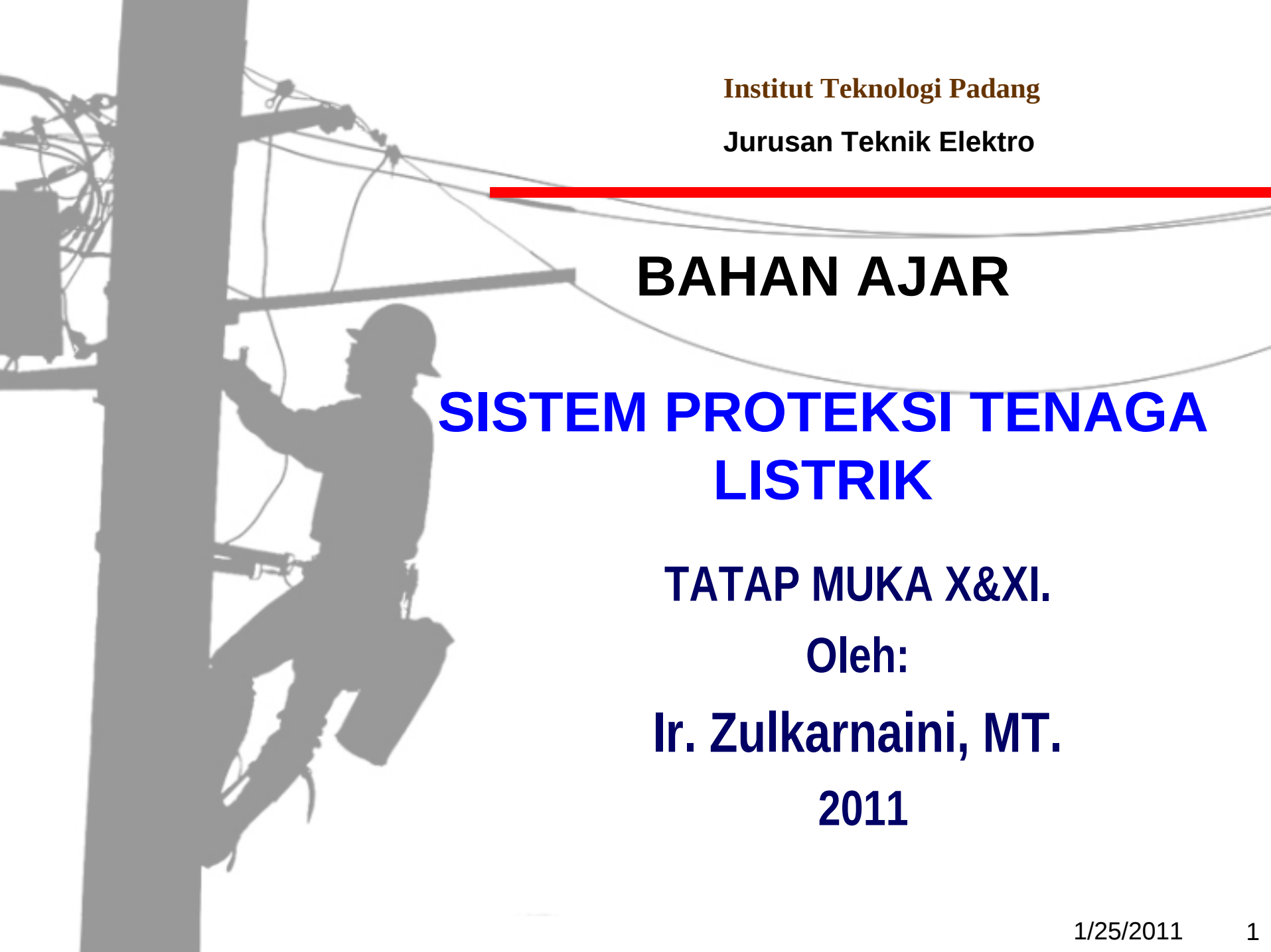




Institut Teknologi Padang

Jurusan Teknik Elektro

BAHAN AJAR

SISTEM PROTEKSI TENAGA LISTRIK

TATAP MUKA X&XI.

Oleh:

Ir. Zulkarnaini, MT.

2011

Relay Differential

- Relay differential merupakan pengaman utama pada generator, transformator dan bus-bar, sangat selektif , cepat bekerja tidak perlu berkoordinasi dengan relay lain dan tidak dapat digunakan sebagai pengaman cadangan untuk seksi atau daerah berikutnya.

Relai Differensial

Fungsi :

Mengamankan transformator , Generator, Busbar dan SUTET dari gangguan hubung singkat

Relai diferensial arus membandingkan arus yang melalui daerah pengamanan

Relai ini harus bekerja kalau terjadi gangguan di daerah pengamanan, dan tidak boleh bekerja dalam keadaan normal atau gangguan di luar daerah pengamanan.

Relai ini merupakan unit pengamanan dan mempunyai selektifitas mutlak

SIFAT PENGAMANAN RELAI DIFERENSIAL :

- Sangat selektif dan cepat bekerja (instantaneous), tidak perlu dikoordinasikan dengan relai lain.
- Digunakan sebagai relai pengaman utama, tidak dapat digunakan sebagai pengaman cadangan untuk seksi/daerah berikutnya.
- Daerah pengamanannya dibatasi oleh pasangan trafo arus, dimana relai differensial dipasang.

PERSYARATAN PADA RELAI DIFERENSIAL :

- Kedua trafo arus yang digunakan harus mempunyai rasio yang sama atau mempunyai rasio sedemikian rupa, sehingga kedua arus sekundernya sama.
 - Karakteristik kedua trafo arusnya sama.
 - Polaritas kedua trafo arusnya betul.
-

KETIDAKSEIMBANGAN ARUS SEKUNDER DAPAT DISEBABKAN :

1. Pengaruh kejenuhan dari CT utama dan ACT

Kejenuhan CT utama dan ACT dapat mengakibatkan arus sekunder yang melalui relai tidak sama.

2. Pengaruh tap ACT

Adanya arus ketidakseimbangan dapat terjadi karena tap dari ACT tidak mempunyai harga tepat sesuai dengan kenyataan pembebanannya.

3. Pengaruh dari tap changer

Dengan adanya OLTC (On Load Tap Changer) pada trafo daya, maka pada waktu beroperasi perbandingan transformasinya selalu berubah-ubah sesuai dengan tegangan yang masuk. Sedangkan tap dari ACT tetap pada harga tertentu, sehingga pada waktu beroperasi jika OLTC berubah pada kedudukan lain, maka akan terjadi arus sirkulasi pada relai diferensial.

4. Proses pemasukan trafo daya ke jaringan

Pada proses pemasukan trafo daya ke jaringan, maka akan terjadi arus awal eksitasi (inrush current) yang harganya cukup besar dan hanya mengalir pada salah satu sisi dimana trafo daya dimasukkan.

Magnetising Inrush Current

Arus inrush terdiri dari komponen dc dan beberapa harmonik tetapi yang terbesar adalah harmonik ke dua dan ke tiga.

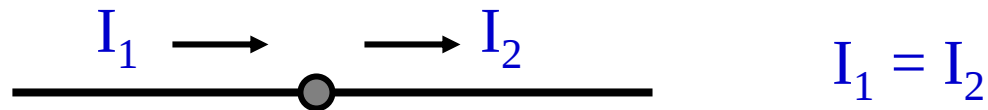
Yang perlu diingat bahwa gangguan di sistem umumnya tidak mengandung harmonik ke dua atau harmonik genap lainnya.

Solusi :

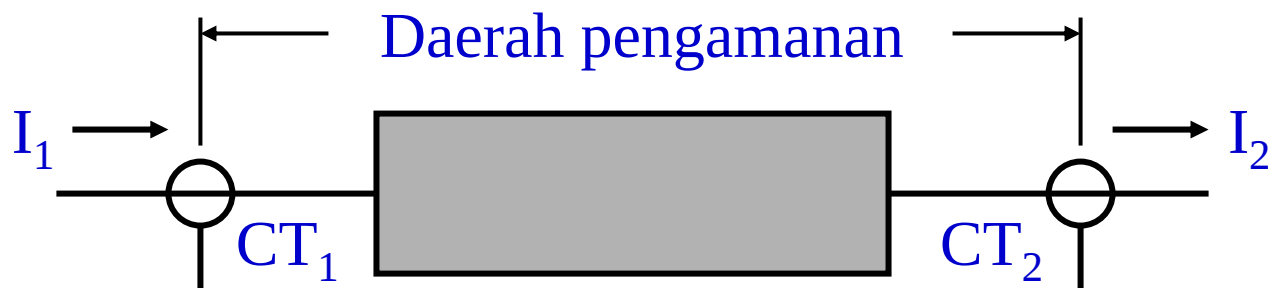
- 1. Time delay (tidak direkomendasikan)**
- 2. 2nd harmonic restraint**
- 3. Inrush current detector**

Prinsip Dasar Proteksi Differensial

Relai diferensial arus berdasarkan H. Kirchof, dimana arus yang masuk pada suatu titik, sama dengan arus yang keluar dari titik tersebut.

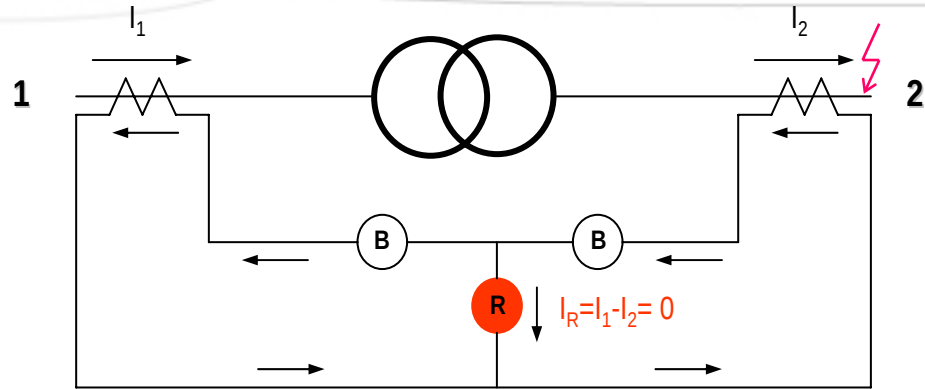


Yang dimaksud titik pada proteksi diferensial ialah daerah pengamannan, dalam hal ini dibatasi oleh 2 buah trafo arus.

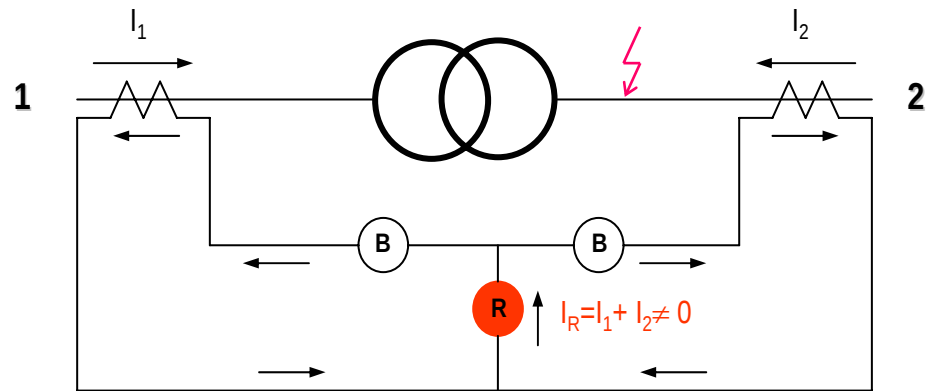


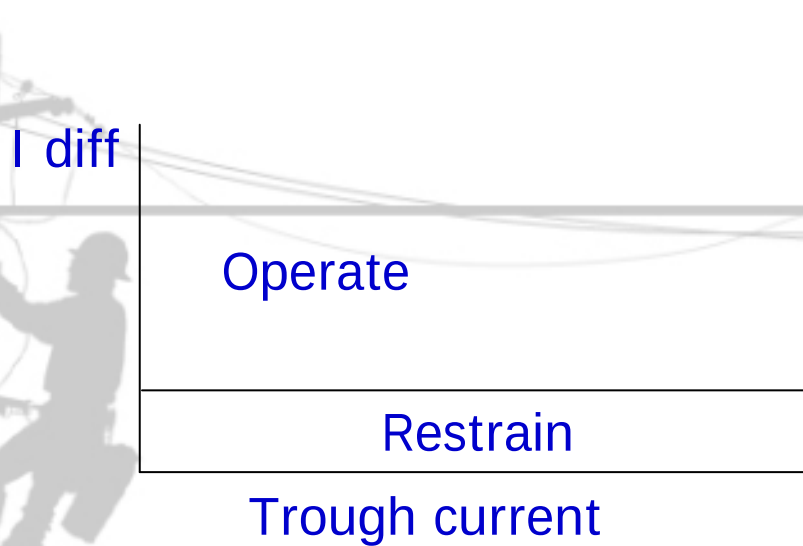
Relai Differensial

Eksternal Fault

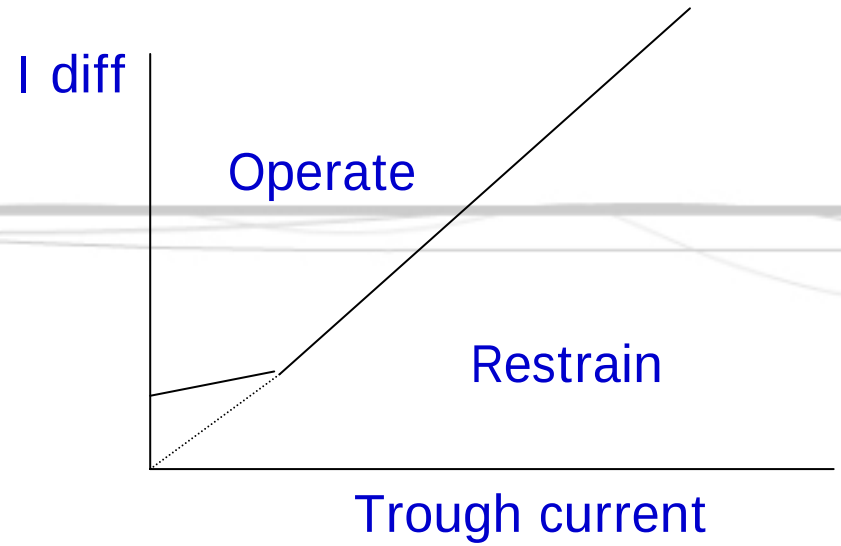


Internal Fault





Gambar 1.4 Non bias Relai

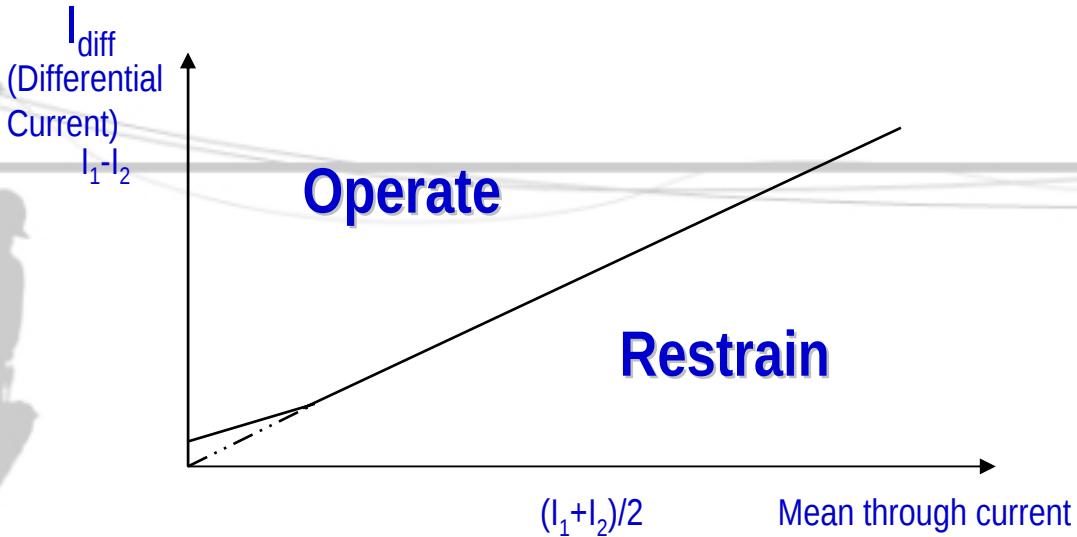


Gambar 1.5 Bias Relai

Prosen kecuraman disebabkan oleh :

- ❑ kesalahan sadapan 10%
- ❑ kesalahan CT 10%
- ❑ Mismatch 4%
- ❑ arus eksitasi 1%
- ❑ faktor keamanan 5%

Dengan demikian penyetelan kecuraman : 30%



Arus kerja %min pick up = $\frac{\text{smallest current in operating coil to cause operation}}{\text{rated current of the operating coil}} \times 100 \%$
 = 10- 30 % x In CT

Slope % slope = $\frac{\text{current in operating coil to cause operation}}{\text{current in restraining}} \times 100 \%$
 = $\frac{I_1 - I_2}{(I_1 + I_2)/2} \times 100 \%$

Hal-hal yang harus diperhatikan

- ☐ Arus primer (I_1) tidak sama dengan arus sekunder (I_2)
- ☐ Arus primer (I_1) belum tentu sama fasenya dengan arus sekunder (I_2), tergantung vektor grupnya
- ☐ arus urutan nol

Hal ini menyebabkan

- ☐ Trafo arus 1 (CT_1) tidak sama dengan Trafo arus 2 (CT_2)
- ☐ Rangkaian sekunder harus disesuaikan dengan vektor grup transformatornya

Secara umum diperlukan trafo arus pembantu ACT

Penggunaan Transformator Arus Bantu

Trafo arus bantu atau interposing CT digunakan untuk

- ☐ koreksi terhadap vektor sisi sekunder CT atau koreksi pergeseran fasa
- ☐ koreksi terhadap perbedaan rasio CT
- ☐ kompensasi arus urutan nol

Perlu diperhatikan

- ☐ arus beban penuh
 - ☐ pengaruh tap changer
 - ☐ polaritas CT
-

FAKTOR YG MEMPENGARUHI KERJA DIFFERENTIAL RELAY

1. HARMONIC

- ☐ Pengaruh switching Trafo tanpa beban
- ☐ Pengaruh energize shunt reaktor pd busbar bertegangan
- ☐ Pengaruh adanya inrush current

2. INRUSH CURRENT

- ☐ Over eksitasi Trafo
- ☐ Perubahan arus magnetisasi yang disebabkan kenaikan tegangan atau penurunan frekwuensi

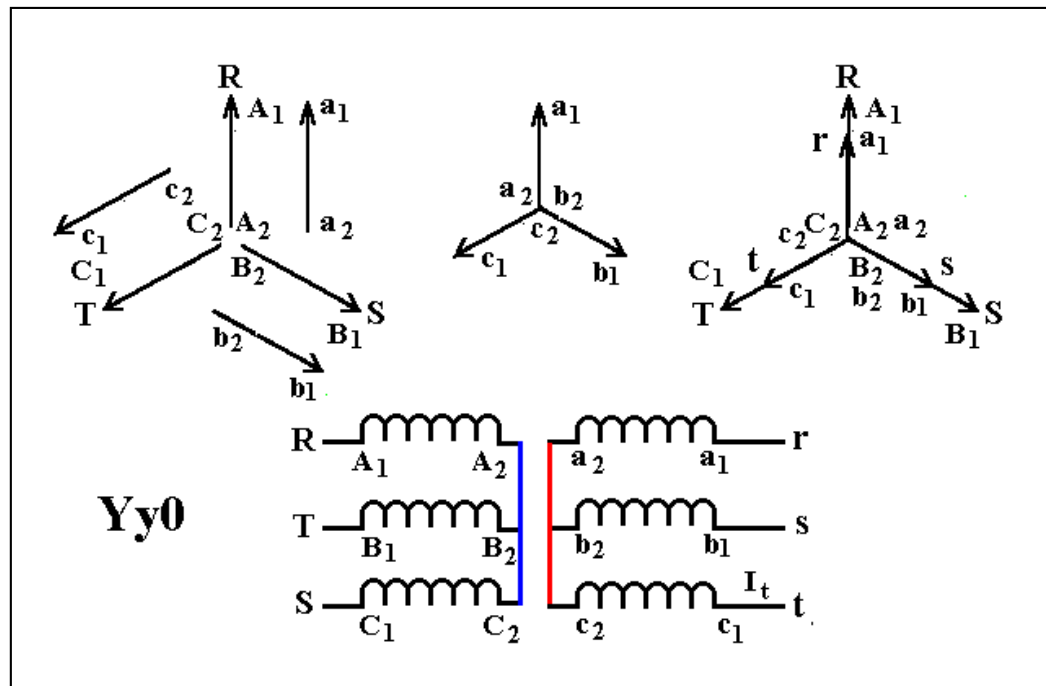


Vektor Group Trafo

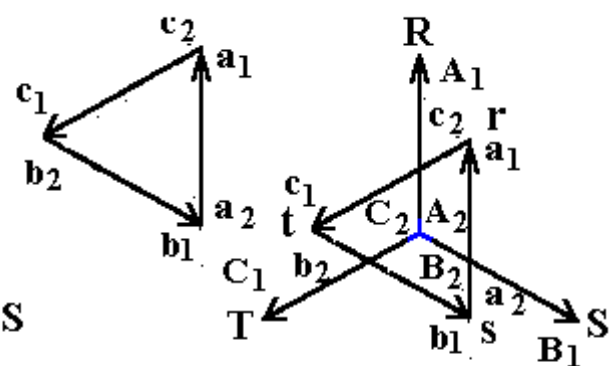
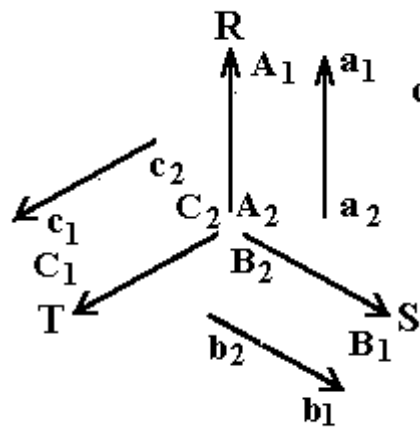
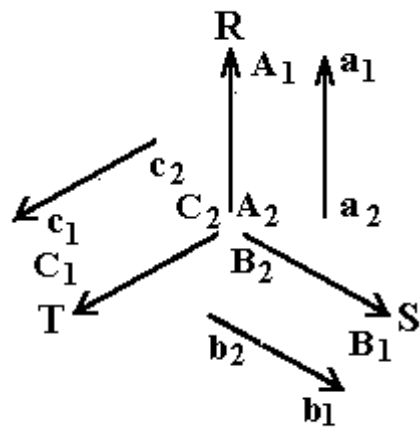
Vektor group trafo tenaga menentukan pergeseran sudut arus primer terhadap arus sekunder. Vektor group ditentukan berdasarkan bilangan jam dan searah putaran jarum jam.

Jam 1 menyatakan pergeseran sudut 30 derajat

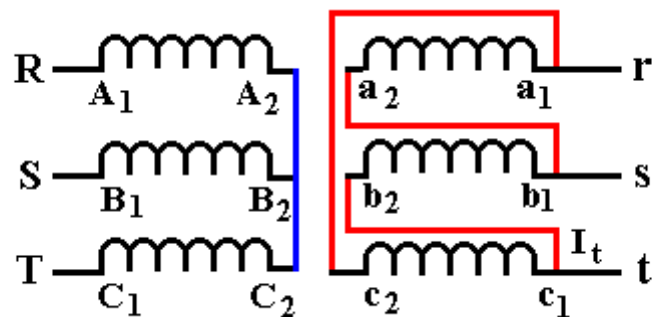
Jam 5 menyatakan pergeseran sudut 150 derajat



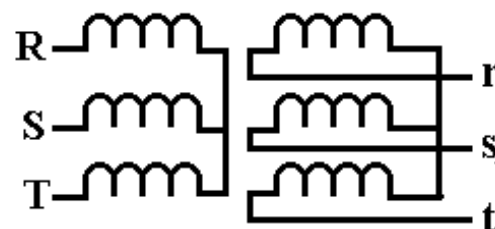
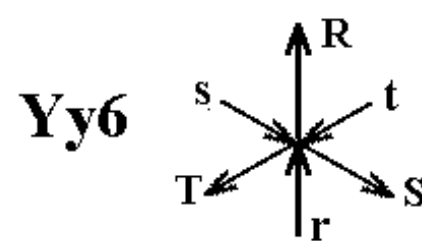
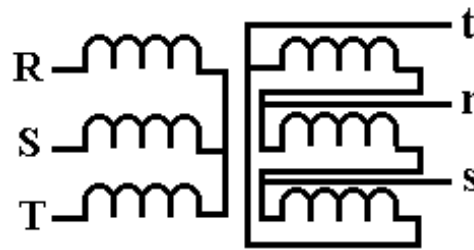
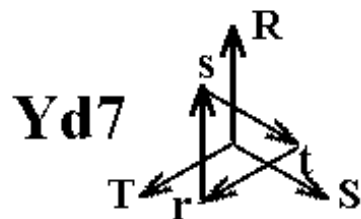
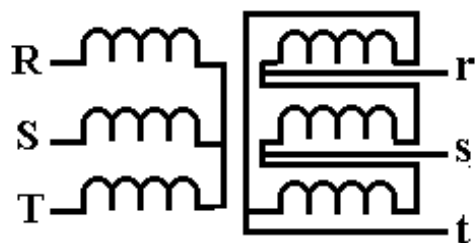
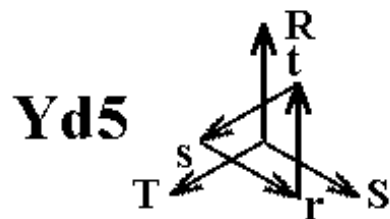
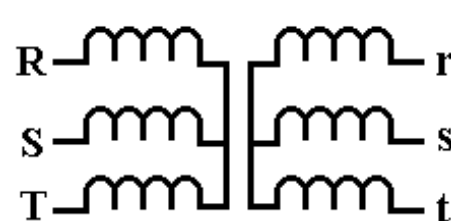
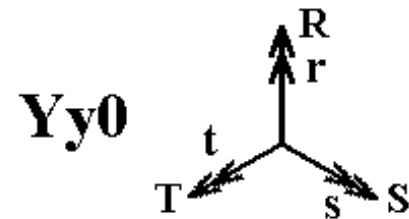
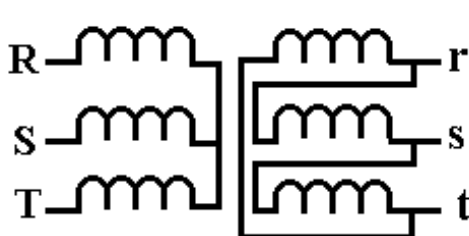
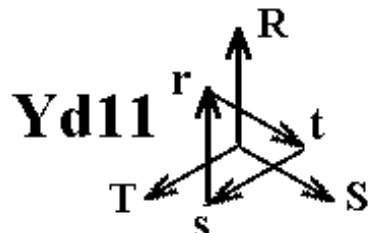
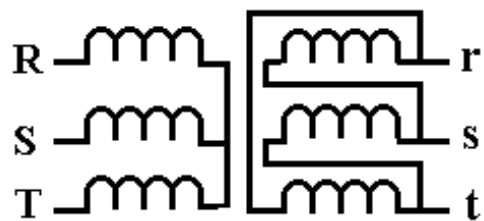
Vektor Group Trafo



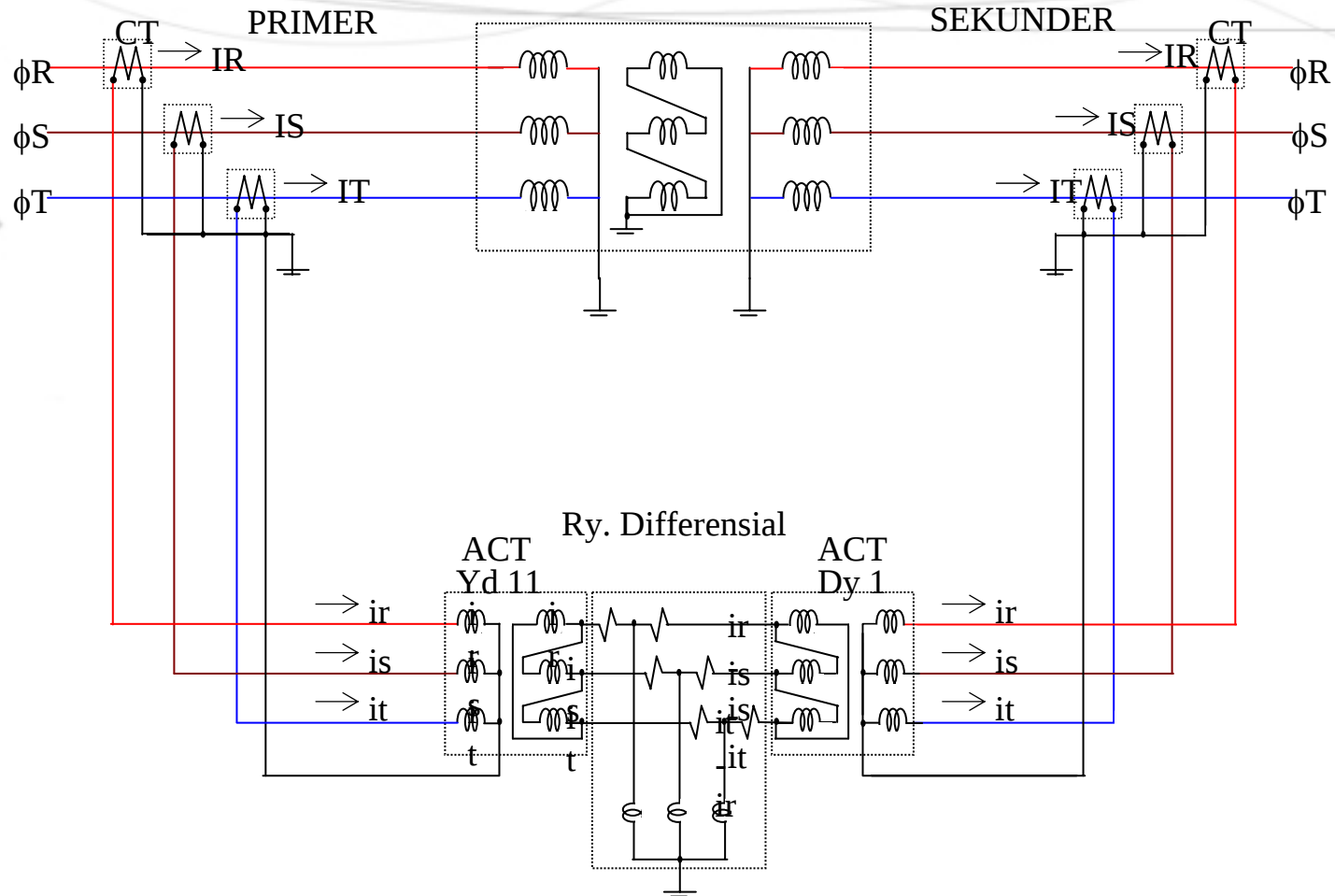
Yd1



Vektor Group Trafo



Transformer 150/20 kV, 60 MVA Vektor Group : YNyn0 (d)

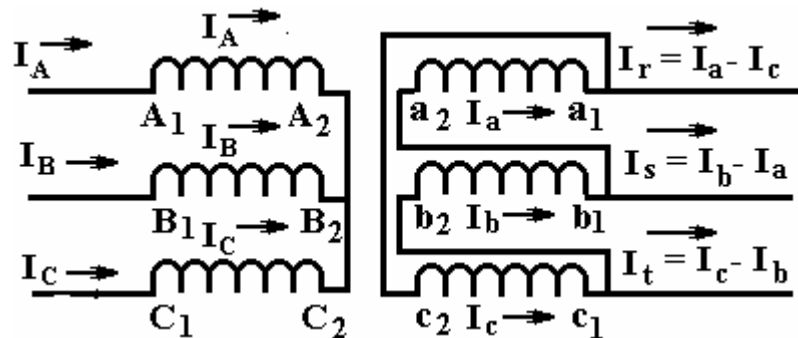
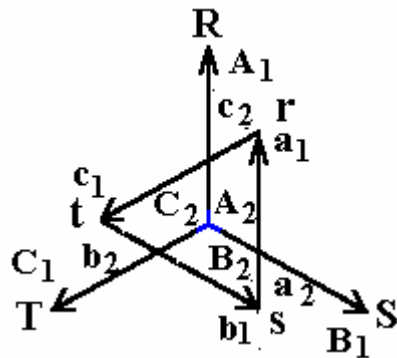


Gambar 8.6.1.5 Contoh Wiring Relai Diferensial untuk Vektor Group Trafo Ynyn0D

Cara penyambungan relai diferensial Yd1 (penyesuai sudut fase pada CT utama)

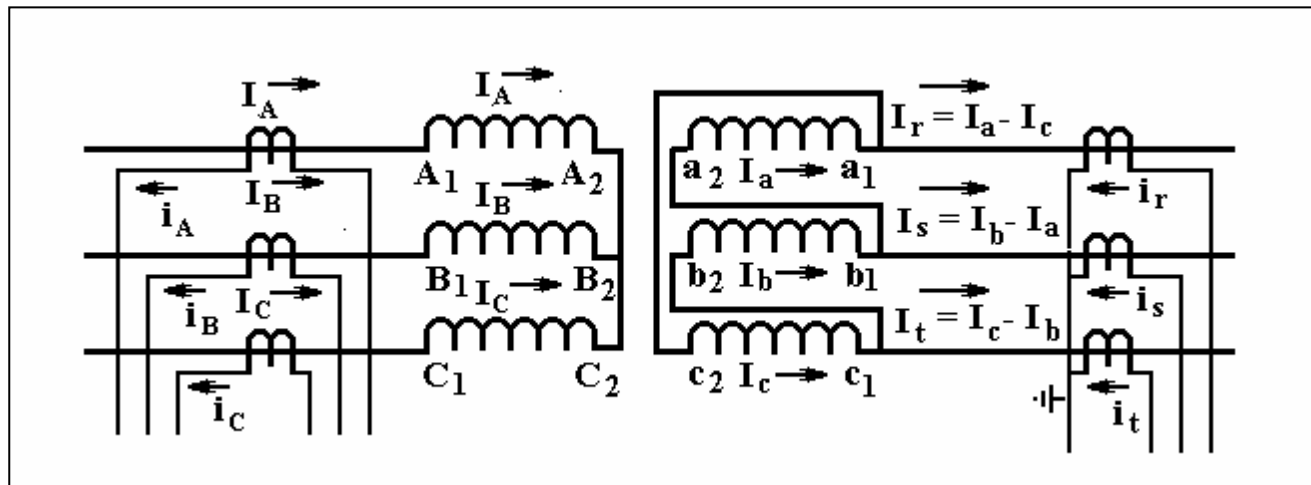
Tahap 1 : Tentukan sambungan trafo daya berdasarkan vektor group.

Tentukan arus sisi primer maupun sisi sekunder



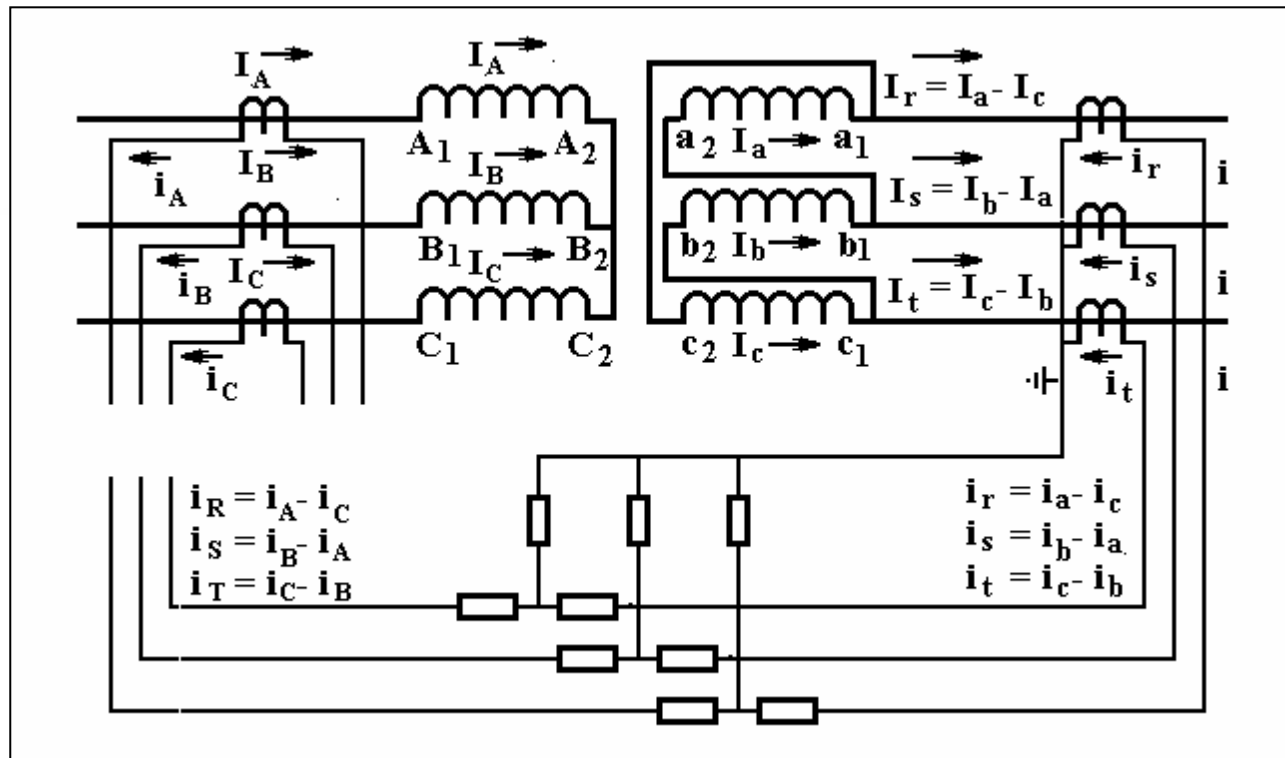
Tahap 2 :

- CT di sisi delta (d) pada trafo dayanya disambung bintang.
- Penyesuai fase di CT primer
- Tentukan arus sisi sekunder didasarkan arus primer, disamping itu arah arusnya.



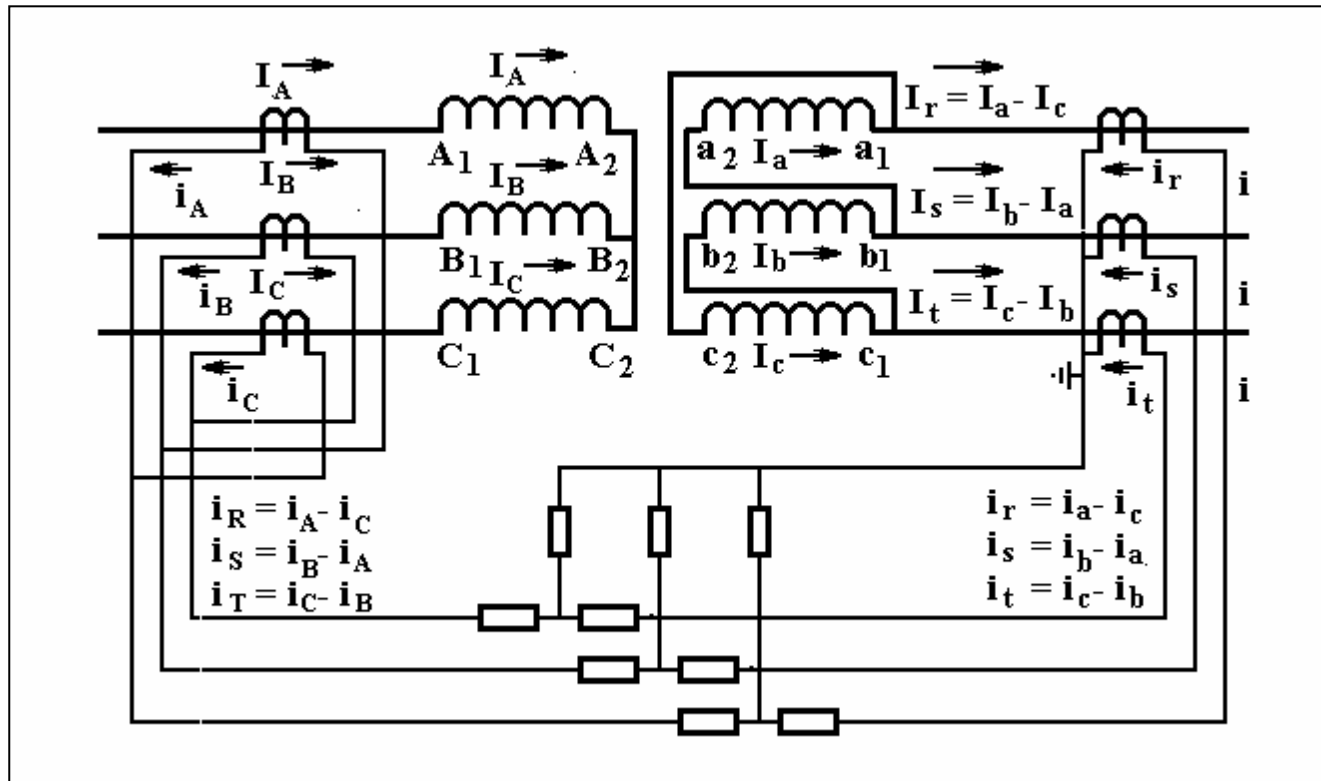
Tahap 3 :

Sambung relai diferensial dan arus sekunder CT yang seharusnya pada sisi bintang Y didasarkan arus pada sisi delta



Tahap 4 :

Sambung arus sekunder CT pada sisi Y didasarkan arus yang ditentukan pada tahap ke 3.



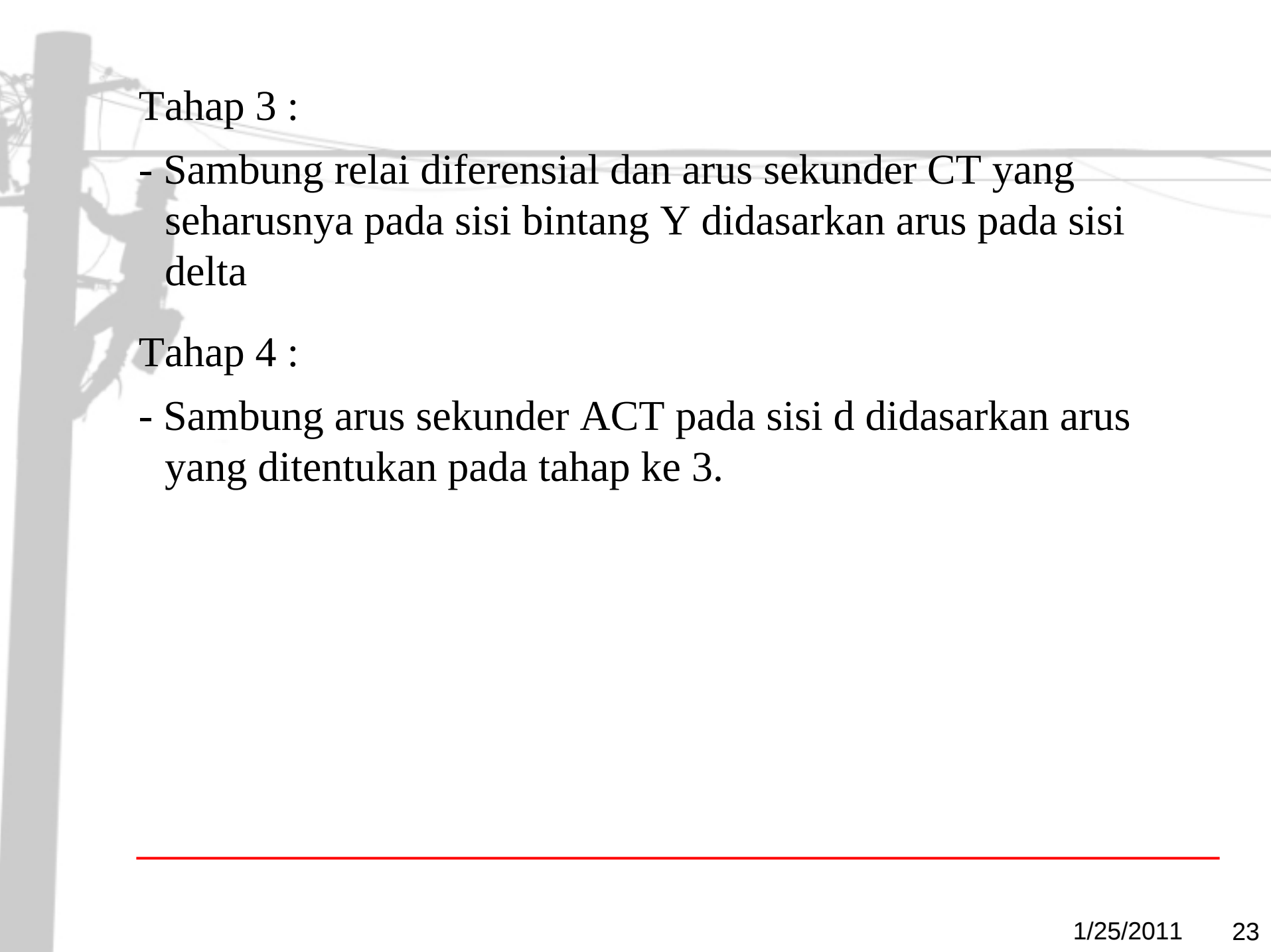
Cara penyambungan relai diferensial Yd1 (penyesuai sudut fase pada ACT)

Tahap 1 :

- Tentukan sambungan trafo daya didasarkan vektor group.
- Tentukan arus sisi primer maupun sisi sekunder

Tahap 2 :

- CT di sisi delta (d) dan bintang (Y) pada trafo dayanya disambung bintang, penyesuai fase di ACT sehingga sambungannya yd. ACT sisi primer disambung y dan sisi sekunder disambung d
- Tentukan arus sisi sekunder didasarkan arus primer, disamping itu arah arusnya.



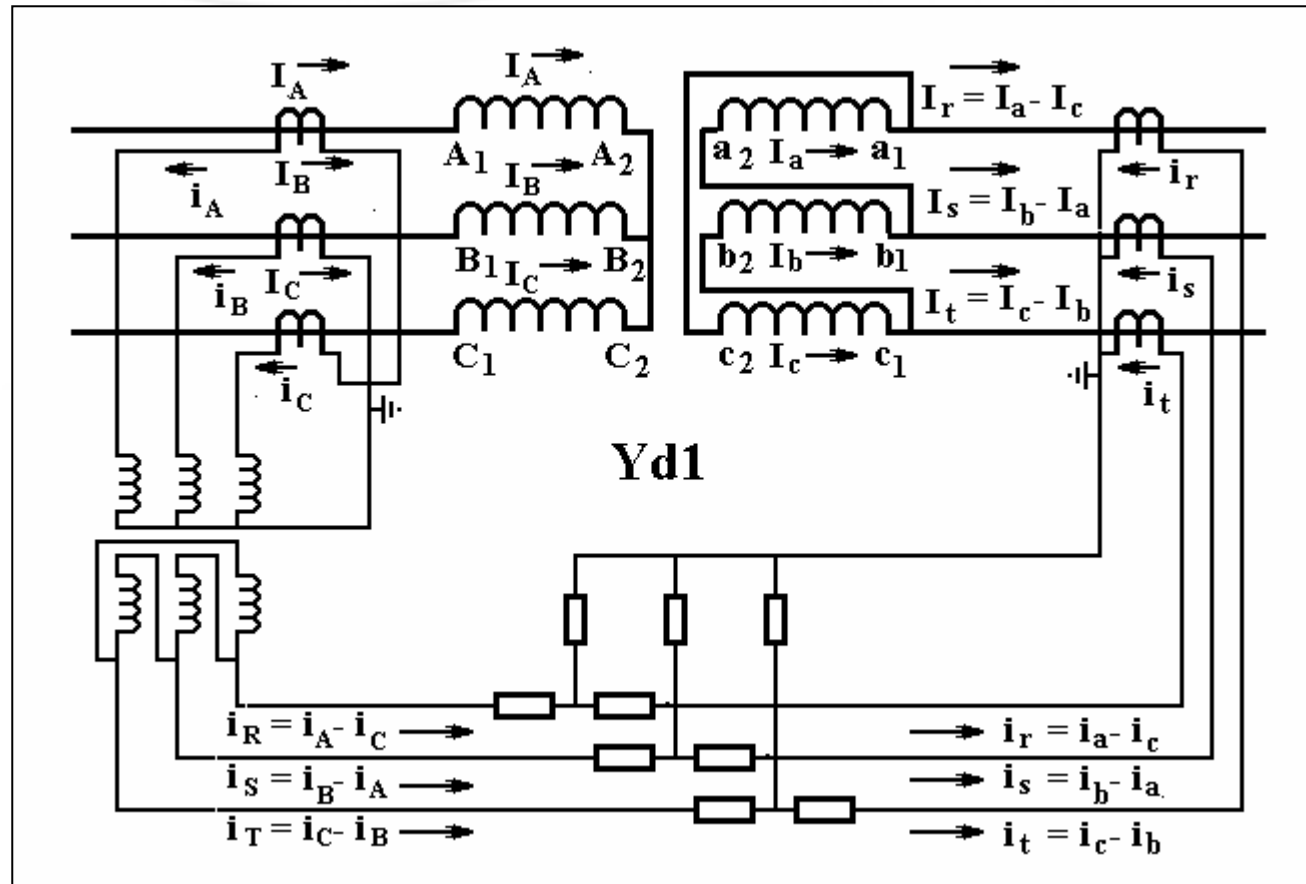
Tahap 3 :

- Sambung relai diferensial dan arus sekunder CT yang seharusnya pada sisi bintang Y didasarkan arus pada sisi delta

Tahap 4 :

- Sambung arus sekunder ACT pada sisi d didasarkan arus yang ditentukan pada tahap ke 3.

Sambungan relai diferensial



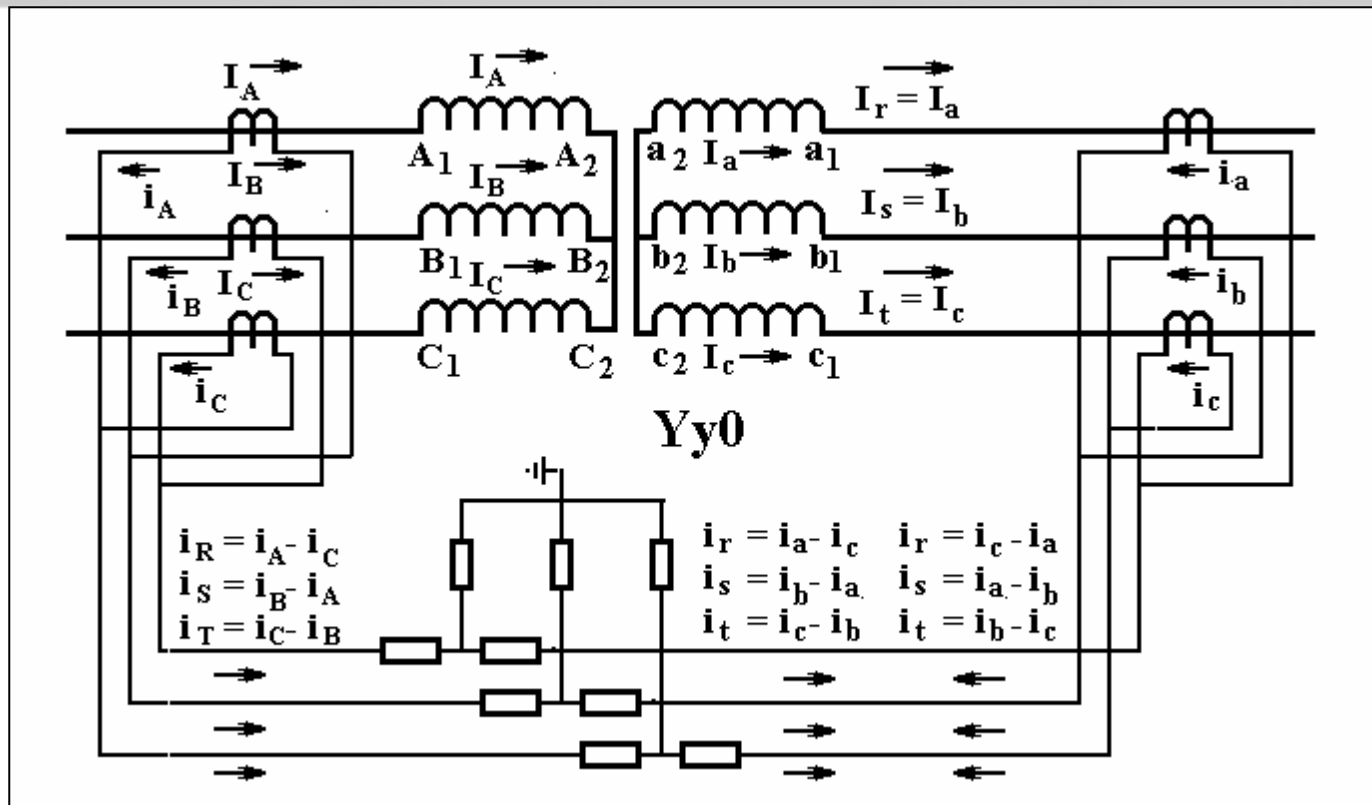
Cara penyambungan relai diferensial $Yy0$

Penyesuaian sudut fase pada CT utama, dalam hal ini sambungan CT di primer maupun sekunder ialah sambungan delta (d)

Pada dasarnya salah satu sisi CT disambung delta, dalam hal ini bebas.

Kemudian sambungan CT sisi lainnya mengikuti sambungan CT sisi lainnya.

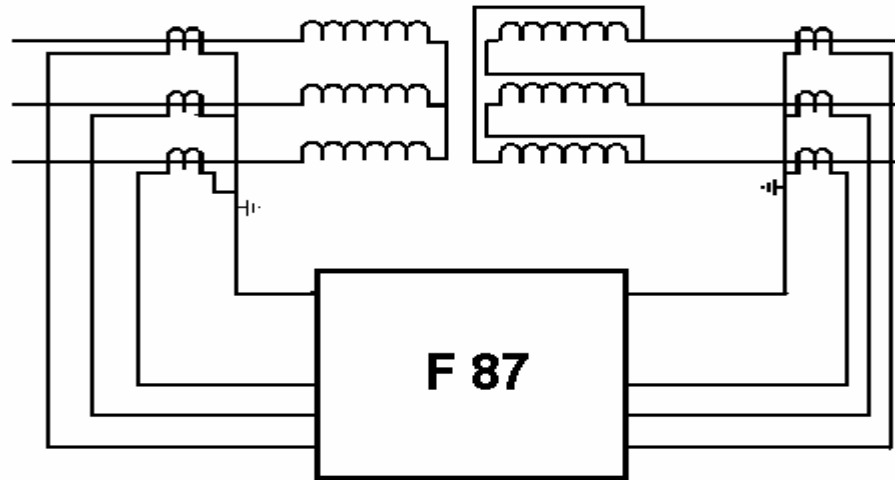
Sambungan relai diferensial Yy0



Bila arah arus hendak diubah berlawanan, tanda dibalik

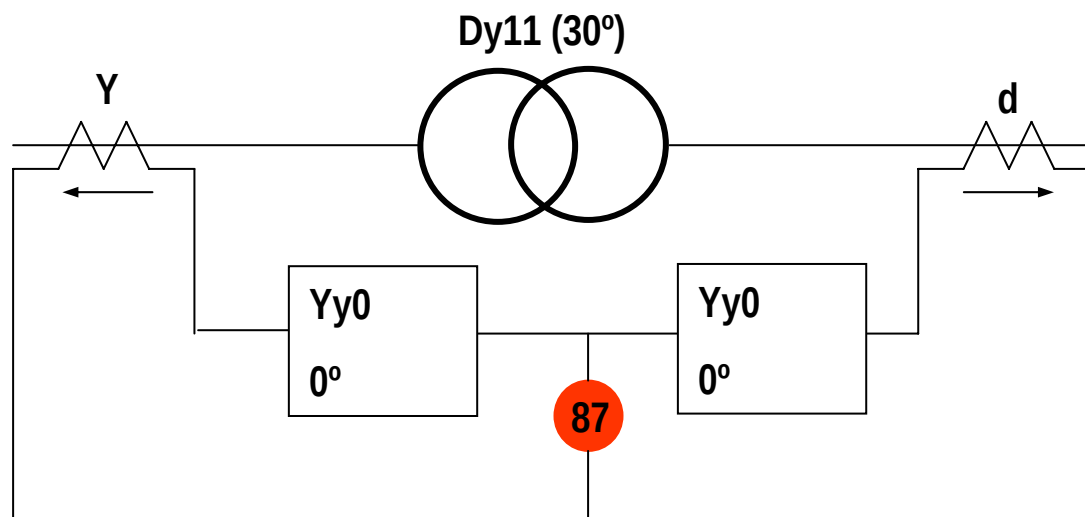
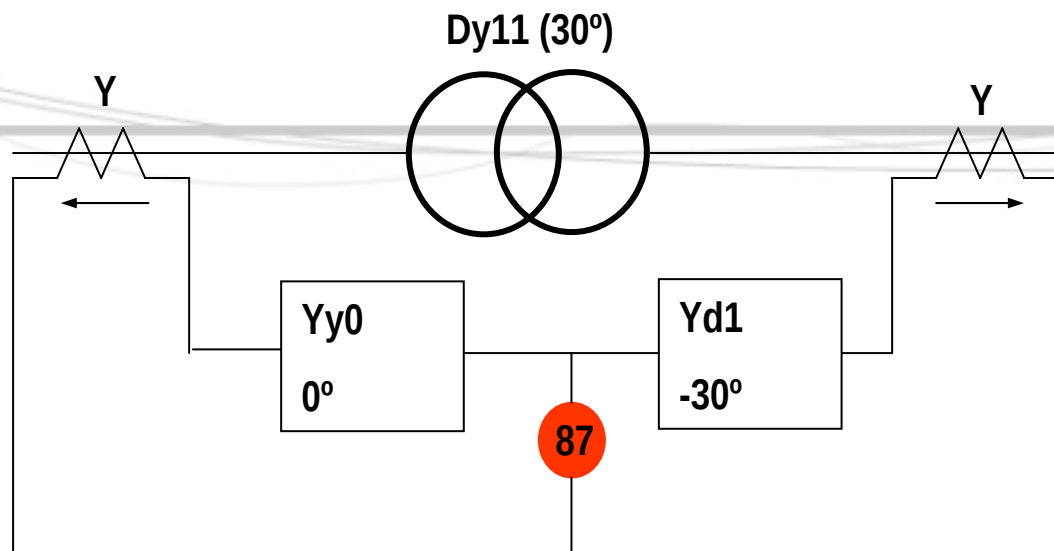
Relai diferensial Numerikal

Penyesuai sudut dan ACT pada relainya.



Penyesuai sudut dinyatakan dalam seting

$Yy0=0^\circ$; $Yd1=-30^\circ$; $Yd5=-150^\circ$; $Yy6=180^\circ$;
 $Yd7=150^\circ$; $Yd11=30^\circ$; $Ydy0=0^\circ$





Letak ACT :

- a. Arus CT di sisi primer
- b. Arus CT di sisi sekunder
- c. Arus CT di sisi primer dan sekunder

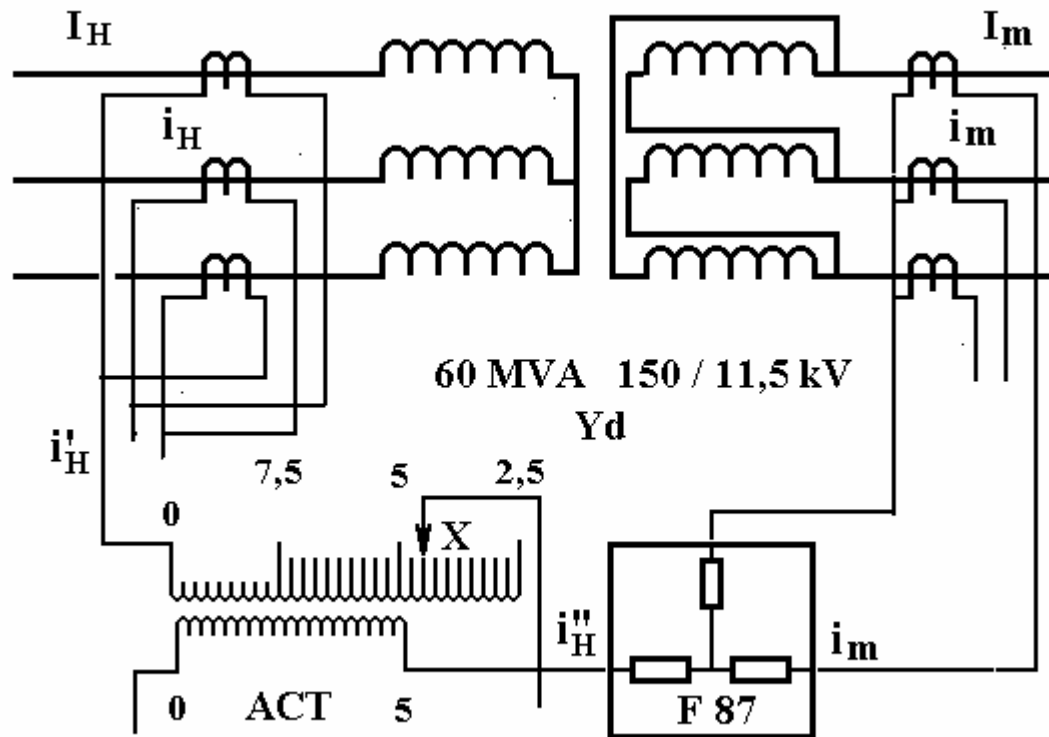
Contoh perhitungan Tap ACT

Menggunakan ACT jenis $5 \pm 10 \times 0,25 / 5 \text{ A}$

Primer : **2,5** - 2,75 - ... - 4,75 - **5** - 5,25 - ... - 7,25 - **7,5**

Sekunder : 5 A

Contoh perhitungan Tap



Arus nominal sisi H

$$I_H = \frac{60000}{150\sqrt{3}} = 231A$$

Arus nominal sisi M

$$I_M = \frac{60000}{11.5\sqrt{3}} = 3012A$$

Misalkan CT dipilih 300/5 A sisi H dan 3000/5 A sisi M

$$i_H = \frac{5}{300} * 231A = 3,85A \quad i_M = \frac{5}{3000} * 3012A = 5,02A$$

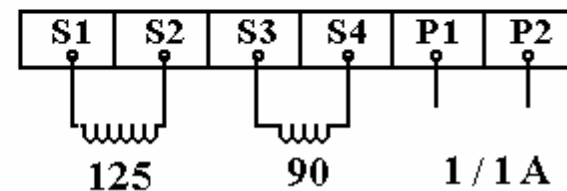
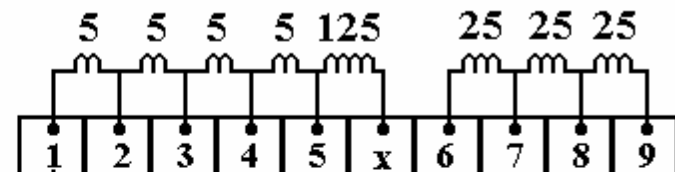
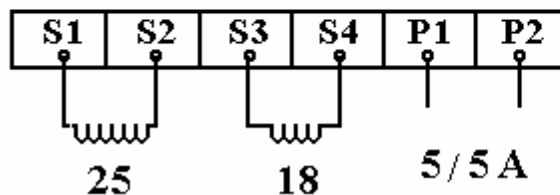
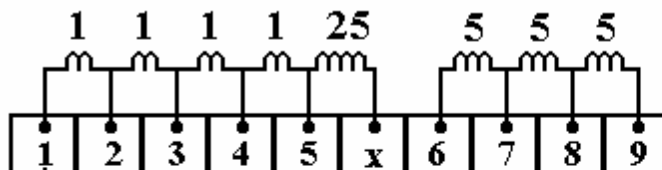
$$i'_H = 3.85\sqrt{3}A = 6,67A \quad i_H'' = I_M = 5,02 A$$

$$\text{Tap ACT} \quad \frac{x}{5} = \frac{6,67}{5,02} \quad x = \frac{6,67}{5,02} * 5 = 6,64$$

Jadi tap ACT dipilih 6,50 A atau 6,75 A

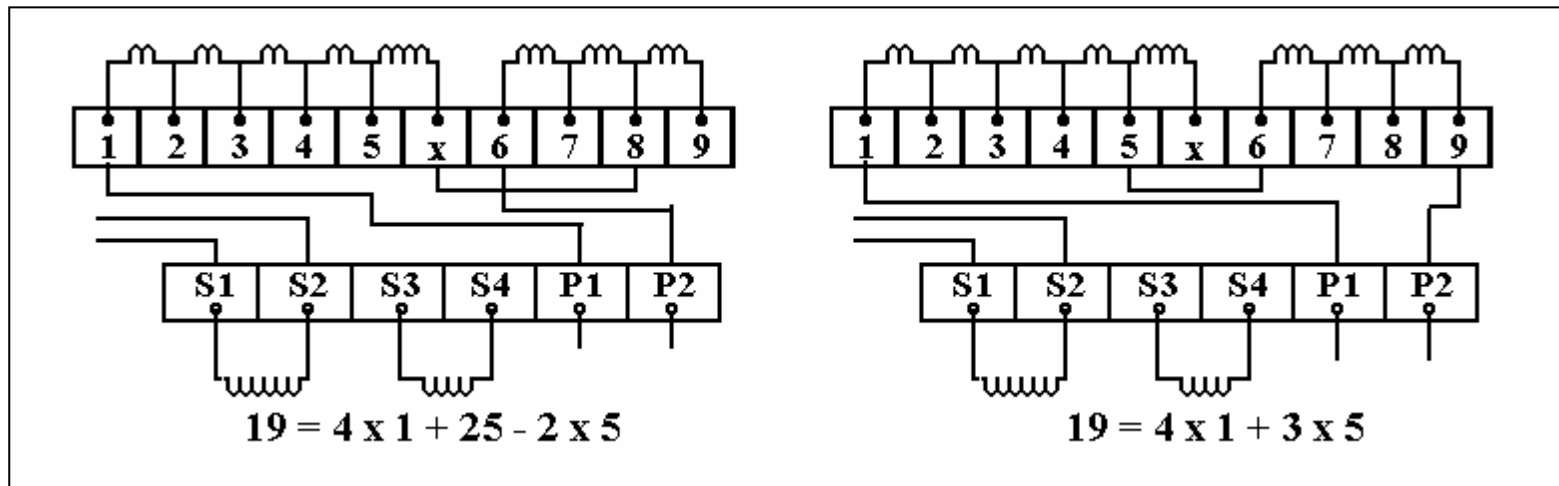
Contoh ACT dinyatakan jumlah lilitan.

Number of turn	Transformer rating			Number of turn	Transformer rating		
Preliminary tap				Preliminary tap			
Terminal	5/5 A	5/1 A	1/1 A	Terminal	5/5 A	5/1 A	1/1 A
1 - 2	1	1	5	X - 7	5	5	25
2 - 3	1	1	5	7 - 8	5	5	25
3 - 4	1	1	5	8 - 9	5	9	25
4 - 5	1	1	5	S ₁ - S ₂	25	125	125
5 - 6	25	25	125	S ₃ - S ₄	18	90	90



Perhitungan jumlah lilitan diambil CT_H 300/5 dan CT_M 3000/5 A
 Dari perhitungan butir a didapat $i_H' = 6,67$ A dan $i_M'' = 5,02$ A
 Dipilih $N_M = 25$ lilitan $I_H N_H = I_M N_M$

$$N_H = \frac{i_M''}{i_H'} * N_M = \frac{5,02}{6,67} * 25 = 19 \text{ belitan}$$





Mis Match

Bila kedua sisi mempunyai ACT dan antara perhitungan (keadaan ideal) dan kenyataan tap yang ada berbeda, maka akan terjadi kesalahan, kesalahan ini disebut mis match dan besarnya :

a. ACT di dua sisi.

$$\text{Mis match} = \frac{\frac{T_{ip}}{T_{is}} - \frac{T_p}{T_s}}{S} * 100 \%$$

T = sadapan yang ada

T_i = Sadapan idial

T_{ip} = Sadapan idial sisi primer

T_{is} = Sadapan idial sisi sekunder

T_p = Sadapan yang ada sisi primer

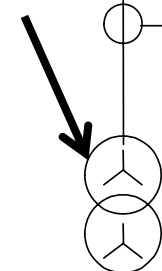
T_s = Sadapan yang ada sisi sekunder

a. ACT di satu sisi.

$$\text{Mis match} = \frac{T_i - T}{S} * 100 \%$$

$S = T_{ip}/T_{is}$ atau T_p/T_s dipilih yang terkecil

GGN 1

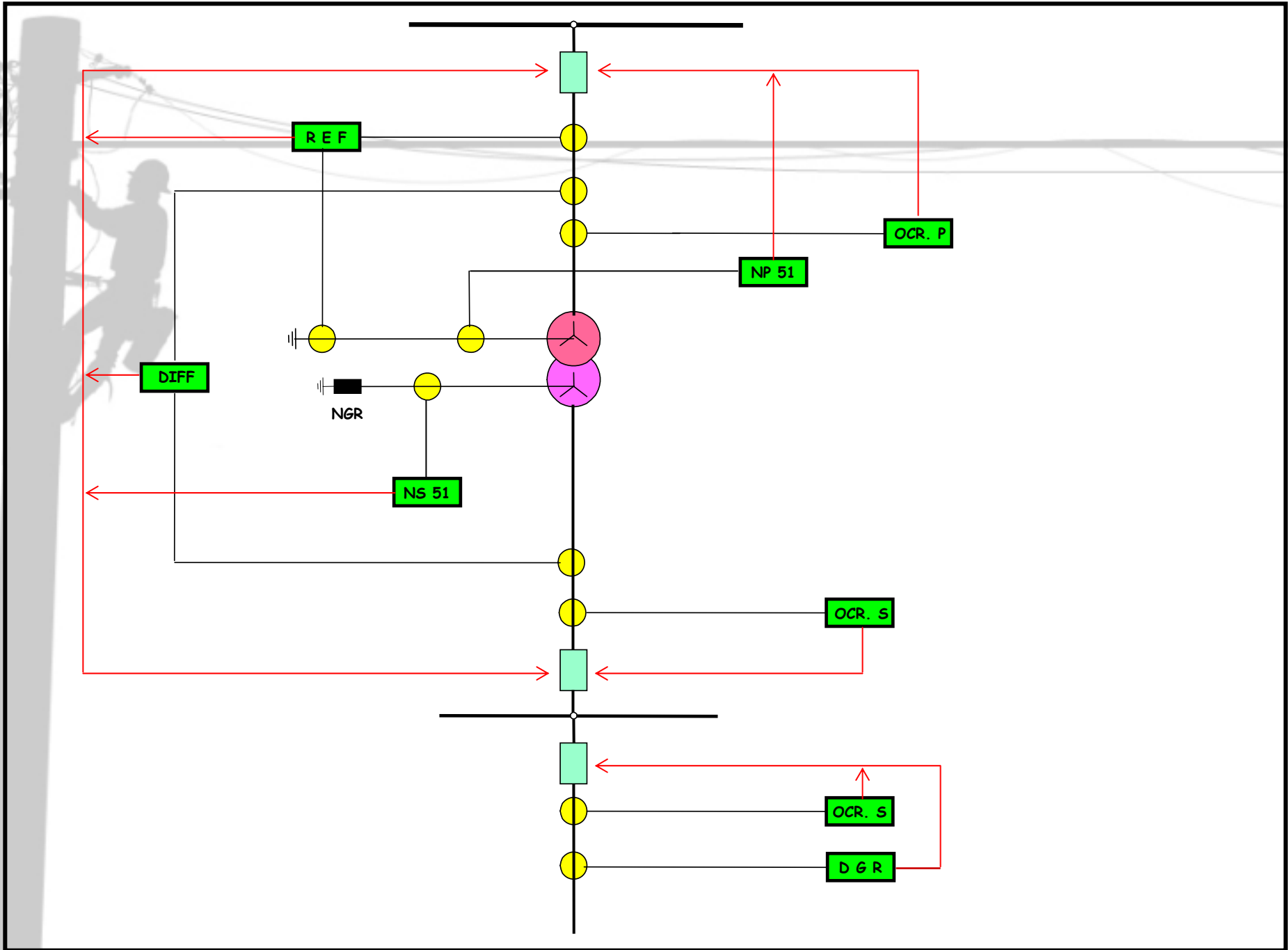


DIFF

0 detik
(Rele Utama $\phi - \phi$)

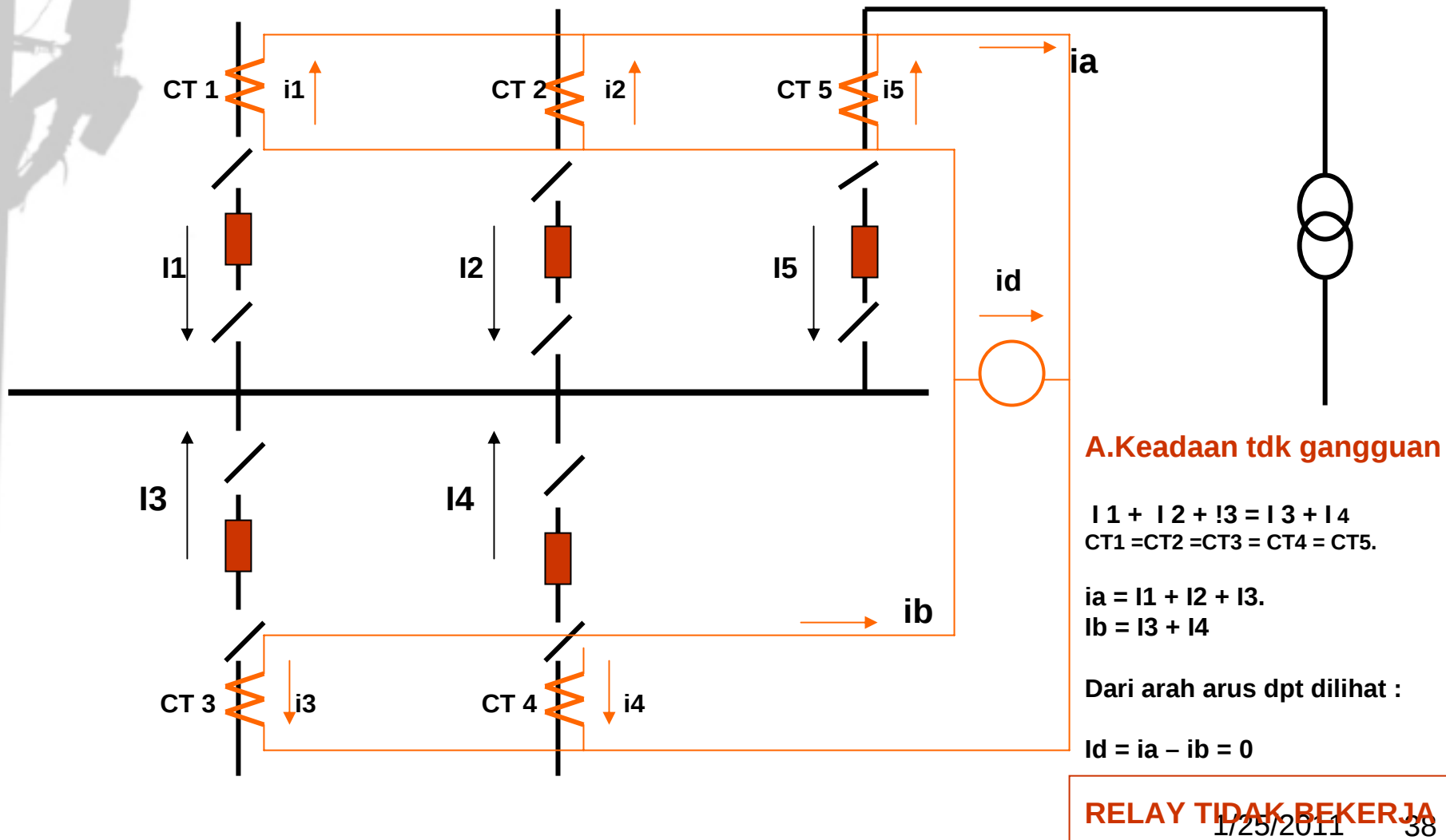
GGN 2

OCR. PNY



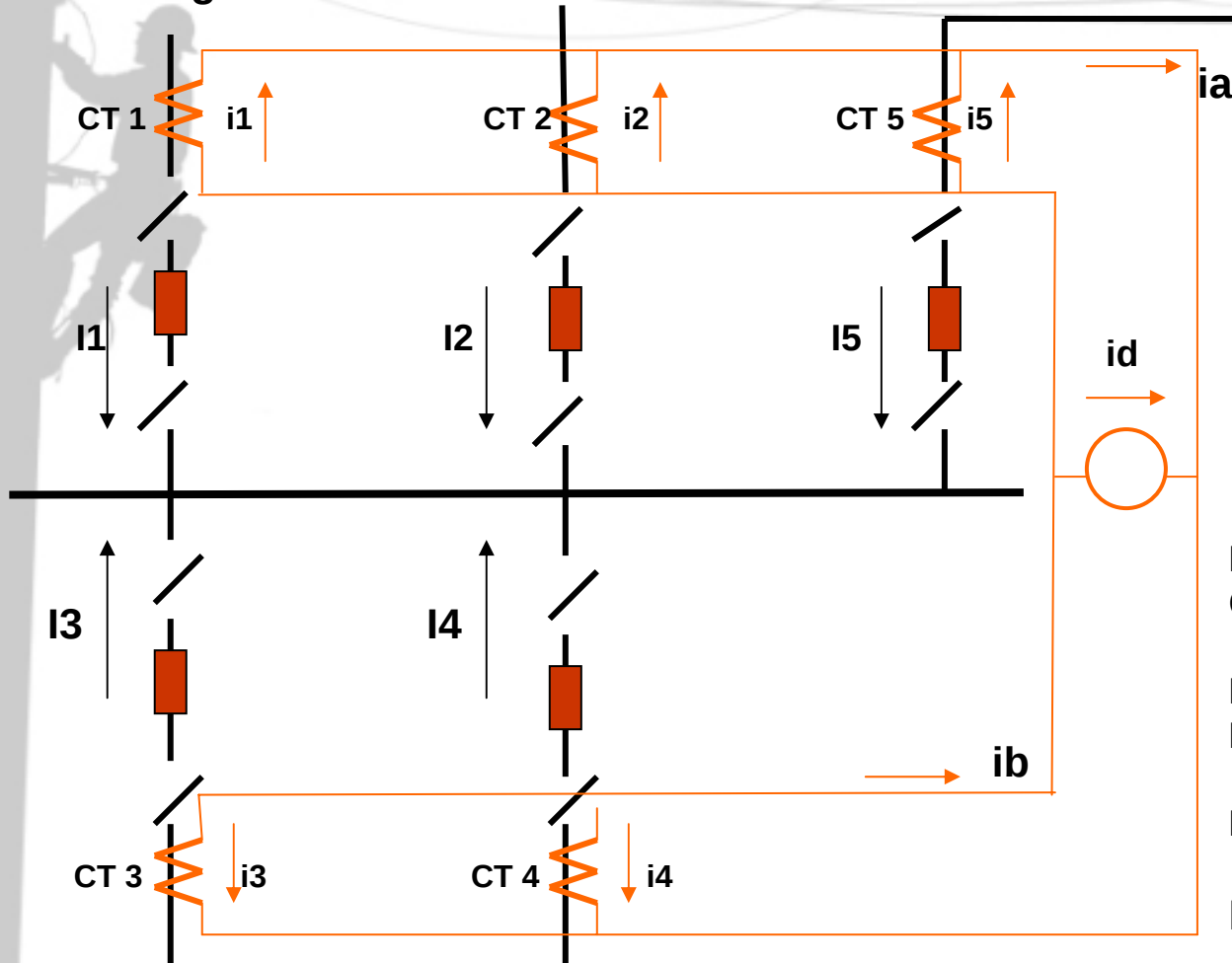
3.7.3 PRINSIP KERJA RELAY DIFERENSIAL SEBAGAI PENGAMAN BUSBAR.

Prinsip kerjanya adalah keseimbangan arus (membandingkan jumlah arus yg masuk dengan arus yg keluar busbar) artinya bila terjadi perbedaan antar kedua penjumlahan arus diatas maka relay akan bekerja.



B. GANGGUAN DI BUSBAR

Busbar yg menghubungkan antara dua sistem dan kedua sistem terdapat pembangkit maka :



$$I1 + I2 + I3 + I4 = I_f ; \quad I5 = 0$$

$$CT1 = CT2 = CT3 = CT4 = CT5$$

$$I_a = i1 + i2 ; \quad i5 = 0$$

$$I_b = i3 + i4$$

Dari arah arus dpt dilihat bhw :

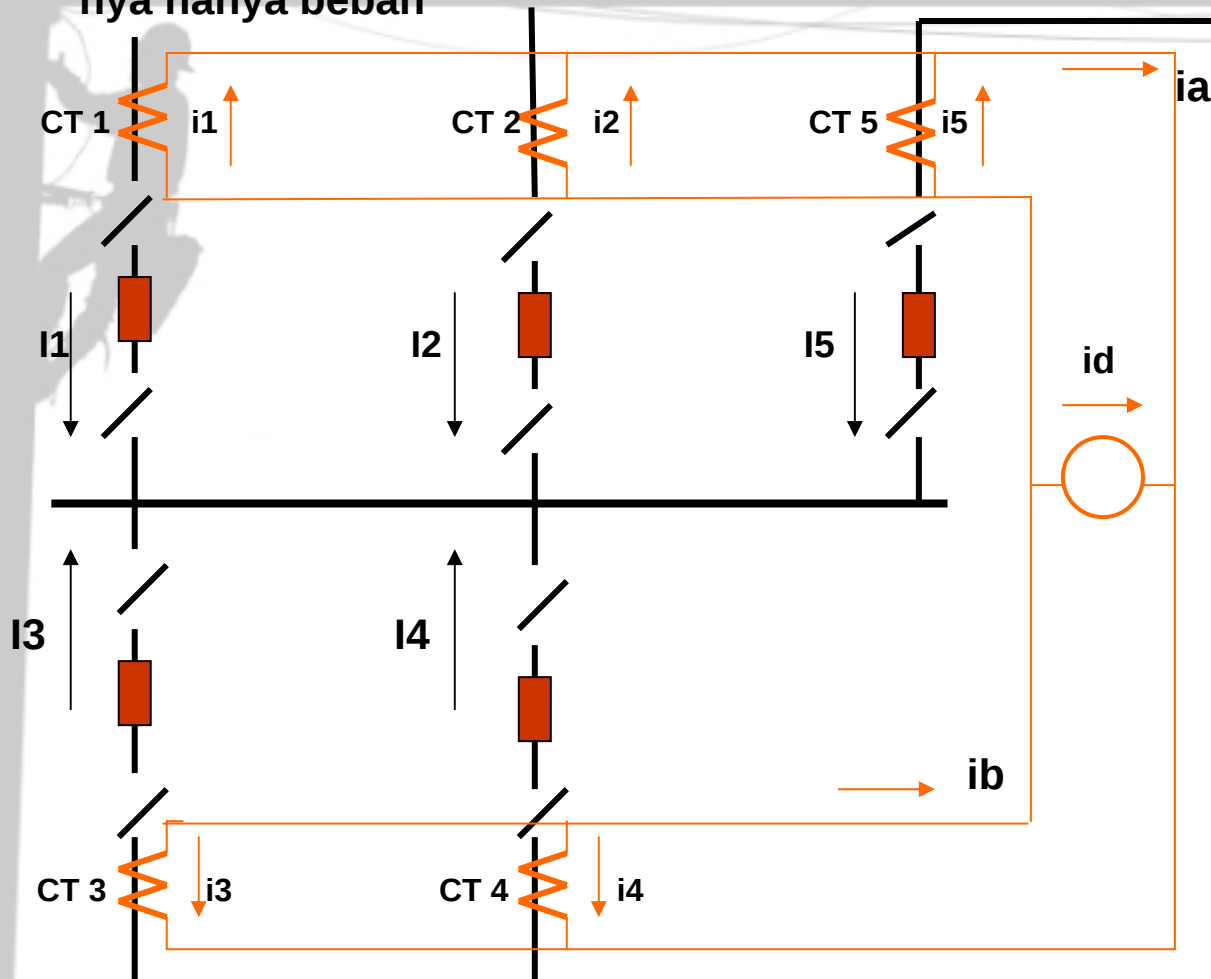
$$I_d = I_a - I_b.$$

RELAY AKAN BEKERJA

MAKA CB 1 S.D. CB 5 **LEPAS**

C. GANGGUAN DI BUSBAR.

Busbar menghubungkan dua sistem, yg satu mempunyai pembangkit dan yang lain nya hanya beban



$$I_1 + I_2 = I_f ; \quad I_3 = I_4 = I_5 = 0$$

$$CT1 = CT2 = CT3 = CT4 = CT5.$$

$$I_a = i_1 + i_2 ; \quad i_5 = 0$$

$$i_3 = i_4 = i_5 = 0$$

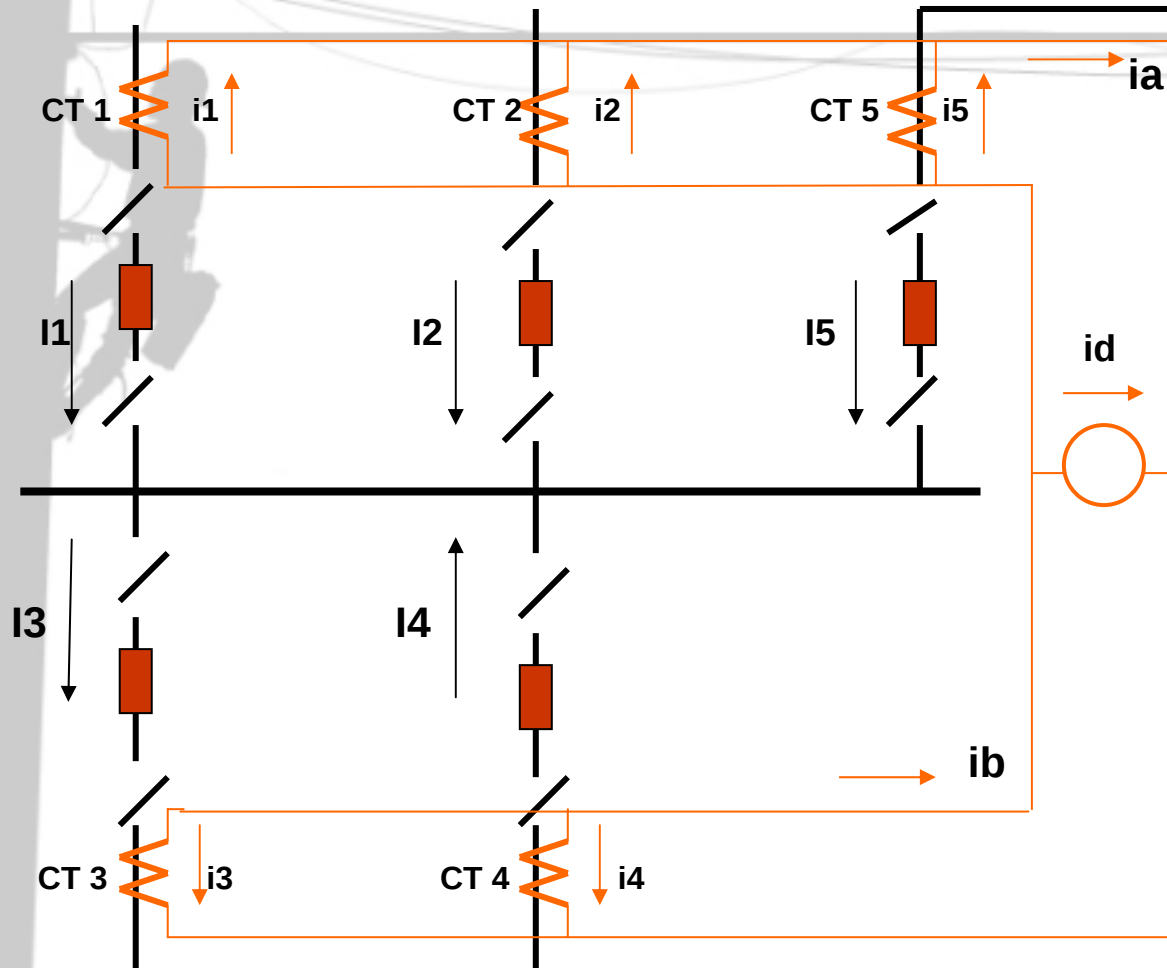
Dari arah arus dpt dilihat bhw:

$$i_d = i_a$$

RELAY AKAN BEKERJA

MAKA CB 1 S.D CB 5 **LEPAS**

D. GANGGUAN DILUAR DAERAH PENGAMANANNYA.



$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 \quad ; \quad I_5 = 0$$

$$CT_1 = CT_2 = CT_3 = CT_4 = CT_5.$$

$$I_a = I_1 + I_2 \quad ; \quad I_b = I_3$$

Dari arah sekundair dpt dilihat
bhw :

$$I_d = I_a + I_b - I_4 = 0$$

**SEHINGGA RELAY TIDAK
BEKERJA.**

Sekian
Tatap muka X&XI

Terima kasih

