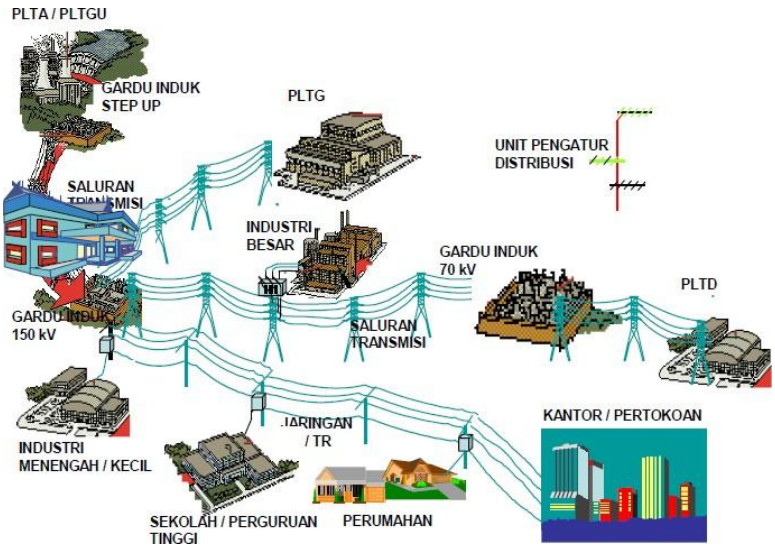
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Tenaga Listrik[1]

Sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama, yaitu: pembangkit tenaga listrik, penyaluran tenaga listrik, dan distribusi tenaga listrik. Sistem tenaga listrik modern merupakan sistem yang komplek yang terdiri dari pusat pembangkit, saluran transmisi dan jaringan distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan daya dari pusat pembangkit ke pusat beban. Untuk memenuhi tujuan operasi sistem tenaga listrik, ketiga bagian yaitu pembangkit, penyaluran dan distribusi tersebut satu dengan yang lainnya tidak dapat dipisahkan seperti terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Gambar Sistem Ketenagalistrikan

Sistem tenaga listrik terdiri dari beberapa bagian, yaitu pembangkit tenaga listrik, transformator daya, jaringan transmisi, gardu induk, jaringan distribusi primer, transformator distribusi, dan jaringan distribusi sekunder.

Pembangkit tenaga listrik yang dibangun pada suatu daerah tidak hanya untuk memenuhi konsumsi listrik pada daerah tersebut, melainkan juga menjangkau daerah luar. Tenaga listrik hasil dari pembangkit disalurkan melalui

jaringan transmisi menuju jaringan distribusi baru kemudian disalurkan ke pemakai tenaga listrik. Pembangkitan adalah proses dimana listrik dibangkitkan.

Contoh pembangkit listrik yang ada di Indonesia antara lain adalah PLTA, PLTU, PLTD.

Sistem transmisi dalam sistem tenaga listrik terdiri dari transformator daya, jaringan transmisi, dan gardu induk. Fungsi dari sistem transmisi adalah menyalurkan tenaga listrik dari pembangkit ke sistem distribusi yang selanjutnya akan disalurkan ke pusat beban atau perusahaan-perusahaan pemakai tenaga listrik. Sistem transmisi di Indonesia diklasifikasi menjadi saluran tegangan ekstra tinggi dengan tegangan 500 kV dan saluran tegangan tinggi dengan tegangan 150 kV dan 70 kv.

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik setelah sistem transmisi. Distribusi adalah proses penyaluran tenaga listrik dari transmisi hingga ke konsumen. Sistem distribusi terdiri dari distribusi primer dan distribusi sekunder. Distribusi primer adalah penyaluran listrik dari jaringan transmisi 150 kV kejaringan distribusi yang diturunkan oleh transformator step down menjadi 20 kV untuk disalurkan melalui penyulang – penyulang. Distribusi sekunder adalah penyaluran tenaga listrik 20 kV yang diturunkan oleh transformator step down distribusi hingga ke kWh pelanggan, tegangan yang dihasilkan pada distribusi sekunder adalah tegangan pakai yaitu 380/220 Volt.

Pusat pembangkit, sistem transmisi, hingga ke sistem distribusi merupakan satu kesatuan dari sistem penyaluran tenaga listrik yang harus dapat bekerja baik agar tenaga listrik bisa sampai ke konsumen dengan baik. Apabila salah satu bagian dari sistem tersebut mengalami keadaan yang tidak bekerja dengan baik, maka akan mempengaruhi kinerja sistem lain.

Dari beberapa bagian dalam sistem tenaga listrik, yang dibahas pada Laporan Tugas Akhir ini adalah terfokuskan pada sistem penyaluran transmisi 150 kV yaitu pada gardu induk 150 kv

1. Cahyani , Lisa Nur. 2018. *Simulasi Over Current Relay Menggunakan Karakteristik Standard Inverse Sebagai Proteksi Bay Tranfsormator Pada Gardu Induk 150 kV Dengan Menggunakan Konfigurasi Double Busbar Berbasis Arduino Mega 2560*. Semarang: Universitas Diponegoro

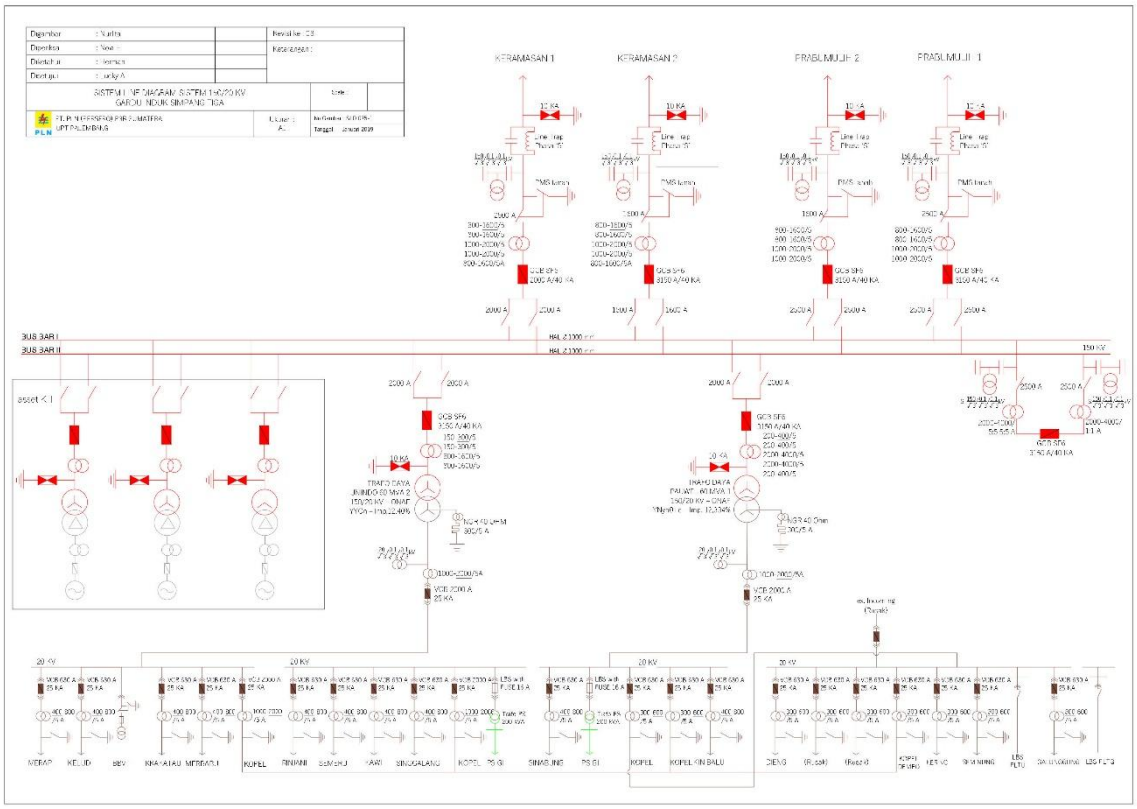
2.2 Gardu Induk

Gardu Induk merupakan simpul didalam sistem tenaga listrik, yang terdiri dari susunan dan rangkaian sejumlah perlengkapan yang dipasang menempati suatu lokasi tertentu untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik, menaikkan dan menurunkan tegangan sesuai dengan tingkat tegangan kerjanya, tempat melakukan kerja switching rangkaian suatu sistem tanaga listrik dan untuk menunjang keandalan sistem tenaga listrik terkait.[2]

Trafo-trafo daya yang bersama dengan perlengkapan-perlengkapannya disebut gardu induk yang merupakan bagian dari sistem penyaluran transmisi yang berisi peralatan untuk mengubah tegangan listrik agar sesuai dengan yang dibutuhkan untuk kemudian disalurkan ke sistem penyaluran selanjutnya. Gardu induk 150kV dapat dilihat seperti pada gambar 2.2.

Gambar 2.2 Gambar Gardu Induk 150 kV

2. Arismunandar A, DR. dan DR. S. Kuwahara, Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid III: Gardu Induk, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2004



Gambar 2.3 Gambar Single Line Gardu Induk 150 kV

Pada gambar 2.3 terlihat bahwa gardu induk terdiri dari tiga bay yaitu bay transformator, bay penghantar, dan bay kopel. Banyaknya bay pada suatu gardu induk tergantung pada konfigurasi gardu induk tersebut. Dalam gardu induk terdiri dari beberapa peralatan seperti LA, PT, PMS, CT, PMT, Transformator.

Gardu induk berfungsi untuk :

1) Mengatur aliran listrik supaya bisa disalurkan ke sistem penyaluran selanjutnya baik gardu induk transmisi lainnya maupun ke sistem distribusi sehingga bisa sampai ke konsumen dengan menjaga frekuensi tetap 50 Hz:

   a. Mengubah tegangan dari ekstra tinggi ke tegangan tinggi (500/150 kV), mendapat daya dari saluran transmisi ekstra tinggi atau dari pembangkit listrik yang kemudian di salurkan ke gardu induk 150 kV.

b. Mengubah tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan menengah (150/20 kV) lalu ke pelanggan rumahan (220/380 V) menerima tenaga dari gardu induk transmisi 150kV atau 70kV dengan menurunkannya melalui transformator tenaga menjadi tegangan menengah 20 kV untuk kemudian tegangan itu diturunkan lagi menjadi tegangan rendah atau ke pelanggan rumahan (220/380 V) sesuai dengan kebutuhan.

2) Sebagai tempat pengukuran, pengawasan operasi, serta pengamanan sistem tenaga listrik.

Gardu induk dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

1) Berdasarkan besaran tegangannya :

a. Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 275 dan 500 kV

b. Gardu Induk Tegangan Tinggi (GI) 150 kV dan 70 kV

2) Berdasarkan pemasangan peralatan :

a. Gardu Induk Pemasangan Luar (Konvensional)

b. Gardu Induk Pemasangan Dalam (*Gas Insulated System)*

3) Berdasarkan sistem rel (busbar)

a. Gardu induk sistem ring busbar

b. Gardu induk sistem single busbar

c. Gardu induk sistem double busbar

2.3 Transformator[3]

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energy listrik bolak-balik dari satu level ke level tegangan yang lain, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Pada umumnya transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis, dan dua buah kumparan primer, dan kumparan sekunder. Rasio perubahan tegangan akan tergantung dari rasio jumlah lilitan pada dua kumparan itu. Biasanya kumparan terbuat dari kawat tembaga yang di belit seputar "kaki" inti transformator.

Gambar 2.4 Gambar Transformator Daya

Transormator digunakan secara luas baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Pengguna transformator dalam sisitem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya, kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya jarak jauh. Pengguna transformator yang sangat sederhana dan andal, merupakan salah satu alasan penting dalam pemakaiannya dalam penyaluran tenaga listrik arus bolak-balik, karena arus bolak-balik sangat banyak dipergunakan untuk pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik.

3. Prof. Dr. Zuhal M.Sc. EE dan Ir. Zhanggischan, *Prinsip Dasar Elektroteknik*, Hal 631, PT. Gramedia Pusaka Utama, Jakarta.

Pada penyaluran tenaga listrik arus bolak-balik terjadi kerugian energi sebesar I^2R watt. Kerugian ini akan banyak berkurang apabila tegangan dinaikkan setinggi mungkin. Dengan demikian saluran-saluran transmisi tenaga listrik senantiasa mempergunakan tegangan yang tinggi. Hal ini dilakukan terutama untuk mengurangi kerugian tenaga listrikyang terjadi, dengan cara mempergunakan transformator untuk menaikkan tegangan listrik dipusat listrik dari tegangan generator yang biasanya berkisaran antara 6kV sampai 20kV pada awal transmisi ketegangan saluran transmisi antara 100kV sampai 1000kV, kemudian menurunkannya lagi pada ujung akhir saluran ke tegangan yang lebih rendah.

2.4 Sistem Proteksi

Proteksi sistem tenaga listrik adalah sistem proteksi yang dilakukan kepada peralatan-peralatan listrik yang terpasang pada suatau sistem tenaga misalnya generator, transformator jaringan dan lain-lain, terhadap kondisi abnormal operasi sistem itu sendiri. Kondisi abnormal itu dapat berupa antara lain: hubung singkat, tegangan lebih, beban lebih, frekuensi sistem rendah, asinkron dan lain-lain.[4] Sistem proteksi berperan penting dalam hal keandalan dan keberlangsungan penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Sistem proteksi merupakan pengaturan dari beberapa perangkat proteksi yang saling bekerja untuk melakukan fungsi proteksi tertentu, sehingga dapat mengamankan peralatan tenaga listrik apabila terjadi keadaan tidak normal.

Suatu gangguan atau kegagalan, dalam keadaan bagaimanapunakan mempengaruhi aliran arus normal pada system tenaga. Gangguan-gangguan yang terjadi dapat disebabkan oleh sambaran petir, hubung singkat karena kejatuhan benda tertentu pada kawat penghantar, rusaknya isolasi, dan lain sebagainya. Gangguan tersebut dapat menyebabkan lonjakan tegangan yang berlebihan, aliran arus yang sangat besar, bunga api listrik, dan kegagalan system tenaga untuk beroperasi secara keseluruhan. Sistem proteksi harus dirancang dengan pemakaian sekering (*fuse*), pemutus daya (*circuit breaker*), dan system relai yang mampu menemukan gangguan dengan cepat serta memisahkan segera dari bagian system

4. PT PLN (Persero). 2013. *Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk*. Jakarta : PT PLN (Persero).

yang lain. Dengan rancangan system proteksi yang baik, gangguan-gangguan yang terjadi dapat dilokalisir pada daerah kejadian saja sehingga tidak mengganggu para lengganan di daerah lain[5]. (Zuhal, 1988)

Maksud dan tujuan sistem proteksi adalah sebagai berikut:

1) Mendeteksi keadaan tidak normal lalu mengamankan peralatan listrik atau mengurangi kerusakan peralatan akibat keadaan tidak normal tersebut.

2) Melokalisir daerah yang mengalami keadaan tidak normal secepat mungkin sehingga dapat dibatasi perluasan ketidaknormalan sistem dan bagian sistem lainnya tetap dapat beroprasi.

3) Menjaga keandalan dalam memberikan pelayanan listrik kepada konsumen.

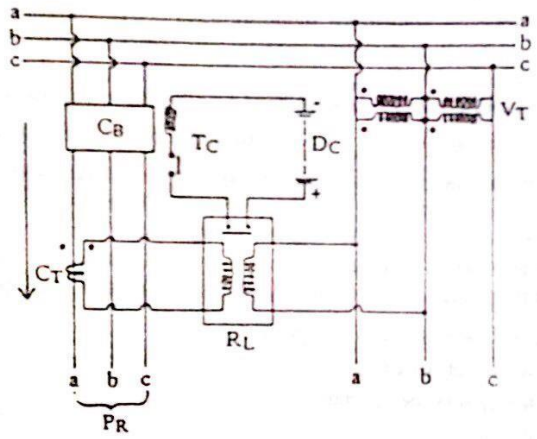
4) Mengamankan manusia dari bahaya tenaga listrik.

5) Saat relay mendeteksi adanya arus gangguan yang melebihi arus *setting* maka relay akan memberikan perintah untuk mentripkan PMT dengan indikasi pada anounciator seperti lampu, bel, dll.

2.4.1 Perangkat Sistem Proteksi

Sistem proteksi tenaga listrik terdiri dari seperangkat peralatan yang merupakan satu kesatuan sistem dan masing-masing mempunyai bagian penting dan fungsinya, berikut perangkat – perangkat sistem proteksi tenaga listrik:

4. PT PLN (Persero). 2013. *Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk*. Jakarta : PT PLN (Persero).



Gambar 2.5 Gambar Rangkaian Perangkat Sistem Proteksi

Peralatan utama dari perangkat sistem proteksi seperti terlihat pada gambar 2.5 terdiri dari PMT, Relai proteksi, dan CT/PT. Ketiga peralatan tersebut saling terhubung satu sama lain membentuk suatu kesatuan sistem proteksi melalui suatu pengawatan. Dalam sistem proteksi, CT/PT berperan untuk mentransformasikan besaran arus atau tegangan dari bernilai tinggi kenilai yang rendah agar dapat digunakan sebagai besaran sensor pada relai proteksi dan lampu indikator. Besaran arus atau tegangan dari sisi sekunder transformator menjadi masukan relai. Kemudian relai bekerja sebagai alat pembanding dan pengukur. Relai mendapat masukan dari CT dan PT kemudian membandingkan nilainya dengan nilai setting kerja relai. Setiap relai mempunyai setting pemanding berbeda – beda tergantung peralatan apa yang akan diproteksi. Apabila besaran tidak setimbang, melebihi atau kurang dari besar settingnya, maka kumparan relai akan bekerja dengan menarik kontak secara cepat sesuai waktu settingnya untuk memberikan perintah pada triping coil untuk membuka PMT. Sistem proteksi mendapat sumber tenaga yang menyuplai daya dari power supply sehingga relai tersebut dapat mengolah informasi yang diterima dan memberikan perintah ke PMT untuk membuka.

2.4.2 Persyaratan Sistem Proteksi

Dalam perencanaan sistem proteksi, maka untuk mendapatkan suatu sistem proteksi yang baik diperlukan persyaratan-persyaratan sabagai berikut :

1) Sensitif

Relai proteksi mendeteksi apabila terdapat gangguan yang terjadi di daerah pengamanannya dan harus cukup sensitif untuk mendeteksi gangguan tersebut dengan rangsangan minimum dan bila perlu hanya mentripkan pemutus tenaga (PMT) untuk memisahkan bagian sistem yang terganggu, sedangkan bagian sistem yang sehat dalam hal ini tidak boleh terbuka. Sehingga relai proteksi harus peka terhadap gangguan sekecil mungkin yang terjadi di daerah pengamannya.

2) 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 harus mampu menentukan daerah kerjanya secara cepat dan tepat agar hanya bagian yang terganggu yang dibuka.

3) Cepat

Semakin cepat relai proteksi bekerja, tidak hanya dapat memperkecil kemungkinan akibat gangguan, tetapi dapat memperkecil kemungkinan meluasnya akibat yang ditimbulkan oleh gangguan. Sistem proteksi harus mampu memberikan respon yang sesuai dengan kebutuhan peralatan/sistem yang diproteksi sesuai settingnya.

4) Andal

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. Jadi relai proteksi harus tetap bisa bekerja sebagaimana mestinya meskipun sudah lama tidak

bekerja karena tidak ada nya gangguan. Untuk menjaga keandalan relai proteksi tersebut maka dilakukan pemeliharaan relai proteksi secara rutin.

5) Ekonomis

Dengan biaya yang sekecil-kecilnya diharapkan relai proteksi mempunyai kemampuan pengaman yang sebesar-besarnya. Meskipun dengan biaya yang kecil, relai proteksi harus tetap memenuhi persyaratan sensitivitas, selektivitas, cepat dan andal.

2.5 Relay Arus Lebih / *Over Current Relay* (OCR)[6]

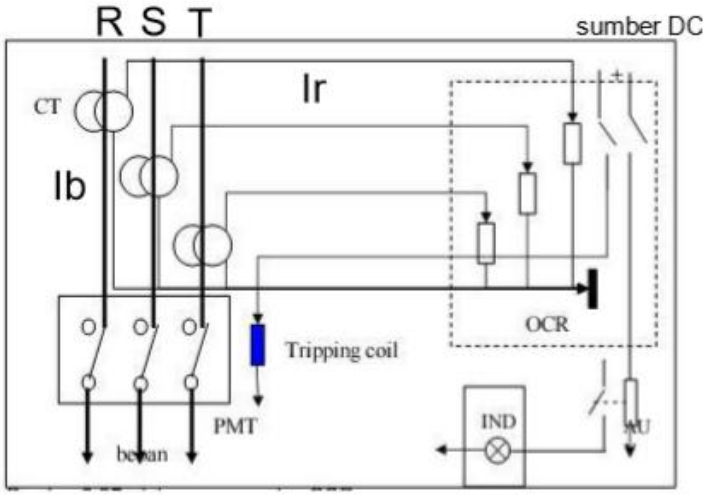
Relay arus lebih atau yang lebih dikenal dengan OCR (Over Current Relay) merupakan peralatan yang mensinyalir adanya arus lebih, baik yang disebabkan oleh adanya gangguan hubung singkat atau overload yang dapat merusak peralatan sistem tenaga yang berada dalam wilayah proteksinya. Relay arus lebih ini dapat digunakan hampir pada seluruh pengamanan sistem tenaga listrik, lebih lanjut relay ini dapat digunakan sebagai pengaman utama ataupun pengaman cadangan. Pada transformator tenaga, OCR berfungsi sebagai pengaman cadangan (back up protection). untuk ganggunan eksternal atau sebagai back up bagi outgoing feeder, OCR dapat dipasang pada sisi ketegangan tinggi saja, atau pada sisi tegangan menegah saja, atau pada sisi tegangan tinggi dan tegangan menengah sekaligus. Selanjutnya OCR dapat menjatuhkan PMT di kedua sisi tranformator tenaga. OCR jenis defenite time ataupun inverse time dapat dipakai untuk proteksi transformator terhadap arus lebih.

6. Afandi, Irfan. 2009. *Analisa Setting Relai Arus Lebih Dan Relai gangguan Tanah Pada Penyulang Sadewa Di GI Cawang*. Depok : Universitas Indonesia.

Gambar 2.6 Gambar Relay OCR dan GFR

2.5.1 Prinsip Kerja

Pada dasarnya relay arus lebih adalah suatu alat yang mendeteksi besaran arus yang melalui suatu jaringan dengan bantuan trafo arus. Harga atau besaran yang boleh melewatinya disebut dengan setting. OCR dan GFR adalah relai proteksi yang bekerja berdasarkan besaran arus lebih yang melebihi nilai setting untuk mengamankan peralatan atau instalasi tenaga listrik terhadap hubung singkat fasa-fasa dan fasa-netral.

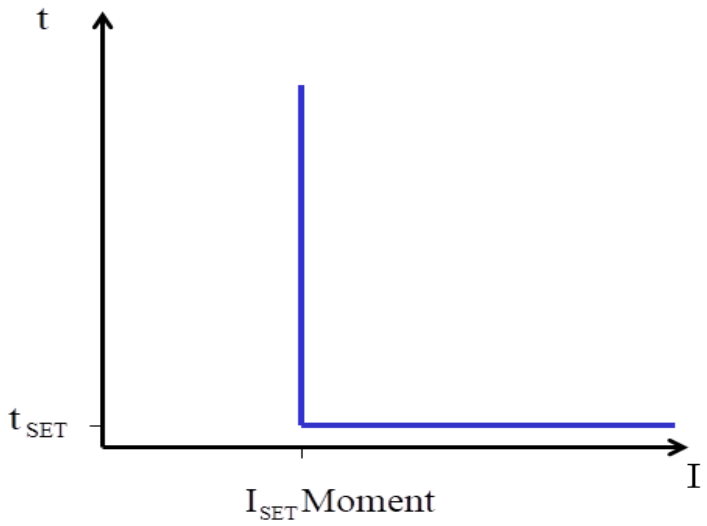


Gambar 2.7 Gambar Pengawatan Prisnsip Kerja OCR

2.5.2 Jenis *Over Current Relay* (OCR)

a. Relay waktu seketika (*Instantaneous relay*)

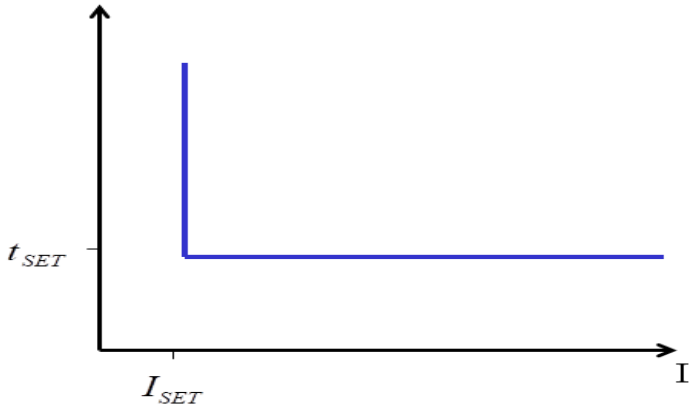
Relay yang bekerja seketika (tanpa waktu tunda) ketika arus yang mengalir melebihi nilai settingnya, relay akan bekerja dalam waktu beberapa mili detik (10 – 20 ms). Dapat kita lihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.8 Gambar Karakteristik Rele Waktu Seketika

b. Relay arus lebih waktu tertentu (Definite time relay)

Relay ini akan memberikan perintah pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besarnya arus gangguan melampaui settingnya (Is), dan jangka waktu kerja relay mulai pick up sampai kerja relay diperpanjang dengan waktu tertentu tidak tergantung besarnya arus yang mengerjakan relay, lihat gambar dibawah ini.

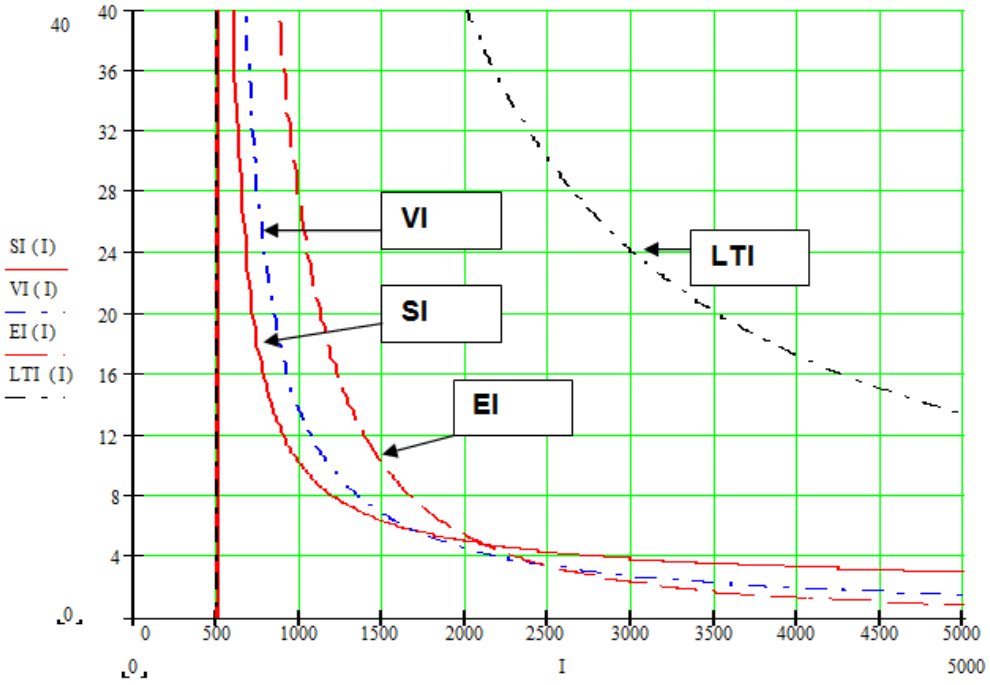


Gambar 2.9 Gambar Karakteristik Waktu Tertentu

c. Relay arus lebih waktu terbalik (Inverse Relay)

Relay ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (inverse time), makin besar arus makin kecil waktu tundanya. Karakteristik ini bermacam-macam dan setiap pabrik dapat membuat karakteristik yang berbeda-beda, karakteristik waktunya dibedakan dalam tiga kelompok :

1. Standar invers(SI)
2. Very inverse (VI)
3. Extremely inverse(EI)
4. Long Time Inverse (LTI)



Gambar 2.10 Gambar Karakteristik waktu terbalik

2.5.3 Setting Over Current Relay (OCR)

Berikut merupakan rumus untuk mencari arus setting dan setting waktu pada Over Current Relay (OCR).

2.5.3.1 Setting Arus

Arus setting untuk OCR pada sisi primer adalah

Iset (prim)= (1,0 s.d 1,2) x I nominal trafo……(2.1)

Untuk mendapatkan arus *setting* pada sisi sekunder, maka harus dihitung terlebih dahulu rasio CT dari trafo arus yang terpasang pada sisi primer maupun sisi sekunder

Ratio CT = $\frac{\text{primer}}{Sekunder}$ ……(2.2)

Iset (sek)= Iset (prim) x $\frac{1}{\text{Rasio CT}}$ .....(2.3)

2.5.3.2 Setting Waktu

Untuk menentukan nilai waktu kerja (TMS), diperlukan hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat. Rumus TMS sesuai pada standar karakteristik IEC 60255.

Tabel 2.1 Tabel Setelan waktu (TMS) berdasarkan tipe relay.

Relay Characteristic	Equation (IEC 60255)
Standard Inverse (SI)	$t = TMS \times \frac{0.14}{I_r^{0.02} - 1}$
Very Inverse (VI)	$t = TMS \times \frac{13.5}{I_r - 1}$
Extremely Inverse (EI)	$t = TMS \times \frac{80}{I_r^2 - 1}$
Long time standby earth fault	$t = TMS \times \frac{120}{I_r - 1}$

Keterangan :

Ir = I / Is

Dimana :

I = Arus yang terukur, arus yang mengalir pada jaringan

Is = Arus setting

TMS = Time Multiplier Setting

2.6 Relay Gangguan Tanah / Ground Fault Relay (GFR)

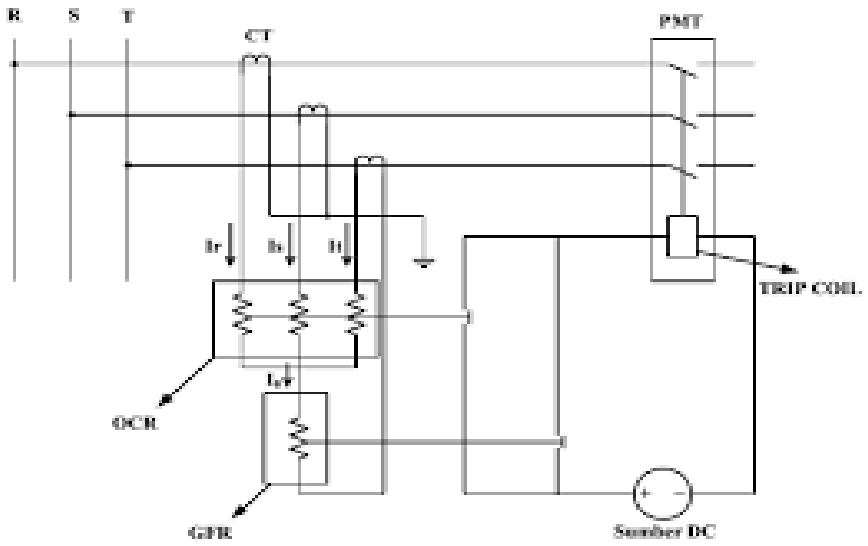
Gangguan yang sering terjadi di sistem tenaga listrik ialah gangguan fasa ke tanah. Oleh karena itu perlu dipasang rele pengaman untuk mengamankan sistem dari terjadinya gangguan tersebut. Rele yang berfungsi untuk mengamankannya ialah Groud Fault Relay(GFR). Ground Fault Relay (GFR) pada dasarnya mempunyai prinsip kerja yang sama denga Over Current Relay (OCR) namun

memiliki perbedaan dalam kegunaanya. Bila OCR mendeteksi adanya gangguang hubung singkat antar fasa, maka GFR mendeteksi adanya hubung singkat ke tanah.

Gambar 2.11 Gambar Relay OCR dan GFR

2.6.1 Prinsip Kerja

Prinsip kerja Ground Fault Relay (GFR) yaitu pada kondisi normal dengan beban seimbang arus –arus fasa Ir, Is, dan It (Ib) sama besar sehingga kawat netral tidak timbul arus dan Rele gangguan tanah tidak dialiri arus. Namun bila terjadi ketidakseimbangan arus atau terjadi gangguan hubung singkat fasa ke tanah maka akan timbul arus urutan nol pada kawat netral. Arus urutan nol ini akan mengakibatkan Ground Fault Relay (GFR) bekerja.



Gambar 2.12 Gambar Rangkaian Pengawatan GFR

2.6.2 Setting Relay Ganguan Tanah

Berikut merupakan cara untuk mencari arus setting dan setting waktu pada Ground Fault Relay (GFR).

2.6.2.1 Setting Arus

Fungsi GFR adalah sebagai pengaman cadangan trafo tenaga terhadap gangguan hubung singkat 1-fasa ketanah ekternal yaitu gangguan pada jaringan TM. Setting arus kerja untuk Rele GFR berdasarkan kemampuan trafo adalah:

Iset (prim) = 1,0 x Inominal trafo……(2.4)

Untuk mendapatkan arus *setting* pada sisi sekunder, maka harus dihitung terlebih dahulu rasio CT dari trafo arus yang terpasang pada sisi primer maupun sisi sekunder

$$\text{Iset (sek)} = \text{Iset (prim)} \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} \quad \ldots\ldots(2.5)$$

2.6.2.2 Setting Waktu

Sama halnya dengan OCR, relay GFR menggunakan rumus penyetingan TMS yang sama dengan relay OCR. Tetapi waktu kerja relay yang diinginkan berbeda. Relay GFR cenderung lebih sensitive dari pada relay OCR.

Parameter OCR/GFR umumnya adalah[7]:

a. Nilai arus kerja minimum, merupakan setelan arus minimal yang akan mengerjakan relai,

b. Nilai arus reset / drop off, merupakan besaran arus yang menyebabkan rele reset setelah mengalami pick up.

c. Nilai arus kerja high set, merupakan setelan arus kerja high set untuk arus gangguan yang besar.

d. Karakteristik waktu kerja, merupakan parameter pemilihan kurva waktu kerja.

e. Nilai waktu kerja, merupakan setelan waktu kerja relai berdasarkan karakteristik yang telah ditentukan.

7. PT. PLN (Persero). 2014. Buku Pedoman Pemeliharaan Proteksi dan Kontrol Transformator.

2.7 Komponen Sistem Proteksi

Komponen sistem proteksi terdiri dari beberapa peralatan sbb :

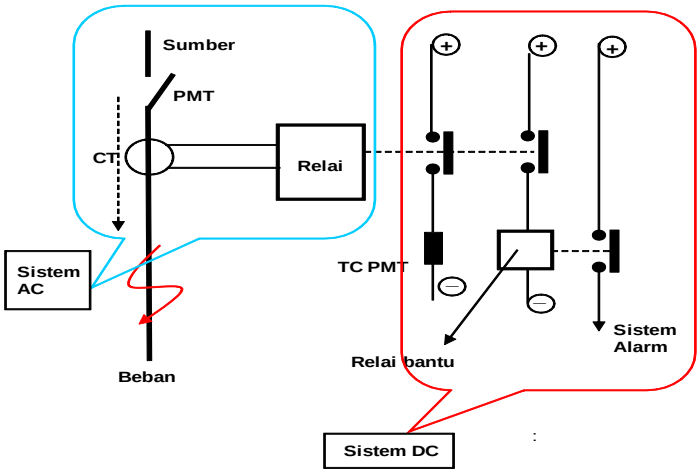
1) Pemutus Tenaga (PMT) yang berfungsi sebagai pemutus dan penyalur daya.

2) Trafo Arus (CT) dan atau Trafo Tegangan (PT) yang berfungsi sebagai Trafo Ukur guna merubah nilai primer ke nilai sekunder.

3) Relay Utama dan relay bantu yang fungsinya untuk membuka (mentripkan) PMT dengan tujuan memutus penyaluran daya akibat adanya gangguan serta memberikan alarm.

4) Wiring (Pengawatan) yang fungsinya sebagai penghubung antara peralatan yang satu dengan yang lainnya sehingga menjadikan suatu rangkaian system proteksi.

5) Catu Daya DC yaitu yang merupakan sumber tegangan yang dibutuhkan untuk control dan tripping system proteksi yang nilai tegangannya 110V.



Gambar 2.13 Gambar Sistem Catu Daya

Relay proteksi dapat juga gagal bekerja dalam mendeteksi gangguan, sistem proteksi gagal dalam mendeteksi gangguan di sebabkan sbb :

a. Relay rusak

b. Kesalahan setting

c. Kesalahan wiring

d. Tripping Coil PMT rusak

e. Rangkaian tripping putus

f. Relay bantu rusak

g. Catu daya DC hilang

2.8 ETAP (Electric Transient and Analysis Program)[8]

Dalam perancangan dan analisa sebuah sistem tenaga listrik, sebuah software aplikasi sangat dibutuhkan untuk merepresentasikan kondisi real sebelum sebuah sistem direalisasikan. ETAP (Electric Transient and Analysis Program) merupakan salah satu software aplikasi yang digunakan untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik. ETAP mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, dan online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara realtime. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. Analisa sistem tenaga listrik yang dapat dilakukan ETAP antara lain :

- Analisa aliran daya
- Analisa hubung singkat
- Arc Flash Analysis
- Starting motor
- Koordinasi proteksi
- Analisa kestabilan transien, dll.

8. Multa Lestanto, Restu Prima Aridani. 2013. *Modul Pelatihan ETAP*. Yogyakarta: Megatrika.