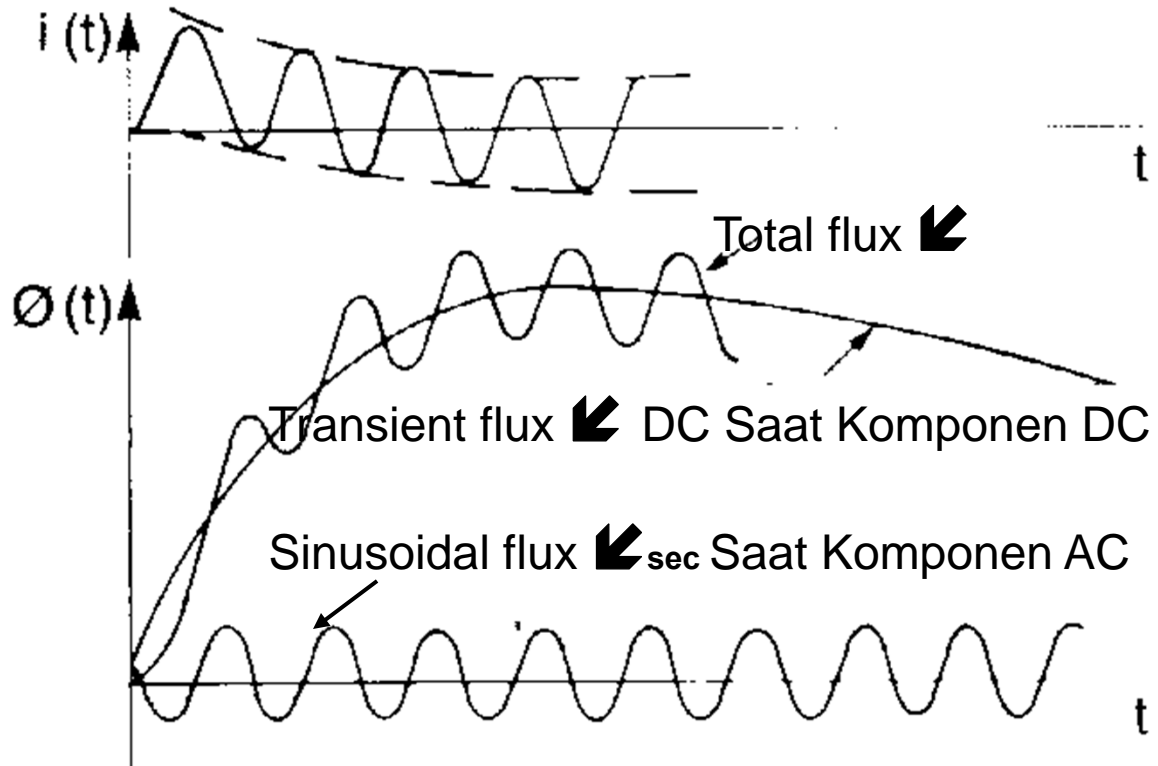
0.1 = Arus Magnetisasi saat Tegangan Knee point

500 = Tegangan Knee point

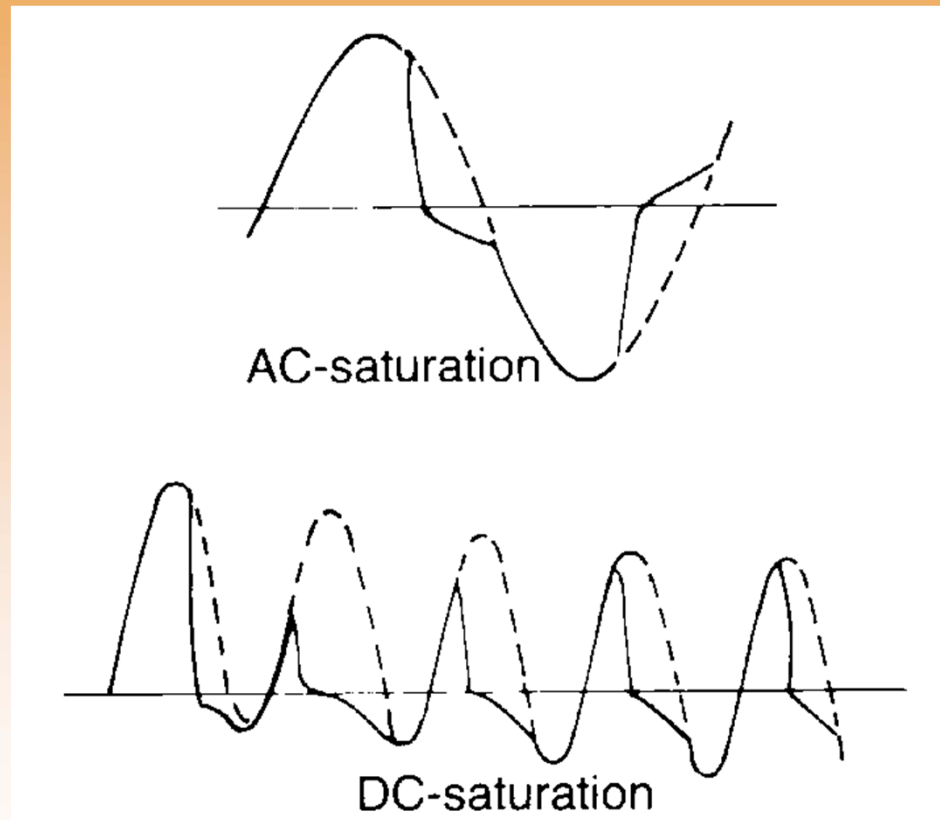
5 = Resistansi di belitan sekunder pada suhu 75° C

Keadaan Transient

- TPX (Tanpa Celah Udara)
- TPY (Celah Udara Kecil)
- TPZ (Celah Udara Besar)



Distorsi di Arus Sekunder ketika menuju saturasi



Remanensi

Remanen flux ↙_r

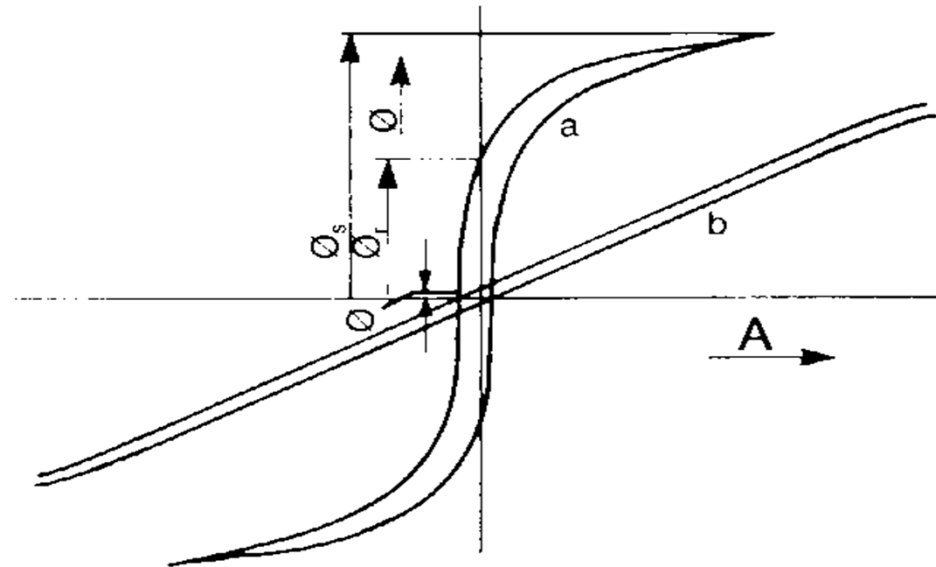
Saturasi flux ↙_s

Faktor Remanensi K_r

$$K_r = \frac{\text{↙}_r}{\text{↙}_s}$$

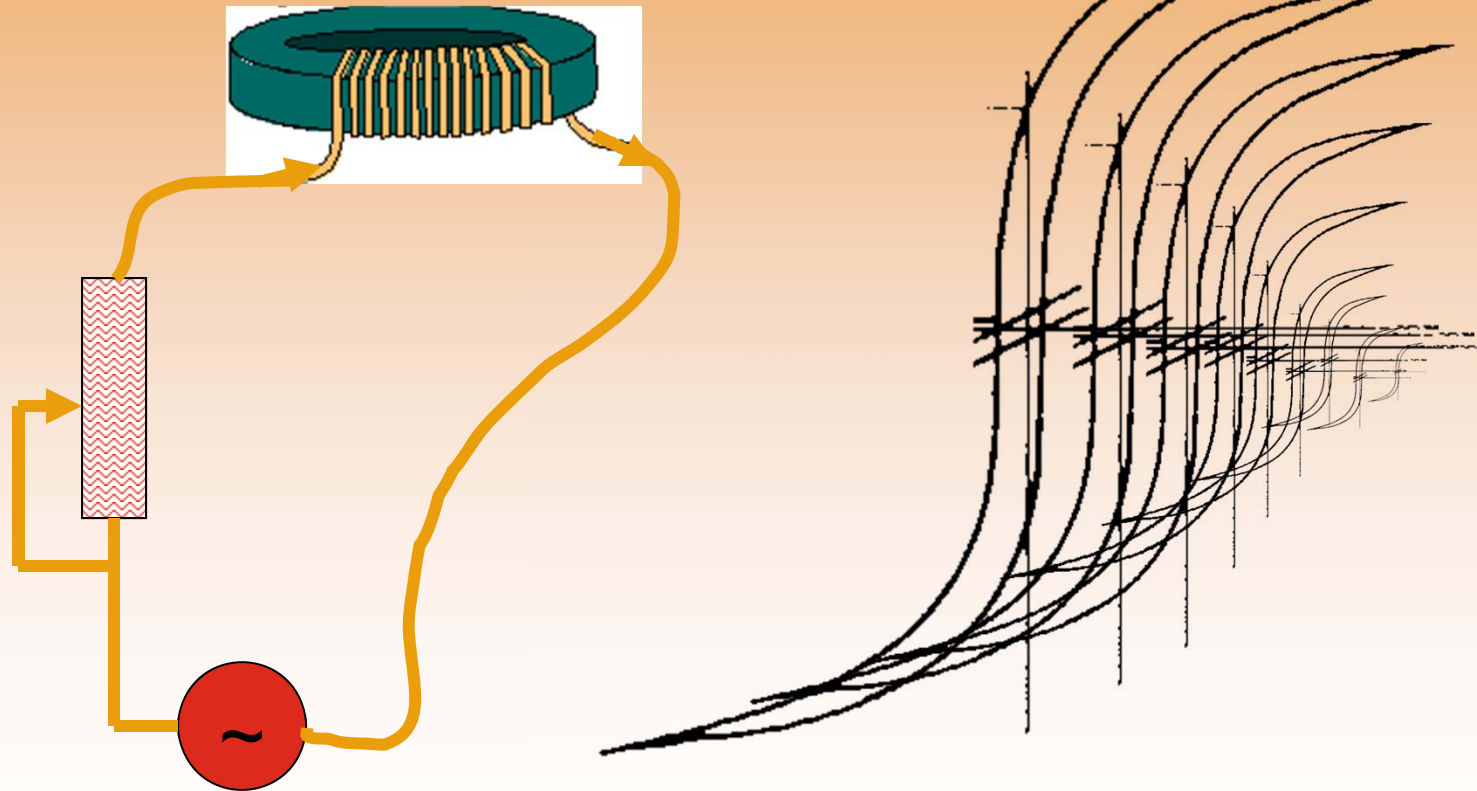
↙_s

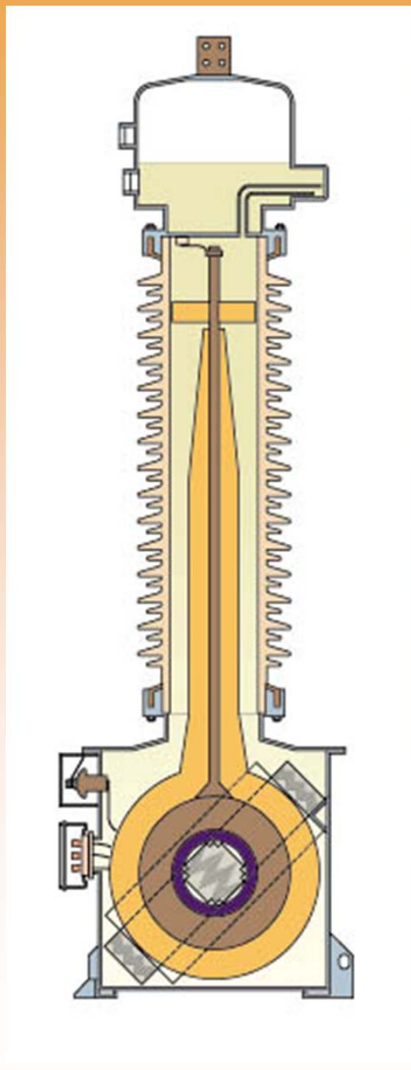
TPY Inti K_r max. 0.1



Teori

Demagnetisasi Inti CT





- Kisaran Tegangan 36 - 170 kV

Kertas/Isolasi Minyak Mineral/Quartz filling

Belitan Primer

Vernis Ganda-Isolasi kawat tembaga, Tahan pada Suhu Tinggi

Inti

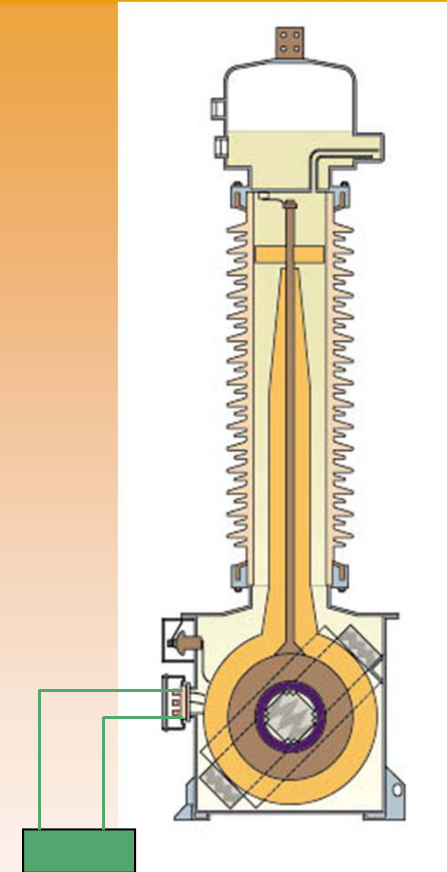
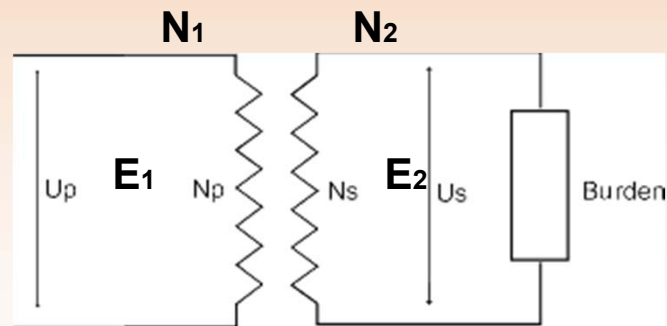
Bukan Orientasi Listrik Baja – Memperkecil resiko Resonansi Besi
Kerapatan Flux Rendah bisa untuk faktor Tegangan Tinggi

TRAFO TEGANGAN

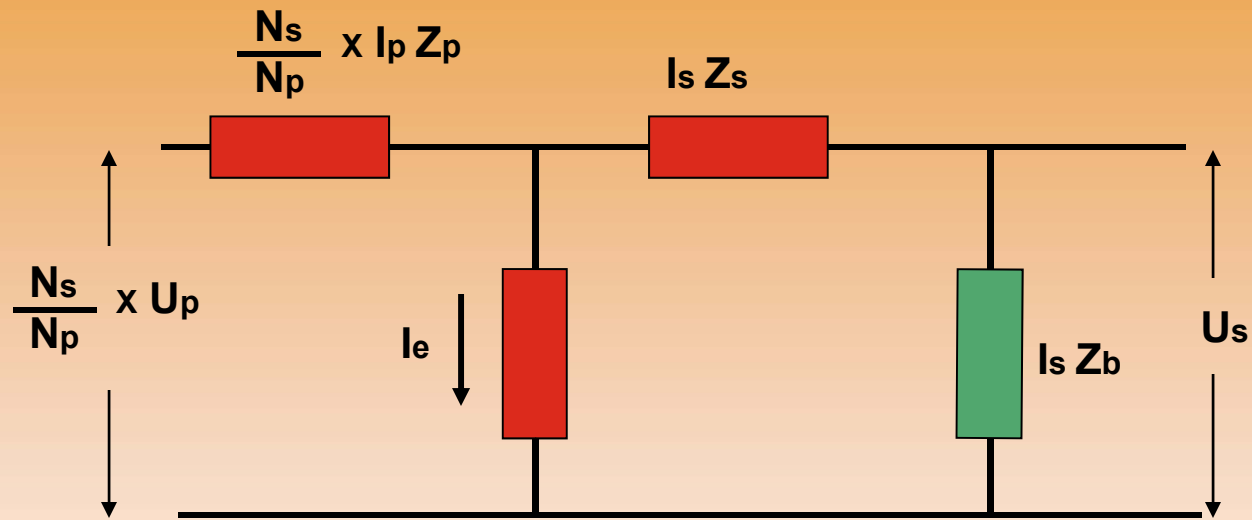
Teori

- Apa itu Trafo Pengukuran?
- Trafo Tegangan
- Untuk Trafo tanpa Beban Berlaku persamaan:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$



Trafo Tegangan



N_p = Lilitan Primer

N_s = Lilitan sekunder

U_p = Tegangan Primer

Z_p = Resistansi Primer dan Reaktansi Bocor

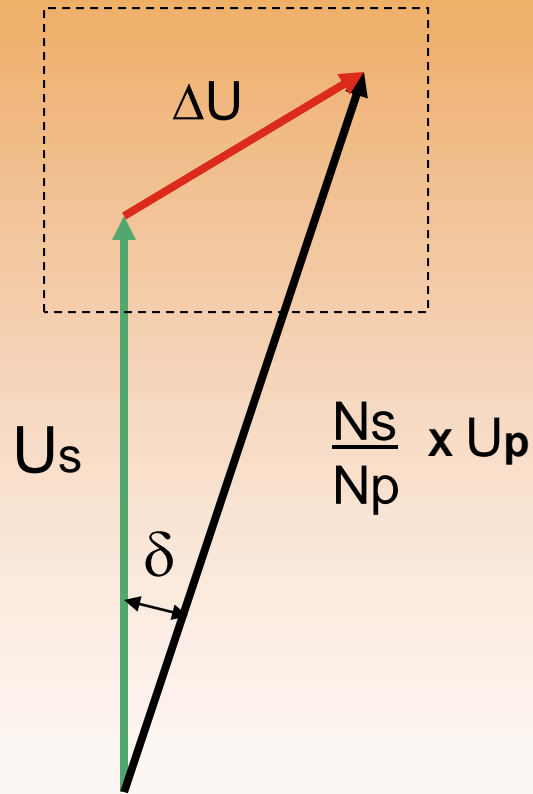
Z_s = Resistansi Sekunder dan Reaktansi Bocor

U_s = Tegangan Sekunder

I_e = Arus Magnetisasi

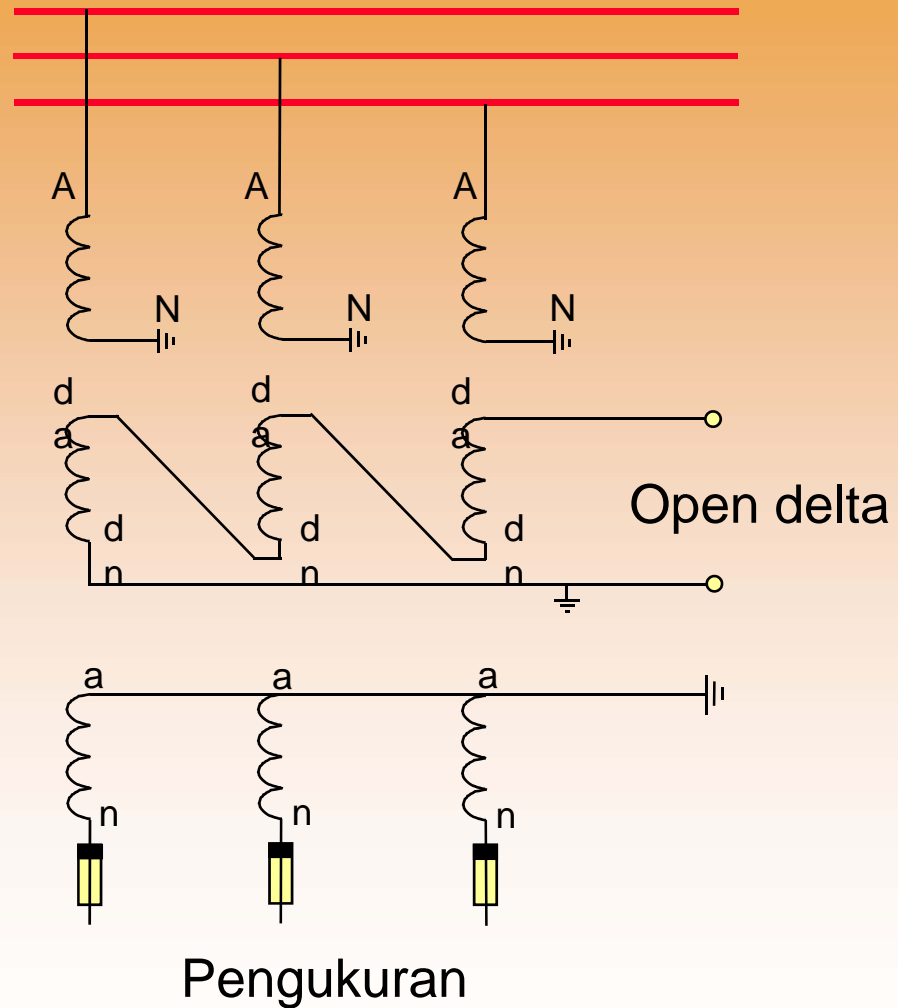


Error PT



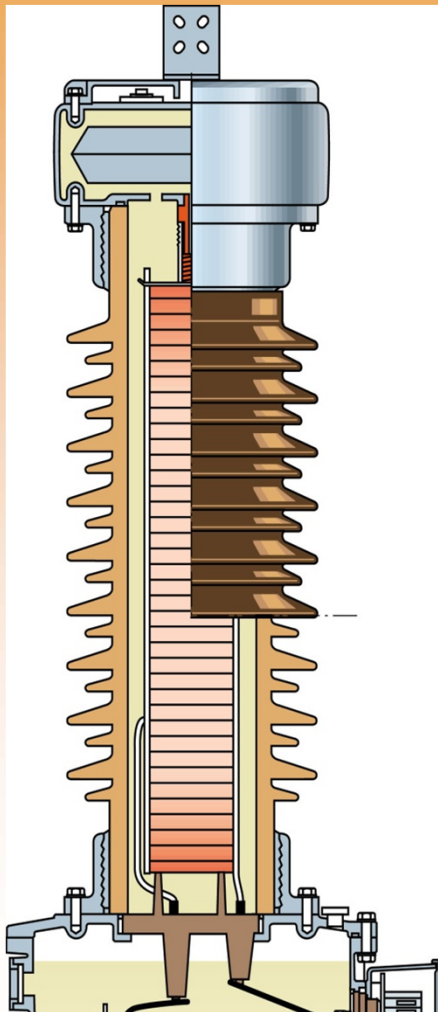
Teori

- Belitan Open delta untuk deteksi gangguan tanah
- Y-Belitan untuk pengukuran (dan Proteksi)



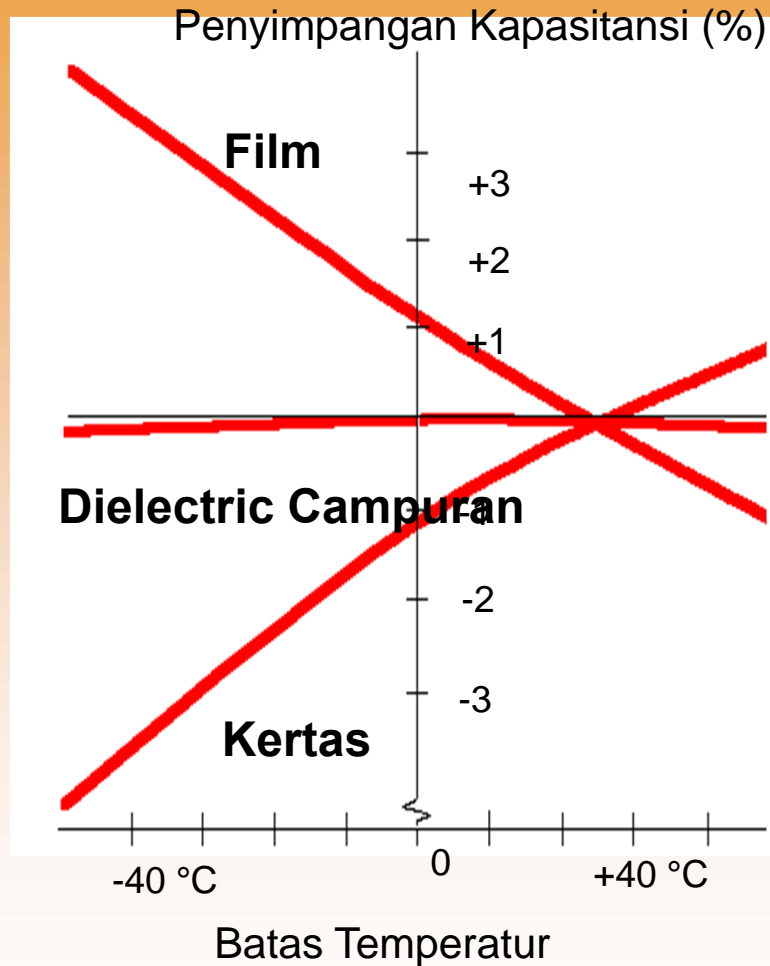


CVT



- Kisaran Tegangan 72-800 kV
- Kapasitor Tegangan tinggi
 - Kapasitansi Tinggi atau Lebih tinggi
 - Tipe campuran dielectric 2 Kertas & 1 polypropylene-film, 3-4 kali lebih stabil dari tipe yang lain
- Keuntungan
 - Respon Transien lebih baik
 - Kerja Relay lebih cepat
 - Akurasi lebih tinggi
 - Akurasi Perawatan untuk semua kondisi
 - PLC lebih baik
 - Bandwidth lebih luas

Kapasitor Pembagi Tegangan



Stabilitas Temperatur

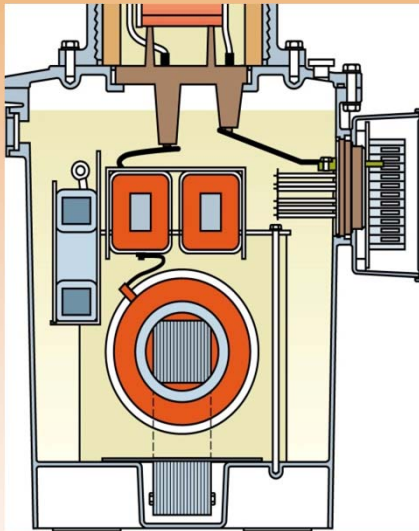
Kombinasi Temperatur Kertas (2/3)

Polypropylene film (1/3)

Batas Temperatur -45° to $+45^{\circ}$ C

Electric stress Rendah (20 V/ μ m)

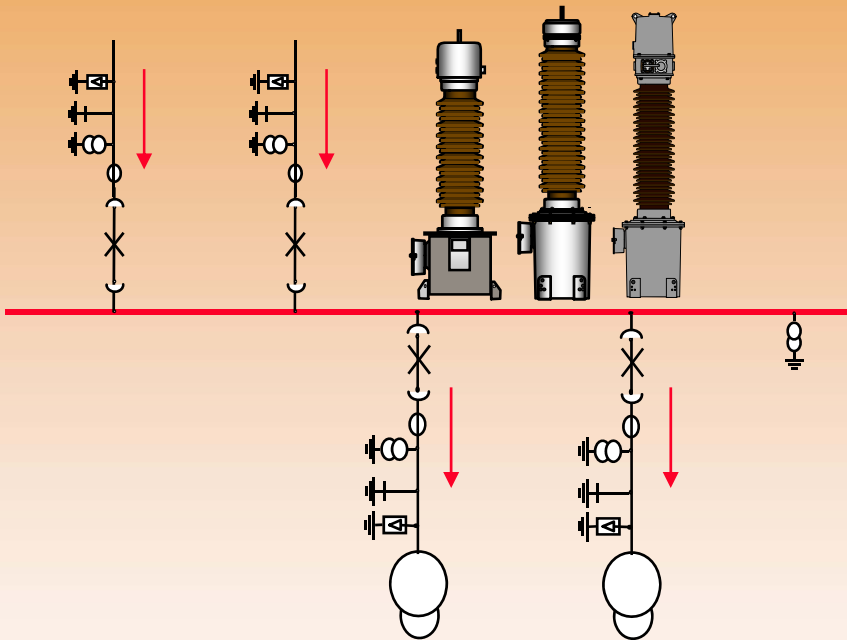
Menurut Statistik : 80 tahun,
rata-rata umur untuk elemen-elemen
kapasitor



- Kisaran Tegangan 72-800 kV
- Unit Elektromagnet
 - Lebih tinggi, tegangan menengah kira-kira $24/\sqrt{3}$ kV
 - Pasif ferro-resonansi damping rangkaian inti besi reaktor dan kapasitor
 - Belitan Tambahan tersedia di terminal Box
- Keuntungan
 - Respon transien Lebih baik
 - Kerja Relay Lebih Cepat
 - Resiko kecil untuk ferro-resonansi
 - Faktor Tegangan Tinggi



Apa itu Trafo Pengukuran ?



- Mengubah dari nilai Arus atau tegangan tinggi menjadi tegangan yang sesuai untuk pengukuran dan Proteksi

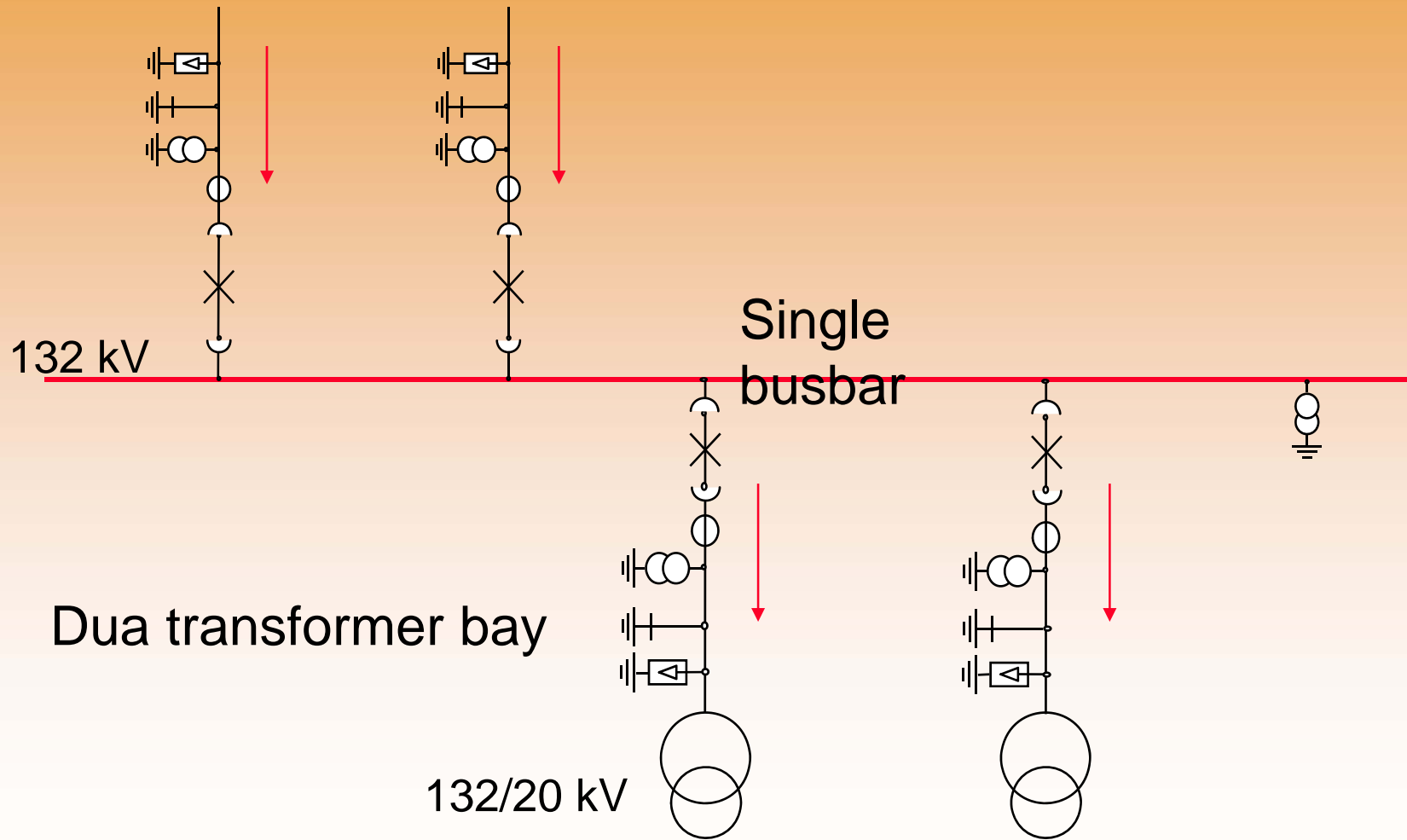
Standarisasi Arus dan Tegangan sekunder

- Contoh.
1 atau 5 A, 100 atau 110 V
- Isolasi rangkaian sekunder dari jaringan primer
- Trafo pengukuran harus, setiap saat harus mampu merasakan dan menyalurkan arus dan tegangan ke jaringan



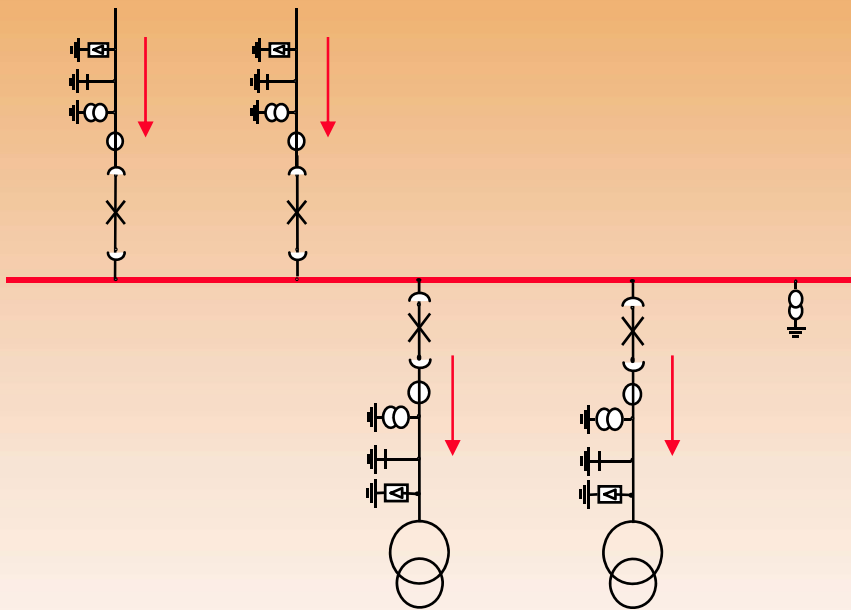
Dua line bay

Contoh pada 132/20 kV S/S



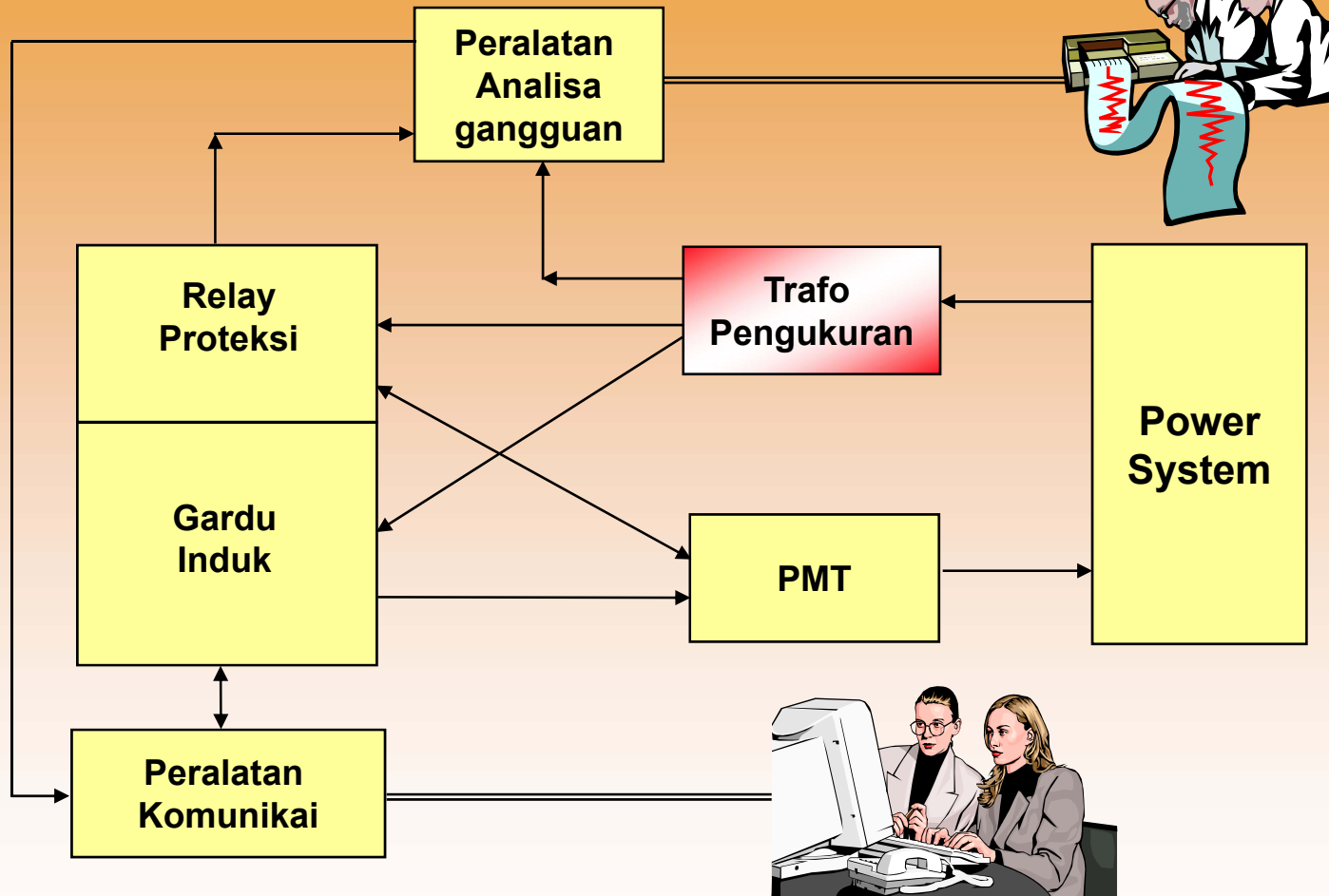


Sistem Proteksi - Gambaran Umum

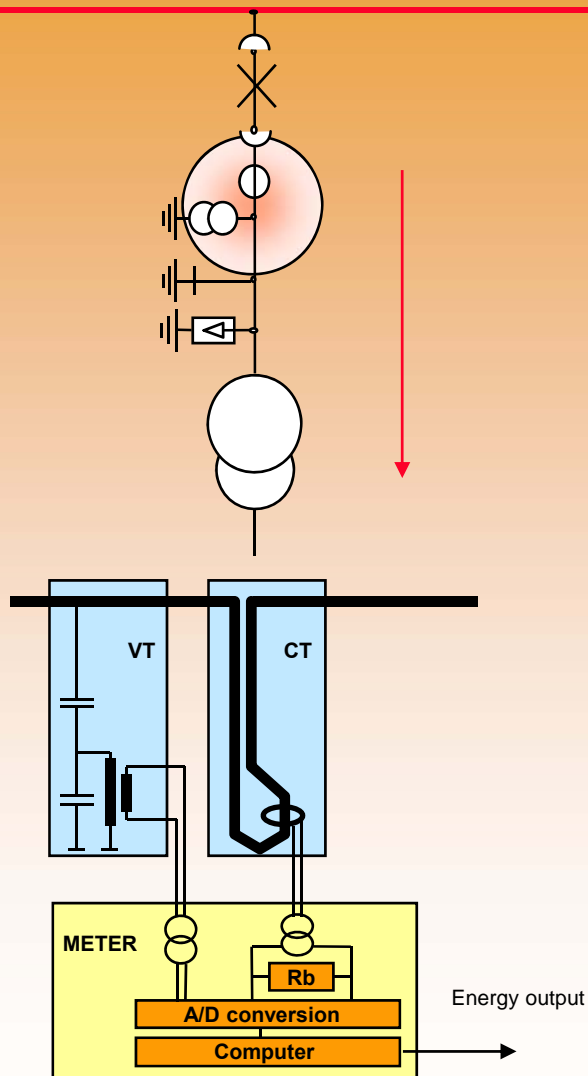


- Deteksi semua gangguan listrik dan kondisi operasi yang tidak normal.
- Melindungi Manusia dan peralatan sekitar di jaringan tenaga
- Melindungi perlengkapan sistem tenaga dari kerusakan yang tidak semestinya.
- Memutus bagian yang terganggu saja.
- Mengembalikan ke Operasi Normal

Sistem Proteksi



Aplikasi



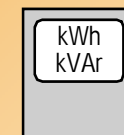
Pengukuran

$$W_{\text{active}} = \int U \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ kWh}$$

Energy Meters



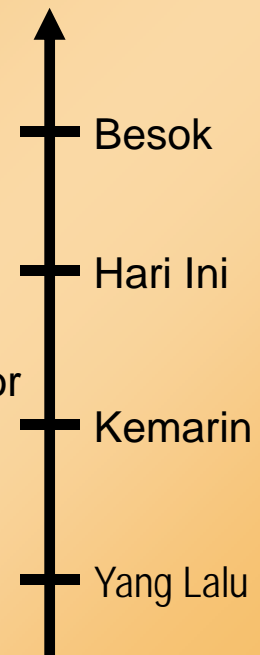
Perhitungan Energi Secara Numerik



Electronic Analog Integrator



Mechanical Integrator





Umum

Semua data teknis didasarkan pada ketinggian dibawah 1000 m

Ketinggian diatas 1000 m

- Mengurangi Kekuatan Isolasi Luar dan Effect pendinginan

Batas Temperatur

- maximum 35°C Temperatur rata-rata selama 24 jam

Tahan Gempa

- Biasanya maximum 0.5g, tapi untuk beberapa tipe lain bisa lebih

Polusi

- Jarak Rambat 25 mm/kV atau 31 mm/kV



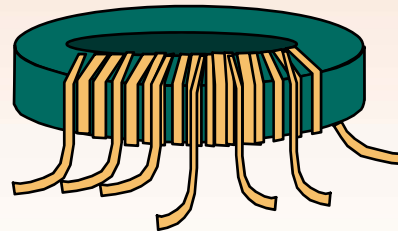
Trafo Arus

Multi rasio – Tap Sekunder

- Data normal didapat dari rasio yang tinggi
- Jika membutuhkan data untuk setiap tap, maka CT akan sangat besar

Fs – Faktor keamanan pengukuran inti

- Fs 5 dan kemungkinan Fs 10 sangat mungkin hanya pada 2 rasio harus dihitung dari kasus ke kasus





Trafo Arus

Arus Hubung Singkat Sesaat

- besarnya Arus hubung singkat sesaat 40 - 60 kA 1 sec. - 1 lilitan primer

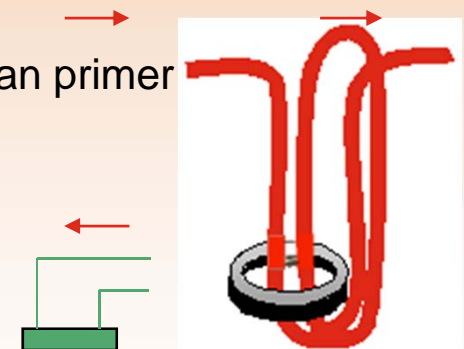
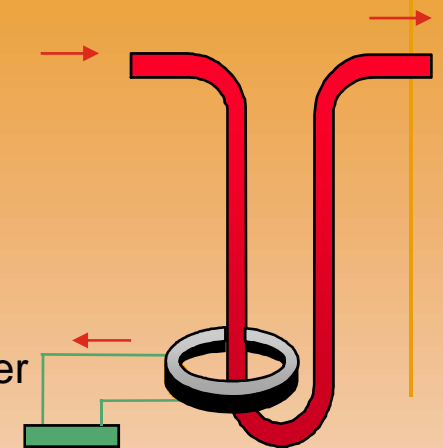
- Rating Arus 300 - 4000 A normal tanpa timbul masalah

- Rating Arus dibawah 300 A membuat inti besar ketika lilitan Ampere Kecil

- Arus Hubung singkat sesaat dari 31.5 kA dan lebih rendah dari 1 lilitan primer

- Lilitan Amper akan menambah dan mengurangi ukuran inti.

- Arus hubung singkat sesaat selama 3 sec. Mengurangi lilitan primer





- Kebutuhan dasar untuk pengukuran dan desain

Trafo Arus

- Kondisi batas
- Tegangan Sistem
- Tingkat Isolasi
- Standard
- Arus Hubung singkat Sesaat
- Faktor Rating
- Rating Arus Primer
- Rating Arus Sekunder
- Burden and Kelas Akurasi
- Jumlah Inti
- Jarak Rambat
- Aksesoris



■ Kebutuhan dasar untuk Pengukuran dan desain Trafo Tegangan

- Kondisi batas
- Tegangan Sistem
- Tingkat Isolasi
- Standard
- Tipe Induktif atau kapasitif
- Faktor Tegangan
- Rating tegangan primer
- Rating tegangan sekunder
- Burden dan kelas akurasi
- Jumlah Belitan
- Jarak Rambut
- Aksesoris