

BAB II

PROTEKSI RELE ARUS LEBIH DAN RELE GANGGUAN TANAH

2.1 Sistem Kelistrikan

Sistem tenaga listrik dewasa ini merupakan kebutuhan tenaga listrik yang bukan saja monopoli daerah perkotaan, tetapi sudah merambah ke desa-desa terpencil. Untuk melayani daerah perkotaan dan pedesaan perlu ditingkatkan pula pembangunan jaringan distribusi sehingga terjadi pemerataan pemakaian energi listrik. Mengingat pentingnya energi listrik bagi kehidupan masyarakat dan bagi pembangunan nasional, maka suatu sistem tenaga listrik harus bisa melayani pelanggan secara baik, dalam arti sistem tenaga listrik tersebut aman dan andal. Aman berarti bahwa sistem tenaga listrik tidak membahayakan manusia dan lingkungannya. Handal berarti sistem tenaga listrik dapat melayani pelanggan secara memuaskan misalnya dalam segi kontinuitas dan kualitas. Hal ini akan terwujud apabila proses perencanaan, pelaksanaan pembangunan, pengoperasian dan pemeliharaan suatu sistem tenaga listrik senantiasa mengikuti ketentuan standar teknik yang berlaku. Prinsip kerja dari sistem tenaga listrik di mulai dari bagian pembangkitan kemudian disalurkan melalui sistem jaringan transmisi pada gardu induk dan dari gardu induk disalurkan serta dibagi-bagi kepada pelanggan melalui saluran distribusi.

2.2 Sistem Proteksi

2.2.1 Pengertian Sistem Proteksi

Dalam melaksanakan pembangkitan, penyaluran, dan distribusi tenaga listrik, gangguan tidak dapat dihindari. Gangguan kebanyakan merupakan hubung singkat antar fasa atau antara fasa dengan tanah dan keduanya. Gangguan hubung singkat semacam ini menimbulkan arus yang besar yang dapat merusak peralatan sehingga diperlukan sistem proteksi untuk mengamankan peralatan tersebut.

Proteksi adalah pengaman listrik pada sistem tenaga listrik yang terpasang pada sistem distribusi tenaga listrik, trafo tenaga, transmisi tenaga listrik, dan generator listrik. Sistem proteksi dipergunakan untuk mengamankan sistem tenaga listrik dari gangguan listrik atau beban lebih, dengan cara memisahkan bagian sistem tenaga listrik yang terganggu dengan sistem tenaga listrik yang tidak terganggu, sehingga sistem kelistrikan yang tidak terganggu dapat terus bekerja (mengalirkan arus ke beban).

Proteksi pada sistem tenaga listrik pada dasarnya terdiri atas pemutus tenaga (PMT) atau *circuit breaker* (CB) yang bekerja memutus rangkaian jika terjadi gangguan yang operasinya dikendalikan oleh rele proteksi.

2.2.2 Fungsi Proteksi

Fungsi proteksi tenaga listrik antara lain:

1. Mencegah kerusakan peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi tidak normal pada sistem.

2. Mempersempit daerah terjadinya gangguan sehingga gangguan tidak menyebar ke sistem yang lain.
3. Memberikan pelayanan tenaga listrik dengan keandalan dan mutu yang tinggi kepada konsumen.
4. Mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh tenaga listrik.

2.2.3 Kegagalan Sistem Proteksi

Hal yang menyebabkan terjadinya kegagalan pengaman dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Kegagalan pada rele itu sendiri
2. Kegagalan suplai arus dan atau tegangan ke rele yang terganggu. Hal ini disebabkan rangkaian suplai ke rele dari trafo tersebut terbuka atau terhubung singkat.
3. Kegagalan sistem suplai arus searah untuk tripping pemutus tenaga. Hal ini disebabkan baterai lemah karena kurang perawatan, atau terjadi hubung singkat pada rangkaian arus searah.
4. Kegagalan pada pemutus tenaga. Kegagalan ini dapat disebabkan karena kumparan trip tidak menerima suplai, kerusakan mekanis ataupun kegagalan pemutus karena besarnya arus hubung singkat melampaui kemampuan dari pemutusannya.

Karena adanya kemungkinan kegagalan pada sistem pengamanan maka harus dapat diatasi yaitu dengan penggunaan pengaman cadangan (*Back up*

Protection). Dengan demikian sistem proteksi menurut fungsinya dapat dikelompokkan menjadi:

1. Pengaman utama yang umumnya harus memenuhi semua syarat dari sistem proteksi.
2. Pengaman cadangan, umumnya mempunyai perlambatan waktu, hal ini untuk memberikan kesempatan kepada pengaman utama untuk bekerja lebih dahulu, dan jika pengaman utama gagal barulah pengaman cadangan bekerja dan rele ini tidak selektif pengaman utama.

2.3 Rele Proteksi

2.3.1 Pengertian Rele Proteksi

Rele proteksi merupakan suatu alat baik elektronik maupun magnetik yang dirancang untuk merasakan dan mendeteksi suatu kondisi ketidaknormalan pada sistem tenaga listrik. Jika terjadi gangguan maka rele secara otomatis akan memberikan sinyal perintah untuk membuka pemutus tenaga (PMT) agar bagian yang terganggu dapat dipisahkan dari sistem. Rele dapat mengetahui gangguan dengan mengukur atau membandingkan besaran yang diterimanya seperti arus, tegangan, frekuensi, daya, sudut fasa dan sebagainya sesuai dengan jenis dan besaran rele yang ditentukan. Alat tersebut akan mengambil keputusan seketika dengan perlambatan waktu membuka pemutus tenaga. Pemutus tenaga harus mempunyai kemampuan untuk memutus arus maksimum hubung singkat yang melewatinya dan harus mampu menutup rangkaian dalam keadaan hubung singkat kemudian membuka kembali.

2.3.2 Fungsi Rele Proteksi

Secara umum pada prinsipnya rele yang dipasang pada sistem tenaga mempunyai tiga fungsi yaitu:

1. Merasakan, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkannya dengan cepat.
2. Mengurangi gangguan kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu.
3. Mengurangi pengaruh gangguan terhadap sistem yang lain yang tidak terganggu dalam sistem tersebut serta dapat beroperasi normal dan juga untuk mencegah meluasnya gangguan.

2.3.3 Kriteria Rele Proteksi

Untuk dapat menjaga kelangsungan penyaluran tenaga listrik, maka rele harus memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut:

1. *Keandalan (Reliability)*

Pada keadaan normal atau tidak terjadi gangguan, mungkin dalam waktu yang lama rele tidak bekerja. Namun ketika suatu saat terjadi gangguan maka rele tidak boleh gagal bekerja dalam mengatasi gangguan tersebut.

2. *Sensitivitas (Sensitivity)*

Rele harus memiliki kepekaan yang tinggi terhadap besaran minimal sesuai dengan pengaturannya. Rele harus bekerja pada saat awal terjadi gangguan, sehingga gangguan lebih mudah diatasi pada awal kejadian. Disamping itu rele juga harus stabil, artinya:

- a. Rele harus dapat membedakan antara arus gangguan dan arus beban maksimum.
- b. Pada saat pemasokan trafo daya, rele tidak boleh bekerja karena adanya arus inrush yang besarnya seperti arus gangguan, yaitu 3-5 kali arus beban maksimum.

3. *Selektivitas (Selectivity)*

Selektivitas berarti kemampuan untuk mengenali gangguan dan memberikan perintah ke pemutus tenaga untuk membuka seminimal mungkin untuk mengatasi gangguan.

4. *Kecepatan Kerja/Reaksi*

Rele pengaman harus mampu memutuskan dan memisahkan gangguan secara cepat dengan waktu gangguan yang minimum dan rele bekerja sesuai dengan pengaturan waktu yang telah ditetapkan.

5. *Ekonomis*

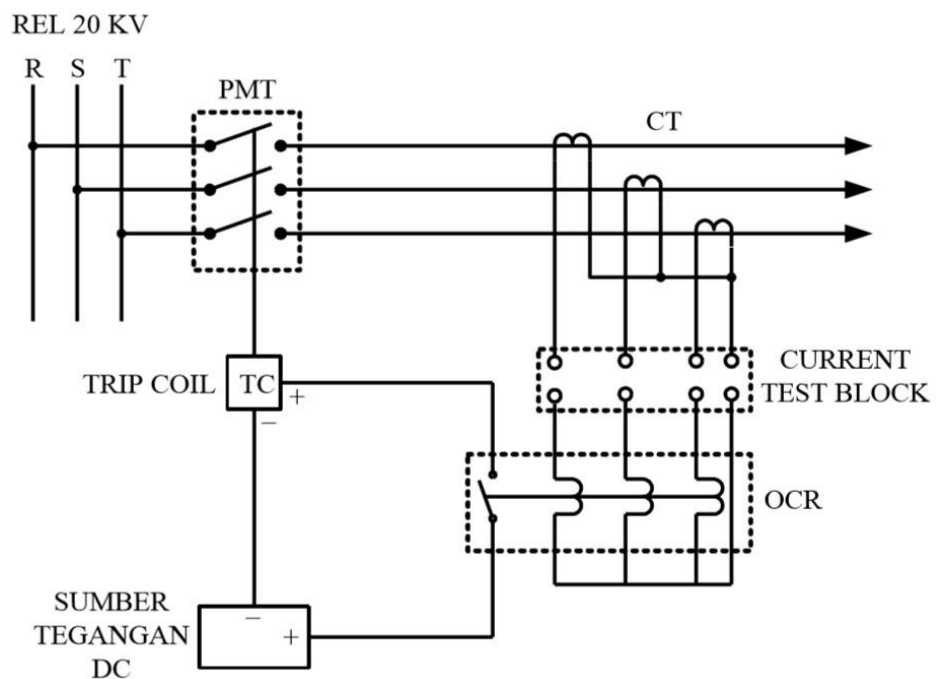
Memiliki kemampuan proteksi yang maksimum dengan biaya yang minimum. Keempat persyaratan di atas hendaknya tidak menyebabkan harga rele menjadi mahal.

2.4 Relé Arus Lebih

2.4.1 Pengertian Relé Arus Lebih

Relé arus lebih merupakan peralatan yang dapat merasakan adanya arus lebih yang disebabkan karena adanya gangguan hubung singkat maupun adanya beban berlebih (*overload*) yang dapat merusak peralatan yang berada di wilayah proteksi. Relé ini berfungsi sebagai pengaman cadangan (*back up protection*) pada trafo tenaga untuk gangguan eksternal atau sebagai pengaman cadangan pada outgoing feeder.

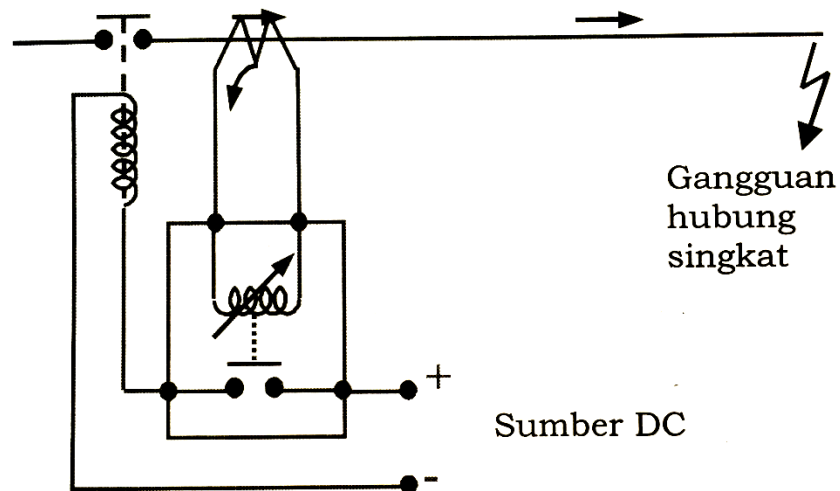
Pada dasarnya relé ini bekerja karena adanya arus lebih yang dirasakan baik karena hubung singkat maupun beban berlebih, yang kemudian akan memerintahkan PMT untuk membuka sehingga gangguan dapat dipisahkan dari sistem.



Gambar 2.1 Rangkaian pengawatan rele arus lebih

2.4.2 Pendeteksian Rele Arus Lebih

Cara mendeteksi besarnya arus gangguan hubung singkat, melalui trafo arus dengan ratio disesuaikan dengan peralatan yang ada, rele yang dipergunakan dapat mempergunakan nominal arus yang kecil (5 A, atau 1 A).



Gambar 2.2 Pendeteksi arus gangguan dengan CT

Keuntungannya, antara lain:

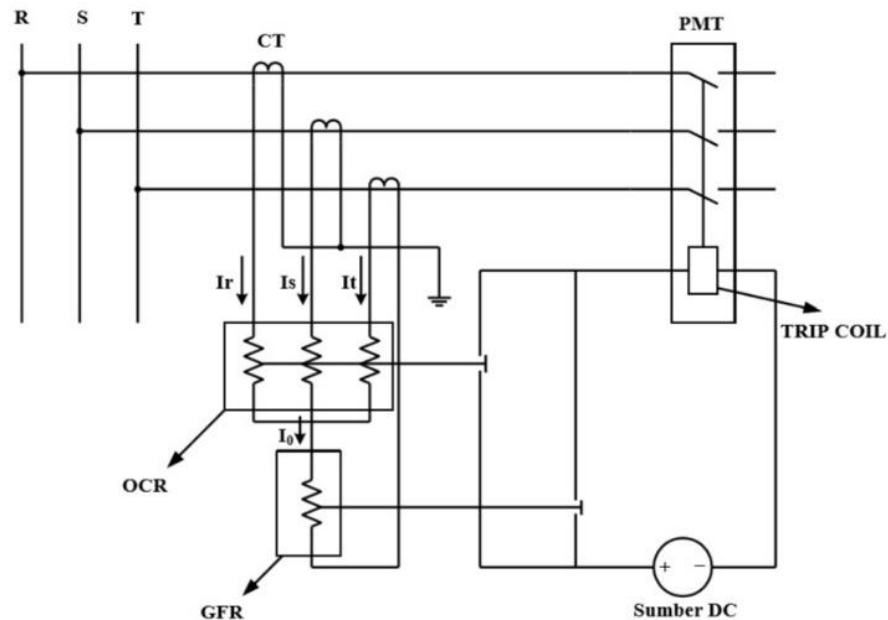
1. Akurasi bisa dibuat tinggi
2. Karakteristik bisa lebih disesuaikan
3. Pemeliharaan alat deteksi tidak perlu padam
4. Mengubah setelan lebih aman

Jika ada arus gangguan hubung singkat di jaringan (pada gambar 2.2), akan dideteksi oleh *Current Transformer* (CT) selanjutnya mentransfer besaran arus primer ke besaran arus sekunder, rele detektor menghubungkan arus dc dari sumber dc sehingga terhubung ke PMT, PMT *trip* (lepas). Karakteristik bisa dipilih: *Definite*, *Inverse*, *Very-Inverse* atau *Extremely Inverse*.

2.5 Rele Gangguan Tanah

2.5.1 Pengertian Rele Gangguan Tanah

Rele jenis ini memiliki prinsip kerja seperti halnya rele arus lebih (OCR), namun pada pengaplikasiannya berbeda. OCR akan mendeteksi bila terjadi hubung singkat antar fasa, sedangkan GFR akan mendeteksi bila terjadi hubung singkat ke tanah. Diagram pengawatan GFR ditunjukkan pada Gambar 2.3.

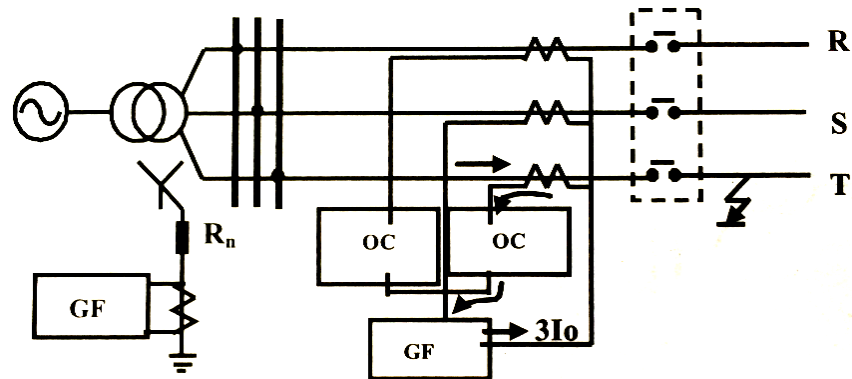


Gambar 2.3 Rangkaian pengawatan rele gangguan tanah

2.5.2 Pendekteksian Rele Gangguan Tanah

Pada gambar 2.3 besar arus I_r , I_s , I_t pada kondisi normal adalah seimbang, sehingga pada kawat tanah tidak mengalir arus dan rele gangguan tanah pun tidak bekerja. Bila terjadi hubung singkat ke tanah maka akan timbul ketidakseimbangan arus, sehingga pada kawat pentanahan akan mengalir arus urutan nol dan mengakibatkan GFR bekerja.

Cara koordinasi rele gangguan tanah, pada prinsipnya sama dengan cara koordinasi rele arus lebih fasa, apakah dari jenis *definite time relay*, *inverse time relay*, atau *IDMT relay*. Tetapi perlu dipahami bagaimana mendeteksi arus gangguan tanah.



Gambar 2.4 Pendeteksian arus gangguan tanah

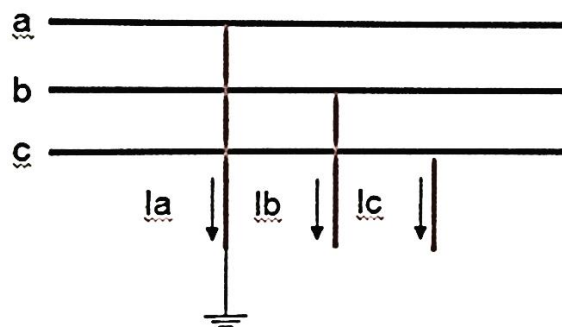
2.6 Perhitungan Arus Hubung Singkat

2.6.1 Pehitungan Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Pada gambar menerangkan diagram pada jaringan yang terganggu dan rangkaian urutan untuk gangguan satu fasa ke tanah.

$$V_a = 0$$

$$I_b = I_c = 0$$

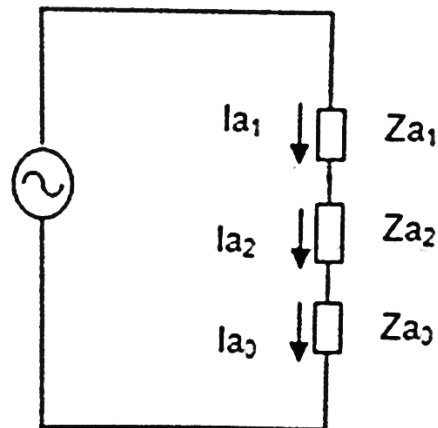


Gambar 2.5 Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

Maka:

$$I_{a1} = \frac{V}{(Z_1 + Z_2 + Z_0)}$$

$$I_{a1} = I_{a2} = I_{a0} = \frac{V}{(Z_1 + Z_2 + Z_0)}$$



Gambar 2.6 Rangkaian ekivalen gangguan satu fasa ke tanah

Maka arus gangguannya pada fasa A:

$$I_a = I_{a1} + I_{a2} + I_{a0}$$

$$I_b = a^2 I_{a1} + a I_{a2} + I_{a0}$$

$$I_c = a I_{a1} + a^2 I_{a2} + I_{a0}$$

$$V_{I_a} = I_{a1} + I_{a2} + I_{a0}$$

$$= 3I_{a1}$$

$$I_a = \frac{3V}{(Z_1 + Z_2 + Z_0)}$$

Dimana:

I_{a1} = Arus gangguan pada fasa urutan positif

I_{a2} = Arus gangguan pada fasa urutan negatif

I_{a0} = Arus gangguan pada fasa urutan nol

Z_{a1} = Impedansi gangguan pada fasa urutan positif

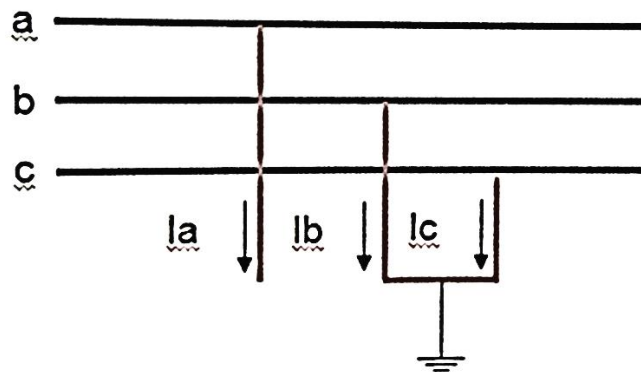
Z_{a2} = Impedansi gangguan pada fasa urutan negatif

Z_{a0} = Impedansi gangguan pada fasa urutan nol

V = Tegangan

2.6.2 Perhitungan Arus Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah

Gangguan dua fasa ke tanah terjadi karena dua penghantar fasanya terhubung ke tanah baik secara langsung atau tidak langsung. Gambar 2.7 memperlihatkan gambaran umum dari gangguan dua fasa ke tanah.



Gambar 2.7 Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah

Gangguan terjadi di fasa B dan fasa C. Kondisi pada saat gangguan:

$$I_a = 0$$

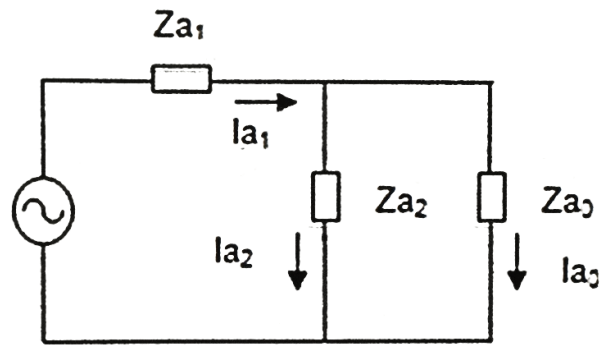
$$V_b = V_c = 0$$

Tegangan urutan pada gangguan dua fasa ke tanah:

$$V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0}$$

$$V_b = a^2 V_{a1} + a V_{a2} + V_{a0}$$

$$V_c = a V_{a1} + a^2 V_{a2} + V_{a0}$$



Gambar 2.8 Rangkaian ekivalen gangguan dua fasa ke tanah

$$I_{a1} = \frac{V}{Z + \frac{Z_0 \times Z_2}{Z_0 + Z_2}}$$

$$I_{a1} = \frac{Z_0 \cdot Z_2}{Z_1 \cdot Z_0 + Z_1 + Z_2 + Z_0 \cdot Z_2} \times V$$

$$I_{a2} = - \frac{Z_0}{Z_1 + Z_2} \times I_{a1}$$

$$I_{a0} = - \frac{Z_2}{Z_0 + Z_2} \times I_{a1}$$

Maka:

$$I_a = I_{a1} + I_{a2} + I_{a0}$$

$$I_b = a^2 I_{a1} + a I_{a2} + I_{a0}$$

$$I_c = a I_{a1} + a^2 I_{a2} + I_{a0}$$

Dimana:

I_{a1} = Arus gangguan pada fasa urutan positif

I_{a2} = Arus gangguan pada fasa urutan negatif

I_{a0} = Arus gangguan pada fasa urutan nol

Z_{a1} = Impedansi gangguan pada fasa urutan positif

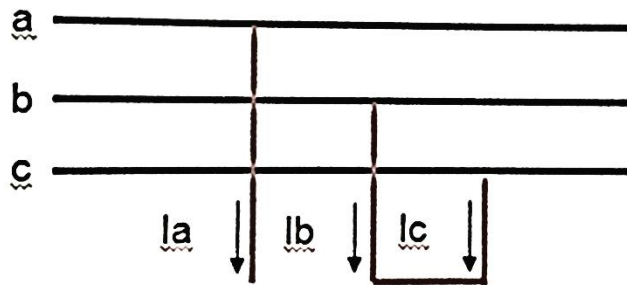
Z_{a2} = Impedansi gangguan pada fasa urutan negatif

Z_{a0} = Impedansi gangguan pada fasa urutan nol

V = Tegangan

2.6.3 Perhitungan Arus Hubung Singkat Dua Fasa

Perhitungan hubung singkat fasa b dan c. Gambar 2.9 memperlihatkan gambaran umum dari gangguan hubung singkat dua fasa pada sistem tenaga listrik yang terjadi.



Gambar 2.9 Gangguan hubung singkat dua fasa

$$I_a = 0$$

$$I_b = -I_c$$

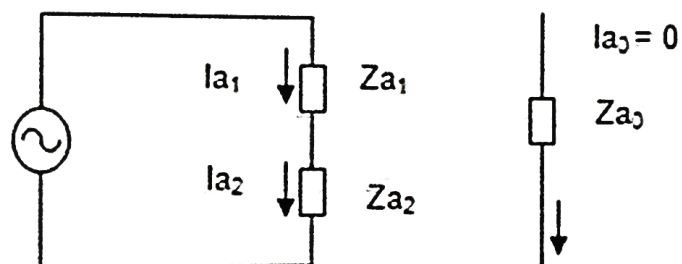
$$V_b = V_c$$

Dengan komponen simetris :

$$V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0}$$

$$V_b = a^2 V_{a1} + a V_{a2} + V_{a0}$$

$$V_c = a V_{a1} + a^2 V_{a2} + V_{a0}$$



Gambar 2.10 Rangkaian ekivalen gangguan dua fasa

$$I_{a1} = \frac{V}{Z_1 + Z_2}$$

$$I_{a2} = -I_{a1} = -\frac{V}{Z_1 + Z_2}$$

$$I_{a0} = 0$$

Maka:

$$I_a = I_{a1} + I_{a2} + I_{a0} = 0$$

$$I_b = a^2 I_{a1} + a I_{a2} + I_{a0} = (a^2 - a) I_{a1} = -j I_{a1} \sqrt{3}$$

$$I_b = -j \frac{V}{Z_1 + Z_2} \sqrt{3} = \frac{V}{Z_1 + Z_2} \angle -90^\circ$$

$$I_b = \frac{V}{Z_1 + Z_2} \angle -90^\circ$$

$$I_c = a I_{a1} = a^2 I_{a2} + I_{a0} = (a - a^2) I_{a1} = j I_{a1} \sqrt{3}$$

$$I_c = \frac{V}{Z_1 + Z_2} \angle 90^\circ$$

Dimana:

I_{a1} = Arus gangguan pada fasa urutan positif

I_{a2} = Arus gangguan pada fasa urutan negatif

I_{a0} = Arus gangguan pada fasa urutan nol

Z_{a1} = Impedansi gangguan pada fasa urutan positif

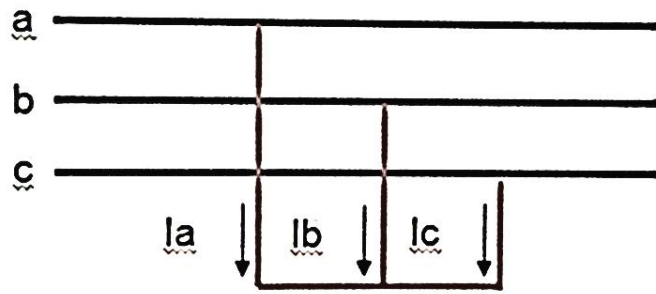
Z_{a2} = Impedansi gangguan pada fasa urutan negatif

Z_{a0} = Impedansi gangguan pada fasa urutan nol

V = Tegangan

2.6.4 Perhitungan Arus Hubung Singkat Tiga Fasa

Gangguan hubung singkat tiga fasa merupakan gangguan seimbang, pada gambar 2.11 memperlihatkan gambaran umum dari gangguan tiga fasa pada sistem tenaga listrik yang terjadi.

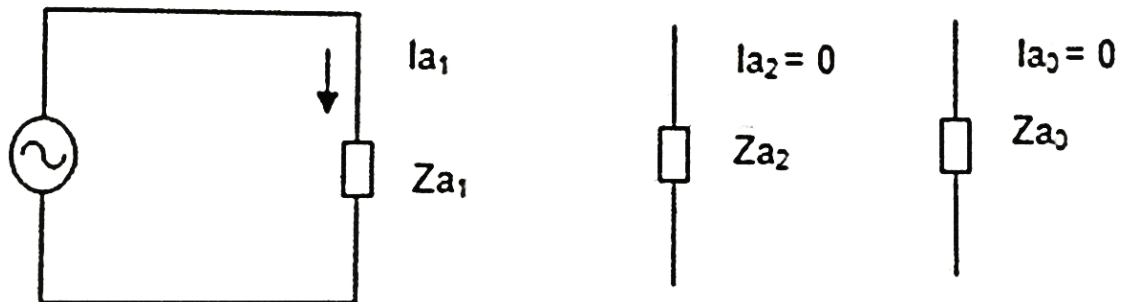


Gambar 2.11 Gangguan hubung singkat tiga fasa

Kondisi saat terjadi hubung singkat tiga fasa sistem dalam keadaan seimbang (simetris), maka arus urutan negatif dan nol tidak ada.

$$V_a = V_b = V_c$$

$$I_a + I_b + I_c = 0$$



Gambar 2.12 Rangkaian ekivalen gangguan tiga fasa

Dan besarnya arus gangguan:

$$I_{a1} = \frac{V}{Z_{a1}}$$

$$I_{a2} = 0$$

$$I_{a0} = 0$$

Maka:

$$I_a = I_{a1} + I_{a2} + I_{a0}$$

$$I_b = a^2 I_{a1} + a I_{a2} + I_{a0}$$

$$I_c = a I_{a1} + a^2 I_{a2} + I_{a0}$$

$$I_a = I_{a1}$$

$$I_b = a^2 I_{a1} = I_{a1} \angle -120^\circ$$

$$I_c = a I_{a1} = I_{a1} \angle 120^\circ$$

Dimana:

I_{a1} = Arus gangguan pada fasa urutan positif

I_{a2} = Arus gangguan pada fasa urutan negatif

I_{a0} = Arus gangguan pada fasa urutan nol

Z_{a1} = Impedansi gangguan pada fasa urutan positif

Z_{a2} = Impedansi gangguan pada fasa urutan negatif

Z_{a0} = Impedansi gangguan pada fasa urutan nol

V = Tegangan

2.7 Penyetelan Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah

2.7.1 Penyetelan Rele Arus lebih

Penyetelan rele arus lebih terdiri dari 2 aspek utama, yaitu nilai setelan arus dan setelan waktu (TMS).

1. *Setelan Arus (Iset)*

Setelan arus merupakan nilai arus yang harus ditentukan dalam penyetelan rele arus lebih yang digunakan sebagai pembatas nilai arus yang boleh dilewati rele selama jangka waktu tertentu sebagai pengaman suatu sistem. Penyetelan nilai arus rele arus lebih dapat berdasarkan nilai arus nominal peralatan atau nilai arus beban.

Setelan arus (Iset) pada sisi primer yaitu:

$$I_{set} (prim) = 1,5 \times I_{nominal} \text{ peralatan}$$

Atau

$$I_{set} (prim) = 1,05 - 1,3 \times I_{beban}$$

Nilai setelan (Iset) pada sisi sekunder dihitung dengan menggunakan trafo arus (CT) yang terpasang pada sisi primer maupun sekunder trafo tenaga, yang dinyatakan dengan rumus, yaitu:

$$I_{set} (sek) = I_{set} (prim) \times \frac{1}{\text{ratio CT}}$$

2. *Setelan Waktu (TMS)*

Setelan waktu bergantung dari karakteristik waktu yang digunakan dan sesuai kebutuhan koordinasi dengan sis tegangan yang lain.

2.7.2 Penyetelan Rele Gangguan Tanah

Penyetelan rele gangguan tanah terdiri dari 2 aspek utama, yaitu nilai setelan arus dan setelan waktu (TMS).

1. *Setelan Arus (Iset)*

Sama dengan arus setelan rele arus lebih, arus setelan rele gangguan tanah merupakan nilai arus yang digunakan sebagai batas nilai arus yang boleh dilewati rele selama jangka waktu tertentu sebagai pengaman suatu sistem. Penyetelan nilai rele gangguan tanah berdasarkan dari nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah yang terjadi atau dari arus nominal peralatan.

$$I_{set} (prim) = 0,2 \times I_{nominal} \text{ peralatan}$$

atau

$$I_{set} (prim) = 0,05 - 0,1 \times I_{gangguan \ 1 \ fasa \ ke \ tanah}$$

Nilai setelan arus (Iset) pada sisi sekunder dihitung dengan menggunakan trafo arus (CT) yang terpasang pada sisi primer maupun sekunder trafo tenaga, yang dinyatakan dengan rumus, yaitu:

$$I_{set} (sek) = I_{set} (prim) \times \frac{1}{\text{ratio CT}}$$

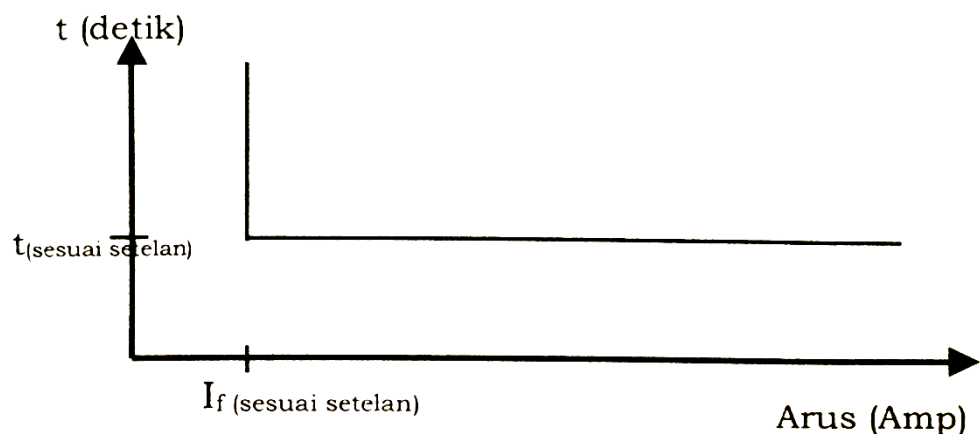
2. *Setelan Waktu (TMS)*

Setelan waktu bergantung dari karakteristik waktu yang digunakan dan sesuai keperluan koordinasi dengan sisi tegangan yang lain.

2.8 Karakteristik Waktu Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah

Berdasarkan karakteristik operasi, rele arus lebih dapat dibedakan menjadi:

2.8.1 Definite Time

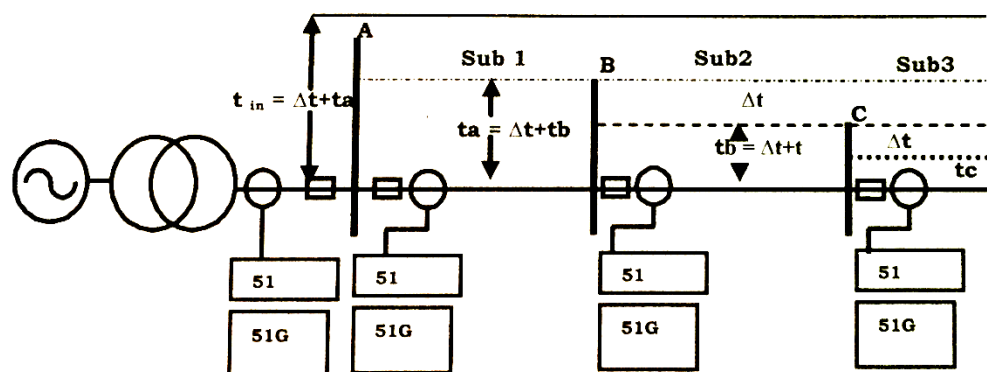


Gambar 2.13 Grafik moment

Kurva *definite time* dapat dilihat pada gambar 2.13 dimana waktu kerjanya lebih lama dari waktu setelan instant dan setelan rele didasarkan pada setelan arus beban. Sesuai BS 142. 1966, setelan arus sebagai berikut:

Setelan arus : $1,2 \text{ s} - 1,3 \times I_{\text{beban}}$

Waktu (t) : 0,3 detik (minimum)



Gambar 2.14 Koordinasi waktu pada definite time relay

2.8.2 Inverse Time

Setelan proteksi dengan mempergunakan karakteristik *inverse time relay* adalah karakteristik yang grafiknya terbalik antara arus dan waktu, dimana makin besar arus makin kecil waktu yang dibutuhkan untuk membuka pemutus tenaga (PMT). Keuntungannya dapat menekan komulatif waktu dari sisi hilir sampai hulu dan rele dapat bekerja dengan cepat. Sedangkan kerugiannya sensitif terhadap perubahan kapasitas pembangkit yang memasok sistem distribusi

Karakteristik invers sesuai IEC 60255-3 dan BS 142 1966, sebagai berikut:

$$t = \frac{\beta}{\left(\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^\alpha - 1\right)} \cdot Tms \text{ (detik)} \qquad Tms = \frac{\left(\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^\alpha - 1\right)}{\beta} \cdot t$$

Tabel 2.1. Tabel nilai faktor α dan β pada kurva arus vs waktu

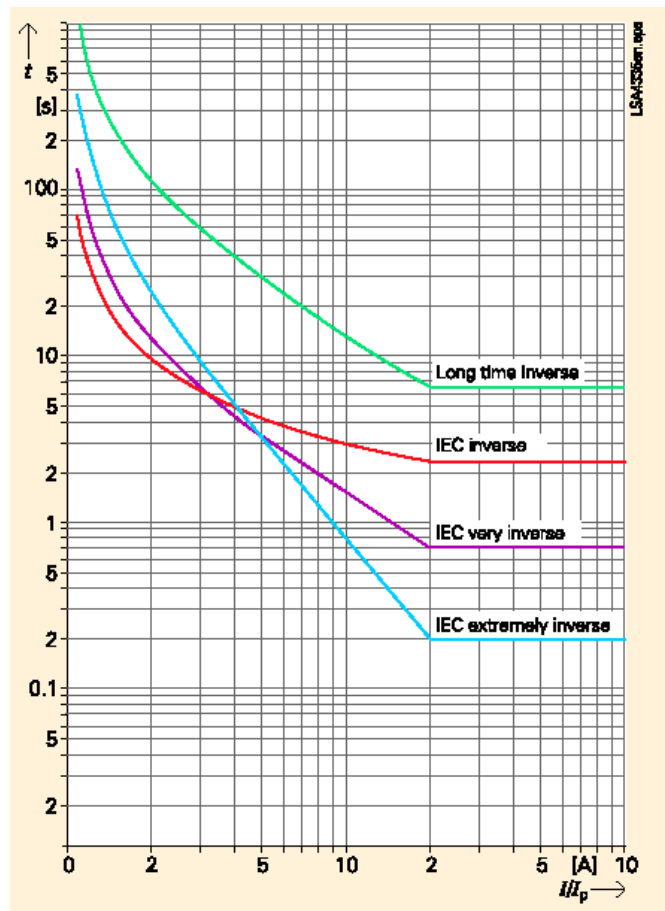
Nama Kurva	α	β
Standard Inverse	0,02	0,14
Very Inverse	1	13,2
Extremely Inverse	2	80
Long Inverse	1	120

Dimana: t = Waktu tripnya rele (detik)

I_f = Arus gangguan hubung singkat (A)

I_{set} = Setelan arus yang dimasukkan ke rele (A)

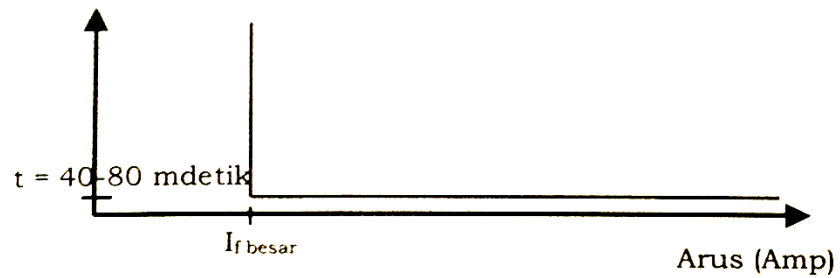
Tms = Time multiplier setting, nilai ini yang diset kan ke rele sebagai konstanta (tanpa satuan)



Gambar 2.15 Karakteristik waktu rele waktu terbalik (inverse time)

2.8.3 Instantaneous Relay ($I \gg I_p$)

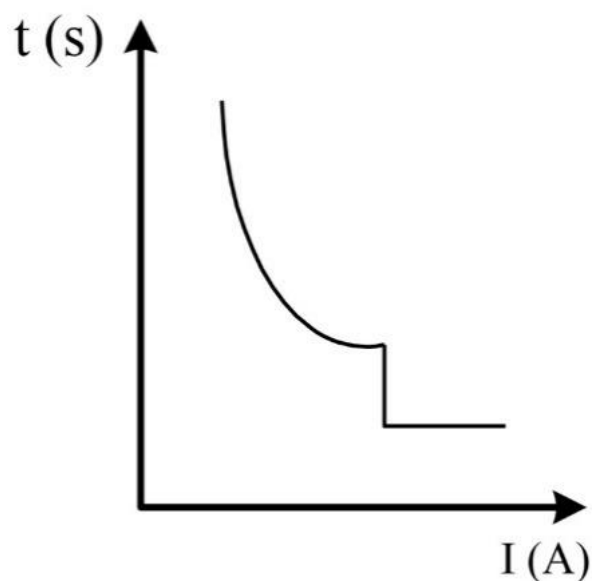
Setelannya tanpa waktu tunda, tapi masih bekerja dengan waktu cepat sebesar 50 s/d 100 milidetik, dengan karakteristik seperti terlihat pada gambar 2.16, bekerjanya didasarkan pada besarnya arus gangguan hubung singkat yang dipilih. Pada setelan koordinasi proteksi di sistem distribusi tegangan menengah dipergunakan/disebut setelan moment/instant/cepat. Setelan rele dengan karakteristik instant/moment dapat diset kan pada OCR atau GFR.



Gambar 2.16 Grafik instantaneous

2.8.4 Inverse Definite Minimum Time (IDMT)

Karakteristik rele ini adalah memiliki bagian invers untuk arus gangguan kecil dan bagian landai untuk arus gangguan yang besar, sehingga semakin besar arus gangguan yang terjadi maka akan semakin cepat rele bekerja. Tetapi pada saat tertentu yaitu pada saat mencapai waktu yang telah ditentukan maka kerja rele tidak lagi ditentukan oleh arus gangguan tetapi oleh waktu. Keuntungan menggunakan rele jenis ini adalah sebagai pengaman banyak saluran. Rele ini dapat memberikan pengamanan yang cepat, baik di ujung saluran maupun yang berada dekat sumber.



Gambar 2.17 Rele arus lebih IDMT

2.9 Koordinasi Rele Proteksi Menggunakan Program

Untuk melakukan studi koordinasi rele proteksi, harus dilakukan perhitungan aliran daya dan perhitungan hubung singkat serta mengetahui *single line diagram* dan peralatan spesifikasi yang ada. Perhitungan ini memungkinkan untuk mengembangkan sistem yang handal dan terkoordinasi.

Alat proteksi yang digunakan dalam industri adalah rele arus lebih dan rele gangguan tanah (50/51, 50/51G), rele *differensial* (87), rele arus lebih berarah (67), rele *under voltage / over voltage* (27/59), rele *voltage restraint overcurrent* (51V) atau impedansi (21) untuk generator, rele *underfrequency / over frequency* (81U/O), sekering, dan pemutus tenaga tegangan rendah. Dengan pengecualian rele diferensial yang merupakan zona tertutup, proteksi lainnya adalah zona terbuka dan waktunya perlu dikoordinasikan.

Rele arus lebih dan sekering mempunyai waktu operasi yang bergantung pada arus gangguan saat operasi. Kurva koordinasi antara arus dan waktu dapat disajikan berupa grafik yang diterbitkan dari pabrik dan dilihat dengan menggunakan program komputer. Menggambar kurva koordinasi waktu dan arus secara manual untuk sistem besar akan menyulitkan dan memakan waktu. Aplikasi perangkat lunak komputer menawarkan alternatif yang lebih baik, menghemat waktu, dan membuatnya lebih mudah.

Data yang dibutuhkan untuk perhitungan:

1. *Single line diagram* beserta spesifikasi peralatan seperti generator, trafo instrumen, transformator daya dan mesin–mesin yang beroperasi, rele, rating sekering, dan ukuran penyulang.

2. Nilai maksimal dan minimal dari arus hubung singkat yang mengalir melalui setiap perangkat proteksi.
3. Arus beban maksimum pada semua sirkuit, termasuk data arus *starting* pada motor besar.
4. Kurva karakteristik pabrik dari rele, sekering, pemutus tenaga, dan perangkat pelindung lainnya.
5. Kurva batas kemampuan peralatan, seperti transformator menahan arus gangguan, kemampuan motor menahan panas selama berakselerasi, kerusakan termal kabel atau kemampuan menahan arus gangguan.