

BAB VI.

RELE DIFFERENTIAL

6.1 Pendahuluan.

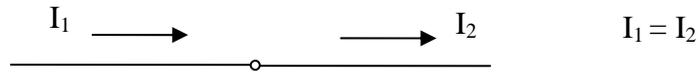
Relay differential merupakan pengaman utama pada generator, transformator dan bus-bar, sangat selektif, cepat bekerja tidak perlu berkoordinasi dengan relay lain dan tidak dapat digunakan sebagai pengaman cadangan untuk seksi atau daerah berikutnya.

Relay differential mengamankan peralatan tersebut diatas dari gangguan hubung singkat yang terjadi di dalam generator ataupun transformator, antara lain hubung singkat antara kumparan dengan kumparan atau antara kumparan dengan tangki

Relai ini harus bekerja kalau terjadi gangguan di daerah pengamanan, dan tidak boleh bekerja dalam keadaan normal atau gangguan di luar daerah pengamanan. Ini juga merupakan unit pengamanan dan mempunyai selektifitas mutlak

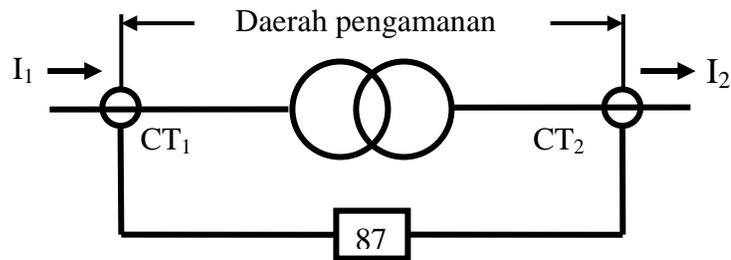
6.2 Prinsip kerja relay differential

Relay differential prinsip kerjanya berdasarkan hukum kirchof, dimana arus yang masuk pada suatu titik, sama dengan arus yang keluar dari titik tersebut seperti gambar dibawah..



Gambar 6.1 Prinsip hk Khirchof

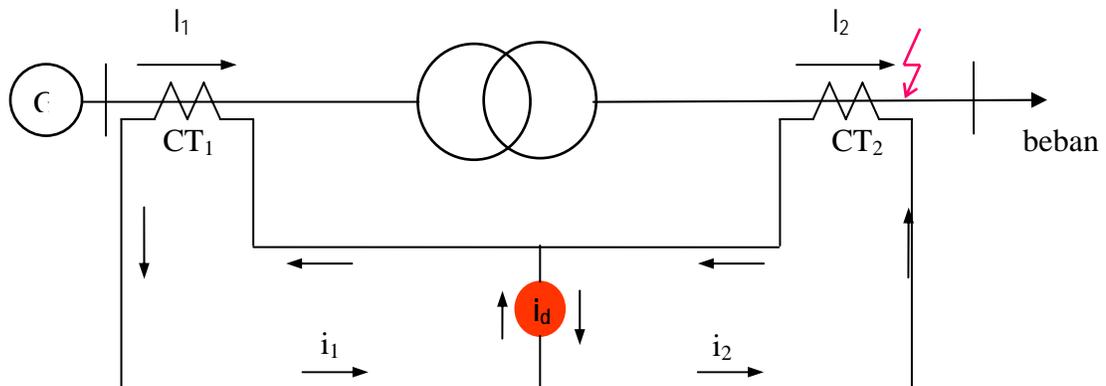
Yang dimaksud titik pada *proteksi differential* adalah daerah pengamanan, dalam hal ini dibatasi oleh dua buah trafo arus seperti yang terlihat pada gambar dibawah



Gambar 6.2 Daerah pengamanan relay differential

Relay differential bekerja berdasarkan perbandingan arus masukan dan arus keluaran. Jika terjadi perbedaan maka relay akan mendeteksi adanya gangguan pada peralatan yang diamankan. Relay ini efektif untuk mengamankan gangguan yang bersifat *internal*. Untuk gangguan yang bersifat eksternal, arus masukan dan arus keluaran transformator sama besar meskipun arus tersebut melebihi arus maksimal transformator, oleh sebab itu relay tidak meresponnya sebagai gangguan.

6.2.1 Gangguan di luar daerah pengamanan



Gambar 6.3 Gangguan di luar daerah pengamanan *relay differential*

Arauan yang mengalir pada relay adalah :

$$i_d = i_1 - i_2 = 0$$

Dimana :

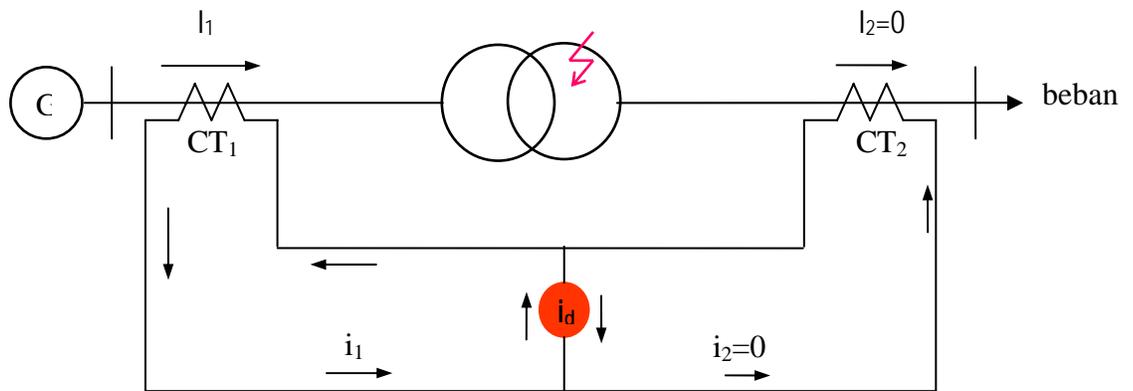
i_1 = arus yang mengalir pada CT₁

i_2 = arus yang mengalir pada CT₂

Maka relay tidak akan bekerja jika terjadi gangguan di luar daerah pengamanannya.

6.2.2 Gangguan di dalam daerah pengamanan

1. Transformator disuplai dari satu arah



Gambar 6.4 Gangguan di dalam daerah pengamanan, sumber satu arah

Untuk gangguan di dalam transformator :

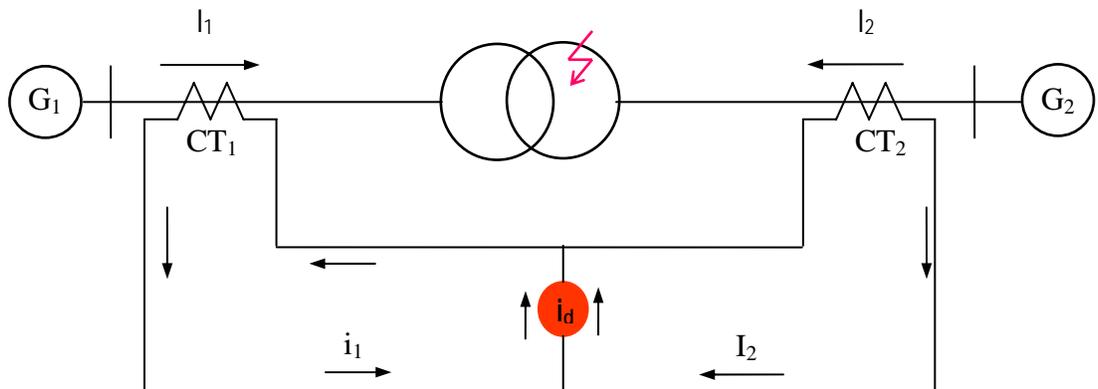
$$I_1 = i_1$$

$$I_2 = 0$$

$$I_d = i_1 - i_2 = i_1$$

Maka relay akan bekerja

6.2.3. Transformator disuplai dari dua arah

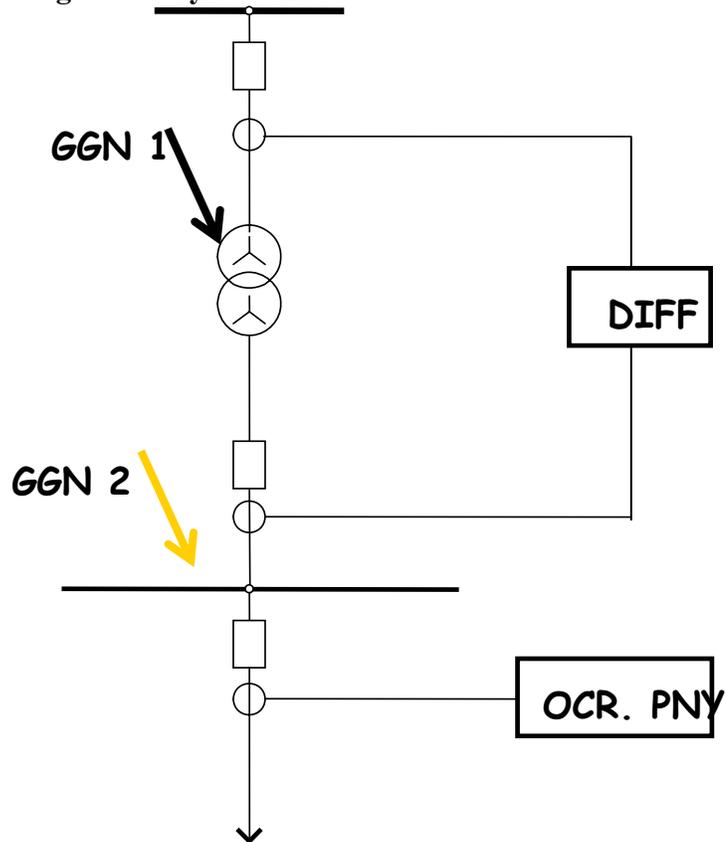


Gambar 6.5 Gangguan di dalam daerah pengamanan, sumber dua arah
 G_1 arus mengalir ke arah gangguan.

G_2 arus mengalir ke arah gangguan

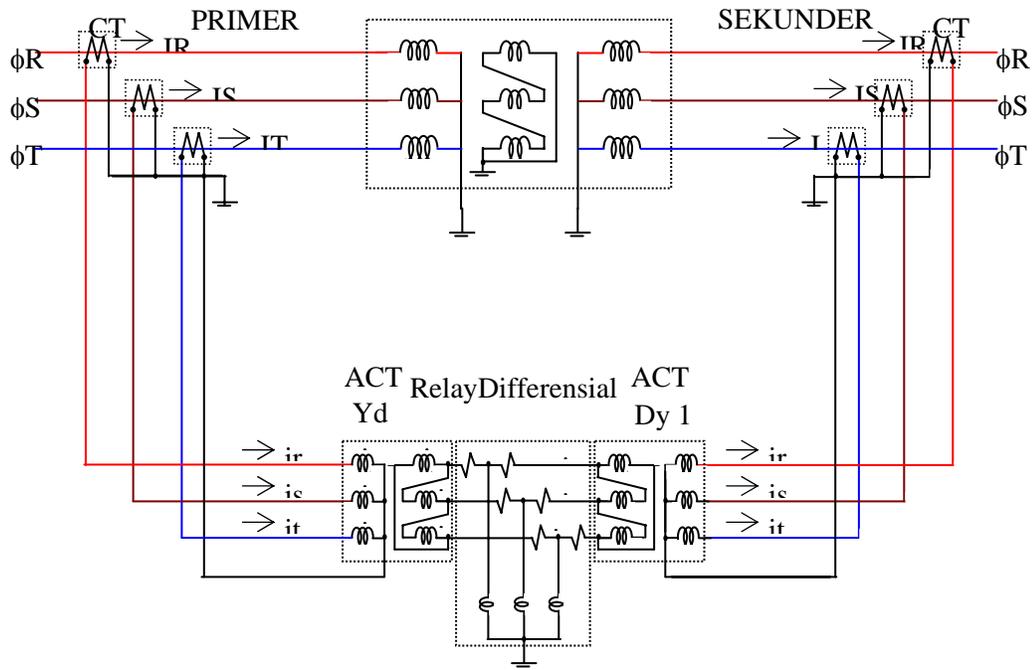
Sehingga : $I_d = i_1 + i_2$ Maka relay akan bekerja.

6.3. Single line diagram relay differential



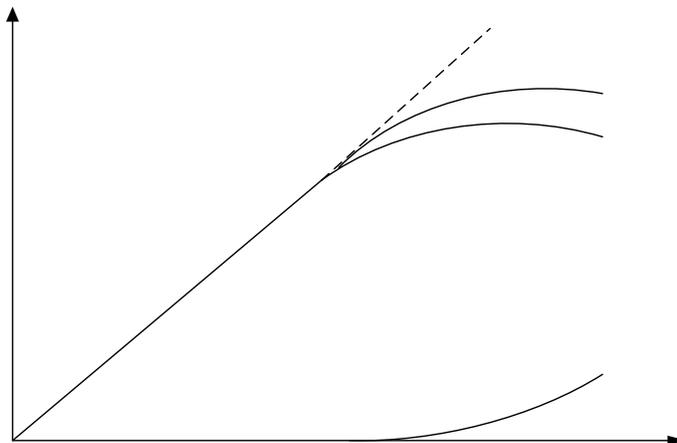
Gambar 6.6 Contoh single line diagram relay differential transformer

Wiring diagram relay differential



Gambar 6.7 Contoh wiring diagram relay differential transformator YNyn0

6.4 Ketidak seimbangan arus relay differential



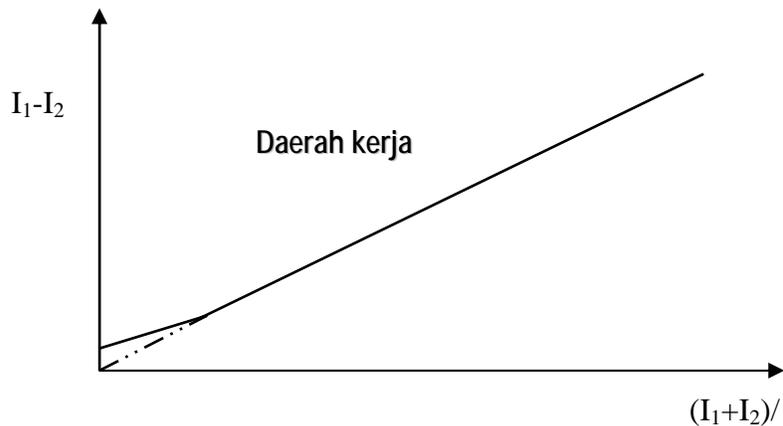
Gambar 6.8 Perbedaan karakteristik CT yang menyebabkan timbulnya ketidak seimbangan arus

Hal – hal yang mempengaruhi I_{ub} adalah :

1. Karakteristik kelengkungan magnetik dari CT1 dan CT2, terutama pada arus hubungan singkat yang besar menyebabkan arus sekunder tidak lagi linear terhadap arus primer karena kejenuhan CT.
2. Burden CT1, burden CT2.
3. Adanya komponen dc pada waktu hubungan singkat mempercepat kejenuhan CT.

Dengan melihat adanya I_{ub} di atas, dibuatlah relay differential dengan jenis prosentase yang mempunyai karakteristik kerja mengikuti kemungkinan terjadinya I_{ub} . Karakteristik percentage differential relay ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

6.5 Karakteristik *relay differential*



Gambar 6.9 karakteristik relay differential

Syarat sambungan *relay differential* transformator daya dapat kita lihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 6.1 Hubungan CT dan Aux. CT untuk *relay Differential*

Hubungan trafo daya	CT	Aux. CT	
		Primer	Sekunder
Y	Y	Y	Δ
Δ	Y	Y	Y
Y	Δ		
Δ	Y		

Untuk mendapatkan arus perbandingan yang sama besar rasio CT antara primer dan sekunder transformator harus disesuaikan dengan rasio transformator itu sendiri. Misalkan Transformator 42 MVA, 150 kV/20kV dengan hubungan YNyn0, maka rasio CTnya :

Arus nominal sisi primer transformator adalah :

$$I_p = \frac{42000kVA}{150kV\sqrt{3}} = 161,66A$$

Maka primer CT dipilih :

$$161,66 * \sqrt{3} = 280A$$

Arus nominal sisi sekunder transformator adalah :

$$I_s = \frac{42000kVA}{20kV\sqrt{3}} = 1212,4A$$

Maka primer CT dipilih :

$$1212,4 * \sqrt{3} = 2099A$$

Sedangkan untuk pengenal sekunder CT 1, 2 dan 5 A.

Sehingga rasio CT sisi primer dapat dipilih 300/5 dan rasio CT sisi sekunder 2000/5.

Karena arus primer tidak sama dengan arus sekunder serta arus primer belum tentu sefasa dengan arus sekunder (tergantung vector groupnya) maka secara umum diperlukan trafo arus bantu atau *Aux CT*.

Aux. CT berfungsi untuk :

1. Menyesuaikan arus yang akan masuk ke *relay differential*.
2. Menyesuaikan pergeseran sudut fasa yang akan masuk ke *relay differential*.

Pemasangan *Aux. CT*

1. Jika berfungsi untuk menyesuaikan pergeseran fasa selalu dipasang pada sisi Y transformator dayanya, dan disisi lainnya dapat dipasang atau tidak.
2. jika berfungsi hanya penyesuaian arus dapat dipasang disisi primer maupun sekunder, atau kedua – duanya.
3. bila CT disisi primer mempunyai sekunder 1 A dan disisi sekunder 5 A, umumnya *Aux. CT* dipasang dikedua sisi.

Dari contoh di atas maka arus yang masuk ke relay adalah sebesar :

Sisi 150 kV :

$$I_{primer} = \frac{5}{300} \cdot 162A$$

$$I_{primer} = 2,7A$$

Maka arus yang masuk ke relay adalah :

$$I_{primer} = 2,7 \cdot \sqrt{3}A$$

$$I_{primer} = 4,67A$$

Sisi 20 kV :

$$I_{sekunder} = \frac{5}{2000} \cdot 1212A$$

$$I_{sekunder} = 3,03A$$

Maka arus yang masuk ke relay adalah :

$$I_{sekunder} = 3,03A \cdot \sqrt{3}$$

$$I_{sekunder} = 5,24A$$

Untuk menyamakan arus yang masuk ke relay antara primer dan sekunder maka digunakan Aux. CT, dengan cara pengaturan posisi tap Aux. CT.

$$TapAux.CT = \frac{x}{5} = \frac{4,67A}{5,24A}$$

$$TapAux.CT = \frac{4,67A}{5,24A} * 5$$

$$TapAux.CT = 4,5$$

Settigan *relay differential* diset sedemikian rupa dengan mempertimbangkan beberapa hal :

1. Faktor kesalahan CT1 dan CT2.
2. Perubahan rasio trafo daya karena bekerjanya on load tap changer.
3. Arus magnetisasi.

Untuk transformator daya dengan kapasitas yang besar umumnya memiliki fasilitas tap changer yang berfungsi untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang

lebih baik (diinginkan) dari tegangan jaringan yang berubah-ubah. Arus sisi sekunder CT dapat dibuat *macth* hanya pada satu titik dari rentang pengubahan tap. Pada posisi lain akan timbul arus beda.

Misalkan untuk transformator daya 42 MVA mempunyai posisi tap tertinggi -10 dan terendah +7, maka dapat diketahui besarnya arus beda akibat perubahan posisi tap (untuk settingan relay differential dihitung arus beda pada posisi tap tertinggi).

Untuk tegangan operasi 150 kV :

$$I_n \text{ sisi primer} = 162 \text{ A}$$

$$I_n \text{ sisi sekunder} = 1212 \text{ A}$$

Posisi tap changer

Posisi tap terendah :

$$I_n \text{ primer} = 148 \text{ A}$$

$$I_{\text{sekunder CT}} = \frac{5}{300} * 148 \text{ A} * \sqrt{3}$$

$$I_{\text{sekunder CT}} = 4,27 \text{ A}$$

Posisi tap tertinggi :

$$I_n \text{ primer} = 190 \text{ A}$$

$$I_{\text{sekunder CT}} = \frac{5}{300} * 190 \text{ A} * \sqrt{3}$$

$$I_{\text{sekunder CT}} = 5,48 \text{ A}$$

Pada kondisi Tap tertinggi $I_{\text{sekunder CT}}$ nya sebesar 5,48 Ampere, sementara Tap Aux. CT telah diset pada posisi 4,5, sehingga $I_{\text{sekunder CT}}$ menjadi 6,05 Ampere. Maka arus beda akibat selisih tap changer pada posisi tertinggi adalah :

$$I_{\text{beda}} = 6,05 \text{ A} - 5,24 \text{ A}$$

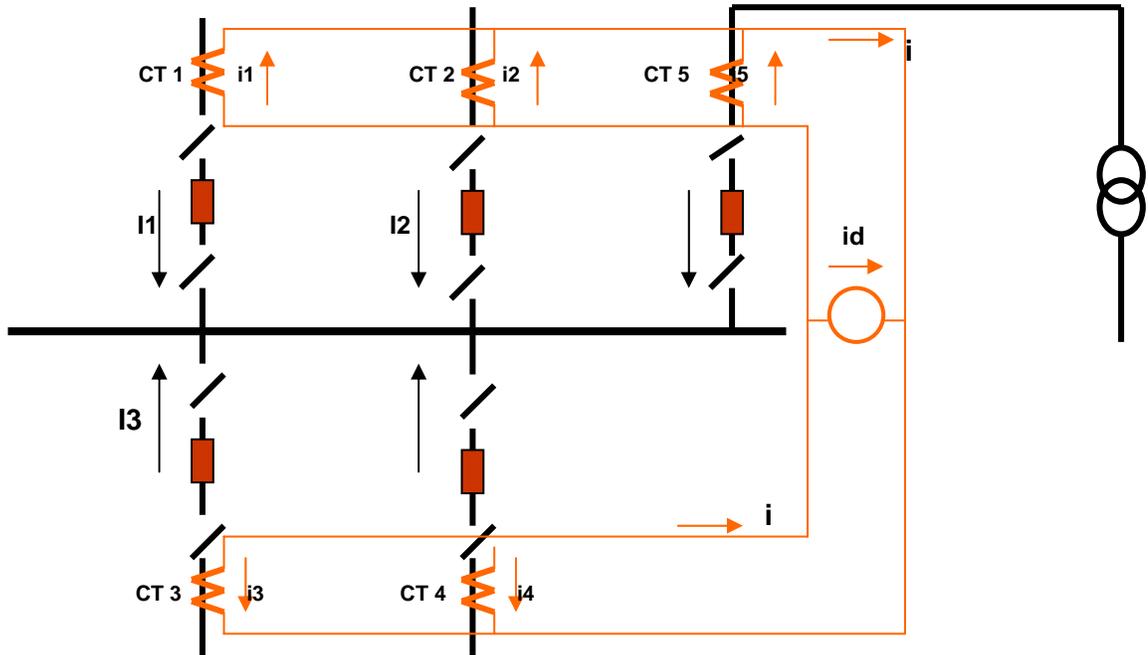
$$I_{\text{beda}} = 0,81 \text{ A}$$

6.6 Prinsip Kerja Relay Differential 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 berdasarkan prinsipnya dapat dilihat pada gambar 6.10 dibawah.

a. Kondisi tidak ada gangguan di bus-bar



Gambar 6.10a Keadaan tidak ada gangguan pada bus-bar

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

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

$$i_a = I_1 + I_2 + I_3.$$

$$i_b = I_4 + I_5$$

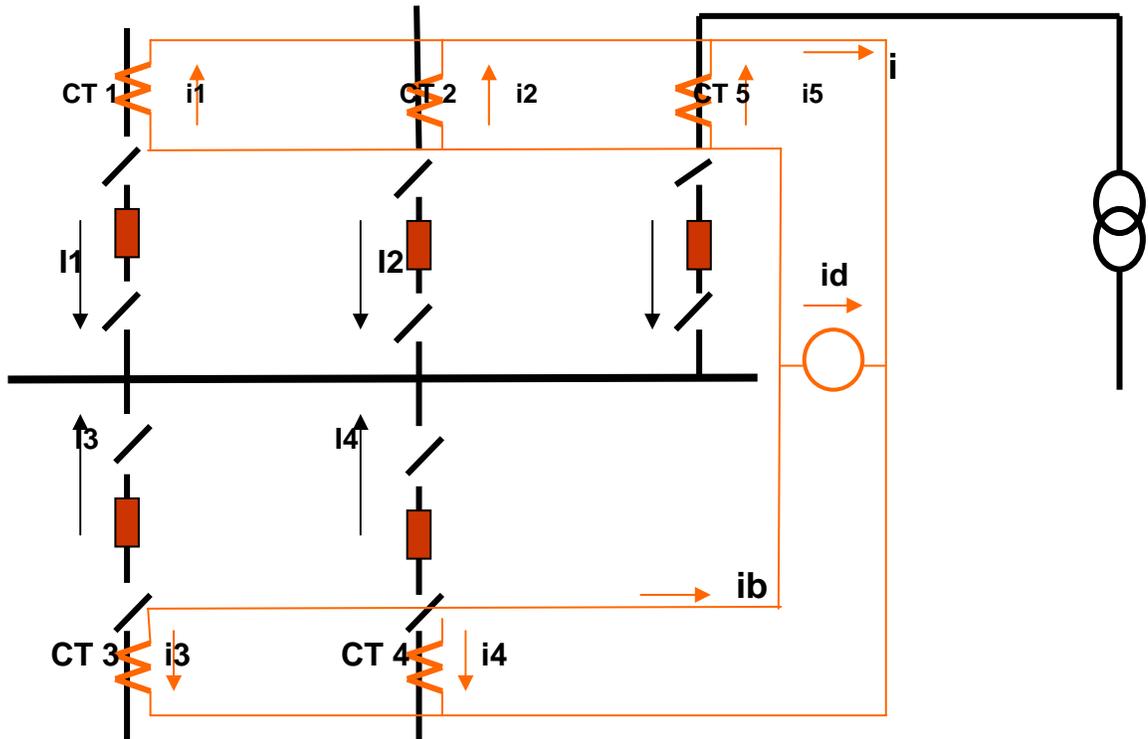
Dari arah arus dpt dilihat :

$$i_d = i_a - i_b = 0$$

RELAY TIDAK BEKERJA

b. Kondisi Ada Gangguan di Bus-bar

Busbar yg menghubungkan antara dua sistem dan kedua sistem terdapat pembangkit maka dapat dilihat pada gambar 6.10b dibawah,



Gambar 6.10b Keadaan ada gangguan pada bus-bar

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

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

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

$$I_b = i_3 + i_4$$

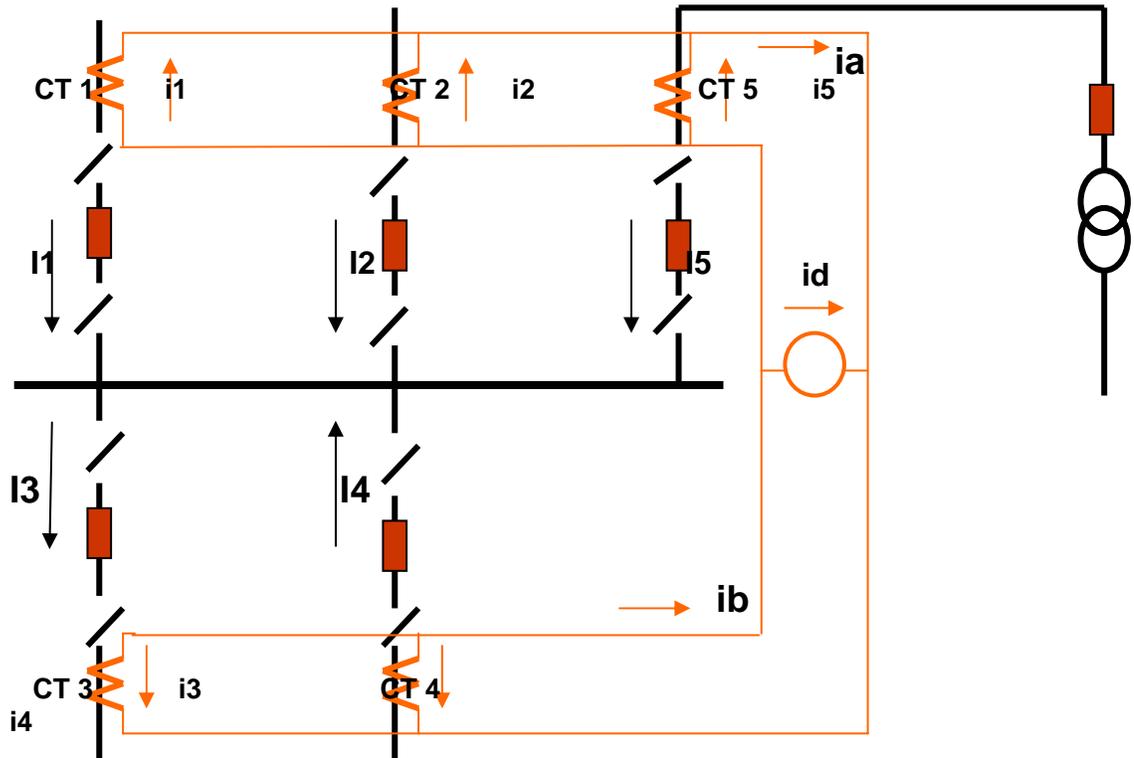
Dari arah arus dpt dilihat bhw :

$$I_d = i_a - i_b.$$

RELAY AKAN BEKERJA

MAKA CB 1 S.D. CB 5 LEPAS

c. Gangguan Diluar Daerah Pengamanan



Gambar 6.10c Keadaan ada gangguan pada bus-bar

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

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

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

Dari arah sekundair dpt dilihat bhw :

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

SEHINGGA RELAY TIDAK BEKERJA.