

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penyulang merupakan salah satu komponen penting dalam sistem distribusi tenaga listrik. Penyulang berfungsi mengalirkan energi listrik dari Gardu induk ke gardu distribusi. Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (Bulk Power Source) 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 tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikan 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 ($I^2.R$). 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 220/380V t . 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 step-up. Nilai tegangan yang sangat tinggi ini (HV,UHV,EHV) menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain: berbahaya bagi lingkungan dan mahalnya harga perlengkapan perlengkapannya, 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 step-down. Akibatnya, bila ditinjau nilai tegangannya, maka mulai dari titik sumber hingga di titik beban, terdapat bagian-bagian saluran yang memiliki nilai tegangan berbeda-beda.

2.2. LANDASAN TEORI

2.2.1. Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah sekumpulan Pusat-Pusat Tenaga Listrik yang di interkoneksi satu dengan yang lainnya, melalui transmisi atau distribusi untuk memasok ke beban atau satu Pusat Listrik dimana mempunyai beberapa unit generator yang diparalel.

Pada umumnya suatu sistem tenaga listrik yang lengkap memiliki empat unsur. Pertama, adanya suatu unsur pembangkit tenaga listrik. Tegangan yang dihasilkan oleh pusat tenaga listrik itu biasanya merupakan tegangan

menengah (TM). Kedua, suatu sistem transmisi lengkap dengan gardu induk. Karena Pusat- Pusat Listrik berada jauh di di luar pusat beban, maka dibutuhkan tegangan tinggi (TT) atau tegangan extra tinggi (TET) agar pasokan tenaga listrik, terutama tegangan dan frekuensi, tetap stabil. Ketiga, adanya saluran distribusi, yang biasanya terdiri atas saluran distribusi primer dengan tegangan menengah (TM) dan saluran distribusi sekunder dengan tegangan rendah (TR). Keempat, adanya unsur pemakaian atas utilisasi yang terdiri atas instalasi pemakaian tenaga listrik. Instalasi rumah tangga biasanya memakai tegangan rendah, sedangkan pemakai besar seperti industri mempergunakan tegangan menengah atau tegangan tinggi.

Dari penjelasan di atas juga dapat diketahui bahwa sistem tenaga listrik terdiri dari tiga komponen utama, yaitu pusat pembangkit tenaga listrik atau sistem pembangkitan, saluran transmisi tenaga listrik atau sistem transmisi, dan sistem distribusi. Fungsi dan peran ketiga komponen tersebut di dalam sistem tenaga listrik adalah sebagai berikut :

a. Sistem Pembangkitan

Pusat pembangkit listrik adalah tempat energi listrik pertama kali dibangkitkan, dimana pada pembangkit tenaga listrik ini sumber-sumber energi alam diubah oleh turbin sebagai penggerak mula (*prime mover*) menjadi energi mekanis yang berupa kecepatan atau putaran dan selanjutnya energi mekanis tersebut akan diubah menjadi energi listrik oleh generator.

Jenis pusat pembangkit yang umum antara lain PLTA (pembangkit Listrik Tenaga Air), PLTU (Pusat Listrik Tenaga Uap), PLTG (Pusat Listrik Tenaga Gas), dan PLTN (Pusat Listrik Tenaga Nuklir).

b. Sistem Transmisi

Merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (*power plant*) sampai ke saluran distribusi listrik (*substation distribution*), sehingga dapat disalurkan sampai pada pelanggan pengguna listrik.

c. Sistem Distribusi

Sistem distribusi berfungsi mendistribusikan tenaga listrik ke konsumen yang berupa pabrik, industri, perumahan, dan sebagainya. Transmisi tenaga dengan tegangan tinggi maupun tegangan ekstra tinggi pada saluran transmisi dirubah pada gardu induk menjadi tegangan menengah atau tegangan distribusi primer, yang selanjutnya tegangannya diturunkan lagi menjadi tegangan untuk konsumen yang menghasilkan tegangan kerja/tegangan jala-jala untuk konsumen

2.2.2 Sistem Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya besar (*bulk power source*) sampai ke konsumen

Pada umumnya sistem distribusi tenaga listrik di Indonesia terdiri atas beberapa bagian, sebagai berikut :

1. Gardu Induk (GI)
2. Saluran Tegangan Menengah (TM)/ Distribusi Primer
3. Gardu Distribusi (GD)
4. Saluran Tegangan Rendah (TR)/ Distribusi Sekunder.

2.2.3 Klasifikasi Sistem Distribusi

Sistem atau saluran distribusi dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa kategori, diantaranya sebagai berikut:

1. Berdasarkan ukuran tegangan.
2. Berdasarkan sistem penyaluran.
3. Berdasarkan bentuk jaringan.

2.2.4 Klasifikasi Berdasarkan Ukuran Tegangan

Berdasarkan ukuran tegangan, sistem distribusi diklasifikasikan menjadi dua sistem, yaitu sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder.

2.2.5 Sistem Distribusi Primer

Sistem distribusi primer atau sering disebut juga jaringan distribusi tegangan tinggi (JDTT) merupakan bagian dari sistem distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari pusat suplai daya besar (*bulk power source*) atau disebut gardu induk ke pusat-pusat beban. Terletak pada sisi primer trafo distribusi, antara gardu induk dengan gardu pembagi, yang memiliki tegangan sistem lebih tinggi dari tegangan terpakai untuk konsumen.

Sistem distribusi primer atau sistem distribusi tegangan menengah tersusun oleh penyulang utama (*main feeder*) dan penyulang percabangan (*lateral*). Standar tegangan distribusi primer ini adalah 6 kV, 10 kV, dan 20 kV (sesuai standar PLN).

2.2.6 Sistem Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder atau sering disebut jaringan distribusi tegangan rendah (JDTR) merupakan bagian dari sistem distribusi yang bertugas mendistribusikan tenaga listrik secara langsung dari gardu-gardu pembagi (gardu distribusi) ke konsumen tenaga listrik. Terletak pada sisi sekunder trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder dengan titik cabang menuju beban. Standar tegangan untuk sistem distribusi sekunder ini adalah 127/220 V untuk sistem lama, dan 220/380 V untuk sistem baru.

2.2.7 Ground Fault Detector (GFD)

Ground Fault Detector (GFD) adalah alat yang berfungsi untuk mendeteksi adanya arus lebih atau gangguan hubung singkat antara fasa ketanah pada Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) 20 KV.

GFD dipasang pada gardu-gardu distribusi dengan ketentuan boleh di setiap gardu ataupun dipasang dengan batas antara dua gardu, atau dapat pula dipasang pada gardu yang memasok konsumen yang sangat penting seperti misalnya konsumen khusus dan industri.

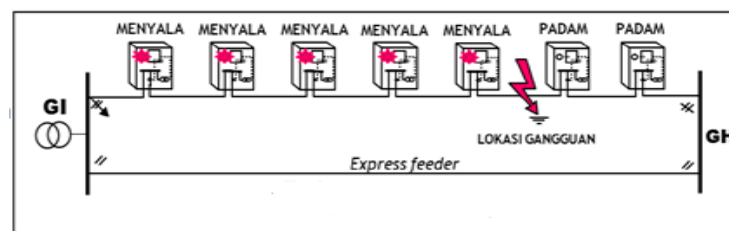
Dengan banyaknya GFD yang dipasang pada gardu-gardu distribusi akan menentukan penambahan kecepatan dalam pengusutan gangguan, karena dengan adanya GFD pada setiap gardu menjadikan petugas lapangan tidak lagi mendeteksi kabel dengan cara menggunakan alat ukur megger yang pelaksanaannya cukup lama dikarenakan harus melakukan membuka-tutup pintu kubikel dan pengukuran kabel setiap fasa.

Bila suatu penyulang mengalami gangguan , maka yang terjadi pada Ground Fault Detector (GFD) adalah :

1. Ground Fault Detector menyala / di lewati arus gangguan :
 - a. Trafo Arus (Current Transformer/CT) pertama-tama akan merasakan arus gangguan dengan menginduksikan ke gulungan sekundernya.
 - b. Arus pada gulungan sekunder CT akan dibaca oleh kotak Relay sebagai informasi.
 - c. Kotak Relay akan bekerja dengan memberikan sinyal ke lampu indikator sehingga menyala berkedip dengan suplai dari Baterai.
 - d. Lampu indikator akan menyala dengan durasi waktu sesuai dengan setelannya , setelah itu lampu akan mati kembali dan GFD siap mendeteksi kembali jika dilewati arus gangguan.
2. Ground Fault Detector padam / tidak dilewati arus gangguan

Untuk GFD yang tidak dilalui oleh arus gangguan , maka GFD tersebut tidak akan memberikan sinyal (lampu indikator akan tetap padam).

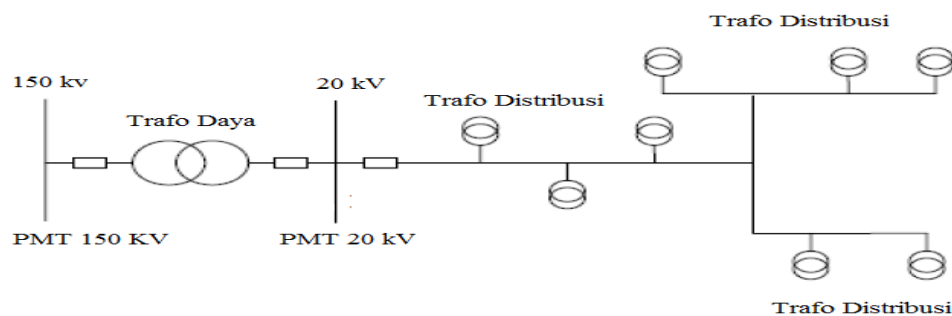
Untuk menentukan apakah GFD tersebut benar-benar tidak bekerja tau memang sedang rusak , maka GFD harus di test dengan cara menekan tombol testnya. Bila saat ditest GFD menyala , maka menandakan baik , tetapi pada saat di test padam maka GFD tersebut rusak.



Gambar 2.1 Indikasi GFD saat terjadi gangguan / trip pertama
(Sumber tegangan dari arah GI)

2.2.8 Sistem Radial

Merupakan jaringan sistem distribusi primer yang sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini jaringan hanya mempunyai satu pasokan tenaga listrik dan terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.

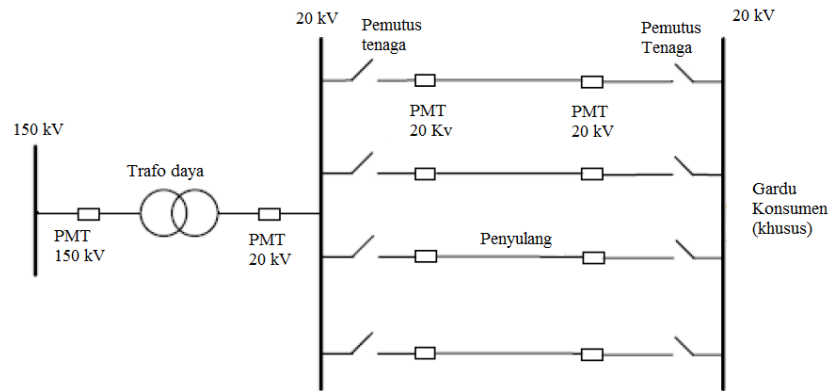


Gambar 2.2 Skema Saluran Sistem Radial.

Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding sistem lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam. Kerugian lain yaitu mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik, hal ini dikarenakan jatuh tegangan terbesar ada di ujung saluran.

2.2.9 Jaringan Hantaran Penghubung (*Tie Line*)

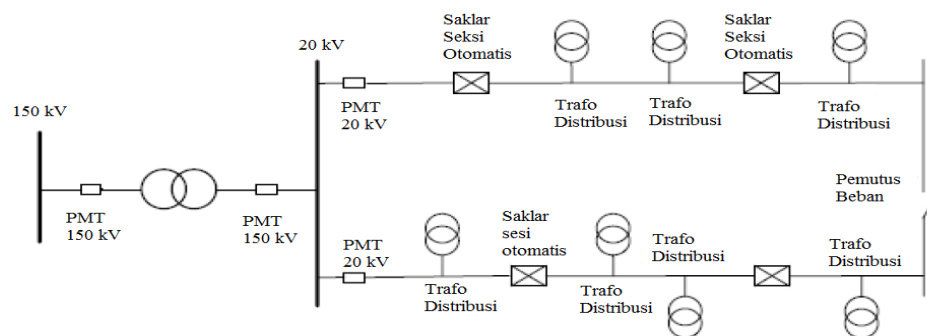
Sistem distribusi *tie line* seperti Gambar 2.2 digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam (bandar udara, rumah sakit, dan lain-lain.)



Gambar 2.3 Skema Saluran Tie Line

2.2.10 Sistem Loop

Tipe ini merupakan jaringan distribusi primer, gabungan dari dua tipe jaringan radial dimana ujung kedua jaringan dipasang PMT. Pada keadaan normal tipe ini bekerja secara radial dan pada saat terjadi gangguan PMT dapat dioperasikan sehingga gangguan dapat terlokalisir. Tipe ini lebih handal dalam penyaluran tenaga listrik dibandingkan tipe radial namun biaya investasi lebih mahal.

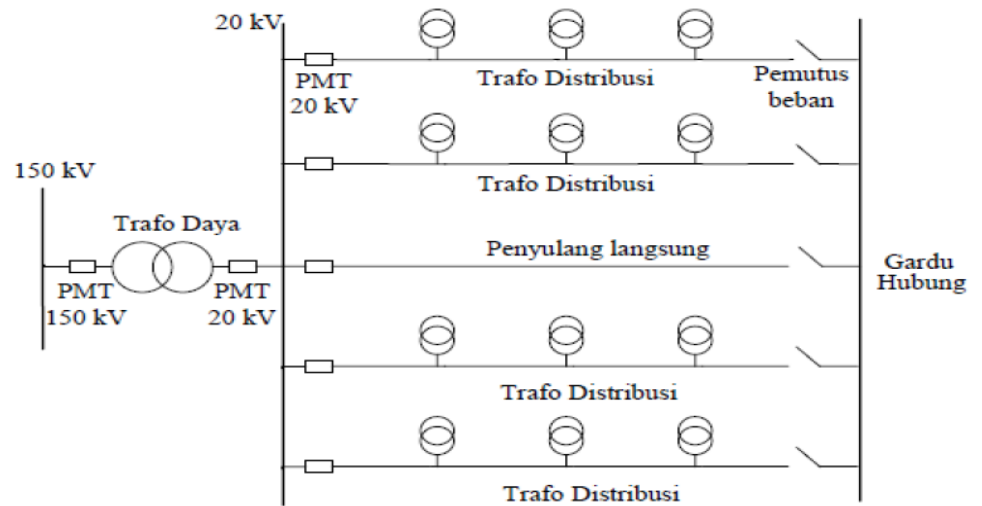


Gambar 2.4 Skema Saluran Sistem Loop

2.2.11 Sistem *Spindle*

Sistem *spindle* menggunakan 2 jenis penyulang yaitu penyulang cadangan (*standby* atau *express feeder*) dan penyulang operasi (*working feeder*). Penyulang cadangan tidak dibebani dan berfungsi sebagai *back-up supply* jika terjadi gangguan pada penyulang operasi, sehingga sistem ini tergolong sistem yang handal. dalam pembangunannya. Sistem ini sudah memperhitungkan perkembangan beban atau penambahan jumlah konsumen sampai beberapa tahun ke depan, sehingga dapat digunakan dalam waktu yang cukup lama, hanya saja investasi pembangunannya juga lebih besar. proteksinya masih sederhana, mirip dengan sistem *loop*. pada bagian tengah penyulang biasanya dipasang gardu tengah yang berfungsi sebagai titik manufer ketika terjadi gangguan pada jaringan tersebut.

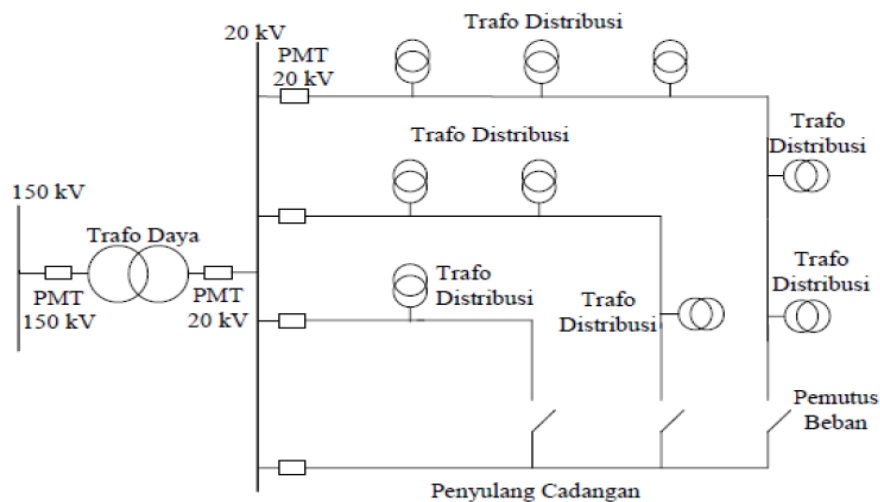
Untuk konfigurasi 2 penyulang, maka faktor pembebanan hanya 50%. Berdasarkan konsep *spindle* jumlah penyulang pada 1 *spindle* adalah 6 penyulang operasi dan 1 penyulang cadangan sehingga faktor pembebanan konfigurasi *spindle* penuh adalah 85%. Ujung-ujung penyulang berakhir pada gardu yang disebut Gardu Hubung dengan kondisi penyulang operasi “NO” (*Normally Open*), kecuali penyulang cadangan dengan kondisi “NC” (*Normally Close*).



Gambar 2.5 Skema Saluran Sistem *Spindle*

2.2.12 Sistem *Cluster*

Sistem ini mirip dengan sistem *spindle*. bedanya pada sistem *cluster* tidak digunakan gardu hubung atau gardu *switching*, sehingga *express feeder* dari gardu hubung ke tiap jaringan *express feeder* ini dapat berguna sebagai titik manufer ketika terjadi gangguan pada salah satu bagian jaringan.



Gambar 2.6 Skema Saluran Sistem *Cluster*

2.2.13 Gangguan

Salah satu faktor yang mempengaruhi keandalan sistem adalah masalah gangguan, baik yang terjadi pada peralatan maupun yang terjadi pada sistem. Definisi gangguan adalah terjadinya suatu kerusakan didalam sirkuit listrik yang menyebabkan aliran arus dibelokkan dari saluran yang sebenarnya.

2.2.14 Penyebab Gangguan

Penyebab gangguan dapat dikelompokkan menjadi 3 kategori utama, yaitu gangguan dari dalam, gangguan dari luar, dan gangguan faktor manusia.

1. Gangguan *Internal* (Dari Dalam)

Gangguan *internal* yaitu gangguan yang disebabkan oleh sistem itu sendiri. Misalnya gangguan hubung singkat, kerusakan pada alat, *switching* kegagalan isolasi, kerusakan pada pembangkit dan lain - lain.

2. Gangguan *External* (Dari Luar)

Gangguan *external* yaitu gangguan yang disebabkan oleh alam atau diluar sistem. Misalnya terputusnya saluran / kabel karena angin, badai, petir, pepohonan, layang-layang dan sebagainya.

3. Gangguan Karena Faktor Manusia

Gangguan karena faktor manusia yaitu gangguan yang disebabkan oleh kecerobohan atau kelalaian operator, ketidaktelitian, tidak mengindahkan peraturan pengamanan diri, dan lain – lain.

4. Akibat Gangguan

Gangguan yang terjadi dapat mengakibatkan beberapa hal, antara lain beban lebih, hubung singkat, tegangan lebih, dan hilangnya sumber tenaga.

5. Beban Lebih

Pada saat terjadi gangguan maka sistem akan mengalami keadaan kelebihan beban karena arus gangguan yang masuk ke sistem dan mengakibatkan sistem menjadi tidak normal, jika dibiarkan berlangsung dapat membahayakan peralatan sistem.

6. Hubung Singkat

Pada saat hubung singkat akan menyebabkan gangguan yang bersifat temporer maupun yang bersifat permanen. Gangguan permanen dapat terjadi pada hubung singkat 3 fasa, 2 fasa ketanah, hubung singkat antar fasa maupun hubung singkat 1 fasa ketanah. Sedangkan pada gangguan temporer terjadi karena *flashover* antar penghantar dan tanah, antara penghantar dan tiang, antara penghantar dan kawat tanah dan lain-lain.

7. Tegangan Lebih

Tegangan lebih dengan frekuensi daya, yaitu peristiwa kehilangan atau penurunan beban karena *switching*, gangguan AVR, *over speed* karena kehilangan beban. Selain itu tegangan lebih juga terjadi akibat tegangan lebih surja petir dan surja hubung / *switching*.

8. Hilangnya Sumber Tenaga

Hilangnya pembangkit biasanya diakibatkan oleh gangguan di unit pembangkit, gangguan hubung singkat jaringan sehingga relay dan CB bekerja dan jaringan terputus dari pembangkit.

9. Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat yang sering terjadi pada sistem kelistrikan adalah, sebagai berikut :

- a. Gangguan hubung singkat 3 fasa
- b. Gangguan hubung singkat 2 fasa
- c. Gangguan hubung singkat 1 fasa ketanah.

Semua gangguan hubung singkat diatas, arus gangguannya dihitung dengan menggunakan rumus dasar (hukum ohm), yaitu

$$I = \frac{V}{Z}$$

Dimana :

I = Arus yang mengalir pada hambatan (A)

V = Tegangan sumber (V)

Z = Impedansi jaringan, dari sumber tegangan sampai titik gangguan (Ω)

Yang membedakan antara gangguan hubung singkat 3 fasa dan gangguan hubung singkat lainnya adalah impedansi yang terbentuk sesuai dengan macam gangguan itu sendiri, dan tegangan yang memasok arus ke titik gangguan. Impedansi yang terbentuk dapat ditunjukkan seperti berikut ini:

Z untuk gangguan tiga fasa, $Z = Z_1$

Z untuk gangguan dua fasa, $Z = Z_1 + Z_2$

Z untuk gangguan satu fasa, $Z = Z_1 + Z_2 + Z_0$

Dimana :

Z_1 = Impedansi urutan positif (Ω)

Z_2 = Impedansi urutan negatif (Ω)

Z_0 = Impedansi urutan nol (Ω)

Sedangkan daya hubung singkat pada busbar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$MVAsc = \sqrt{3} \times V \times I_{sc}$$

Dimana :

Ssc = Daya hubung singkat (VA)

V = Tegangan (V)

Isc = Arus hubung singkat (A)

2.2.15 PMCB (*Pole Mounted Circuit Breaker*)

PMCB (*Pole Mounted Circuit Breaker*) adalah sistem pengaman pada tiang portal dengan tegangan menengah 20 kV, yang dipasang ditengah jaringan, atau ditengah daerah yang sering mengalami gangguan. PMCB memiliki komponen proteksi berupa rele yang berkoordinasi dengan trafo arus (*Current Transformer*), sehingga PMCB berfungsi

sebagai sarana manuver pengendali beban listrik jika terjadi gangguan aliran listrik, serta pelaksanaan pemeliharaan (gangguan terencana).



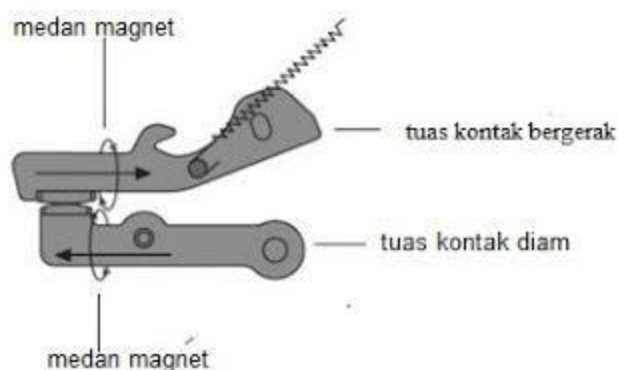
Gambar 2.7 *Pole Mounted Circuit Breaker*

2.2.16 Cara Kerja PMCB

Trafo arus (CT) berfungsi untuk mengukur dan mentransformasikan besaran (Ampere) yang besar ke besaran yang sama dengan nilai yang berbeda. Trafo arus juga berfungsi untuk mendeteksi arus dan mengirimkannya ke relay. Relay proteksi sebagai alat pembatas dan pengaman dipasang dalam box kontrol, yang berada pada salah satu tiang dibawah PMCB, yang berfungsi untuk memonitor besaran gangguan dan memerintahakan PMCB untuk *open* / *close*. Setiap arus yang mengalir pada suatu penghantar di suatu penyulang akan dideteksi dan diukur oleh CT yang kemudian dikirimkan ke relay. Kemudian Relay akan memonitor seberapa besar arus yang dikirim oleh CT. Apabila arus yang dikirim melebihi settingan arus yang telah ditentukan maka akan memerintahakan kontak untuk *open*, setelah kontak *open* arus terhenti. Untuk meminimalisir percikan api

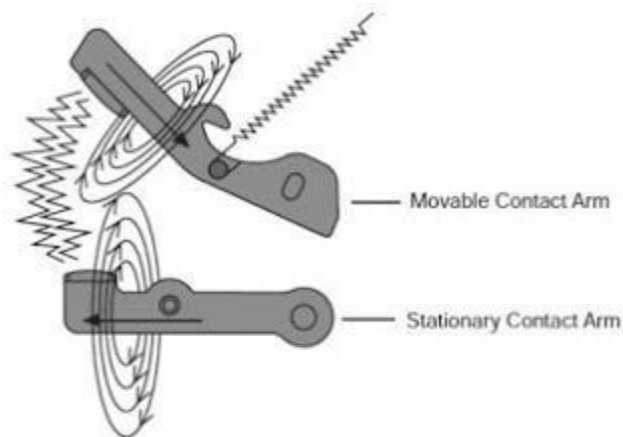
ketika kontak terbuka digunakan vakum, dan ketika kontak *open* / *close* akan terdengar suara dentuman yang keras.

Sistim PMCB bekerja dengan prinsip apabila ada arus yang berlebih akan menimbulkan medan elektro magnet yang akan menarik tuas penghubung terminal sehingga hubungan antar terminal terputus pada VCB *Motorized*.



Gambar 2.8 PMCB dengan media VCB *Motorized*

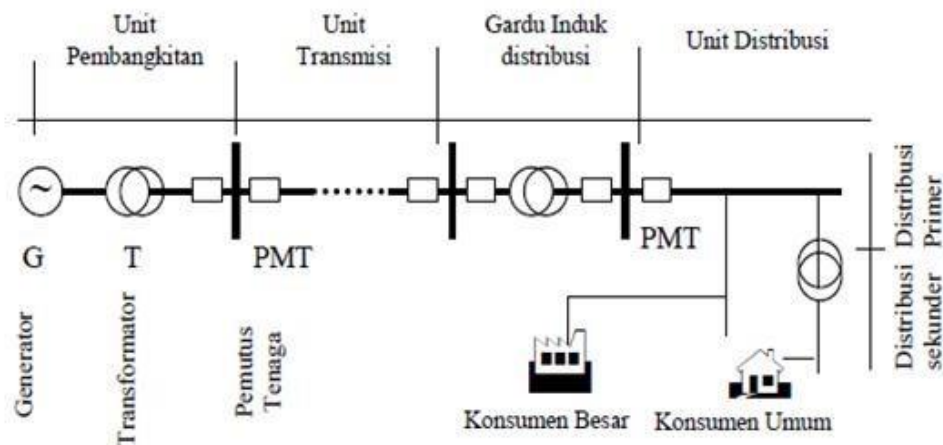
Perhatikan gambar 2.8. Arus dari sumber ke beban melalui tuas kontak pada VCB *Motorized*. Tuas kontak terdiri dari tuas kontak yang bias bergerak dan tuas kontak yang tidak bergerak atau diam. Pada saat arus mengalir di tuas kontak akan timbul medan magnet pada tuas kontak tersebut. Karena arah arus berlawanan, maka medan magnet pun akan berlawanan. Pada kondisi normal medan magnet tidak cukup kuat untuk memisahkan titik kontak dan arus tetap tersambung ke beban. Pada saat arus berlebihan maka medan magnet dengan cepat bertambah kuat hingga mampu memisahkan titik kontak, seperti terlihat pada gambar 2.8

Gambar 2.9 Pergerakan Tuas PMCB dengan media VCB *Motorized*

Tuas pengoperasian dihubungkan dengan tuas kontak bergerak. Pegas berfungsi memberikan tekanan pada tuas kontak bergerak agar tekanan pada sambungan titik kontak menjadi kuat.

2.2.17 Proses Penyaluran Tenaga Listrik Ke Konsumen

Didalam dunia kelistrikan sering timbul persoalan teknis, dimana tenaga listrik dibangkitkan pada tempat-tempat tertentu, sedangkan pemakai tenaga listrik atau pelanggan tenaga listrik tersebar diberbagai tempat yang letaknya jauh dari pembangkit tenaga listrik, maka penyampaian tenaga listrik dari tempat dibangkitkan sampai ke tempat pelanggan memerlukan berbagai penanganan



Gambar 2.10 proses penyaluran tenaga listrik ke pelanggan

Tenaga listrik dibangkitkan oleh pembangkit listrik kemudian dinaikkan tegangannya oleh transformator penaik tegangan (step up transformer) yang ada di pembangkit listrik dan disalurkan melalui saluran transmisi tegangan ekstra tinggi dan saluran transmisi tegangan tinggi. Saluran transmisi tegangan ekstra tinggi dan tegangan tinggi di PLN mempunyai tegangan 500 kV dan 150 kV.

Setelah tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi maka sampailah tenaga listrik di Gardu Induk (GI) untuk diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan (step down transformer) menjadi tegangan menengah (20 kV). Kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardugardu distribusi menjadi tegangan rendah dengan tegangan 220/380 Volt, lalu disalurkan ke rumah-rumah pelanggan (konsumen) PT PLN (Persero) melalui Sambungan Rumah (SR) serta alat pembatas daya dan kWh meter yang sekaligus merupakan titik akhir kepemilikan PT PLN (Persero).

Pelanggan-pelanggan yang mempunyai daya tersambung besar tidak dapat disambung melalui jaringan tegangan rendah melainkan disambungkan langsung pada jaringan tegangan menengah, bahkan ada pula yang disambung pada jaringan transmisi tegangan tinggi, tergantung besarnya daya tersambung.

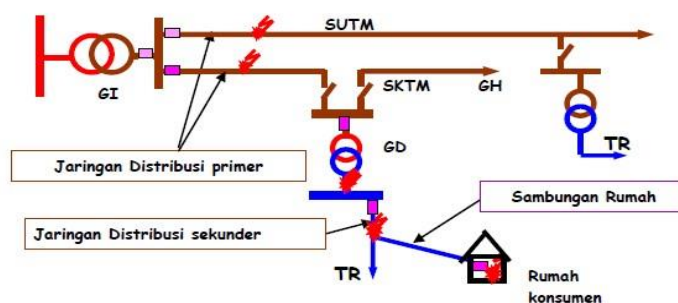
2.2.18 Jaringan Distribusi

Jaringan setelah keluar dari Gardu Induk biasa disebut jaringan distribusi, sedangkan jaringan antara pembangkit listrik dengan Gardu Induk biasa disebut jaringan transmisi. Jaringan distribusi dibagi menjadi dua yaitu distribusi primer dan distribusi sekunder.

1. Distribusi Primer, sering disebut Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dengan tegangan operasi 20 kV. Jaringan Tegangan Menengah

menghubungkan Gardu Induk dengan gardu distribusi dan antara gardu distribusi dengan gardu distribusi. Jaringan Tegangan Menengah ini ada yang disalurkan dengan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dan ada yang disalurkan dengan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM). Biasanya daerah perkotaan menggunakan SKTM dengan saluran-saluran kabel bawah tanah sehingga tidak terlihat.

2. Distribusi Sekunder, sering disebut Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dengan tegangan operasi 220/380 Volt. Jaringan Tegangan Rendah merupakan jaringan dari Papan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) sampai dengan Alat Pengukur dan Pembatas (APP). Jaringan Tegangan Rendah ini ada yang disalurkan dengan Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) dan ada yang disalurkan dengan Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR).



Gambar 2.11. Jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder

2.2.19 Sistem Proteksi Distribusi Tenaga Listrik

1. Pengertian Sistem Proteksi

Secara umum pengertian sistem proteksi ialah cara untuk mencegah atau membatasi kerusakan peralatan terhadap gangguan, sehingga kelangsungan penyaluran tenaga listrik dapat dipertahankan.

Sistem proteksi penyulang tegangan menengah ialah pengamanan yang terdapat pada sel-sel tegangan menengah di Gardu Induk dan pengamanan yang terdapat pada jaringan tegangan menengah. Penyulang tegangan menengah ialah penyulang tenaga listrik yang berfungsi untuk mendistribusikan tenaga listrik tegangan menengah (6 kV – 20 kV), yang terdiri dari :

1. Saluran udara tegangan menengah (SUTM)
2. Saluran kabel tegangan menengah (SKTM)

2. Tujuan Sistem Proteksi

Gangguan pada sistem distribusi tenaga listrik hampir seluruhnya merupakan gangguan hubung singkat, yang akan menimbulkan arus yang cukup besar. Semakin besar sistemnya semakin besar gangguannya. Arus yang besar bila tidak segera dihilangkan akan merusak peralatan yang dilalui arus gangguan. Untuk melepaskan daerah yang terganggu itu maka diperlukan suatu sistem proteksi, yang pada dasarnya adalah alat pengamanan

yang bertujuan untuk melepaskan atau membuka sistem yang terganggu, sehingga arus gangguan ini akan padam. Adapun tujuan dari sistem proteksi antara lain :

1. Untuk menghindari atau mengurangi kerusakan akibat gangguan pada peralatan yang terganggu atau peralatan yang dilalui oleh arus gangguan.
2. Untuk melokalisir (mengisolir) daerah gangguan menjadi sekecil mungkin.
3. Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen.
4. Serta memperkecil bahaya bagi manusia.

3. Persyaratan Kerja Sistem Proteksi

Untuk memenuhi persyaratan diatas maka relai proteksi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Selektif (selective)

Artinya suatu relai proteksi adalah bertugas mengamankan suatu alat atau bagian dari sistem tenaga listrik dalam jangkauan pengamanannya. Letak pemutus tenaga (PMT), sedemikian rupa sehingga setiap bagian dari sistem dapat dipisahkan. Maka tugas dari relai adalah mendeteksi adanya gangguan yang terjadi pada daerah pengamannya, dan memberi perintah untuk membuka PMT, dan memisahkan bagian dari sistem yang terganggu.

2. Andal(reability)

Dalam keadaan normal, yaitu bila tidak terjadi gangguan relai tidak boleh bekerja, mungkin berbulan-bulan atau bertahun-tahun. Tetapi bila pada suatu saat ada gangguan, maka relai harus bekerja, dan dalam hal ini relai tidak boleh gagal bekerja, karena pemadaman akan meluas. Disamping itu juga relai tidak boleh salah bekerja.

3. Cepat(speed)

Waktu kerja relai cepat maksudnya ialah makin cepat relai bekerja, maka tidak hanya dapat memperkecil kerusakan akibat gangguan, tetapi juga dapat memperkecil kemungkinan meluasnya gangguan.

4. Peka(sensitive)

Relai dikatakan peka bila dapat bekerja dengan masukan (input) dari besaran yang dideteksi kecil. Jadi relai dapat bekerja pada awal terjadinya gangguan.

5. Ekonomisdansederhana

Dalam menentukan relai pengaman yang akan digunakan harus ditinjau techno-ekonomisnya. Misalnya untuk sistem distribusi tegangan menengah yang diperlukan relai yang rumit dan sangat cepat bekerjanya, atau misalnya trafo distribusi yang hanya 1000 KVA menggunakan relai differensial.

2.2.20 Jenis-jenis Alat Proteksi Distribusi

1. Recloser

Alat pengaman arus lebih yang bisa diatur waktu saat memutuskan arus lebih serta menutup secara otomatis dan mengalirkan tegangan kembali

pada saluran. Fungsi recloser terhadap gangguan permanen adalah memisahkan daerah / jaringan yang terganggu dari system secara cepat serta memperkecil daerah pemadaman.

Sedangkan fungsi recloser terhadap gangguan sesaat adalah memisahkan daerah terganggu, apabila gangguan tersebut sudah hilang maka recloser akan masuk lagi (reclose) dengan interval waktu reclose yang tergantung dari settingnya.



Gambar 2.12 Recloser

2. Cara Kerja Recloser

Recloser merasakan adanya arus gangguan, relay mengaktifkan Tripping Coil. Bila gangguan yang terjadi adalah Temporer maka dalam beberapa saat (tergantung setting waktu relay antara trip – reclose) recloser akan masuk kembali setelah gangguan temporer hilang. Jika gangguan yang terjadi adalah Permanen, maka recloser akan reclose sebanyak beberapa kali (tergantung setting relay) sampai akhirnya lock out dan mengisolasi gangguan. Tetapi jika terjadi arus gangguan permanen dengan arus yang sangat besar (tergantung setting arus, maka recloser tersebut akan mengunci dalam keadaan open tanpa reclose (lock out).

2.2.21 Sectionalizer - Load Break Switch (LBS) Motorized

Adalah alat pemutus beban yang dapat dioperasikan dari jarak jauh (remote) yang diintegrasikan ke dalam sistem SCADA yang dilengkapi sistem operasi elektrik menggunakan mekanisme operasi motor.

Untuk dioperasikan jarak jauh maka peralatan LBS harus dilengkapi dengan peralatan RTU, dalam keadaan darurat LBS dapat dioperasikan secara manual dengan menggunakan hook-stick (stick 20 kV).



Gambar 2.13 Sectionalizer

1. Prinsip Kerja Sectionalizer – LBS motorized

Operasi LBS motorized dikoordinasikan dengan recloser sehingga saat terjadi gangguan di zone LBS maka LBS hanya merasakan arus gangguan tersebut dan diteruskan ke recloser sehingga recloser bekerja membuka dan LBS juga membuka, saat recloser menutup kembali maka

tegangan dialirkan sampai di LBS sehingga zone LBS terisolasi (LBS tetap terbuka).

Syarat bekerjanya sectionalizer ini adalah harus terpenuhi dua syarat :

1. sectionalizer dilalui dan merasakan arus gangguan berapapun besarnya (sesuai setting arus) tapi tidak trip dan meneruskannya ke jaringan di atasnya.
2. sectionalizer akan trip ketika tegangan di jaringan tidak ada yaitu setelah recloser atau relay penyulang jatuh.

Oleh karena itu pemasangan sectionalizer di penyulang yang tidak terdapat Recloser, akan selalu menjatuhkan penyulang.

2.2.22 Automatic Sectionalizer Switch - (LBS FAI)

Adalah alat yang berfungsi sebagai Circuit Breaker dengan tingkat kapasitas pemutusan rendah, mengisolasi gangguan secara otomatis dan sebagai saklar pemutus beban, sehingga ASS merupakan alat yang berguna untuk memberikan peningkatan kualitas keandalan sistim distribusi. Pada umumnya kapasitas kemampuan maksimum sectionalizer rendah sehingga lebih sesuai jika dipasang pada percabangan atau main line dengan beban yang tidak terlalu tinggi.



Gambar 2.14 LBS FAI