



BAB II

LANDASAN TEORI



2.1 Sistem Distribusi

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah:

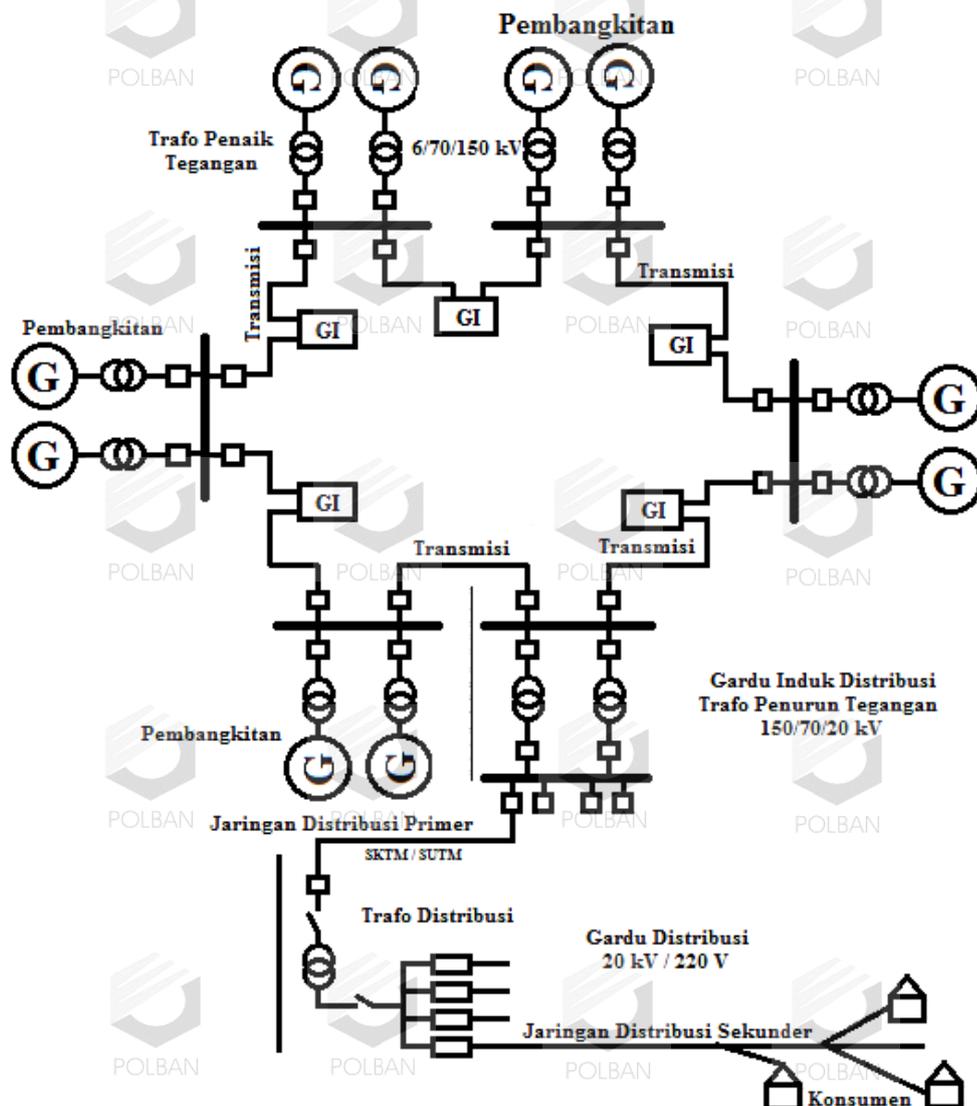
1. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan).
2. Merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir (I^2R). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula.

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

Pada sistem penyaluran daya jarak jauh, selalu digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan trafo-trafo penaik tegangan. Nilai tegangan yang sangat tinggi ini (HV,UHV,EHV) menimbulkan beberapa

konsekuensi antara lain: berbahaya bagi lingkungan dan mahal nya harga perlengkapan-perengkapannya, selain menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada sisi beban. Maka, pada daerah-daerah pusat beban tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan trafo-trafo penurun tegangan. Akibatnya, bila ditinjau nilai tegangannya, maka mulai dari titik sumber hingga di titik beban, terdapat bagian-bagian saluran yang memiliki nilai tegangan berbeda-beda.



Gambar 2.1 Penyaluran tenaga listrik [6]

Untuk kemudahan dan penyederhanaan, lalu diadakan pembagian serta pembatasan - pembatasan seperti pada Gambar diatas:

Daerah I : Bagian pembangkitan (*Generation*)

Daerah II : Bagian penyaluran (*Transmission*), bertegangan tinggi (HV,UHV, EHV).

Daerah III : Bagian distribusi primer, bertegangan menengah (6 atau 20kV).

Daerah IV : (Di dalam bangunan pada beban/konsumen), instalasi, bertegangan rendah.

Berdasarkan pembatasan-pembatasan tersebut, maka diketahui bahwa porsi materi sistem distribusi adalah daerah III dan IV, yang pada dasarnya dapat diklasifikasikan menurut beberapa cara, bergantung dari segi apa klasifikasi itu dibuat. Dengan demikian ruang lingkup jaringan distribusi adalah:

- a. SUTM, terdiri dari : tiang dan peralatan kelengkapannya, konduktor dan peralatan perlengkapannya, serta peralatan pengaman dan pemutus.
- b. SKTM, terdiri dari : kabel tanah, *indoor* dan *outdoor termination* dan lain-lain.
- c. Gardu trafo, terdiri dari : transformator, tiang, pondasi tiang, rangka tempat trafo, LV panel, pipa-pipa pelindung, *arrester*, kabel-kabel, transformer *band*, peralatan *grounding*, dan lain-lain.
- d. SUTR dan SKTR, terdiri dari : sama dengan perlengkapan / material pada SUTM dan SKTM, yang membedakan hanya dimensinya.

2.2 Klasifikasi Saluran Distribusi Tenaga Listrik

Secara umum, saluran tenaga Listrik atau saluran distribusi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Menurut nilai tegangannya:
 - a. Saluran distribusi primer, terletak pada sisi primer trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder trafo *substation* (Gardu Induk) dengan titik primer trafo distribusi. Saluran ini bertegangan menengah 20 kV. Jaringan listrik 70 kV atau 150 kV, jika langsung melayani pelanggan, bisa disebut jaringan distribusi.
 - b. Saluran distribusi sekunder, terletak pada sisi sekunder trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder dengan titik cabang menuju beban.

2. Menurut bentuk tegangannya:

- a. Saluran Distribusi DC (*Direct Current*) menggunakan sistem tegangan searah.
- b. Saluran Distribusi AC (*Alternating Current*) menggunakan sistem tegangan bolak-balik.

3. Menurut jenis/tipe konduktornya:

- a. Saluran udara, dipasang pada udara terbuka dengan bantuan penyangga (tiang) dan perlengkapannya, dan dibedakan atas:
 - Saluran kawat udara, bila konduktornya telanjang, tanpa isolasi pembungkus.
 - Saluran kabel udara, bila konduktornya terbungkus isolasi.
- b. Saluran Bawah Tanah, dipasang di dalam tanah, dengan menggunakan kabel tanah (*ground cable*).
- c. Saluran Bawah Laut, dipasang di dasar laut dengan menggunakan kabel laut (*submarine cable*).

4. Menurut susunan (konfigurasi) salurannya:

- a. Saluran konfigurasi horizontal, bila saluran fasa terhadap fasa yang lain/terhadap netral, atau saluran positif terhadap negatif (pada sistem DC) membentuk garis horisontal.
- b. Saluran konfigurasi vertikal, bila saluran-saluran tersebut membentuk garis vertikal
- c. Saluran konfigurasi delta, bila kedudukan saluran satu sama lain membentuk suatu segitiga (delta).

5. Menurut Susunan Rangkaiannya

Dari uraian diatas telah disinggung bahwa sistem distribusi di bedakan menjadi dua yaitu sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder.

a. Jaringan Sistem Distribusi Primer.

Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat-pusat beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi

lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan di suplai tenaga listrik sampai ke pusat beban.

Terdapat bermacam-macam bentuk rangkaian (konfigurasi) jaringan distribusi primer, yaitu:

- Konfigurasi Jaringan Distribusi *Radial*

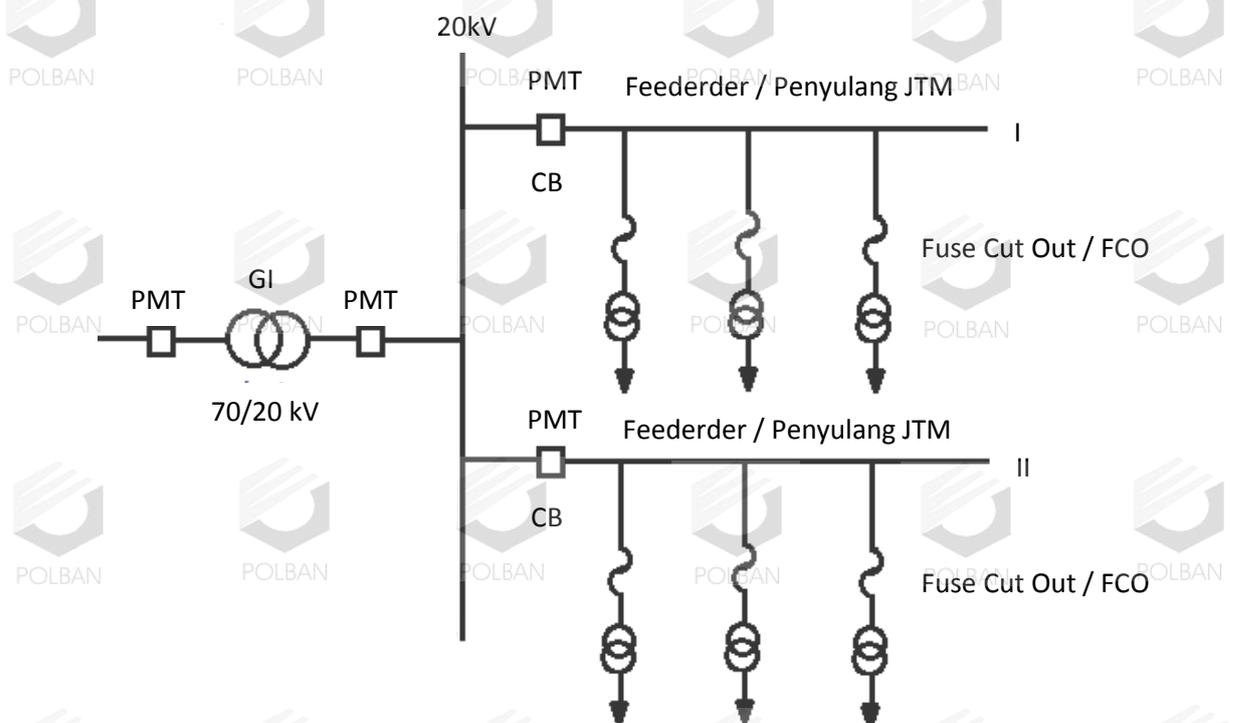
Konfigurasi jaringan *radial* merupakan sistem yang paling sederhana dibandingkan dengan sistem lainnya.

Keuntungan konfigurasi jaringan *radial* :

- Pengoperasiannya mudah
- Mudah dalam mencari gangguan
- Lebih sederhana
- Biaya relatif murah

Kerugian sistem primer *radial* :

- Tingkat kontinuitas pelayanan sistem ini rendah
- Nilai drop tegangan sangat besar terutama pada saluran yang paling jauh dari penyulangnya.



Gambar 2.2 Konfigurasi jaringan *radial* primer [6]

Bentuk-bentuk konfigurasi *radial* yaitu: *radial* murni dan *radial* tipe pohon.

- Konfigurasi Jaringan distribusi ring (*loop*)

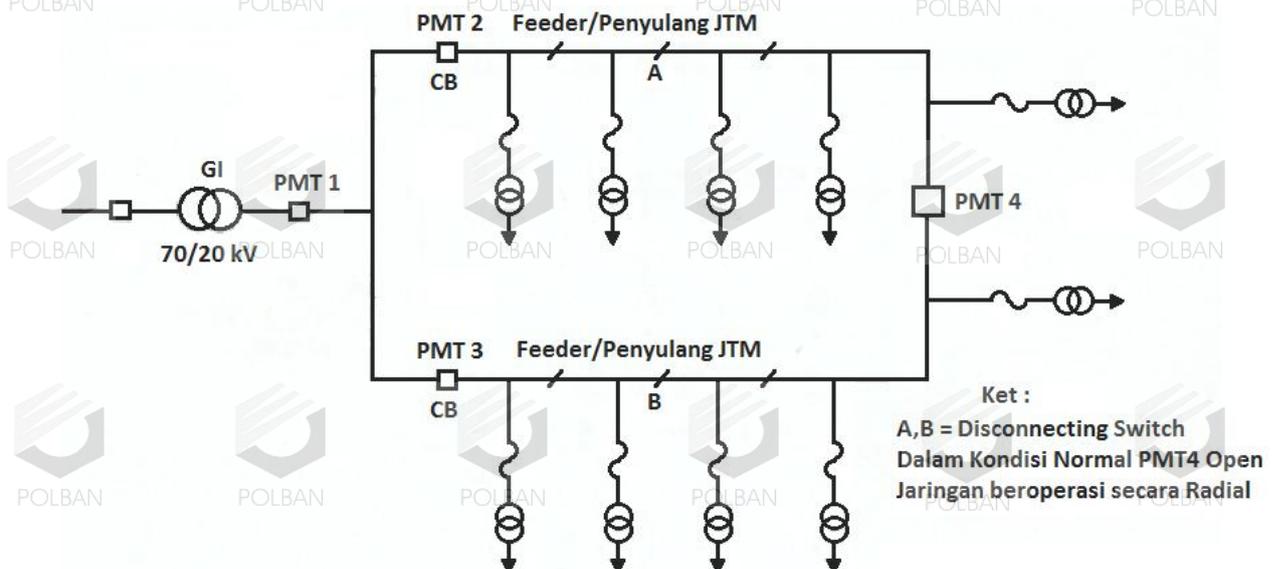
Konfigurasi jaringan ring merupakan sistem yang dikembangkan dari sistem *radial*, dimana sistem ini banyak dijumpai pada daerah industri.

Keuntungan sistem primer ring :

- Tingkat keandalan lebih tinggi dibandingkan dengan sistem *radial*

Kerugian sistem primer ring :

- Lebih rumit jika dibandingkan dengan sistem *radial*
- Biaya relatif mahal jika dibandingkan dengan sistem *radial*



Gambar 2.3 Konfigurasi jaringan ring primer [6]

Sistem ini terdiri dari dua jenis yaitu:

1. Sistem *open loop*
2. Sistem *close loop*

- Konfigurasi Jaringan *Spindel*

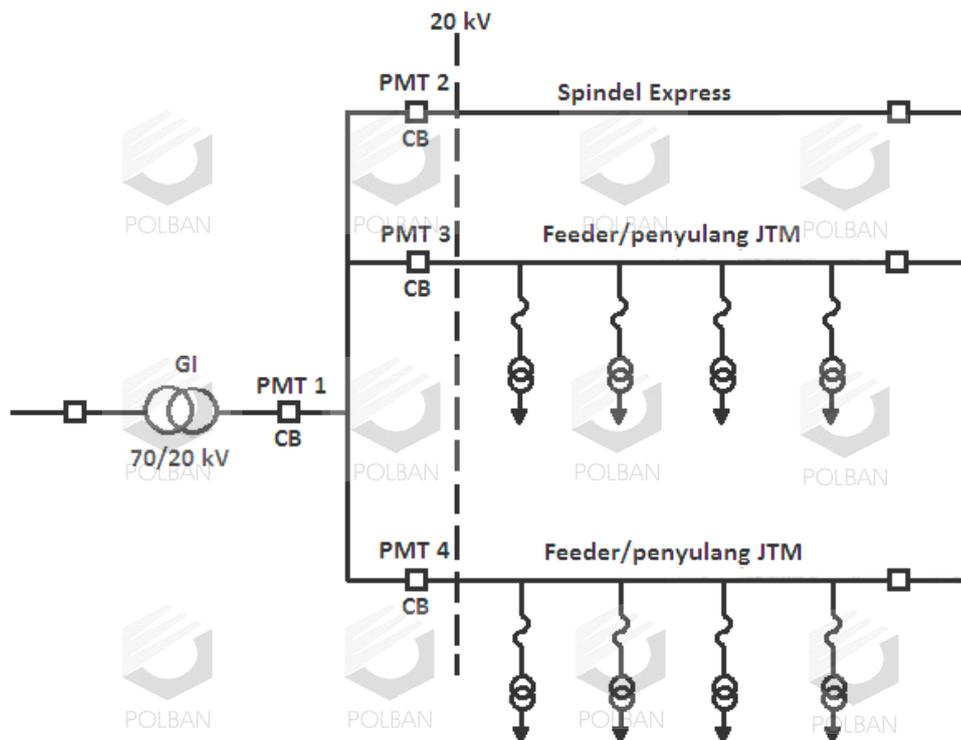
Sistem primer *spindel* merupakan sistem yang dikembangkan dari sistem *radial* dan ring, dimana sistem ini banyak dijumpai pada daerah dalam kota besar yang padat penduduknya.

Keuntungan primer *spindel*:

- a. Tingkat keandalan paling tinggi, jika dibandingkan dengan sistem *radial* dan ring.

Kerugian primer *spindel* :

- a. Lebih rumit jika dibandingkan sistem *radial* dan ring
- b. Biaya relatif mahal



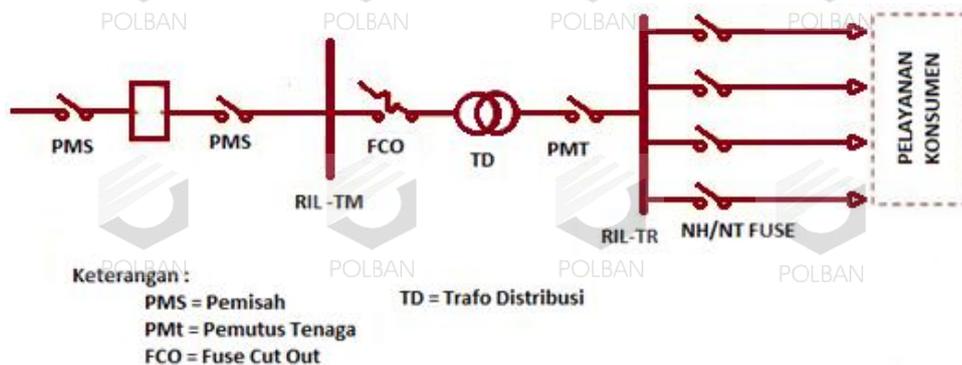
Gambar 2.4 Konfigurasi jaringan *spindel* primer [6]

b. Jaringan Sistem Distribusi Sekunder.

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di konsumen. Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial. Sistem ini dapat menggunakan kabel yang berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi. Sistem ini biasanya

disebut sistem tegangan rendah yang langsung akan dihubungkan kepada konsumen/pemakai tenaga listrik dengan melalui peralatan-peralatan sebagai berikut:

- Papan pembagi pada trafo distribusi.
- Hantaran tegangan rendah (saluran distribusi sekunder).
- Saluran Layanan Pelanggan (SLP) (ke konsumen/pemakai).
- Alat Pembatas dan Pengukur Daya (kWh meter) serta fuse atau pengaman pada pelanggan.



Gambar 2.5 Komponen sistem distribusi [8]

Sistem proteksi harus bekerja mengamankan peralatan yang berada di dalam sistem tenaga listrik pada saat terjadinya suatu gangguan. Peralatan proteksi merupakan peralatan yang mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian jaringan yang terganggu dari bagian lain yang tidak terganggu serta mengamankan bagian yang tidak terganggu dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar.

Bila ditinjau dari segi lamanya waktu gangguan pada sistem tenaga listrik ada yang bersifat temporer (gangguan sementara) dan ada juga yang bersifat permanen (gangguan stationer). Untuk gangguan temporer (gangguan sementara) ditandai dengan normalnya kerja dari PMT setelah dimasukkan kembali. Sedangkan gangguan permanen (gangguan stationer) ditandai dengan jatuhnya PMT setelah dimasukkan kembali, biasanya dilakukan hingga tiga kali.

Pada gangguan permanen, PMT dapat bekerja normal kembali setelah gangguan tersebut dapat diatasi. Sedangkan gangguan yang bersifat temporer,

penyebab gangguan akan hilang dengan sendirinya setelah PMT jatuh atau trip.

Untuk gangguan permanen terjadi dikarenakan adanya kerusakan pada sistem tenaga listrik, sehingga gangguan ini baru bisa diatasi setelah kerusakan pada peralatan tersebut sudah diperbaiki.

Ditinjau dari macamnya, gangguan hubung singkat dibedakan menjadi :

1. Gangguan tiga fasa
2. Gangguan dua fasa ke tanah
3. Gangguan dua fasa
4. Gangguan satu fasa ke tanah atau gangguan tanah

2.3 Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik

Gangguan yang mungkin terjadi di dalam sistem tenaga listrik adalah :

2.3.1 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Arus gangguan dihitung dengan menggunakan rumus umum (Hukum

Ohm), yaitu :

$$I = \frac{V}{Z} \text{ (Ampere)} \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan :

I = Arus yang mengalir pada hambatan Z (Amp)

V = Tegangan sumber (volt)

Z = Impedansi jaringan. Nilai ekuivalen dari seluruh impedansi didalam jaringan, dari sumber tegangan sampai titik gangguan (ohm).

Dengan mengetahui besarnya tegangan sumber dan nilai impedansi tiap komponen jaringan, serta bentuk konfigurasinya di dalam sistem, maka besarnya arus gangguan hubung singkat dapat dihitung dengan rumus di atas. Lebih lanjut, besarnya arus yang mengalir pada tiap komponen jaringan juga dapat dihitung dengan bantuan rumus tersebut.

Yang membedakan antara gangguan hubung singkat tiga fasa, dua fasa atau satu fasa ke tanah adalah impedansi yang terbentuk sesuai dengan jenis gangguan hubung singkat itu sendiri.

Hal ini ditunjukkan sebagai berikut :

Z untuk gangguan tiga-fasa

$$Z = Z_1$$

Z untuk gangguan dua-fasa

$$Z = Z_1 + Z_2$$

Z untuk gangguan satu-fasa ke tanah

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3$$

dengan :

Z_1 = Impedansi urutan Positif

Z_2 = Impedansi urutan Negatif

Z_0 = Impedansi urutan Nol

Gangguan hubung singkat tiga fasa adalah gangguan hubung singkat yang berupa hubungan pendek antara ketiga fasanya. Dengan persamaan sebagai berikut :

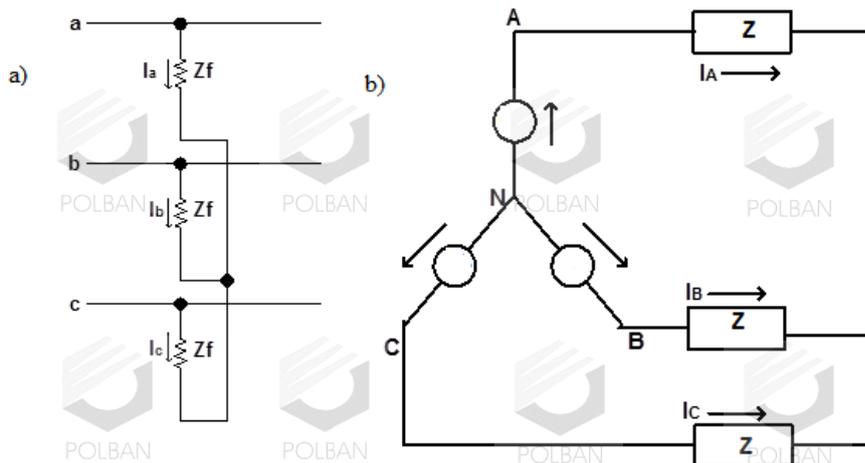
$$I_{f3\phi} = \frac{V_{L-N}}{Z_1} \text{ (Ampere)} \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan :

$I_{f3\phi}$ = Arus yang mengalir pada setiap fasa sewaktu terjadi gangguan hubung singkat di suatu titik di dalam sistem (Ampere)

V_{L-N} = Tegangan tiap fasa terhadap netral sistem (Volt)

Z_1 = Impedansi urutan positif



Gambar 2.6 Gangguan hubung singkat tiga fasa (a), Rangkaian ekivalen gangguan hubung singkat tiga fasa (b).

2.3.2 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa Ke tanah

Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah adalah gangguan hubung singkat yang berupa hubungan pendek dua fasa yang terhubung ke tanah. Apabila hubung singkat terjadi pada fasa a dan b akan didapat persamaan sebagai berikut :

$$I_{f2\phi \text{ tanah}} = \frac{V_{L-N}}{Z_1 + \frac{Z_2 Z_0}{Z_2 + Z_0}} \text{ (Ampere)} \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan :

$I_{f2\phi \text{ tanah}}$ = Arus yang mengalir pada setiap fasa sewaktu terjadi gangguan hubung singkat di suatu titik di dalam sistem (Ampere)

V_{L-N} = Tegangan tiap fasa terhadap netral sistem (Volt)

Z_1 = Impedansi urutan positif

Z_2 = Impedansi urutan negatif

Z_0 = Impedansi urutan nol

2.3.3 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa

Gangguan hubung singkat dua fasa adalah gangguan hubung singkat yang berupa hubungan pendek antara satu fasa dengan fasa yang lain. Apabila hubung singkat terjadi akan didapat persamaan sebagai berikut :

$$I_{f2\phi} = \frac{\sqrt{3}V_{L-N}}{Z_1 + Z_2} \text{ (Ampere)} \dots \dots \dots (2.4)$$

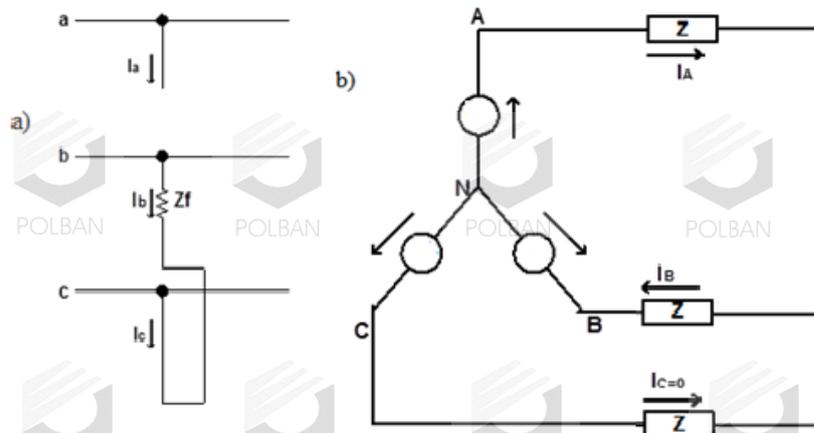
dengan :

$I_{f2\phi}$ = Arus yang mengalir pada setiap fasa sewaktu terjadi gangguan hubung singkat di suatu titik di dalam sistem (Ampere)

V_{L-N} = Tegangan tiap fasa terhadap netral sistem (Volt)

Z_1 = Impedansi urutan positif

Z_2 = Impedansi urutan negatif



Gambar 2.7 Hubung singkat dua fasa (a), Rangkaian ekuivalen hubung singkat dua fasa (b).

2.3.4 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah adalah gangguan hubung singkat yang berupa hubungan pendek antara satu fasa dengan tanah. Apabila hubung singkat terjadi pada fasa a akan didapat persamaan sebagai berikut :

$$I_{f1\phi \text{ tanah}} = \frac{3 \times V_{L-N}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \text{ (Ampere) } \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan :

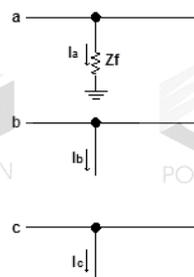
$I_{f1\phi \text{ tanah}}$ = Arus yang mengalir pada setiap fasa sewaktu terjadi gangguan hubung singkat di suatu titik di dalam sistem (Ampere)

V_{L-N} = Tegangan tiap fasa terhadap netral sistem (Volt)

Z_1 = Impedansi urutan positif

Z_2 = Impedansi urutan negatif

Z_0 = Impedansi urutan nol



Gambar 2.8 Hubung singkat satu fasa ke tanah

2.3.5 Faktor Penyebab Gangguan

Gangguan hubung singkat pada jaringan listrik, dapat terjadi antara fasa dengan fasa (dua fasa atau tiga fasa) dan gangguan antara fasa ke tanah. Timbulnya gangguan bisa bersifat temporer (*non persistent*) dan gangguan yang bersifat permanen (*persistant*).

Gangguan yang bersifat temporer, timbulnya gangguan bersifat sementara, sehingga tidak memerlukan tindakan. Gangguan tersebut akan hilang dengan sendirinya dan jaringan listrik akan bekerja normal kembali. Jenis gangguan ini ialah timbulnya *flashover* antar penghantar dan tanah (tiang, *traverse* atau kawat tanah) karena sambaran petir, *flashover* dengan pohon-pohon, dan lain sebagainya.

Gangguan yang bersifat permanen (*persistant*), yaitu gangguan yang bersifat tetap. Agar jaringan dapat berfungsi kembali, maka perlu dilaksanakan perbaikan dengan cara menghilangkan gangguan tersebut.

Gangguan ini akan menyebabkan terjadinya pemadaman tetap pada jaringan listrik dan pada titik gangguan akan terjadi kerusakan yang permanen. Contoh: menurunnya kemampuan isolasi padat atau minyak trafo. Di sini akan menyebabkan kerusakan permanen pada trafo, sehingga untuk dapat beroperasi kembali harus dilakukan perbaikan.

Faktor-faktor yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan pada sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik antara lain :

a. Surja Petir

Mengingat saluran transmisi dan distribusi tersebar luas dan panjang membentang serta beroperasi pada kondisi tempat yang cuacanya berbeda-beda, maka kemungkinan terjadinya gangguan yang disebabkan oleh petir besar sekali, terutama pada musim hujan. Gangguan yang disebabkan oleh petir ini sangat berbahaya karena dapat merusak isolasi peralatan.

b. Surja Hubung

Yang dimaksud dengan surja hubung adalah kenaikan tegangan pada saat dilangsungkan pemutusan arus oleh PMT. Kenaikan tegangan yang



disebabkan oleh adanya gangguan surja hubung ini dapat merusak isolasi peralatan.



c. Polusi Debu

Debu-debu yang menempel pada isolator, bila udara lembab maka debu tersebut merupakan konduktor yang dapat menyebabkan terjadinya loncatan bunga api yang pada akhirnya dapat menyebabkan gangguan hubung singkat fasa ke tanah.



d. Adanya pohon-pohon yang tidak terawat

Pohon-pohon yang dekat dengan saluran transmisi dan distribusi bila tidak terawat dan rantingnya masuk ke daerah bebas saluran transmisi dan distribusi, hal ini dapat mengakibatkan terjadinya gangguan hubung singkat fasa ke tanah.



e. Isolator yang rusak

Isolator yang rusak karena sambaran petir atau karena usia yang sudah tua bisa menyebabkan terjadinya gangguan hubung singkat antar fasa atau gangguan hubung singkatan dari fasa ke tanah.



f. Daun-daun/sampah yang menempel pada isolator

Daun-daun/sampah yang terbang terbawa angin dan kemudian menempel pada isolator akan mengakibatkan jarak bebas berkurang sehingga dapat mengakibatkan terjadinya loncatan bunga api. Hal ini bisa mengakibatkan terjadinya gangguan hubung singkat antar fasa atau gangguan hubung singkat dari fasa ke tanah.



g. Angin kencang

Terjadinya angin kencang, sehingga menimbulkan gesekan pohon dengan jaringan listrik.



h. Kesadaran masyarakat yang kurang

Misalnya bermain layang-layang dengan menggunakan benang yang bisa dilalui aliran listrik.

Ini sangat berbahaya jika benang tersebut mengenai jaringan listrik.



i. Kualitas peralatan atau material yang kurang baik



Misalnya pada JTR yang memakai *Twisted Cable* dengan mutu yang kurang baik, sehingga isolasinya mempunyai tegangan tembus yang rendah, mudah mengelupas dan tidak tahan panas. Hal ini juga akan menyebabkan hubung singkat antar fasa.

j. Pemasangan jaringan yang kurang baik

Pemasangan konektor pada JTR yang memakai TC, apabila pemasangannya kurang baik akan menyebabkan timbulnya bunga api dan akan menyebabkan kerusakan fasa yang lainnya. Akibatnya akan terjadi hubung singkat.

k. Terjadinya hujan, adanya sambaran petir, karena terkena galian (kabel tanah), umur jaringan (kabel tanah) sudah tua yang mengakibatkan pengelupasan isolasi dan menyebabkan hubung singkat dan sebagainya.

2.4 Peralatan Proteksi

Gangguan pada jaringan distribusi tenaga listrik sebagian besar merupakan gangguan hubung singkat, yang menimbulkan arus listrik cukup besar. Semakin besar sistemnya, semakin besar pula arus gangguannya.

Arus gangguan yang besar bila tidak segera dihilangkan akan merusak peralatan yang dilalui arus gangguan. Untuk melepaskan daerah yang terganggu diperlukan alat pengaman. Di sini jelas bahwa alat pengaman bertujuan untuk melepaskan atau membuka sistem yang terganggu sehingga arus gangguan ini akan padam. Untuk memenuhi tujuan tersebut maka diperlukan sistem proteksi.

Yang dimaksud dengan sistem proteksi tenaga listrik adalah suatu sistem pengaman kepada peralatan-peralatan listrik dan saluran terhadap kondisi abnormal. Sistem proteksi diperlukan untuk menghindari ataupun untuk mengurangi kerusakan peralatan listrik akibat gangguan. Semakin cepat reaksi perangkat proteksi yang digunakan maka akan semakin sedikitlah pengaruh gangguan kepada kemungkinan kerusakan alat. Disamping itu dengan bekerjanya sistem proteksi maka daerah yang terganggu bisa dilokalisasi sehingga dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen,

dan juga untuk mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

Suatu sistem proteksi terdiri dari beberapa komponen peralatan yang membentuk satu rangkaian yang masing-masing komponen mempunyai tugas sesuai dengan fungsinya.

Komponen peralatan pada sistem pengaman adalah sebagai berikut:

- a. *Circuit Breaker*/Pemutus Tenaga
- b. Relai
- c. Trafo Arus (CT)
- d. Trafo Tegangan (PT)
- e. Kabel Kontrol
- f. Baterai

2.4.1 Relai Proteksi

Relai proteksi adalah suatu peralatan yang direncanakan untuk dapat merasakan atau mengukur adanya gangguan atau mulai merasakan adanya ketidaknormalan pada peralatan atau bagian sistem tenaga listrik dan segera secara otomatis membuka Pemutus Tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker* (CB) untuk memisahkan peralatan atau bagian dari sistem yang terganggu dan memberi isyarat berupa lampu atau alarm (bel).

Relai proteksi dapat merasakan atau melihat adanya gangguan pada peralatan yang diamankan dengan mengukur atau membandingkan besaran-besaran yang diterimanya misalnya arus, tegangan, daya, sudut, fasa, frekuensi, impedansi, dan sebagainya dengan besaran yang telah ditentukan, kemudian mengambil keputusan untuk seketika ataupun dengan perlambatan waktu membuka PMT ataupun hanya memberi tanda tanpa membuka PMT.

PMT harus mempunyai kemampuan untuk memutus arus hubung singkat maksimum yang melewatinya dan juga harus mampu menutup rangkaian dalam keadaan hubung singkat dan kemudian membuka kembali. PMT biasanya dipasang pada generator, trafo daya, saluran transmisi, saluran distribusi dan sebagainya supaya masing-masing bagian sistem dapat dipisahkan sedemikian rupa sehingga sistem lainnya tetap beroperasi secara normal. Pada sistem

tegangan menengah dan tegangan rendah adakalanya sekering digunakan sebagai relai dan pemutus tenaga bersamaan. Disamping tugas di atas, relai juga berfungsi menunjukkan lokasi dan macam gangguannya. Dengan data tersebut memudahkan analisa dari gangguannya. Dalam beberapa hal relai hanya memberi tanda adanya gangguan atau kerusakan, jika dipandang gangguan atau kerusakan tersebut tidak segera membahayakan.

Dari uraian di atas maka relai proteksi pada sistem tenaga listrik berfungsi untuk:

- a. Merasakan, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkan secepatnya sehingga sistem lainnya tidak terganggu dan dapat beroperasi secara normal.
- b. Mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan atau bagian sistem yang terganggu.
- c. Mengurangi pengaruh gangguan terhadap bagian sistem yang lain yang tidak terganggu di dalam sistem tersebut serta mencegah meluasnya gangguan.
- d. Memperkecil bahaya bagi manusia.

Sistem pengaman yang baik harus mampu:

- a. Melakukan koordinasi dengan sistem pengaman yang lain
- b. Mengamankan peralatan dari kerusakan yang lebih luas akibat gangguan
- c. Membatasi kemungkinan terjadinya kecelakaan
- d. Secepatnya membebaskan pemadaman karena gangguan
- e. Membatasi daerah pemadaman akibat gangguan
- f. Mengurangi frekuensi pemutusan permanen karena gangguan.

Syarat-syarat relai proteksi untuk melaksanakan fungsi-fungsi di atas maka relai proteksi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Dapat Diandalkan (*Reliable*)

Dalam keadaan normal atau sistem yang tidak pernah terganggu *relai* proteksi tidak bekerja selama berbulan-bulan mungkin bertahun-tahun, tetapi relai proteksi bila diperlukan harus dan pasti dapat bekerja, sebab apabila relai gagal bekerja dapat mengakibatkan kerusakan yang lebih parah

pada peralatan yang diamankan atau mengakibatkan bekerjanya relai lain sehingga daerah itu mengalami pemadaman yang lebih luas. Untuk tetap menjaga keandalannya, maka relai proteksi harus dilakukan pengujian secara periodik.

b. Selektif

Selektivitas dari relai proteksi adalah suatu kualitas kecermatan pemilihan dalam mengadakan pengamanan. Bagian yang terbuka dari suatu sistem oleh karena terjadinya gangguan harus sekecil mungkin, sehingga daerah yang terputus menjadi lebih kecil.

Relai proteksi hanya akan bekerja selama kondisi tidak normal atau gangguan yang terjadi di daerah pengamanannya dan tidak akan bekerja pada kondisi normal atau pada keadaan gangguan yang terjadi diluar daerah pengamanannya.

c. Cepat

Makin cepat relai proteksi bekerja, tidak hanya dapat memperkecil kemungkinan akibat gangguan, tetapi dapat memperkecil kemungkinan meluasnya akibat yang ditimbulkan oleh gangguan.

d. Peka (Sensitif)

Relai proteksi harus cepat merasakan adanya arus gangguan yang melebihi arus settingnya. Relai dikatakan peka (sensitif) apabila dapat bekerja dengan masukan dari besaran yang dideteksi kecil. Jadi relai dapat bekerja pada awal kejadian gangguan atau dengan kata lain gangguan dapat diatasi pada awal kejadian. Hal ini memberi keuntungan dimana kerusakan peralatan yang diamankan akibat gangguan menjadi kecil. Namun demikian relai harus stabil, yang artinya relai harus dapat membedakan antara arus gangguan dan arus beban maksimum.

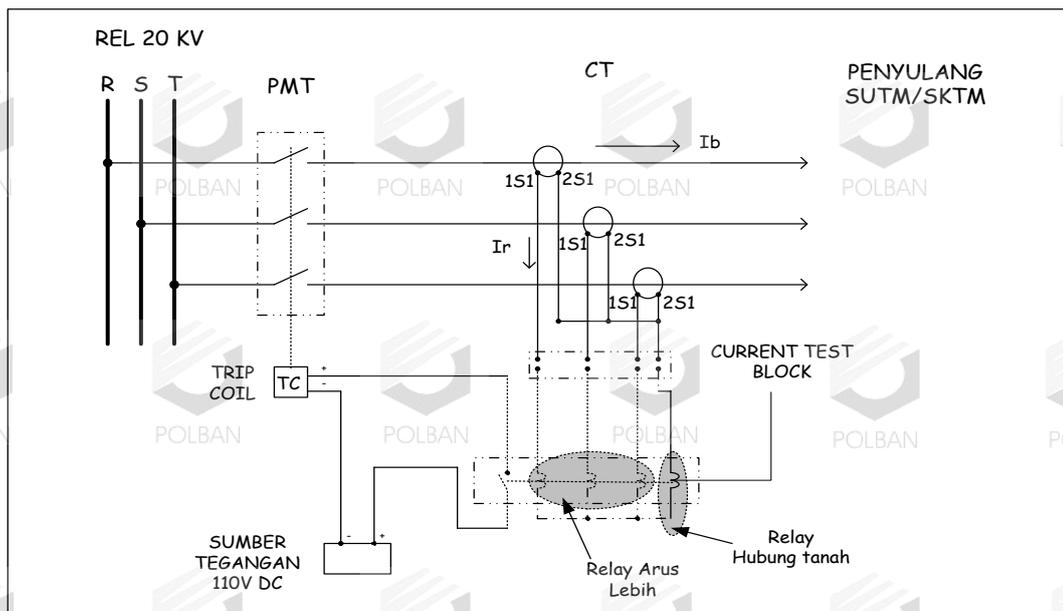
e. Ekonomis dan sederhana

Penggunaan relai proteksi harus dipertimbangkan sisi ekonomisnya tanpa mempengaruhi fungsi relai tersebut.

2.4.2 Relai Hubung Tanah (GFR)

2.4.2.1 Definisi Relai GFR

Relai hubung tanah (GFR) pada dasarnya menggunakan relai arus lebih seperti yang digunakan pada gangguan hubung singkat antar fasa, tetapi berbeda rangkaiannya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar rangkaian .



Gambar 2.9 Rangkaian pengawatan GFR

Prinsip kerja rangkaian pengawatan GFR pada gambar 2.9 yaitu pada kondisi normal relai diam dan dalam posisi siaga relai bekerja. Bila terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah dari salah satu fasa yang ada, maka dengan *setting* GFR yang lebih kecil dari OCR akan merespon gangguan tersebut terlebih dahulu dengan mendeteksi kemudian memberi sinyal ke *tripping coil* PMT untuk memutuskan rangkaian trafo arus (CT).

2.4.2.2 Fungsi Relai GFR

Pemakaian relai arus lebih pada sistem tenaga listrik dapat difungsikan sebagai berikut :

1. Pengaman utama

Relai proteksi sebagai pengaman utama adalah relai yang pertama kali merespon dan bertindak jika terjadi gangguan pada sistem.

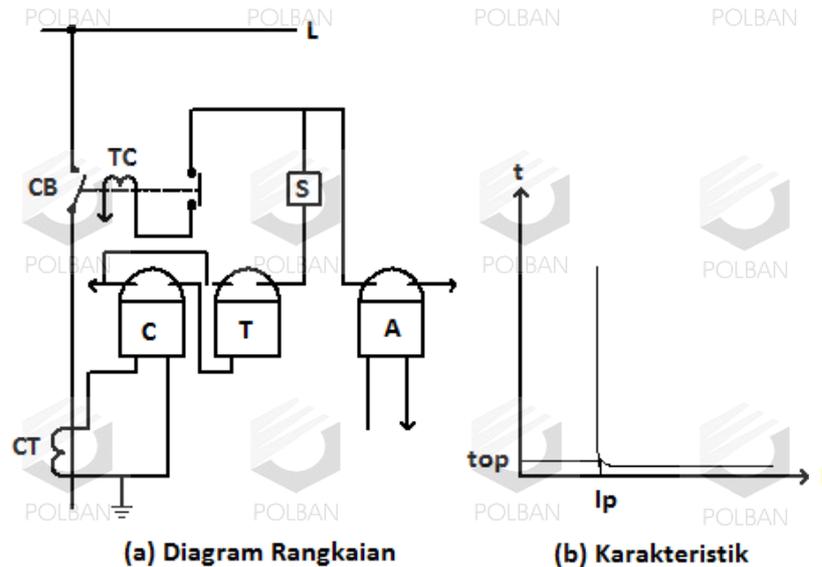
2. Pengaman cadangan

Sedangkan sebagai pengaman cadangan, relai pengaman cadangan baru akan merespon dan bekerja jika relai pengaman utama gagal bekerja.

2.4.2.3 Jenis Relai GFR

1. Relai GFR Waktu Seketika (*moment-instantaneous*)

Relai ini akan memberi perintah kepada pemutus tenaga (PMT) pada saat terjadi gangguan bila arus gangguan besarnya melampaui penyetelannya, dan jangka waktu kerja relai mulai *pick-up* sampai kerja relai sangat singkat tanpa penundaan waktu yaitu 20 – 60 ms.



Gambar 2.10 Relai gangguan tanah dengan karakteristik waktu kerja seketika [3]

Keterangan Gambar 2.10 :

CB: *Circuit Breaker* / PMT

CT : *Current Transformer*

TC : *Tripping Coil*

C : Relai Arus Lebih

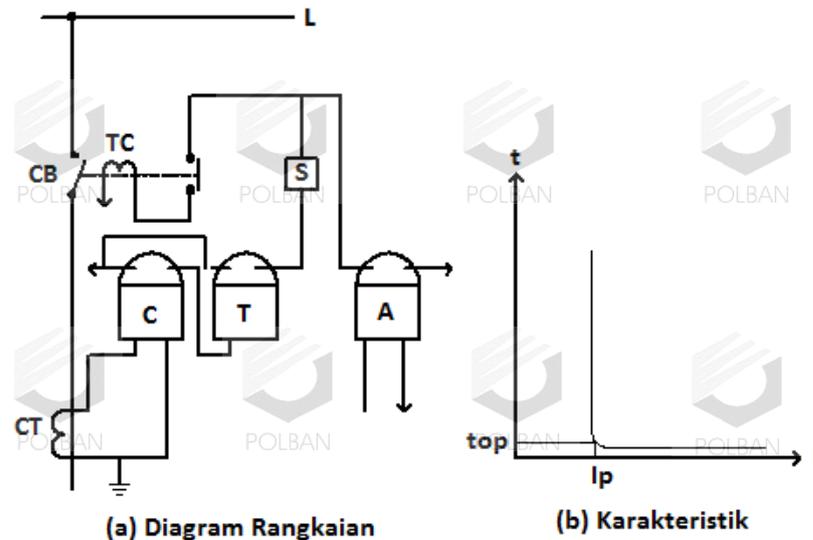
t_{op} : Waktu Operasi

I_p : Arus *Setting* Relai

Pada gambar 2.10 (b) terlihat bahwa waktu kerja relai sangat cepat tanpa penundaan waktu. Relai jenis ini biasanya dikombinasikan dengan relai arus lebih dengan karakteristik waktu kerja terbalik atau dengan relai arus lebih dengan karakteristik waktu kerja tertentu.

2. Relai GFR Waktu Tertentu (*Definite Time*)

Relai ini akan memberi perintah kepada pemutus tenaga (PMT) pada saat terjadi gangguan bila besarnya arus gangguan melampaui penyetelannya, dan jangka waktu kerja relai mulai *pick-up* sampai kerja relai waktunya ditunda dengan harga tertentu tidak dipengaruhi oleh besarnya arus gangguan.



Gambar 2.11 Relai gangguan tanah dengan karakteristik waktu kerja tertentu [3]

Keterangan Gambar 2.11 :

CB : *Circuit Breaker* / PMT

CT : *Current Transformer*

TC : *Tripping Coil*

C : Relai Arus lebih

S : Relai Sinyal

T : Relai Waktu tunda

A : Relai Bantu

t_{op} : Waktu Operasi

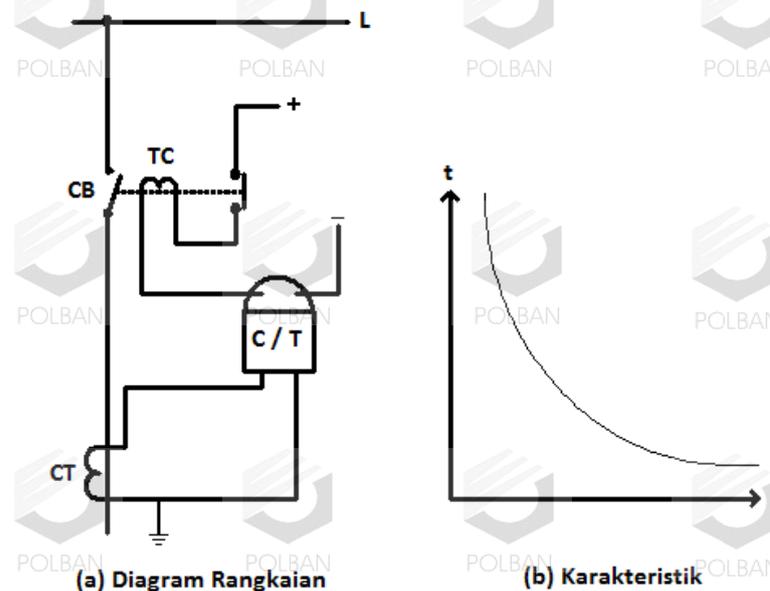
I_p : Arus Setting

Pada gambar 2.11 (b) terlihat bahwa waktu kerja relai tidak tergantung dengan besarnya arus gangguan. Perbedaan relai ini dengan relai waktu kerja seketika adalah pada lamanya waktu kerja, dimana pada relai arus kerja seketika waktu kerjanya sangat cepat tanpa penundaan waktu sedangkan pada relai waktu kerja tertentu ada penundaan waktu. Namun pada kedua relai arus

lebih di atas lamanya waktu kerja tidak tergantung pada besarnya arus gangguan.

3. Relai GFR Berbanding Terbalik (*Inverse*)

Relai ini akan memberi perintah kepada pemutus tenaga (PMT) pada saat terjadi gangguan bila besarnya arus gangguan melampaui penyetelannya, dan jangka waktu kerja relai mulai *pick-up* sampai kerja relai waktunya berbanding terbalik dengan besarnya arus gangguan.



Gambar 2.12 Relai gangguan tanah dengan karakteristik waktu kerja terbalik (*inverse*) [3]

Keterangan Gambar 2.12 :

CB : *Circuit Breaker* / PMT

CT : *Current Transformer*

TC : *Tripping Coil*

C : Relai Arus Lebih

T : Relai Waktu Tunda

Relai arus lebih jenis ini lamanya waktu kerja tergantung pada besarnya arus gangguan. Pada gambar 2.12 (b) terlihat bahwa makin besar arus gangguan yang dirasakan oleh relai arus lebih dengan karakteristik waktu kerja terbalik maka waktunya makin cepat.

Terdapat 4 macam karakteristik *relai inverse* yaitu :

a. Standard Normal Inverse

Yaitu karakteristik yang menunjukkan perbandingan antara besar arus dengan waktu kerja relai yang standard, ditulis dengan rumus [3]:

$$t = \frac{0,14}{I^{0,02}-1} tms \dots\dots\dots(2.5)^{[3]}$$

b. Very Inverse

Yaitu karakteristik yang menunjukkan perbandingan antara besar arus dengan waktu kerja Relai yang lebih cepat/tinggi dari *standard inverse*, ditulis dengan rumus [3] :

$$t = \frac{13,5}{I-1} tms \dots\dots\dots(2.6)^{[3]}$$

c. Extremely Inverse

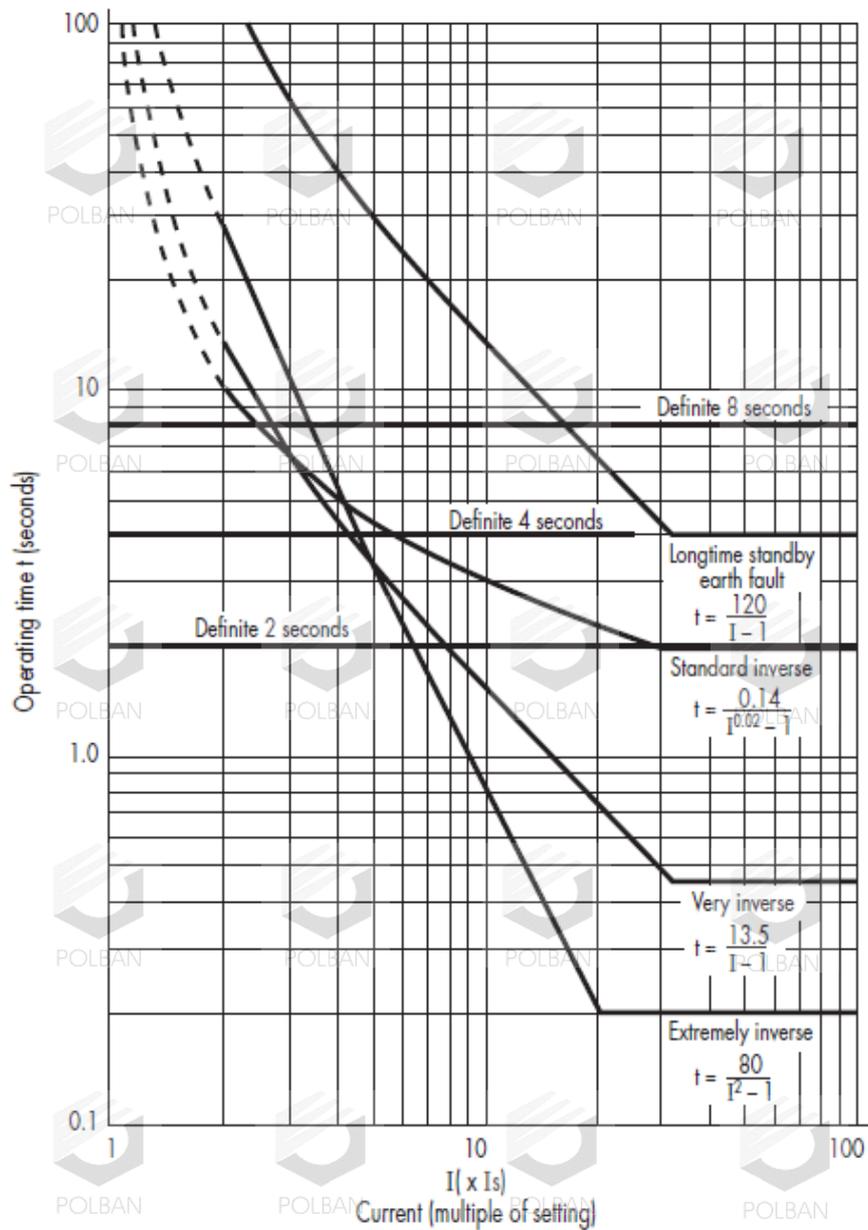
Yaitu karakteristik yang menunjukkan perbandingan antara besar arus dengan waktu kerja relai yang lebih cepat/tinggi dari *standard inverse* dan *very inverse*, ditulis dengan rumus [3]:

$$t = \frac{80}{I^2-1} tms \dots\dots\dots(2.7)^{[3]}$$

d. Long Time Inverse

Yaitu karakteristik yang menunjukkan perbandingan antara besar arus dengan waktu kerja relai yang lebih lambat/rendah diantara karakteristik yang lain, ditulis dengan rumus [3]:

$$t = \frac{120}{I-1} tms \dots\dots\dots(2.8)^{[3]}$$



Gambar 2.13 Kurva karakteristik waktu *inverse* [2]

2.4.2.4 Parameter pada Relai GFR

1. *I Pick Up* – I_p

I_p = Arus kerja (Arus *Pick Up*).

Adalah arus minimum yang menyebabkan relai bekerja atau *pick-up*.

2. *I reset* (I_r atau I_d)

I_d = I_r = arus kembali (arus *drop-off*/ I_d , arus *reset*/ I_r)

Adalah arus maksimum yang menyebabkan relai kembali tidak bekerja.

3. $I_n =$ Arus minimum relai

I_n adalah besarnya kemampuan relai untuk dialiri arus secara terus menerus.

4. $I_{set} =$ Arus setting relai

I_{set} adalah besarnya suatu harga penetapan arus kerja relai sesuai dengan yang diharapkan relai harus *pick-up*.

5. $I_m =$ Arus moment/arus kerja sesaat

I_m adalah besarnya suatu harga penetapan arus kerja relai sesuai yang diharapkan relai harus bekerja sesaat (*instantaneous*).

6. $I_{sett} (time delay) =$ waktu tunda

I_{sett} atau waktu tunda adalah periode waktu yang sengaja diberikan pada relai untuk memperlambat trip ke PMT sejak relai itu *pick-up*. Waktu tunda ini dimaksudkan untuk koordinasi dengan relai lainnya.

7. $TMS / K_o =$ Time multiple setting

TMS / K_o adalah besarnya kelipatan waktu tunda (t_{set}), istilah ini hanya terdapat pada relai dengan karakteristik *inverse time*.

8. Starting

Adalah suatu tanda bahwa relai *pick-up* atau merasakan adanya suatu besaran arus yang sama dengan atau lebih besar dari I_{set} .

9. Trip

Adalah suatu tanda bahwa relai bekerja dan telah memberi perintah pada *tripping coil* untuk bekerja melepas kontak PMT.

2.4.2.5 Setting Relai GFR

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam menentukan *setting* relai arus lebih adalah sebagai berikut :

1. Arus kerja minimum relai harus lebih besar dari arus beban maksimum dan lebih kecil dari arus gangguan hubung singkat terkecil, yaitu arus gangguan hubung singkat dua fasa di ujung seksi.
2. Penentuan setting dari seksi yang paling ujung dan secara bertahap dilakukan untuk seksi-seksi berikutnya ke arah sumber. Untuk menentukan setting waktu

relai perlu diketahui beda waktu koordinasi minimum yang di perbolehkan sesuai dengan spesifikasi relai dan pemutus daya yang dipakai.

3. Pada saat melakukan setting waktu relai *inverse*, lakukanlah pada saat arus gangguan maksimum karena untuk arus yang lebih kecil waktu kerja relai akan lebih besar.

1. Setting Arus untuk Waktu Tunda

Untuk *setting* arus waktu tunda *Ground Fault Relay* (GFR) relai MCGG 53 disesuaikan dengan *setting range* dari buku manual alstom relai MCGG 53 yaitu :

$$I_s = 0,05 \times I_n \dots\dots\dots(2.9)^{[2]}$$

dengan:

I_s = Arus *setting* waktu tunda (Ampere)

I_n = Arus beban nominal (Ampere)

2. Setting Arus untuk *Instantaneous* (I_{inst})

Untuk *setting* arus *instantaneous Ground Fault Relay* (GFR) relai MCGG 53 disesuaikan *setting range* dari buku manual alstom relai MCGG 53 :

$$I_{f2\phi \text{ tanah min}} < I_{inst} < I_{f3\phi \text{ tanah min}} \dots\dots\dots(2.10)^{[2]}$$

dengan:

$I_{f2\phi \text{ tanah}}$ = Arus gangguan dua fasa ke tanah (Ampere)

$I_{f3\phi \text{ tanah}}$ = Arus gangguan tiga fasa ke tanah (Ampere)

I_{inst} = Arus *setting Instantaneous* (Ampere)

3. Setting Time Multiplier Setting (TMS)

Untuk *setting Time Multiplier Setting* (TMS) *Ground Fault Relay* (GFR) relai MCGG disesuaikan dengan *setting* dari buku manual alstom MCGG 53 yaitu :

$$T_{ms} = \frac{t \times \left(\left(\frac{I_{f1\phi \text{ tanah}}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0,14} \dots\dots\dots(2.11)$$

2.4.3 Trafo Arus (CT)

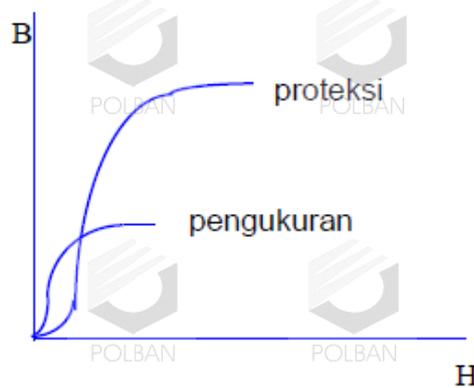
Current transformer (CT) atau trafo arus adalah peralatan pada sistem tenaga listrik yang berupa trafo yang digunakan untuk pengukuran arus yang

besarnya hingga ratusan ampere dan arus yang mengalir pada jaringan tegangan tinggi. Untuk pemasangan alat-alat ukur dan alat-alat proteksi / pengaman pada instalasi tegangan tinggi, menengah dan rendah diperlukan trafo pengukuran.

Fungsi CT :

1. Memperkecil besaran arus pada sistem tenaga listrik menjadi besaran arus untuk sistem pengukuran.
2. Mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer
3. Standarisasi rating arus untuk peralatan sisi sekunder

CT dalam sistem tenaga listrik digunakan untuk keperluan pengukuran dan proteksi. Perbedaan mendasar pada kedua pemakaian diatas adalah pada kurva magnetisasinya.

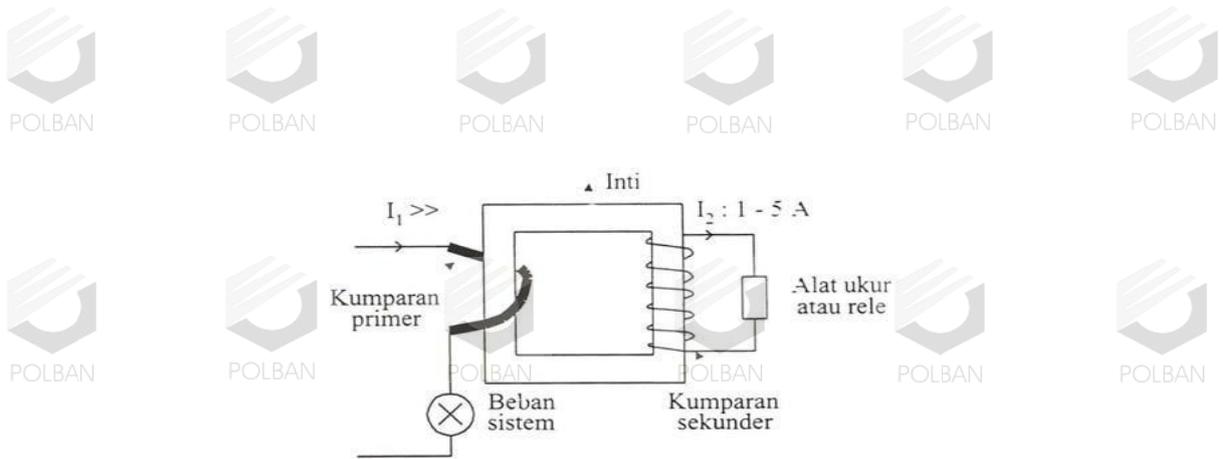


Gambar 2.14. Kurva kejenuhan untuk pengukuran dan proteksi [10]

Untuk pengukuran, memiliki kejenuhan sampai dengan 120 % arus rating tergantung dari kelasnya, hal ini untuk mengamankan meter pada saat gangguan.

Untuk proteksi, memiliki kejenuhan cukup tinggi sampai beberapa kali arus rating.

Di samping untuk pengukuran arus, trafo arus juga digunakan untuk pengukuran daya dan energi, pengukuran jarak jauh, dan relai proteksi. Kumparan primer trafo dihubungkan seri dengan rangkaian atau jaringan yang akan dikur arusnya sedangkan kumparan sekunder dihubungkan dengan meter atau dengan relai proteksi.



Gambar 2.15 Rangkaian konstruksi trafo arus [11]

2.4.3.1 Rating CT

a. Rating beban

Rating dari beban dimana akurasi masih bisa dicapai yang dinyatakan dalam VA.

Umumnya bernilai 2.5 , 5 , 7.5 , 10 , 15 , 30 VA

b. Rating Arus Kontinu

Biasanya pada batas arus primer

c. Rating Arus Sesaat

Biasanya dalam batas waktu 0.5 , 1 , 2 atau 3 detik

d. Rating Arus Dinamik

Perbandingan $I_{peak} : I_{rated}$

Dimana I_{peak} adalah arus maksimum CT yang diijinkan tanpa menimbulkan kerusakan.

2.4.3.2 Kelas CT

Menyatakan prosentase kesalahan pengukuran CT pada rating atau pada rating akurasi limit.

a. Accuracy Limit Factor (ALF)

Disebut juga faktor kejenuhan inti

Perbandingan dari $I_{primer} : I_{rated}$

Nilai dimana akurasi CT masih bisa dicapai

Contoh :

CT 200 / 1 A dengan *accuracy limit factor* (ALF) = 5

Maka batas akurasi $< 5 \times 200 \text{ A} = 1000 \text{ A}$

b. Kelas untuk CT Proteksi

Klas. P

Dinyatakan dalam bentuk seperti contoh berikut :

15 VA ,10 P, 20

dimana :

15 VA = Rating beban CT sebesar 15 VA.

10 P = Klas proteksi, kesalahan 10 % pada rating batas akurasi.

20 = *accuracy limit factor*, batas akurasi CT sampai dengan 20 kali arus rating.

Tabel 2.1 Kesalahan rasio dan pergeseran fasa CT proteksi [10]

Klas	% Kesalahan rasio pada 100 % In	Pergeseran Fasa pada % In (menit)	Kesalahan Komposit <i>Error</i>
5P	± 1%	± 60	5
10P	± 3%		10

Untuk memutuskan simulator jaringan relai tidak memerintahkan secara langsung tapi melalui bantuan MCB. Selain sebagai pemutus jaringan CB diumpamakan juga sebagai PMT dalam jaringan yang sebenarnya.

2.4.6 MCB (*Miniatur Circuit Breaker*)

MCB adalah suatu rangkaian pengaman yang dilengkapi dengan komponen *thermis* (bimetal) untuk pengaman beban lebih dan juga dilengkapi relai elektromagnetik untuk pengaman hubung singkat. MCB banyak digunakan untuk pengaman sirkit satu fasa dan tiga fasa.

Keuntungan menggunakan MCB, yaitu :

1. Dapat memutuskan rangkaian tiga fasa walaupun terjadi hubung singkat pada salah satu fasanya.
2. Dapat digunakan kembali setelah rangkaian diperbaiki akibat hubung singkat atau beban lebih.
3. Mempunyai respon yang baik apabila terjadi hubung singkat atau beban lebih.

Pada MCB terdapat dua jenis pengaman yaitu secara *thermis* dan elektromagnetis, pengaman *thermis* berfungsi untuk mengamankan arus beban lebih sedangkan pengaman elektromagnetis berfungsi untuk mengamankan jika

terjadi hubung singkat. Pengaman *thermis* pada MCB memiliki prinsip yang sama dengan thermal *overload* yaitu menggunakan dua buah logam yang digabungkan (bimetal), pengaman secara *thermis* memiliki kelambatan, ini bergantung pada besarnya arus yang harus diamankan, sedangkan pengaman elektromagnetik menggunakan sebuah kumparan yang dapat menarik sebuah anker dari besi lunak. MCB dibuat hanya memiliki satu kutub untuk pengaman satu fasa, sedangkan untuk pengaman tiga fasa biasanya memiliki tiga kutub dengan tuas yang disatukan, sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu kutub maka kutub yang lainnya juga akan ikut terputus.

Berdasarkan penggunaan dan daerah kerjanya, MCB dapat digolongkan menjadi 5 jenis ciri yaitu :

1. Tipe Z (rating dan *breaking capacity* kecil)
Digunakan untuk pengaman rangkaian semikonduktor dan trafo-trafo yang sensitif terhadap tegangan.
2. Tipe K (rating dan *breaking capacity* kecil)
Digunakan untuk mengamankan alat-alat rumah tangga.
3. Tipe G (rating besar) untuk pengaman motor.
4. Tipe L (rating besar) untuk pengaman kabel atau jaringan.
5. Tipe H untuk pengaman instalasi penerangan bangunan



sumber : www.a-electric.net

(a) MCB 1 fasa

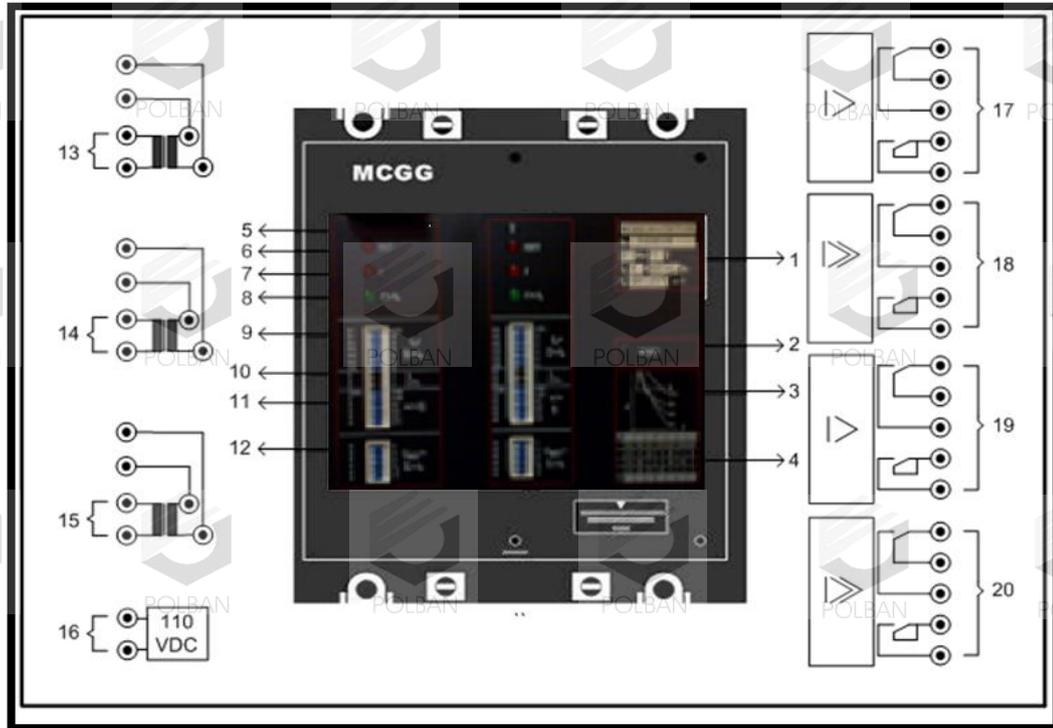


(b) MCB 3 fasa

Gambar 2.16 MCB (*Miniatur Circuit Breaker*) [9]

2.5 Relai GFR MCGG 53

2.5.1 Konstruksi

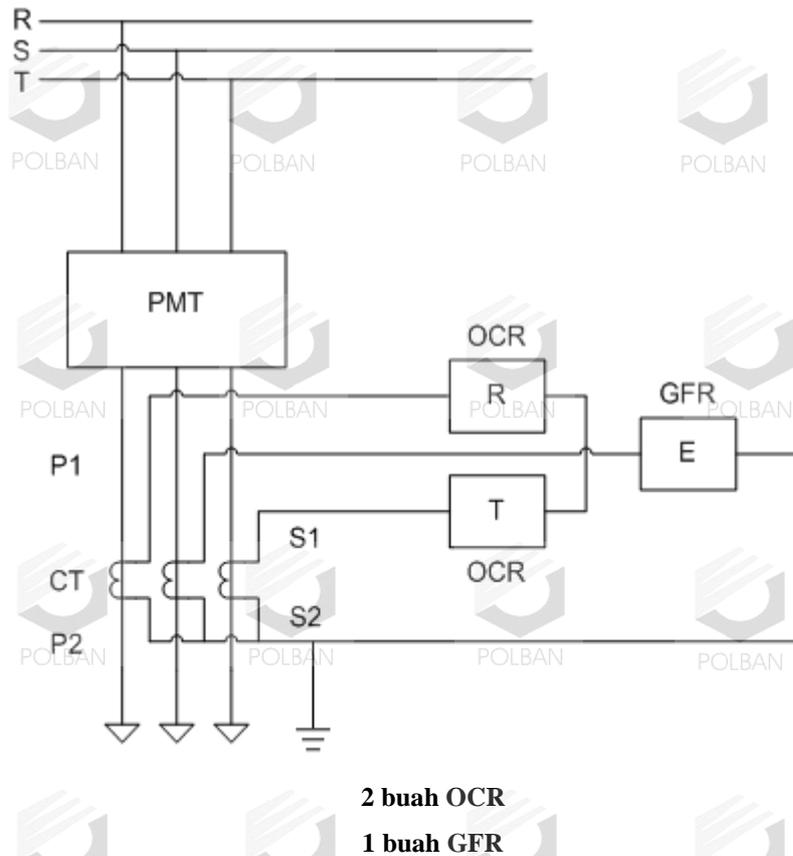


Gambar 2.17 Konstruksi relai tipe MCGG 53

Keterangan :

- | | |
|------------------------------|---|
| 1. Identifikasi Relai | 11. <i>Setting TMS</i> |
| 2. Tombol <i>Reset</i> | 12. <i>Setting Instantaneous</i> |
| 3. Kurva Karakteristik | 13. Kontak Input 1 |
| 4. Nilai Kurva Karakteristik | 14. Kontak Input 2 |
| 5. Fasa | 15. Kontak Input 3 |
| 6. Led <i>Instantaneous</i> | 16. Suplai 110v DC |
| 7. Led <i>Time Delayed</i> | 17. Kontak gangguan fasa <i>time delayed</i> |
| 8. Led <i>I Pick Up</i> | 18. Kontak gangguan fasa <i>instantaneous</i> |
| 9. <i>Setting Arus Relai</i> | 19. Kontak gangguan fasa-tanah <i>time delayed</i> |
| 10. Kurva Karakteristik | 20. Kontak gangguan fasa-tanah <i>instantaneous</i> |

2.5.2 Wiring Relai Tipe MCGG 53



Gambar 2.18 Wiring relai OCR/GFR tipe MCGG 53 pada jaringan tenaga listrik

2.5.3 Metode Setting Relai GFR Tipe MCGG 53

2.5.3.1 Setting Arus Waktu Tunda

$$I = \Sigma \times I_n \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan : Σ = Nilai *setting* pada relai

I = Besar *setting* arus relai hasil perhitungan

I_n = Arus nominal relai pada nameplate ($I_n = 5\text{Amp}$)

Tujuh *switch* biru paling atas digunakan untuk mengatur *setting* sensitivitas arus yang dibutuhkan. Setiap *switch* dapat diposisikan ke kiri atau kanan, tingkat pengaturan dapat ditunjukkan secara horizontal sama seperti *switch*, ke kiri atau kanan dari *switch*.



2.5.3.2 Pemilihan Kurva Karakteristik

Tiga *switch* hitam diposisikan pada kelompok atas yaitu digunakan untuk memilih kurva waktu yang diperlukan dari empat pilihan kurva waktu *inverse* dan tiga kurva waktu *definite*. Persamaan kurva karakteristik tercantum di bawah ini. Saklar kedelapan kombinasi pengaturan relai ke dalam mode “*trip test*”.

						Switch Position	
						0	1
	SI Standard inverse		$t = \frac{0.14}{(I^{0.02} - 1)} \times TMS$	s		<---<---<---	
	VI Very inverse		$t = \frac{13.5}{(I - 1)} \times TMS$	s	1	--->	
	EI Extremely inverse		$t = \frac{80}{(I^2 - 1)} \times TMS$	s	0	<---<---	
	LTI Long time inverse		$t = \frac{120}{(I - 1)} \times TMS$	s	1	--->	
					1	--->	
					0	<---<---	

Dimana I adalah rasio yang diterapkan saat ini untuk pengaturan arus Is.

	D2 Definite time 2s				0	<---<---	
					0	<---<---	
					1	--->	
	D4 Definite time 4s				1	--->	
					0	<---<---	
	D8 Definite time 8s				1	--->	
					0	<---<---	
					1	--->	
	Trip test				1	--->	
					1	--->	
					1	--->	



2.5.3.3 Setting TMS

$$x t = \Sigma \dots\dots\dots(2.14)$$

Swith setting TMS berupa enam *switch* biru diposisikan di bagian bawah kelompok *switch* bagian atas. Waktu yang diberikan oleh masing-masing operasi karakteristik *time delay* harus dikalikan dengan waktu pengali untuk memberikan operasi yang aktual. Pengaturan ini diperoleh dengan menambahkan nilai-nilai yang ditunjukkan dari pengaturan *switch* itu sendiri dan ditandai oleh $x t = \Sigma$.

2.5.3.4 Setting Arus Instantaneous

$$I_{inst} = \Sigma x I_s \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan : Σ = Nilai *setting* pada relai

I_{inst} = Besar *setting* arus *Instantaneous* hasil perhitungan

I_s = Besar *setting* arus *time delay* hasil perhitungan

Kelompok yang terpisah lebih rendah dari enam *switch* biru digunakan untuk memilih yang pengaturan arus *instantaneous* antara $1xI_s$ dan $31xI_s$. Pengaturan yang dipilih diperoleh dengan menambahkan nilai-nilai yang ditunjukkan oleh pengaturan *switch* tersebut. Nilai ini dikalikan dengan pengaturan arus *time delay* untuk memberikan hasil pengoperasian arus *instantaneous*.

Jika elemen *instantaneous* tidak diperlukan, maka semua *switch* harus diset ke kiri (penunjukan nol), atau saklar bawah harus diset ke kanan (penunjukan tak hingga).



Contoh setting Relai MCGG 53 :

Current setting switches	0.1	<-	0.05	$I_s = (0.1 + 0.1 + 0.2 + 0.8) \times I_n$ $= 1.2 \times I_n$ $I_s = \sum \times I_n$
	0.1	<-	0	
	0.2	<-	0	
	0.4	->	0	
	0.4	->	0	
	0.4	->	0	
	0.8	<-	0	
Curve select switches	0	<-	1	Standard inverse curve
	0	<-	1	
	0	<-	1	
	0	<-	1	
TMS switches	0.025	->	0.05	$TMS = (0.05 + 0.05 + 0.4) \times t = \Sigma$ $= 0.5x$
	0	->	0.05	
	0	<-	0.1	
	0	<-	0.2	
	0	<-	0.2	
	0	<-	0.2	
	0	->	0.4	
Instantaneous current setting switches	0	<-	1	$I_{inst} = (8 + 2) \times I_s$ $I_{inst} = \sum \times I_s = 10 \times 1.2 \times I_n$ $= 12 \times I_n$
	0	->	2	
	0	<-	4	
	0	->	8	
	0	<-	16	
	0	<-	16	
	0	<-	∞	

Arus nominal relai MCGG 53 : $I_n = 5 \text{ A}$

$I_{set} = 1.2 \text{ A}$

Kurva karakteristik = *Standard Inverse*

$TMS = 0.5 \times$

Setting arus *instantaneous* = 12 A