

BAB II

SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI

2.1 Umum

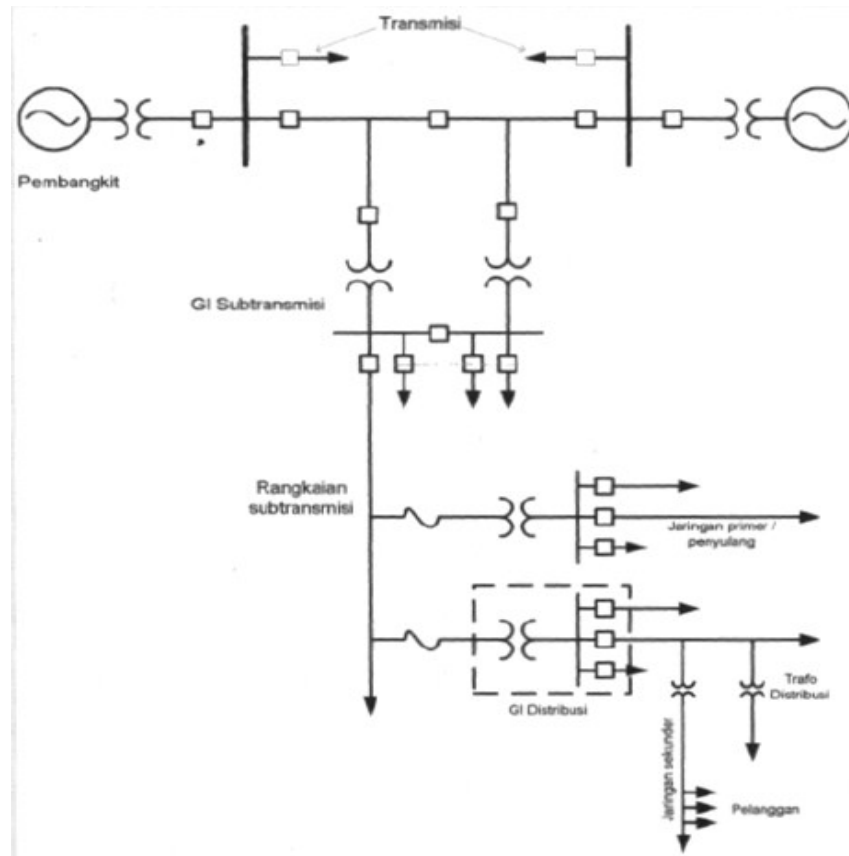
Sistem pembangkit merupakan sistem yang berfungsi sebagai pembangkit tenaga listrik. Tenaga listrik yang dibangkitkan kemudian ditransmisikan dalam daya yang besar oleh sistem transmisi ke gardu induk transmisi (GI). Dari GI transmisi tenaga listrik disubtransmisikan ke GI distribusi, kemudian didistribusikan kepada pelanggan secara langsung dan ke gardu-gardu distribusi untuk keperluan pelanggan dengan daya dan tegangan rendah. Dalam perencanaan sistem tenaga listrik, sistem pembangkit dan sistem transmisi saling berhubungan secara ekonomis dalam pemilihan lokasi, desain, dan hubungan skala ekonomi. Namun sistem distribusi berdiri sendiri.

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

- Gardu Induk (GI)
- Saluran Tegangan Menengah (TM)/ Distribusi Primer
- Gardu Distribusi (GD)
- Saluran Tegangan Rendah (TR)

Dalam pendistribusian tenaga listrik dari gardu-gardu induk sampai kepada konsumen diperlukan suatu sistem jaringan distribusi yang dapat dibedakan menjadi 2 buah yaitu sistem jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder. Jaringan distribusi primer umumnya bertegangan tinggi (20 KV atau 6 KV). Tegangan tersebut kemudian diturunkan oleh transformator distribusi pada

gardu distribusi menjadi tegangan rendah (220 atau 380 volt) untuk selanjutnya disalurkan ke konsumen melalui saluran distribusi primer.



Gambar 2.1 Diagram satu garis Sistem Tenaga Listrik

2.1.1. Sistem Jaringan Distribusi Primer

Sistem jaringan distribusi primer adalah bagian dari sistem tenaga listrik diantara gardu induk dan gardu distribusi. Jaringan distribusi primer ini umumnya terdiri dari jaringan tiga fasa, yang jumlah kawatnya tiga atau empat.

Untuk menyalurkan tenaga listrik pada jaringan distribusi primer digunakan hantaran udara. Hantaran distribusi ini dibentangkan sepanjang daerah yang disuplai tenaga listrik sampai pada pusat beban ujung akhir.

2.1.2. Sistem Jaringan Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder merupakan bagian dari sistem distribusi, yang bertugas mendistribusikan tenaga listrik secara langsung dari trafo distribusi ke pelanggan. Jaringan distribusi sekunder di Indonesia adalah jaringan distribusi bertegangan 220/380 Volt.

2.1.3. Gardu Induk Pada Sistem Distribusi

Gardu Induk adalah suatu instalasi, terdiri dari peralatan listrik yang berfungsi untuk:

1. Transformasi tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ke tegangan tinggi yang lainnya atau ke tegangan menengah.
2. Pengukuran, pengawasan operasi serta pengaturan pengamanan dari sistem tenaga listrik.
3. Pengaturan daya ke gardu-gardu induk lain melalui tegangan tinggi dan gardu-gardu distribusi melalui feeder tegangan menengah.

Peralatan yang menunjang untuk kepentingan pengaturan distribusi tenaga listrik di Gardu Induk adalah :

- a. Sisi Tegangan Tinggi
 - Transformator Daya
 - Pemutus Tenaga (CB)
 - Saklar Pemisah (DS)
 - Pengubah transformator Berbeban
 - Transformator Arus (CT)

- Transformator Tegangan (PT)
- b. Sisi Tegangan Menengah
 - Pemutus Tenaga trafo (incoming circuit Breaker)
 - Pemutus Tenaga Kabel (outgoing Circuit Breaker)
 - Trafo Arus (CT)
 - Trafo Tegangan (PT)
- c. Peralatan Kontrol
 - Panel Kontrol
 - Panel Relay
 - Meter-meter pengukuran

2.2. Saluran Udara dan Saluran Bawah Tanah

Sistem distribusi dengan saluran udara maupun dengan saluran bawah tanah. Saluran udara, untuk kepadatan beban yang besar di kota-kota atau daerah metropolitan digunakan saluran bawah tanah. Pilihan antara saluran udara dan bawah tanah tergantung pada sejumlah faktor, antara lain pentingnya kontinuitas pelayanan, arah perkembangan daerah, biaya pemeliharaan tahunan yang sama, biaya modal dan umur manfaat sistem tersebut.

Saluran udara merupakan penghantar energi listrik, tegangan menengah ataupun tegangan rendah, yang dipasang diatas tiang-tiang listrik di luar bangunan. Pada kabel tanah penghantarnya dibungkus dengan bahan isolasi. Kabel tanah dapat dipakai untuk tegangan menengah ataupun tegangan rendah. Sebagaimana namanya, kabel tanah ditanam dalam tanah. Instalasi saluran udara jauh lebih murah daripada instalasi kabel tanah. Di lain pihak, instalasi kabel tanah lebih

mudah pemeliharaannya dibanding dengan saluran udara. Instalasi kabel tanah lebih indah, karena tidak terlihat, sedangkan saluran udara mengganggu pemandangan dan lingkungan. Karenanya, di kota-kota besar dengan kepadatan pemakain energi listrik yang tinggi, saluran tegangan menengah biasanya merupakan kabel tanah, bahkan saluran tegangan rendah. Tingginya biaya instalasi kabel tanah karena tingginya kepadatan pemakain energi listrik. Sekalipun operasi dan pemeliharaan lebih mudah, tetapi bila terjadi gangguan pada kabel tanah, perbaikannya sangat sulit, bila kabel ini ditanam di jalanan yang lalu-lintasnya padat.

2.2.1. Saluran Udara

Saluran udara di pasang pada luar bangunan, direnggangkan pada isolator-isolator diantara tiang-tiang sepanjang beban yang dilalui suplai tenaga listrik, mulai gardu induk sampai ke pusat beban. Jaringan udara direncanakan untuk kawasan dengan kepadatan beban rendah atau sangat rendah, misalnya pinggiran kota, kampung/kota-kota kecil, dan tempat-tempat yang jauh serta luas dengan beban tersebar. Seringkali digunakan untuk melayani daerah yang sedang berkembang sebagai tahapan sementara. Kota-kota besar dengan mayoritas perumahan kebanyakan menggunakan jaringan udara. Bahan yang dipakai untuk kawat penghantar adalah tembaga dan alumunium. Karena kawat alumunium berinti baja (ASCR atau Alumunium Cable Steel Reinforced) banyak dipakai untuk saluran udara tegangan tinggi maupun tegangan menengah. Sedangkan untuk saluran tegangan rendah banyak dipakai kawat alumunium telanjang (

AAC atau All Alumunium Cable). Beberapa pertimbangan untuk saluran udara sebagai berikut

a. Keuntungan pada saluran udara:

Investasi atau biaya untuk membangun saluran udara jauh lebih rendah dibandingkan kabel tanah, yaitu perbandingan sekitar 1 :5-6, bahkan lebih tinggi untuk tegangan yang lebih tinggi. Kawat untuk daerah yang lahannya merupakan batu, lebih mudah membuat lubang untuk tiang listrik daripada membuat jalur lubang bagi kabel tanah. Terutama untuk tegangan extra tingi, masing-masing fase dapat diletakkan cukup jauh terpisah. Pemeliharaan lebih mudah dan mencari lokasi terganggu jauh lebih mudah.

b. Kerugian pada saluran udara:

Lebih mudah terganggu karena angin ribut, hujan, petir, maupun anak-anak yang main layang-layang. Mengganggu pemandangan dan bahkan dianggap mengganggu lingkungan. Bila kawat putus, dapat membahayakan manusia. Khusus untuk tegangan tinggi, medan elektromagnetik yang berasal dari saluran udara, sering dianggap berbahaya untuk keselamatan manusia.

2.2.2. Saluran Bawah Tanah

Untuk saluran bawah tanah sistem penyaluran tenaga listriknya yang digunakan adalah kabel tanah yang direntangkan sepanjang daerah beban yang dilaluinya. Bahan untuk kabel tanah pada umumnya terdiri atas tembaga dan alumunium. Sebagai isolasi dipergunakan bahan-bahan

berupa kertas serta perlindungan mekanikal berupa timah hitam. Untuk tegangan menengah sering juga dipakai minyak sebagai isolasi. Kabel ini jenis kabel minyak dengan bahan isolasi XLPE (Cross-Linked Polyethylene). Jaringan bawah tanah direncanakan untuk kawasan dengan padat beban lebih tinggi, misalnya kota metropolitan atau kota-kota besar. Penanaman kabel dapat dilakukan secara langsung atau memakai pipa pelindung. Pemakaian kabel tanah dengan pipa pelindung dilakukan untuk keperluan setempat, misalnya jaringan menyebrang sungai, instalasi didalam gedung dan lain-lain. Beberapa pertimbangan untuk kabel tanah dapat disebut seperti berikut.

a. Keuntungan atau kelebihan berupa:

Kabel tanah tidak terlihat, maka tidak mengganggu pemandangan atau lingkungan. Hal ini penting untuk kota yang padat penduduknya serta lalu-lintas yang padat. Pengoperasiannya lebih mudah karena tidak terpengaruh oleh hujan, petir, atau angin rebut.

b. Sedangkan kerugian atau kekurangan adalah :

Harganya yang tinggi, lebih-lebih untuk tegangan yang tinggi. Bila terjadi gangguan, tidak mudah menemukan tempat gangguan. untuk melakukan reparasi pada kabel yang rusak, sangat sulit karena mengganggu lalu-lintas kendaraan, sehingga menambah masalah kemacetan lalu-lintas.

2.3. Konfigurasi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah

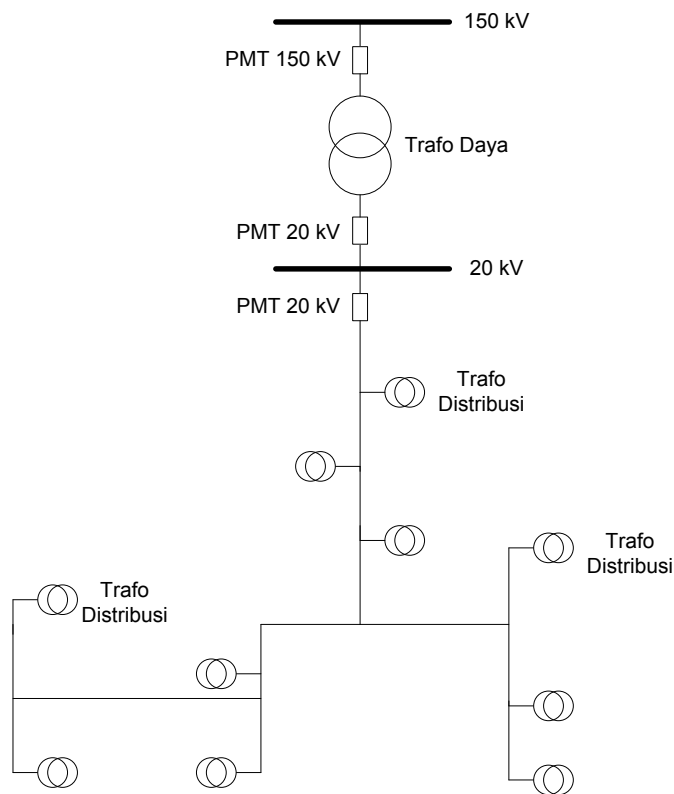
Konfigurasi jaringan Distribusi dapat dikelompokkan menjadi tiga model, yaitu :

- a. Jaringan Radial
- b. Jaringan Lingkaran (*Loop*)
- c. Jaringan Spindel

2.3.1. Jaringan distribusi primer tipe radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk dasar paling sederhana dan mempunyai keandalan yang rendah. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabangkan ketitik-titik beban yang dilayani. Catu daya berasal dari satu titik sumber dan adanya percabangan, sehingga arus yang mengalir disaluran tidak sama.

Tipe jaringan ini menggambarkan Jaringan Tegangan Menengah berupa feeder radial yang keluar dari GI. Sepanjang feeder terdapat Transformator-transformator Distribusi (TD), yang dilengkapi sekering (S). Pada sistem Radial, beban hanya dapat disuplai dari satu sumber dan satu penyulang. Diagram satu garis sistem ini dilukiskan pada gambar 2.2



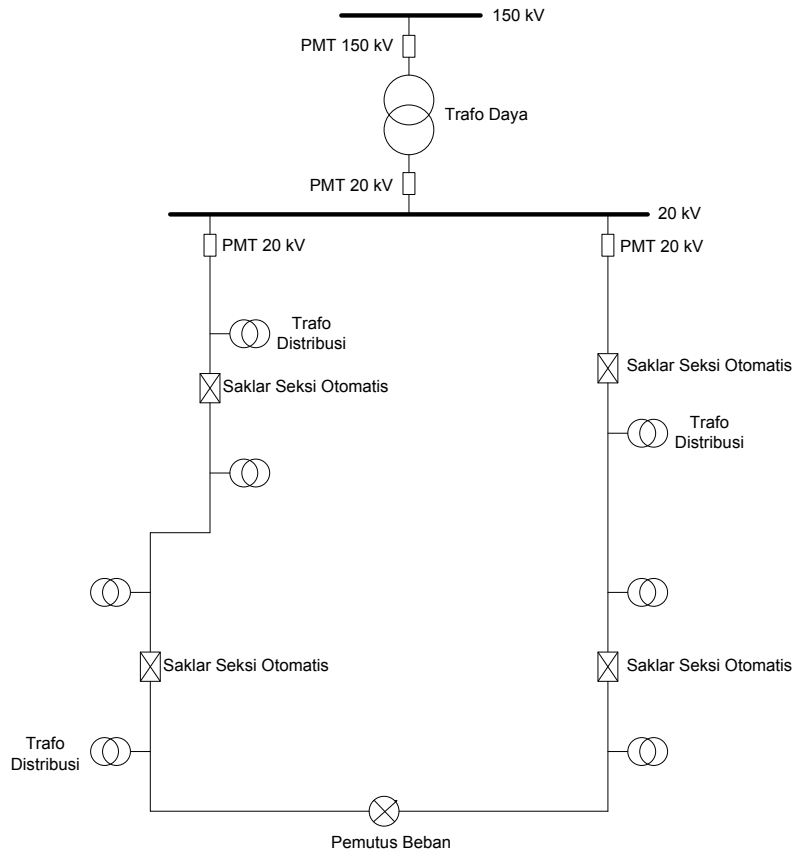
Gambar 2.2. Jaringan Distribusi Radial

2.3.2. Jaringan distribusi primer tipe lingkaran (loop)

Suatu sistem jaringan distribusi primer yang mulai dari gardu induk melalui daerah beban dan kemudian kembali lagi ke gardu induk yang sama. Jaringan ini merupakan modifikasi dari dua jaringan primer tipe radial yang ada pada akhir ujungnya digabung.

Susunan rangkaian saluran membentuk ring, yang memungkinkan titik beban dilayani dari dua arah pencatu daya, sehingga kontinuitas pelayanan lebih baik serta kualitas dayanya menjadi baik. Hal ini dikarenakan rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran menjadi lebih kecil.

Sedangkan kerugiannya adalah biaya pemasangan dan operasional cukup mahal. Gambar 2.3 berikut melukiskan jaringan distribusi tipe loop.



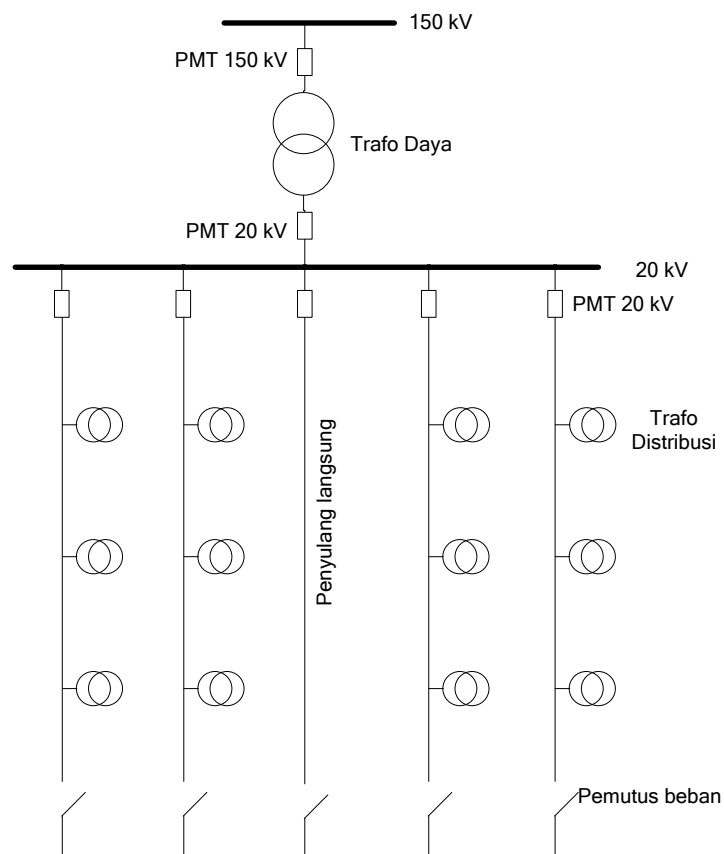
Gambar 2.3. Jaringan Distribusi Ring (Loop)

2.3.3. Jaringan distribusi tipe spindle

Sistem jaringan tipe spindle ini merupakan pengembangan dan penyempurnaan dari sistem loop secara umum. Konstruksi dan fungsi operasionalnya hampir sama, yang membedakan adalah pada sistem distribusi tipe spindle ini mempunyai saluran khusus yang tidak dibebani tapi bertegangan sesuai dengan sistem tegangan yang

berlaku. Kelebihan yang lain adalah terdapatnya gardu hubung pada ujung-ujung dari beberapa saluran.

Susunan jaringan distribusi tipe spindel adalah terdiri dari beberapa saluran utama dan sebuah saluran khusus atau disebut dengan *feeder express* dimana baik saluran utama maupun saluran khusus memakai kabel cadangan. Kabel cadangan ini khusus digunakan untuk melayani bila terjadi gangguan pada salah satu saluran yang mana kabel cadangan tersebut dihubungkan langsung dari gardu induk menuju gardu hubung melalui lintasan yang terpendek. Berikut ini dilukiskan jaringan distribusi tipe spindel :



Gambar 2.5. Jaringan Distribusi spindle

2.4. Sistem Pengaman pada Sistem Jaringan Distribusi

Agar suatu sistem distribusi dapat berfungsi dengan secara baik, gangguan-gangguan yang terjadi pada tiap bagian harus dapat dideteksi dan dipisahkan dari sistem lainnya dalam waktu yang secepatnya, bahkan kalau dapat, mungkin pada awal terjadinya gangguan. Keberhasilan sistem proteksi memerlukan Suatu koordinasi antara berbagai alat proteksi yang dipakai. Adapun fungsi sistem pengaman adalah :

- a. Melokalisir gangguan untuk membebaskan perlatan dari gangguan.
- b. Membebaskan bagian yang tidak bekerja normal, untuk mencegah kerusakan.
- c. Memberi petunjuk atau indikasi atas lokasi serta macam dari kegagalan
- d. Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen.
- e. Untuk mengamankan keselamatan manusia terutama terhadap bahaya yang ditimbulkan listrik.

Dalam usaha menjaga kontinuitas pelayanan tenaga listrik dan menjaga agar peralatan pada jaringan primer 20 kV tidak mengalami kerusakan total akibat gangguan, maka mutlak diperlukan peralatan pengaman. Adapun peralatan pengaman yang digunakan pada jaringan tegangan menengah 20 kV terbagi menjadi :

- Peralatan pemisah atau penghubung
- Peralatan pengaman arus lebih
- Peralatan pengaman tegangan lebih.

2.4.1. Peralatan Pemisah atau Penghubung

Fungsi dari pemutus beban atau pemutus daya (PMT) adalah untuk mempermudah dalam membuka dan menutup suatu saluran yang menghubungkan sumber dengan beban baik dalam keadaan normal maupun dalam keadaan gangguan.

Jenis pemutus yang digunakan pada gardu induk adalah :

- Circuit Breaker (Pemutus Tenaga)
- Disconnecting Switch (DS)

Sedangkan pemutus pada jaringan adalah :

- Load Break Switch (LBS)
- Vacuum Switch (AVS)

2.4.1.1. Circuit Breaker (Pemutus Tenaga)

Saluran transmisi dihubungkan dengan ril (bus) melalui transformator utama, dimana setiap saluran tersebut dilengkapi dengan Circuit Breaker (CB) dan Disconnecting Switch (DS). Circuit Breaker, dapat dioperasikan secara otomatis maupun secara manual dengan waktu pemutusan/penyambungan yang tetap sama, sebab faktor ini ditentukan oleh struktur mekanismenya yang menggunakan pegas-pegas. Karena itu CB dapat dioperasikan untuk memutus maupun menghubungkan rangkaian dalam keadaan dilalui arus beban atau tidak, yang dilengkapi dengan alat pemadam busur api.

Dalam keadaan tidak normal (gangguan) Circuit Breaker adalah merupakan saklar otomatis yang dapat memisahkan arus gangguan, dimana untuk mengerjakan atau mengoperasikan Circuit

Breaker dalam keadaan tidak normal ini umumnya digunakan suatu rangkaian trip yang mendapat signal dari suatu rangkaian relay pengaman. Fungsi rangkaian relay adalah mengamankan sistem terhadap gangguan yang berbeda-beda macamnya dan untuk ini diperlukan koordinasi tersendiri Tidak hanya tergantung pada keadaan arus nominal saja, tetapi juga tergantung pada keadaan arus maximum yang mungkin terjadi pada saat gangguan disebut juga momentary current. Dan juga arus yang masih ditahan oleh Circuit Breaker sesudah kontak Circuit Breaker membuka beberapa cycle yaitu interrupting current, serta system tegangan dimana Circuit Beaker ditempatkan.

2.4.1.2. Disconnecting Switch (Saklar Pemisah)

Disconnecting Switch, merupakan alat pemutus rangkaian yang dioperasikan secara manual, karena waktu pemutusan terjadi sangat subyektif, tergantung pada subyek operatornya. Hal ini merupakan alasan utama, mengapa Disconnecting Switch tidak boleh dioperasikan pada saat rangkaian dilalui arus beban. Tugas utama alat ini umumnya digunakan untuk memutus rangkaian dalam rangka perbaikan atau pemeliharaan. Hubungan rangkaian pemutus daya dan saklar pemisah adalah menempatkan pemutus daya diantara dua buah saklar pemisah.

Pada umumnya hubungan pemutus daya dan saklar pemisah dilaksanakan dengan sistem interlock. Yang dimaksud dengan interlock adalah agar tidak salah pengoperasian dari dua buah peralatan. Dengan

demikian saklar pemisah tidak digunakan untuk memutuskan arus beban dan bekerjanya dengan urutan tertentu yaitu pembukaan saklar pemisah selalu didahului oleh pembukaan pemutus daya dan menutupnya pemutus daya sesudah saklar pemisah ditutup.

Meskipun Disconnecting Switch tidak dimaksudkan untuk memutuskan arus beban nominal maupun arus hubung singkat akan tetapi memenuhi persyaratan tertentu. Syarat-syarat yang harus dipenuhi :

- a. Mempunyai kapasitas arus nominal 15% diatas arus beban penuh.
- b. Harus sanggup menahan tegangan nominal hingga tegangan 10% diatas gangguan nominal.
- c. Dalam keadaan tertutup harus mampu menahan momentarycurrent pada waktu terjadi hubung singkat.
- d. Dapat menahan timbulnya beban termis dan gaya elektrodinamis yang timbul pada saat terjadinya gangguan hubung singkat.

2.4.1.3. Load Break Switch

Swich pemutus beban (Load Break Switch, LBS) merupakan saklar atau pemutus arus tiga fase untuk penempatan di luar ruas pada tiang pancang, yang dikendalikan secara elektronis. Switch dengan penempatan di atas tiang pancang ini dioptimalkan melalui control jarak jauh dan skema otomatisasi. Swich pemutus beban juga merupakan sebuah sistem penginterupsi hampa yang terisolasi oleh gas SF₆ dalam

sebuah tangki baja anti karat dan disegel. Sistem kabelnya yang full-insulated dan sistem pemasangan pada tiang pancang yang sederhana yang membuat proses instalasi lebih cepat dengan biaya yang rendah. Sistem pengendalian elektroniknya ditempatkan pada sebuah kotak pengendali yang terbuat dari baja anti karat sehingga dapat digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan. Panel pengendali (user-friendly) dan tahan segala kondisi cuaca. Sistem monitoring dan pengendalian jarak jauh juga dapat ditambahkan tanpa perlu menambahkan Remote Terminal Unit (RTU).

Untuk meningkatkan keandalan dan ketersediaan aliran daya, maka setiap beberapa penyulang disambung oleh LBS (normally open switch), yang sewaktu-waktu bisa diaktifkan untuk melakukan manuver arus listrik jika terjadi gangguan pada penyulang lain. Pada kenyataannya penyulang yang disambung tersebut tidak hanya penyulang lain yang berasal dari GI yang sama, namun juga dengan penyulang dari GI yang lain. Hal ini tentunya sangat baik pengaruhnya terhadap keandalan dan ketersediaan jaringan distribusi daya listrik yang mensuplai suatu kawasan, dimana secara teori lebih banyak penyebab gangguan, akan dapat lebih cepat ditanggulangi dengan adanya banyak kemungkinan jalur suplai daya listrik

2.4.1.4. Automatic Vacum Switch (AVS)

Suatu peralatan pemutus yang bekerja secara otomatis untuk membebaskan seksi-seksi yang terganggu dari suatu sistem distribusi

jaringan distribusi tenaga listrik atau dengan kata lain membebaskan atau melokalisir daerah yang terganggu tetap mendapatkan supply tenaga listrik. Pemasangan AVS pada jaringan distribusi tenaga listrik 20 KV dilengkapi dengan pemasangan recloser (pemutus balik otomatis) dan fault section indicator penyulang. Hal ini dimaksudkan untuk mengoptimalkan kerja dari AVS.

2.4.2. Peralatan Pengaman Arus Lebih

Fungsi dari peralatan pengaman arus lebih adalah untuk mengatasi gangguan arus lebih pada sistem distribusi sebelum gangguan tersebut meluas keseluruh sistem yang ada. Peralatan yang banyak digunakan pada jaringan distribusi adalah :

- Fuse Cut Out
- Rele Arus Lebih
- Recloser (Pemutus Balik Otomatis)

2.4.2.1. Fuse Cut Out

Fuse merupakan kombinasi alat pelindung dan pemutus rangkaian, yang mempunyai prinsip melebur (expulsion) atau mengamankan gangguan permanen antara fasa ke tanah, bila dilewati arus yang besarnya melebihi rating arusnya. maka elemen pelebur yang terletak pada tabung fiber akan meleleh dan terjadi busur api yang akan mengenai tabung fiber sehingga menghasilkan gas yang dapat segera mematikan busur api.

Karakteristik waktu/arus dari sebuah fuse adalah sekitar I^2t . Untuk semua jenis fuse, batas arus fusnya biasanya lebih tinggi daripada arus normalnya. Faktor penting yang mempengaruhi batas arus yang sesuai dari fuse adalah arus beban lebih pada rangkaian termasuk harmonisa, naiknya arus lebih bersamaan arus ke transformator, starting motor, kapasitor. Arus yang melampaui batas waktu untuk melewati arus pemutus minimum dapat mengalami kerusakan yang dapat mempengaruhi karakteristiknya, terutama kemampuan memutus.

2.4.2.2. Rele Arus Lebih (Over Current Relay)

Relai merupakan peralatan pengaman yang berfungsi untuk melindungi peralatan listrik dari gangguan yang mungkin terjadi. Tujuan dipasang relai pengaman adalah :

- a. Menghindari atau mengurangi kerusakan yang terjadi akibat gangguan pada alat yang dilalui arus gangguan.
- b. Menyelamatkan sistem atau bagian sistem lainnya yang tidak terganggu supaya tetap dapat bekerja terus, dengan cara melepaskan bagian sistem yang terganggu sedemikian rupa sehingga penyimpangan atau kesalahan akibat gangguan tersebut tidak memberikan akibat negative yang lebih luas terhadap keseluruhan sistem yang ada.

Relay ini memberikan reaksi terhadap besarnya arus masukan, dan bekerja untuk memutuskan (trip) bilamana besarnya arus melebihi nilai

tertentu yang dapat diatur. Relay arus lebih akan menutup kontak – kontaknya untuk menggerakkan rangkaian yang menyebabkan saklar daya membuka atau menutup bilamana arus mencapai suatu nilai yang telah ditentukan terdahulu. Dengan demikian, maka pada relay arus lebih terdapat kepekaan terhadap besar arus yang mengalir. Relay arus lebih dikategorikan menjadi 3 yaitu :

- Relay arus lebih seketika (instantaneous over current relay)
- Relay arus lebih dengan karakteristik tunda waktu (definite time over current relay)
- Relay arus lebih dengan karakteristik tunda waktu terbalik (inverse time over current relay)

Relay arus lebih seketika adalah relay yang bekerjanya tanpa penundaan waktu atau jangka waktu relay mulai saat relay arusnya pickup sampai selesai, sangat singkat (sekitar 20 sampai 100 ms). Relay arus lebih dengan karakteristik tunda waktu tertentu, yaitu suatu relay dengan jangka waktu mulai relay arus pickup sampai selesainya kerja relay diperpanjang dengan nilai atau waktu tertentu. Sehingga apabila arus yang mengalir telah melebihi arus setting maka relay akan bekerja sesuai dengan waktu penundaan yang telah ditetapkan. Ada beberapa jenis relay arus lebih dengan tunda waktu, hal ini sangat tergantung pada karakteristik waktu tundanya. Berdasarkan tunda waktu kerjanya, relay lebih dapat dibedakan menjadi 4, yaitu :

- Waktu tertentu (definite time).
- Waktu minimal tertentu terbalik (inverse definite minimum

time/IDMT).

- Sangat berbanding terbalik (very inverse).
- Sangat berbanding terbalik sekali (extremely inverse).

2.4.2.3. Pemutus Balik Otomatis (Auto Circuit Recloser)

Recloser merupakan suatu peralatan pengaman yang dapat mendeteksi arus lebih, karena hubung singkat antara fasa dengan fasa atau fasa dengan tanah, dimana rekloser ini memutus arus dan menutup kembali secara otomatis dengan selang waktu yang dapat diatur sesuai dengan setting interval recloser. Sebagian besar gangguan (80 - 95%) pada jaringan distribusi dan transmisi adalah bersifat temporer (sementara), berlangsung dari beberapa cycle sampai beberapa detik. Penyebab gangguan kebanyakan disebabkan oleh dahan/ranting pohon yang mengenai saluran udara. Penutup balik adalah alat pengaman arus lebih yang diatur waktu untuk memutus dan menutup kembali secara otomatis, terutama untuk membebaskan dari gangguan yang bersifat temporer (sementara), sering juga disebut dengan recloser.

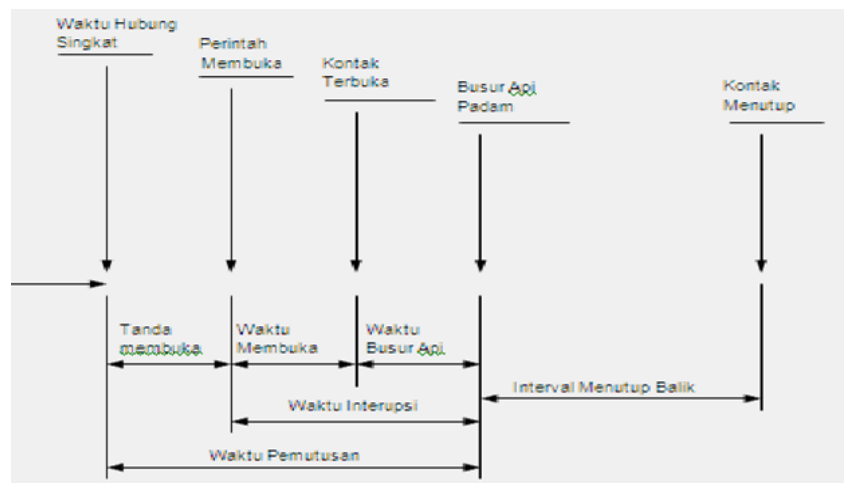
Recloser dilengkapi dengan sarana indikasi arus lebih, pengatur waktu operasi, serta penutupan kembali secara otomatis. Desain dari recloser memungkinkan untuk dapat membuka kontak-kontaknya secara tetap dan terkunci/lock out, sesuai pemrogramannya setelah melalui beberapa kali operasi buka-tutup. Pada gangguan yang bersifat sementara, recloser akan membuka dan menutup kembali bila gangguan telah hilang. Jika gangguannya bersifat tetap/ permanent,

maka recloser akan membuka kontak-kontaknya secara tetap dan terkunci/lock out. Apabila gangguan telah dihilangkan, maka recloser dapat ditutup kembali. Recloser biasanya dipasang pada sebuah atau lebih cabang (lateral) pada jaringan sehingga gangguan yang terjadi tidak mempengaruhi seluruh jaringan. Recloser dapat diatur dengan beberapa operasi berbeda ,yaitu:

- Dua kali operasi seketika (membuka danmenutup) diikuti dua kali operasi waktu tunda maka recloser akan mengunci.
- Satukali operasi seketika diikuti tiga kali operasi waktutunda.
- Tiga kali operasi ditambah satu kali operasi waktu tunda.
- Empat kali operasi seketika.
- Empat kali operasi waktu tunda

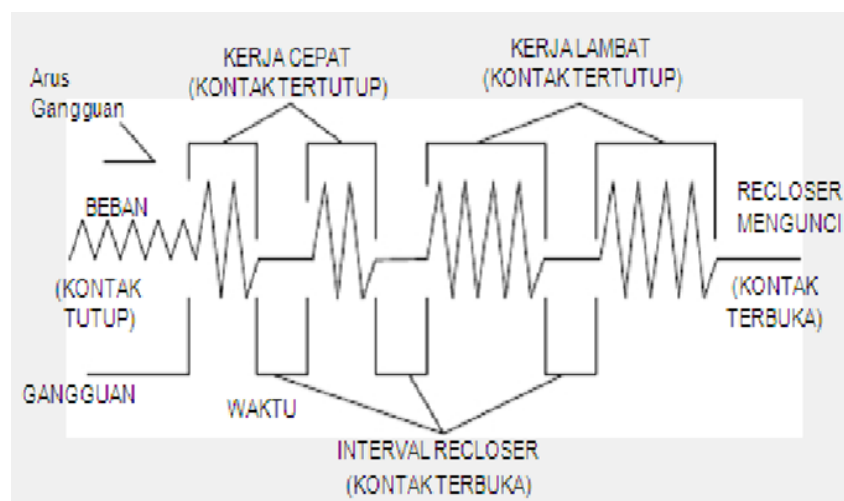
2.4.2.3.1. Prinsip Kerja Recloser

Recloser adalah suatu peralatan proteksi arus hubung singkat atau arus lebih, yang mana recloser ini digunakan pada sistem distribusi yang dapat membuka dan menutup kembali kontak memutus dayanya secara otomatis untuk beberapa kali sesuai dengan waktu serta urutan kerja yang telah ditentukan, yaitu untuk menghadapi gangguan hubung singkat bersifat temporer, dan jika gangguan itu bersifat permanent maka recloser akan mengunci (lock – out).



Gambar 2.8 Proses Kerja Dari Recloser

Proses operasi kerja recloser dari saat mulai terjadinya arus hubung singkat sampai terjadi pembukaan kontak pemutus dayanya hingga menutup kembali kontak pemutus daya tersebut, dapat di lihat seperti gambar 2.8. sementara bentuk urutan kerja recloser dari saat mulai terjadi arus gangguan, sampai terjadi proses buka tutup untuk beberapa kali dan akhirnya melakukan penguncian dapat dilihat seperti gambar 2.9. berikut ini :



Gambar 2.9. Bentuk Buka Tutup Hingga Mengunci Dari Recloser.

Pemakai recloser pada sistim distribusi tergantung pada peralatan-peralatan listrik dari sistem distribusi, dan koordinasinya dengan peralatan proteksi arus hubung singkat atau arus lebih yang lainnya. Recloser juga merupakan perlengkapan proteksi untuk meningkatkan keandalan saluran udara, baik pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) maupun pada saluran udara tegangan menengah (SUTM). Dalam penulisan ini hanya pada STUM yang dibicarakan. Telah diketahui bahwa jenis gangguan (STUM) terdiri gangguan sementara dan gangguan menetap. Gangguan sementara antara lain disebabkan oleh terjadinya arus susulan pada isolator akibat petir, pengotoran (kontaminasi) dari isolator, binatang yang melintas saluran, dahan / ranting yang menyentuh saluran yang lainnya. Gangguan menetap antara lain disebabkan karna putusnya hantaran, pecahnya isolator dan lain sebagainya. Pada gangguan sementara, sesaat sesudah rele pemutus membuka dan gangguan telah hilang, maka alat pemutus dapat masuk kembali, sedangkan pada gangguan menetap sesudah alat pemutus merasakan gangguan dan membuka, maka alat pemutus tidak dapat masuk kembali sebelum gangguan diatasi. Melihat hal tersebut di atas maka di perlukan perlatan yang dapat membedakan gangguan sementara dan menetap sehingga dapat memberikan perintah kepada alat pemutus untuk menutup kembali bila terjadi gangguan sementara serta mengunci (lock-out) bila terjadi gangguan menetap.

2.4.2. Peralatan Pengaman Tegangan Lebih

Pada sistem distribusi, gangguan dapat terjadi akibat adanya tegangan lebih. Gangguan ini bisa terjadi akibat proses penyambungan sakelar ke sistem pada saluran dan akibat sambaran petir. Transmisi tenaga listrik di darat dianggap lebih efektif menggunakan saluran udara dengan mempertimbangkan factor teknis dan ekonomisnya. Tentu saja saluran udara ini akan menjadi sasaran sambaran petir langsung. Apalagi saluran udara yang melewati perbukitan sehingga memiliki jarak yang lebih dekat dengan awan dan mempunyai peluang yang lebih besar untuk disambar petir.

Bila gangguan ini dibiarkan maka dapat merusak peralatan listrik. Oleh karena itu peralatan listrik itu harus dilindungi dari gangguan tegangan lebih dengan memasang peralatan pengaman tegangan lebih, seperti :

a. Kawat tanah

Dalam hal melindungi saluran tenaga listrik tersebut, ada beberapa cara yang dapat diterapkan. Salah satu cara yang paling mudah adalah dengan menggunakan kawat tanah pada saluran. Prinsip dari pemakaian kawat tanah ini adalah bahwa kawat tanah akan menjadi sasaran sambaran petir sehingga melindungi kawat fasa dengan daerah tertentu. kawat tanah yang digunakan untuk melindungi saluran tenaga listrik, diletakkan pada ujung teratas saluran dan terbentang sejajar dengan kawat fasa. kawat tanah ini dapat ditanahkan secara langsung atau secara tidak langsung dengan menggunakan sela yang pendek.

Untuk meningkatkan keandalan sistem ini, diperlukan pentanahan yang baik

pada setiap menara listrik. Jika petir menyambar pada kawat tanah di dekat menara listrik, maka arus petir akan terbagi menjadi dua bagian. Sebagian besar arus tersebut mengalir ke tanah melalui pentanahan pada menara tersebut. Sedangkan sebagian kecil mengalir melalui kawat tanah dan akhirnya menuju ke tanah melalui pentanahan pada menara listrik berikutnya. Lain halnya jika petir menyambar pada tengah-tengah kawat tanah antara 2 menara listrik. Gelombang petir ini akan mengalir ke menara-menara listrik yang dekat dengan tempat sambaran tersebut.

b. Lightning Arrester (LA)

Lightning arrester atau penangkap petir berfungsi untuk melindungi peralatan sistem tenaga listrik terhadap tegangan surja dengan membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkan ke tanah. Alat pelindung terhadap tegangan surja berfungsi melindungi peralatan sistem tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah. Berhubung dengan fungsinya itu, ia harus dapat menahan tegangan sistem 50 Hz untuk waktu yang tak terbatas dan harus dapat melakukan surja arus ke tanah tanpa mengalami kerusakan. Kecuali itu, sebuah alat pelindung yang baik mempunyai perbandingan perlindungan atau protective ratio yang tinggi, yaitu perbandingan antara tegangan surja maksimum yang diperbolehkan pada waktu pelepasan (discharge) dan tegangan sistem 50 Hz maksimum yang dapat ditahan sesudah pelepasan terjadi.

Arrester biasa dipasang pada saluran distribusi, hal ini dikarenakan tegangan distribusi lebih rendah daripada tegangan transmisi, sehingga

tegangan distribusi lebih sering tersambar oleh petir.

2.5. Gangguan Pada Sistem Distribusi

Gangguan dalam sistem distribusi tenaga listrik adalah suatu keadaan yang dapat menyebabkan bekerjanya suatu relai yang memerintahkan kepada *circuit breaker* atau pemutus yang memutus bagian sistem yang terganggu. Bila ditinjau dari sumber gangguan, gangguan dapat dibedakan menjadi 2 macam yaitu :

a. Gangguan dari dalam

Gangguan yang bersumber dari dalam sistem tenaga listrik itu sendiri.

Sumber gangguan ini biasanya disebabkan antara lain oleh peralatan-peralatan listrik, misalnya karena kerusakan isolasi.

b. Gangguan dari luar

Gangguan ini bersumber dari luar sistem tenaga listrik. Sumber gangguan ini biasanya disebabkan antara lain oleh manusia, cuaca atau petir.

Gangguan–gangguan pada sistem distribusi tenaga listrik dapat merusak atau mempengaruhi sistem daya, antara lain :

1. Jenis gangguan yang tidak normal dari batas yang diinginkan dan menyebabkan rusaknya alat yang dipergunakan.
2. Gangguan dapat meneruskan, menghilangkan atau menaikkan system tegangan diluar batas yang ditentukan.
3. Gangguan dapat mengakibatkan sistem daya 3 fasa menjadi tidak simetris atau tidak seimbang. Hal ini mengakibatkan peralatan 3 fasa tidak layak dioperasikan.

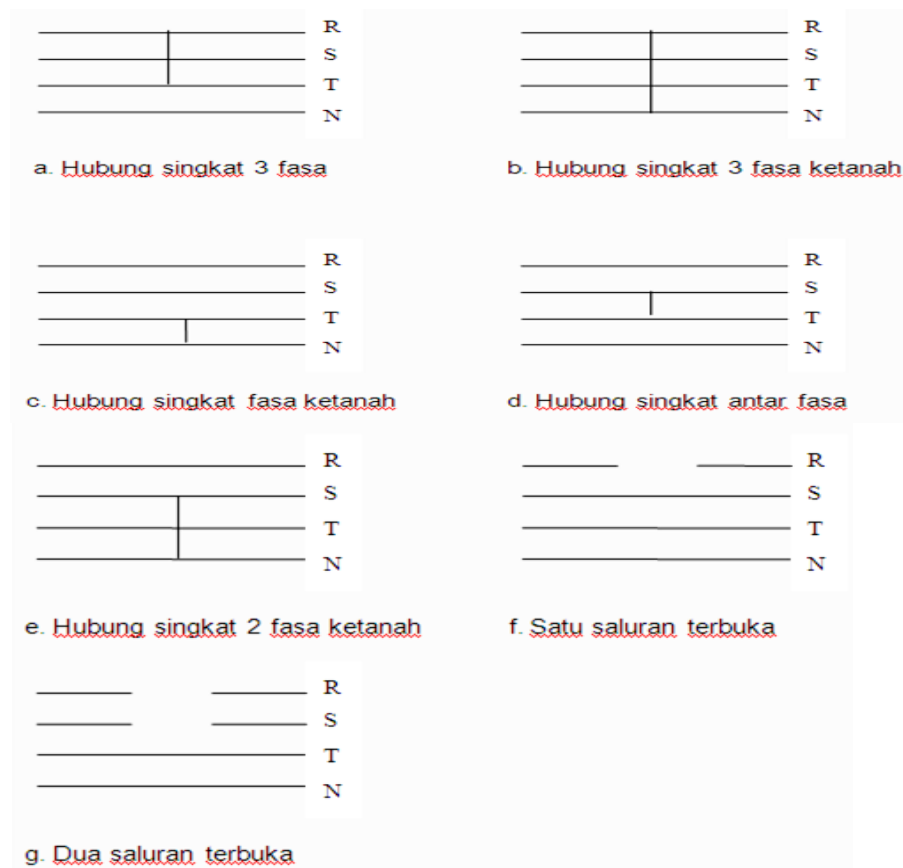
4. Gangguan dapat mengakibatkan sistem tidak stabil dan menghentikan aliran daya sistem tenaga listrik.

2.5.1. Jenis-Jenis dan Sifat Gangguan

Jenis-jenis gangguan yang mungkin terjadi pada sistem tenaga listrik

3 fasa adalah sebagai berikut :

1. Gangguan shunt (hubung singkat)
 - a. Hubung singkat 3 fasa simetris
 - i. Tiga fasa (L-L-L)
 - ii. Tiga fasa ketanah (L-L-L-G)
 - b. Hubung singkat tidak simetris
 - i. Satu fasa ketanah (L-G)
 - ii. Antar fasa (L-L)
 - iii. Antar fasa ketanah (L-L-G)
2. Gangguan seri (hubungan terbuka)
 - a. Satu saluran terbuka (L-O)
 - b. Dua Saluran terbuka (2L-O)
 - c. Impedansi seri tidak seimbang
3. Gangguan simultan, dua gangguan terjadi pada waktu bersamaan, yaitu:
 - a. Shunt-seri
 - b. Shunt-shunt
 - c. Seri-seri



Gambar 2.10. Macam-macam gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik

Gangguan hubung singkat akan menimbulkan arus gangguan yang sangat besar yang dapat dengan cepat merusak peralatan. Gangguan hubung singkat ini dapat terjadi pada peralatan (generator, motor, transformator) atau diluar peralatan (kabel, terminal bus). Gangguan beban lebih terjadi dikarenakan adanya beban yang melebihi kapasitas suatu peralatan sehingga menyebabkan adanya arus yang melebihi kapasitas arus nominalnya. Ditinjau dari sifat gangguan dapat dibedakan menjadi :

5. Gangguan temporer

Gangguan yang bersifat sementara karena dapat hilang dengan sendirinya dengan cara memutuskan bagian yang terganggu sesaat,

kemudian menutup balik kembali, baik secara otomatis (autorecloser) maupun secara manual oleh operator. Bila gangguan tidak dapat dihilangkan dengan sendirinya atau dengan bekerjanya alat pengaman (recloser) dapat menjadi gangguan tetap dan dapat menyebabkan pemutusan tetap. Bila gangguan sementara terjadi terjadi berulang-ulang dapat menyebabkan gangguan permanen, dapat menyebabkan kerusakan peralatan.

6. Gangguan permanen

Gangguan bersifat tetap, sehingga untuk membebaskannya perlu tindakan perbaikan atau penghilangan penyebab gangguan. Hal ini ditandai dengan jatuhnya (trip) kembali pemutus daya setelah operator memasukkan sistem kembali setelah terjadi gangguan. Untuk mengatasi gangguan- gangguan sebuah peralatan harus dilengkapi dengan system pengaman relay, dimana sistem pengaman ini diharapkan dapat mendeteksi adanya gangguan sesuai dengan fungsi dan daerah pengamannya.