



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Distribusi Daya Listrik

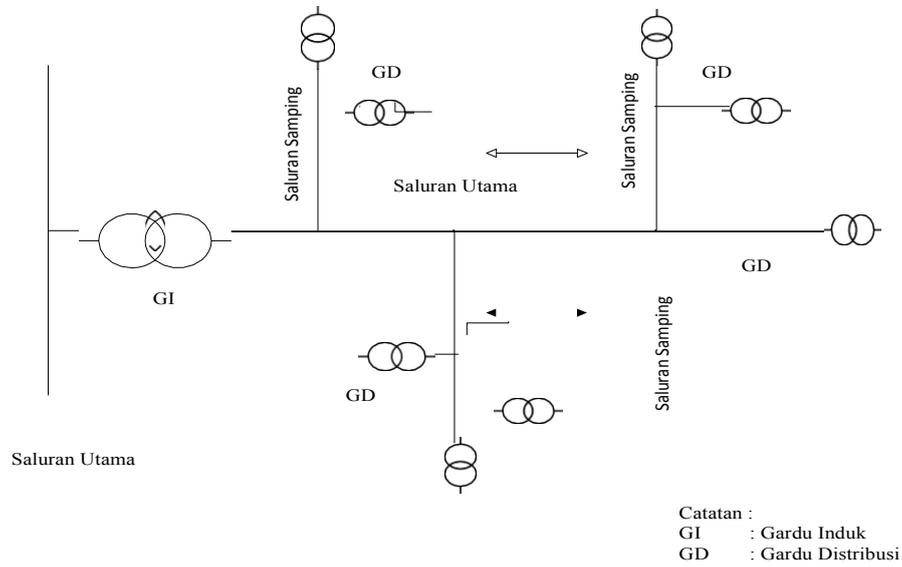
Sebagaimana diketahui, pada sistem distribusi terdapat 2 bagian ; yaitu distribusi primer yang mempergunakan tegangan menengah dan tinggi dan distribusi sekunder yang mempergunakan tegangan rendah.

2.1.1 Distribusi primer

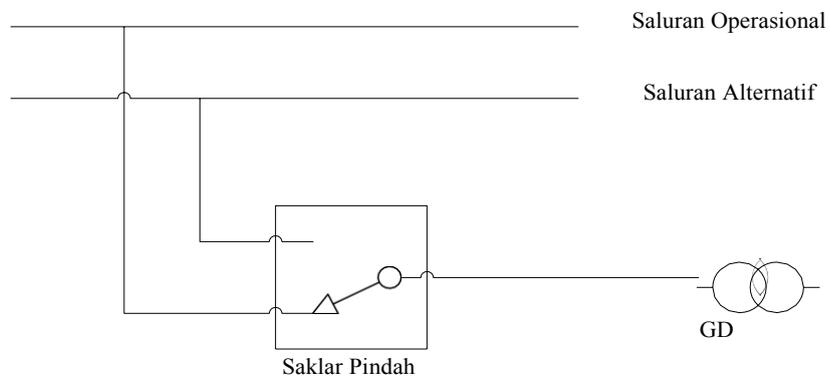
Pada distribusi primer terdapat empat jenis dasar, yaitu : sistem radial, sistem lup (*loop*), sistem jaringan primer dan sistem spindel.

a) Sistem Radial

Sistem radial adalah yang paling sederhana dan paling banyak dipakai, terdiri atas fider (*feeders*) atau rangkaian tersendiri yang seolah – olah keluar dari suatu sumber atau wilayah tertentu secara radial. Fider itu juga dapat dianggap sebagai terdiri atas suatu sumber bagian utama dari mana saluran samping atau lateral lain bersumber dan dihubungkan dengan transformator distribusi sebagaimana terlihat pada Gambar 2.3. Saluran samping sering disambung pada fider dengan sekering (*fuse*). Dengan demikian maka gangguan pada saluran samping tidak akan mengganggu seluruh fider. Bilamana sekering itu tidak bekerja atau terdapat gangguan pada fider, proteksi pada saklar daya di gardu induk akan bekerja dan seluruh fider akan kehilangan energi. Pemasokan pada rumah sakit atau pemakaian vital lain tidak boleh mengalami gangguan yang berlangsung lama. Dalam hal demikian, satu fider tambahan disediakan yang menyediakan suatu sumber penyedia energi alternatif. Hal ini dilakukan dengan suatu saklar pindah, sebagaimana terlihat pada Gambar 2.4. Saklar pindah itu dapat juga bekerja secara otomatis. Bila tegangan pada saluran operasional hilang, saklar dengan sendirinya akan memindahkan sambungan pada saluran alternatif. (Abdul Kadir, *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*, Jakarta, 2000, hlm. 21)



Gambar 2.1 Skema Saluran Sistem Radial



Gambar 2.2 Penggunaan Saluran Alternatif dengan Saklar Pindah

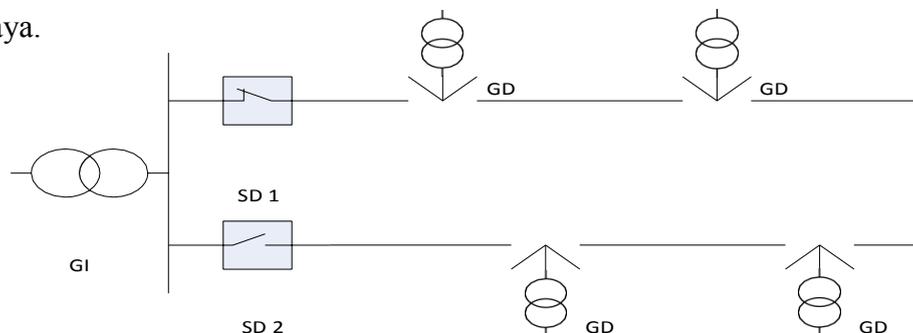


a. Sistem Lup

Suatu cara lain guna mengurangi interupsi daya yang disebabkan gangguan adalah dengan mendesain fider sebagai lup (*loop*) dengan menyambung kedua ujung saluran. Hal ini mengakibatkan bahwa suatu pemakai dapat memperoleh pasokan energi dari dua arah. Bilamana pasokan dari salah satu arah terganggu, pemakai akan disambungkan pada pasokan arah lainnya. Kapasitas cadangan yang cukup besar harus tersedia pada tiap fider. Sistem lup dapat dioperasikan secara terbuka ataupun tertutup.

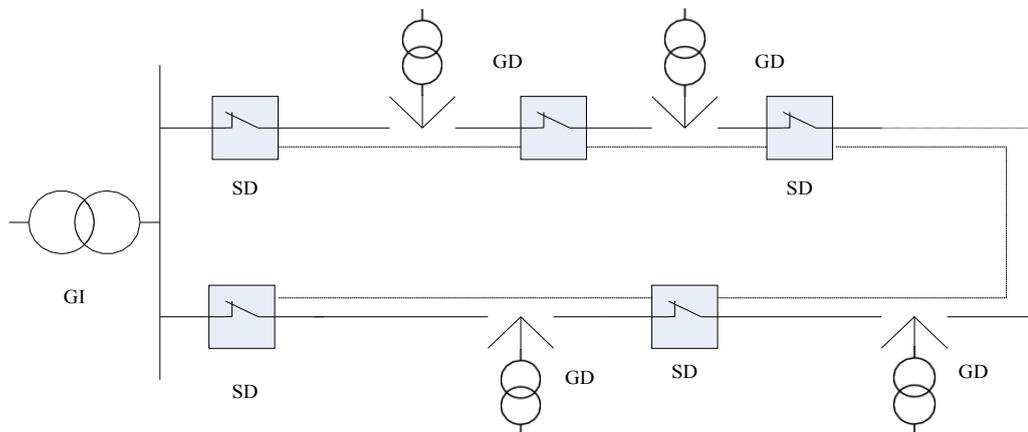
Pada sistem lup terbuka, bagian – bagian fider tersambung melalui alat pemisah (*disconnectors*), dan kedua ujung fider tersambung pada sumber energi. Pada suatu tempat tertentu pada fider, alat pemisah sengaja dibiarkan dalam keadaan terbuka. Pada dasarnya, sistem ini terdiri atas dua fider yang dipisahkan oleh suatu pemisah, yang dapat berupa sekring, alat pemisah, atas daya. (Gambar 2.5). Bila terjadi gangguan, bagian saluran dari fider yang terganggu dapat dilepas dan menyambungkannya pada fider yang tidak terganggu. Sistem demikian biasanya dioperasikan secara manual dan dipakai pada jaringan – jaringan yang relatif kecil.

Pada sistem lup tertutup (Gambar 2.6) diperoleh suatu tingkat keandalan yang lebih tinggi. Pada sistem ini alat – alat pemisah biasanya berupa saklar daya yang lebih mahal. Saklar – saklar daya itu digerakkan oleh relai yang membuka saklar daya pada tiap ujung dari bagian saluran yang terganggu, sehingga bagian fider yang tersisa tetap berada dalam keadaan berenergi. Pengoperasian relai yang baik diperoleh dengan mempergunakan kawat pilot yang menghubungkan semua saklar daya.



Catatan:
SD 1 = Saklar daya, biasanya tertutup
SD 2 = Saklar Daya, biasanya terbuka

Gambar 2.3 Skema Rangkaian Lup Terbuka

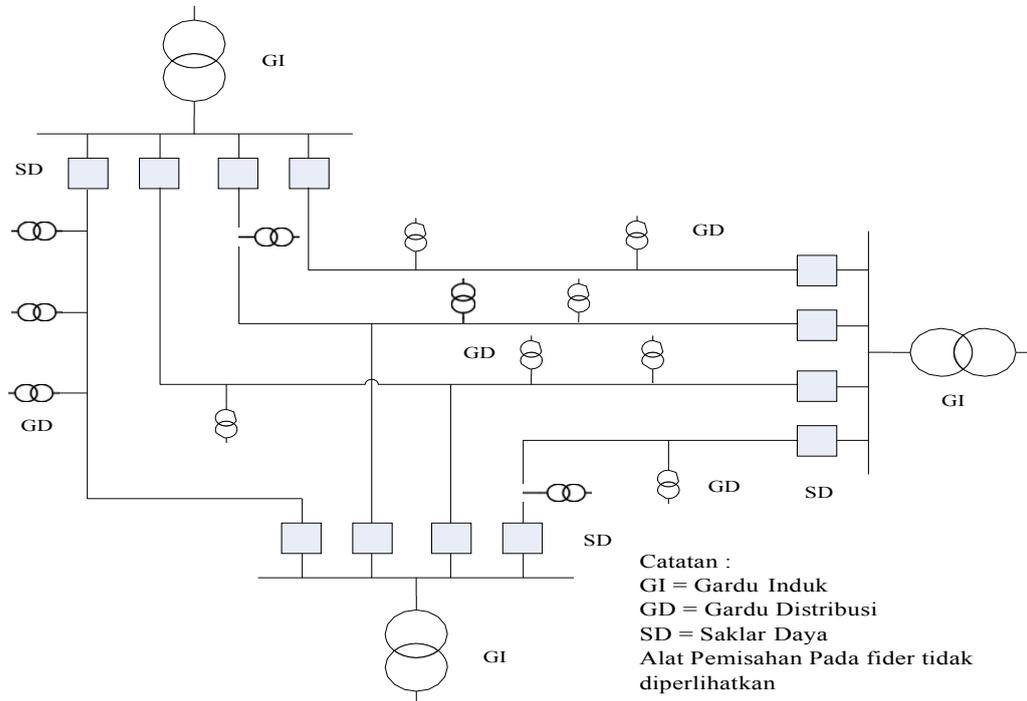


Catatan :
SD = Saklar Daya, biasanya tertutup, dikendalikan melalui kawat pilot

Gambar 2.4 Skema Rangkaian Lup Tertutup

b. Sistem Jaringan Primer

Walaupun beberapa studi memberi indikasi bahwa pada kondisi – kondisi tertentu sistem jaringan primer lebih murah dan lebih andal daripada sistem radial, secara relatif tidak banyak sistem jaringan primer yang kini dioperasikan. Sistem ini terbentuk dengan menyambung saluran – saluran utama atau fider yang terdapat pada sistem radial sehingga merupakan suatu kisi – kisi atau jaringan (Gambar 2.7). Kisi – kisi ini diisi dari beberapa sumber atau gardu induk. Sebuah saklar daya antara transformator dan jaringan yang dikendalikan oleh relai – relai arus balik (*reverse currents*), melindungi jaringan terhadap terjadinya arus – arus gangguan bila hal ini terjadi pada sisi pengisian dari gardu induk. Bagian – bagian jaringan yang terganggu akan dipisahkan saklar *day* dan sekring.



Gambar 2.5 Skema Sistem Jaringan Primer

c. Sistem Spindel

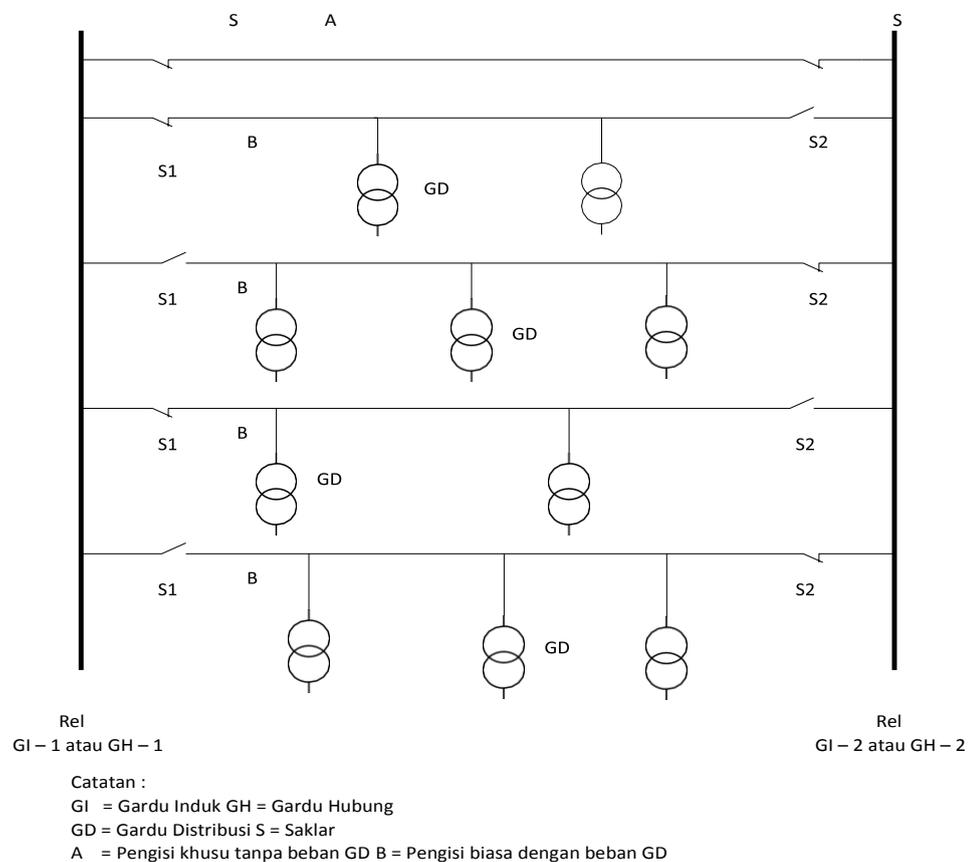
Terutama di kota yang besar, terdapat suatu jenis gardu tertentu, yang tidak terdapat transformator daya. Gardu demikian dinamakan Gardu Hubung (GH). GH pada umumnya menghubungkan dua atau lebih bagian jaringan primer kota itu. Dapat pula terjadi bahwa pada suatu GH terdapat sebuah transformator pengatur tegangan. Karena besar kota itu, kabel – kabel tegangan menengah (TM) mengalami terlampau banyak turun tegangan. Tegangan yang agak rendah ini dinaikkan kembali dengan bantuan transformator pengatur tegangan. Dapat juga terjadi bahwa pada GH, ditumpangi atau “dititipi” sebuah Gardu Distribusi (GD).

Gambar 2.5 merupakan skema prinsip dari sistem spindel. Spindel ini menghubungkan rel dari satu GI (atau GH) dengan rel dari GI (atau GH) lain. Keistimewaannya adalah bahwa selain kabel – kabel atau fider yang mengisi beberapa buah GD, terdapat satu kabel (kabel A pada Gambar 2.5), yang tidak mendapat beban GD. Kabel A ini selalu menghubungi rel kedua GI (atau GH) itu. Sedangkan kabel – kabel B memperoleh pengisian hanya dari salah satu GI (atau



GH). Pengisian dapat diatur sedemikian rupa, dari sisi I dan/atau sisi II hingga dapat dihindari terjadinya suatu pemadaman, ataupun pemadaman terjadi secara minimal.

Sistem ini banyak dipakai di Jakarta dan kota – kota besar lainnya di Indonesia. Sistem ini memberi keandalan operasi yang cukup tinggi dengan investasi tambahan berupa kabel A yang relatif rendah. Bilamana kabel A terganggu maka saklar S akan bekerja, dan sistem spindel ini sementara akan bekerja sebagai suatu sistem “biasa”.



Gambar 2.6 Skema Prinsip Sistem Spindel



2.2 Gangguan

Gangguan adalah suatu keadaan sistem yang tidak normal, sehingga gangguan pada umumnya terdiri dari hubung singkat dan rangkaian terbuka (*open circuit*). Bila hubung singkat dibiarkan berlangsung lama pada suatu sistem daya, akan muncul pengaruh-pengaruh berikut ini :

1. Berkurangnya batas - batas keseimbangan untuk sistem daya itu.
2. Rusaknya peralatan yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan oleh arus yang besar, arus yang tidak seimbang atau tegangan – tegangan rendah yang disebabkan oleh hubung singkat.
3. Ledakan - ledakan yang mungkin terjadi pada peralatan yang mengandung minyak isolasi sewaktu hubung singkat, dan mungkin menimbulkan kebakaran sehingga dapat membahayakan orang yang menanganinya dan merusak peralatan yang lain.
4. Terpecah - pecahnya keseluruhan daerah pelayanan sistem daya itu oleh suatu rentetan tindakan pengaman yang diambil oleh sistem – sistem pengaman yang berbeda - beda.

2.2.1 Sebab - sebab terjadinya gangguan

Ada beberapa macam gangguan transmisi, yang disebabkan oleh faktor alam maupun faktor lainnya. Faktor - faktor yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan pada sistem transmisi ialah :

1. Surja petir atau surja hubung
Petir sering menyebabkan gangguan pada sistem tegangan tinggi sampai 150 - 500kV. Sedangkan pada sistem dibawah 20kV, yang menjadi sebab utama adalah surja hubung.
2. Burung
Jika burung dekat pada isolator gantung dari saluran transmisi, maka *clearance* (jarak aman) menjadi berkurang sehingga ada kemungkinan terjadi loncatan api.



3. Polusi (debu)

Debu - debu yang menempel pada *isolator* merupakan *konduktor* yang bisa menyebabkan terjadinya loncatan bunga api.

4. Pohon - pohon yang tumbuh dekat saluran transmisi.

5. Retak - retak pada isolator.

Dengan adanya retak - retak isolator maka secara mekanis apabila ada petir yang menyambar akan tembus (*break down*) pada *isolator*.

2.2.2 Macam–macam gangguan

1. Gangguan pada saluran :

- Gangguan dua fasa atau tiga fasa melalui tahap hubung tanah.
- Gangguan dua fasa.
- Gangguan dua fasa ketanah.
- Gangguan satu fasa ketanah atau gangguan tanah.

2. Lamanya waktu gangguan :

- Gangguan permanen

baru dapat dihilangkan atau diperbaiki setelah bagian terganggu itu di isoler dengan bekerjanya pemutus daya.

- Gangguan temporer

Gangguan temporer yaitu gangguan yang terjadi hanya dalam waktu singkat kemudian sistem kembali pada keadaan normal. Misalnya gangguan yang disebabkan oleh petir atau burung, dimana terjadi loncatan api pada isolasi udara atau minyak.

Dari berbagai macam penyebab gangguan tersebut, jenis gangguan dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu:

1. Gangguan akibat hubung singkat.

Termasuk hubung singkat satu atau dua fasa ketanah (*ground*), hubung singkat antara dua fasa dengan tiga fasa, atau hubung singkat antara tiga fasa dengan tanah.

2. Gangguan akibat putusnya kawat penghantar (*Open Circuit*)



dapat terjadi pada penghantar satu fasa, dua fasa dan tiga fasa. Dari gangguan ini menimbulkan :

- *Kontinuitas* penyaluran daya terputus.
- Penurunan tegangan yang cukup besar dapat menyebabkan rendahnya kualitas tenaga listrik.

Peralatan - peralatan yang terdapat pada tempat terjadinya gangguan akan rusak

2.2.3 Pencegahan gangguan

Sistem tenaga listrik dikatakan baik apabila dapat mencatu atau menyalurkan tenaga listrik ke konsumen dengan tingkat kehandalan yang tinggi. Kehandalan disini meliputi kelangsungan, dan stabilitas penyaluran sistem tenaga listrik. Pemadaman listrik sering terjadi akibat gangguan yang tidak dapat diatasi oleh sistem pengamanannya. Kehandalan ini akan sangat mempengaruhi kelangsungan penyaluran tenaga listrik. Naik turunnya kondisi tegangan dan catu daya listrik bisa merusak peralatan listrik.

Sebagaimana di jelaskan didepan, ada beberapa jenis gangguan pada saluran tenaga listrik yang memang tidak semuanya bisa dihindarkan. Untuk itu perlu dicari upaya pencegahan agar bisa memperkecil kerusakan pada peralatan listrik, terutama pada manusia akibat adanya gangguan. Pencegahan gangguan pada sistem tenaga listrik biasa di kategorikan menjadi dua langkah sebagai berikut:

- 1) Usaha memperkecil terjadinya gangguan Cara yang ditempuh antara lain :
 1. Membuat isolasi yang baik untuk semua peralatan.
 2. Membuat koordinasi isolasi yang baik antara ketahanan isolasi peralatan dan penangkal petir (*arrester*).
 3. Memakai kawat tanah dan membuat tahanan tanah sekecil mungkin pada kaki menara, serta selalu mengadakan pengecekan.
 4. Membuat perencanaan yang baik untuk mengurangi pengaruh luar mekanis dan mengurangi atau menghindarkan sebab – sebab gangguan karena binatang, polusi, kontaminasi, dan lain - lain.



5. Pemasangan yang baik, artinya pada saat pemasangan harus mengikuti peraturan-peraturan yang berlaku.
 6. Menghindarkan kemungkinan kesalahan operasi, yaitu dengan membuat prosedur tata cara operasional dan membuat jadwal pemeliharaan yang rutin.
 7. Memasang kawat tanah pada SUTT dan GI untuk melindungi terhadap sambaran petir.
 8. Memasang *lighting arrester* (penangkal petir) untuk mencegah kerusakan pada peralatan akibat sambaran petir.
- 2) Usaha mengurangi kerusakan akibat gangguan
Beberapa cara untuk mengurangi akibat gangguan, antara lain sebagai berikut.
- 1) Mengurangi akibat gangguan misalnya dengan membatasi arus hubung singkat, caranya dengan menghindari konsentrasi pembangkitan atau dengan memakai impedansi pembatas arus, pemasangan tahanan, atau reaktansi untuk sistem pentanahannya sehingga arus gangguan satu fasa terbatas. Pemakaian peralatan yang tahan atau handal terhadap terjadinya arus hubung singkat.
 - 2) Secepatnya memisahkan bagian sistem yang terganggu dengan memakai pengaman lebur atau rele pengaman pemutus beban dengan kapasitas pemutusan yang memadai.
 - 3) Merencanakan agar bagian sistem yang terganggu bila harus dipisahkan dari sistem tidak akan mengganggu operasi sistem secara keseluruhan atau penyaluran tenaga listrik ke konsumen tidak terganggu. Hal ini dapat dilakukan, misal dengan :
 - Memakai saluran ganda atau saluran yang membentuk lingkaran.
 - Memakai penutup balik otomatis.
 - Memakai generator cadangan.
 - Mempertahankan stabilitas system selama terjadinya gangguan,



yaitu dengan memakai pengatur tegangan otomatis yang cepat dan karakteristik kestabilan generator yang memadai.

- Membuat data pengamatan gangguan sistematis dan efektif, misalnya dengan menggunakan alat pencatat gangguan untuk mengambil langkah - langkah lebih lanjut.

2.3 Sistem Pengaman

2.3.1 Pengertian pengaman

Sistem pengaman tenaga listrik merupakan sistem pengaman pada peralatan - peralatan yang terpasang pada sistem tenaga listrik, seperti generator, bus bar, transformator, saluran udara tegangan tinggi, saluran kabel bawah tanah, dan lain sebagainya terhadap kondisi *abnormal* operasi sistem tenaga listrik tersebut.

2.3.2 Fungsi pengaman

Kegunaan pengaman tenaga listrik antara lain :

- 1) Mencegah kerusakan peralatan - peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi operasi sistem yang tidak normal.
- 2) Mempersempit daerah yang terganggu sehingga gangguan tidak melebar pada sistem yang lebih luas.
- 3) Memberikan pelayanan tenaga listrik dengan keandalan dan mutu tinggi kepada konsumen.
- 4) Mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh tenaga listrik.

Pada saat terjadi gangguan atau ketidak normalan pada sistem tenaga listrik, misal adanya arus lebih, tegangan lebih, dan sebagainya, maka perlu diambil suatu tindakan untuk mengatasi kondisi gangguan tersebut. Jika dibiarkan gangguan itu akan meluas keseluruh sistem sehingga bisa merusak semua peralatan sistem tenaga listrik yang ada. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu sistem pengaman yang handal. Pengaman pada sistem tenaga listrik pada dasarnya terdiri atas pemutus tenaga (PMT) atau *circuit*

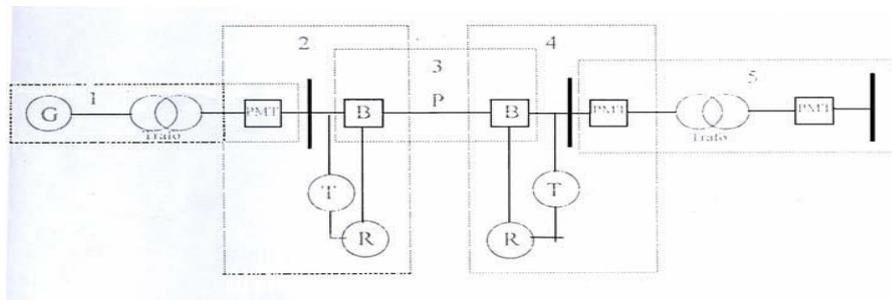


breaker (CB) yang bekerja memutus rangkaian jika terjadi gangguan yang operasinya dikendalikan oleh rele pengaman.

Rusaknya peralatan yang mengakibatkan terjadinya gangguan pada sistem daya, dimana pada sistem daya proses peniadakan hubung singkat di laksanakan secara otomatis tanpa campur tangan manusia. Peralatan ini sebagai sistem perlindungan atau sistem pengaman (*protection system*).

2.3.3 Daerah-daerah perlindungan pengaman (proteksi)

Batas setiap daerah menentukan bagian sistem daya sedemikian rupa sehingga untuk gangguan yang terjadi didalam daerah tersebut, sistem proteksi yang bertanggung jawab akan bertindak untuk memisahkan semua gangguan yang berada di daerah itu untuk seluruh bagian yang lain dari sistem. Karena pemisah (pemutus daya = *de-energization*) dalam keadaan terganggu tadi dilakukan oleh pemutus rangkaian, jelas bahwa pada setiap titik hubungan antara peralatan didalam daerah itu dengan bagian lainnya dari sistem harus menyisipkan pemutus rangkai



Gambar 2.7 Daerah Proteksi

Keterangan gambar :

- 1) Daerah perlindungan pembangkit. B=Breaker
- 2) Daerah perlindungan trafo tenaga. P=Daerah Gangguan
- 3) Daerah perlindungan ril. T=Transduser
- 4) Daerah perlindungan saluran tranmisi R=Rele
- 5) Daerah perlindungan ril. G=Generator

Pada gambar diatas bagian sistem daya terdiri dari satu generator, dua transformator, dua saluran transmisi dan tiga buah ril dilukiskan oleh diagram segaris. Garis putus-putus dan tertutup menunjukkan pembagian sistem daya kedalam lima daerah proteksi. Masing-masing daerah mengandung satu atau beberapa komponen sistem daya disamping dua buah pemutus rangkaian. Setiap pemutus dimasukkan kedalam dua daerah proteksi yang berdekatan. Daerah 1, misal mengandung generator, transformatornya yang berhubungan, dan saluran penghubung antara generator dan transformator itu. Daerah 3 hanya suatu saluran transmisi. Daerah 1 dan 5 masing-masing mengandung dua komponen sistem daya.

Aspek penting lainnya tentang daerah proteksi adalah bahwa daerah yang berdekatan selalu tumpang tindih (*overlap*). Hal ini memang perlu karena jika tidak demikian, maka bagian kecil sistem yang berada diantara daerah yang berdekatan, betapapun kecilnya akan dibiarkan tanpa proteksi, jika kebetulan terjadi gangguan dibagian yang saling menutupi, maka bagian yang lebih besar dari sistem daya (yaitu yang berhubungan dengan kedua daerah yang saling tumpang tindih) akan dipisah dan tidak akan memberikan pelayanan. Untuk itu mengurangi kemungkinan semacam ini hingga sekecil-kecilnya, bagian yang tumpang tindih dibuat sekecil mungkin.

2.4 Rele Pengaman

2.4.1 Pengertian

Pada saat terjadi gangguan atau ketidak normalan pada sistem tenaga listrik misalnya ada arus lebih, tegangan lebih, atau sebagainya, maka perlu diambil suatu tindakan untuk mengatasi kondisi gangguan tersebut. Jika dibiarkan, gangguan itu akan meluas ke seluruh sistem sehingga bisa merusak seluruh peralatan sistem tenaga listrik yang ada. Untuk mengatasi hal tersebut, mutlak diperlukan suatu sistem pengaman yang handal. Salah satu komponen yang penting untuk pengaman tenaga listrik adalah rele pengaman (*protection Relay*)

Rele pengaman adalah suatu piranti, baik elektronik atau magnetic yang direncanakan untuk mendeteksi suatu kondisi ketidak normalan pada peralatan listrik yang bisa membahayakan atau tidak diinginkan. Jika bahaya itu muncul maka rele pengaman secara otomatis memberikan sinyal atau perintah untuk membuka pemutus tenaga agar bagian terganggu dapat dipisahkan dari sistem yang normal. Rele pengaman dapat mengetahui adanya gangguan pada peralatan yang perlu diamankan dengan mengukur atau membandingkan besaran – besaran yang diterimanya, misalnya arus, tegangan, daya, sudut fasa, frekuensi, dan lain sebagainya sesuai dengan besaran yang telah ditentukan. Alat tersebut kemudian akan mengambil keputusan seketika dengan perlambatan waktu membuka pemutus tenaga atau hanya memberikan tanda tanpa membuka pemutus tenaga. Pemutus tenaga dalam hal ini harus mempunyai kemampuan untuk memutus arus hubung singkat maksimum yang melewatinya dan harus mampu menutup rangkaian dalam keadaan hubung singkat dan kemudian membuka kembali.

2.4.2 Fungsi rele

Pada prinsipnya rele pengaman yang di pasang pada sistem tenaga listrik mempunyai tiga macam fungsi yaitu :

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

2.4.3 Persyaratan rele pengaman

Pada sistem tenaga listrik, rele memegang peran yang sangat penting. Pengaman berkualitas yang baik memerlukan rele pengaman yang baik pula.



Untuk itu ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh rele pengaman seperti tersebut dibawah ini :

1) Keterandalan (*reliability*)

Pada kondisi normal atau tidak ada gangguan, mungkin selama berbulan - bulan atau lebih rele tidak bekerja. Seandainya suatu saat terjadi gangguan maka rele tidak boleh gagal bekerja dalam mengatasi gangguan tersebut. Kegagalan kerja rele dapat mengakibatkan alat yang diamankan rusak berat atau gangguannya meluas sehingga daerah yang mengalami pemadaman semakin luas. Rele tidak boleh gagal kerja, artinya rele yang seharusnya tidak

bekerja, tetapi bekerja. Hal ini menimbulkan pemadaman yang tidak seharusnya dan menyulitkan analisa gangguan yang terjadi. Keandalan rele pengaman di tentukan dari rancangan, pengerjaan, beban yang digunakan, dan perawatan.

2) Selektivitas (*selectivity*)

Selektivitas berarti rele harus mempunyai daya beda (*discrimination*) terhadap bagian yang terganggu, sehingga mampu dengan tepat memilih bagian dari sistem tenaga listrik yang terkena gangguan. Kemudian rele bertugas mengamankan peralatan atau bagian sistem dalam jangkauan pengamanannya.

Tugas rele untuk mendeteksi adanya gangguan yang terjadi pada daerah dan pengamanannya dan memberikan perintah untuk membuka pemutus tenaga dan memisahkan bagian dari sistem yang terganggu. Letak pemutus tenaga sedemikian rupa sehingga setiap bagian dari sistem dapat dipisahkan. Dengan demikian bagian sistem lainnya yang tidak terganggu jangan sampai dilepas dan masih beroperasi secara normal, sehingga tidak terjadi pemutus pelayanan. Jika terjadi pemutusan atau pemadaman hanya terbatas pada daerah yang terganggu.

3) Sensitivitas (*sensitivity*)

Rele harusnya mempunyai kepekaan yang tinggi terhadap besaran minimal (kritis) sebagaimana direncanakan. Rele harus dapat bekerja pada awal terjadinya gangguan. Oleh karena itu, gangguan lebih mudah diatasi pada awal kejadian. Hal ini memberikan keuntungan dimana kerusakan peralatan yang harus diamankan menjadi kecil. Namun demikian rele harus stabil, artinya :

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

4) Kecepatan kerja

Rele pengaman harus dapat bekerja dengan cepat jika ada gangguan, misalnya isolasi bocor akibat adanya gangguan tegangan lebih terlalu lama sehingga peralatan listrik yang diamankan dapat mengalami kerusakan. Pada sistem yang besar atau luas, kecepatan kerja rele pengaman mutlak diperlukan karena untuk menjaga kestabilan sistem agar tidak terganggu. Hal ini untuk mencegah rele salah kerja karena transient akibat surja petir.

5) Ekonomis

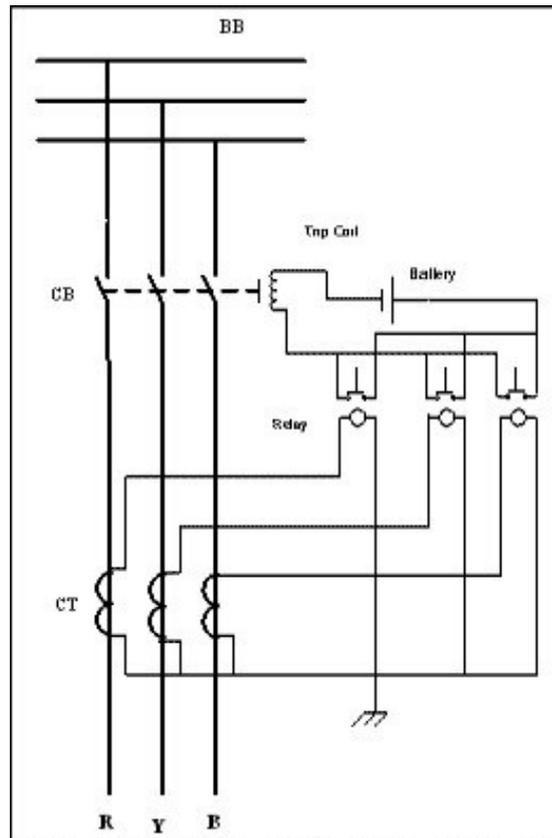
Satu hal penting yang harus diperhatikan sebagai persyaratan rele pengaman adalah masalah harga atau biaya. Rele tidak akan diaplikasikan dalam sistem tenaga listrik jika harganya mahal. Persyaratan reabilitas, sensitivitas, selektivitas, dan kecepatan kerja rele hendaknya tidak menyebabkan harga rele menjadi mahal. Pada dasarnya sistem perlindungan arus lebih yang digunakan pada saluran distribusi maupun pada saluran transmisi tidak berdiri sendiri artinya dalam pengoperasiannya, dibantu oleh rele lain, yaitu :



- Rele arus lebih
- Rele arah
- Rele gangguan tanah
- Rele penutup kembali (*auto reclosing*)
- Rele jarak atau impedansi
- Rele turun tegangan
- Rele waktu
- Rele perasa (statter)

2.5 Over Current Relay (OCR)

Relay arus lebih adalah suatu rele yang bekerjanya didasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengamanan tertentu dan dalam jangka waktu tertentu, sehingga relay ini dapat dipakai sebagai pola pengamanan arus lebih, merupakan suatu jenis relay yang berkerja berdasarkan besarnya arus masukan, dan apabila besarnya arus masukan melebihi suatu harga tertentu yang dapat diatur (I_p) maka relay arus lebih berkerja, dimana I_p merupakan arus kerja yang dinyatakan menurut gulungan sekunder dari trafo arus (CT), bila suatu gangguan terjadi di dalam daerah perlindungan rele, besaran arus gangguan (I_f) yang juga dinyatakan terhadap gulungan sekunder CT juga, Relay akan berkerja apabila memenuhi keadaan sebagai berikut.



Gambar 2.8 sistem proteksi relay Over Current Relay (OCR)

- 2) Jenis Relai berdasarkan karakteristik waktu kerja
 - a. *Over Current Relay* (OCR) seketika (*instantaneous*)
 - b. *Over Current Relay* (OCR) dengan waktu tertentu (*definite*)
 - c. *Over Current Relay* (OCR) dengan waktu kerja terbalik (*invers*)

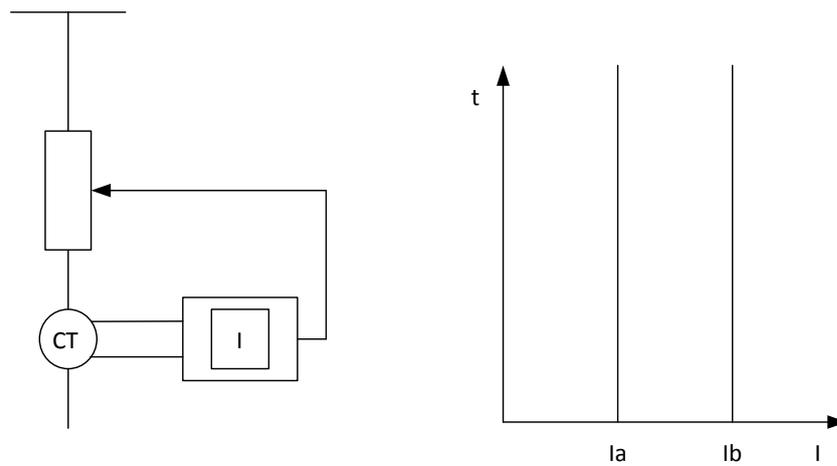
Over Current Relay (OCR) dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah :

1. *Over Current Relay* (OCR) Instantaneous

Adalah *Over Current Relay* (OCR) yang bekerja tanpa waktu tunda. Relai ini akan memberikan perintah kepada PMT (Pemutus Tenaga) pada saat terjadi gangguan bila besar arus gangguannya melampaui arus penyetelannya, dan

jangka waktu kerja mulai pick up sampai kerja sangat singkat tanpa penundaan waktu

(20 – 60 mdet). Karena relai ini tanpa perlambatan, maka koordinasi untuk mendapatkan selektifitas didasarkan tingkat beda arus. Adapun jangkauan relai ini karena bekerjanya seketika atau tanpa perlambatan waktu, supaya selektif maka tidak boleh menjangkau pada keadaan arus gangguan maksimum.

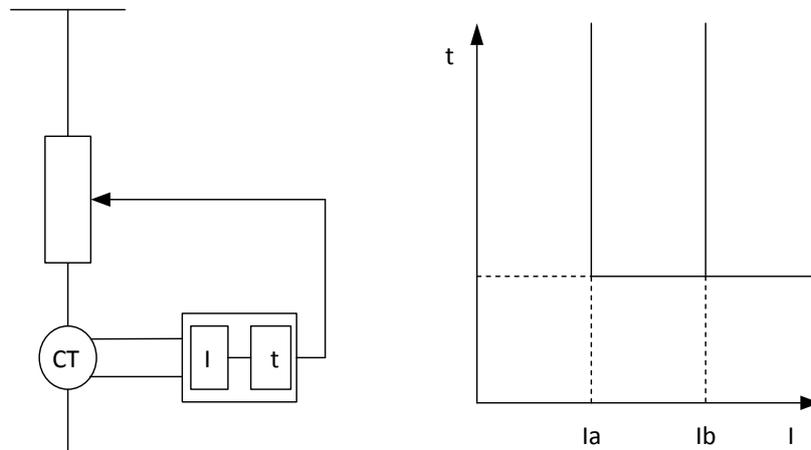


Gambar 2.9 Karakteristik Relai Arus Lebih Dengan Waktu Seketika (*Instantaneous Time OCR*)

2. Over Current Relay (OCR) Definite

Adalah *Over Current Relay* (OCR) yang waktu kerjanya tidak tergantung dari arus gangguan. Relai ini memberikan perintah kepada PMT (Pemutus Tenaga) pada saat terjadi gangguan bila besar gangguannya melampaui arus penyetelannya, dan jangka waktu relai ini mulai pick up sampai kerja diperpanjang dengan waktu tidak tergantung besarnya arus.

Sifat atau karakteristik dari relai definite adalah relai baru akan bekerja bila yang mengalir pada relai tersebut melebihi besarnya arus setting (I_s) yang telah ditentukan. Dan lamanya selang waktu relai bekerja untuk memberikan komando tripping adalah sesuai dengan waktu setting (T_s) yang diinginkan. Pada relai ini waktu bekerjanya ($T_{tripping} = T_s$) tetap konstan, tidak dipengaruhi oleh besarnya arus yang mengerjakan relai tersebut.

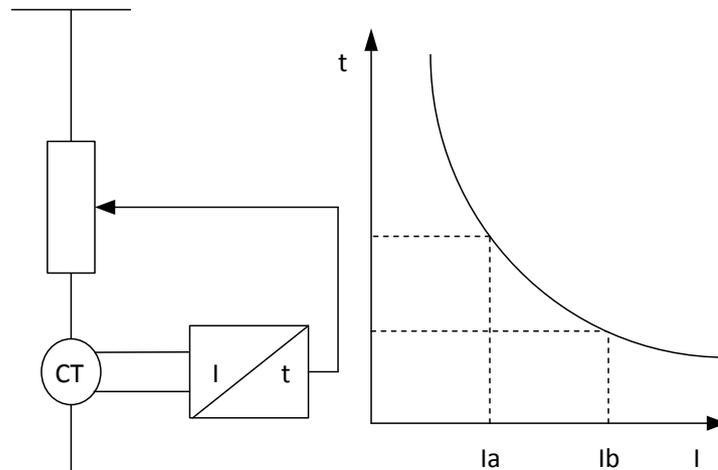


Gambar 2.10 Karakteristik Rele Arus Lebih Dengan Waktu Tertentu (*Definite Time OCR*)

3. *Over Current Relay (OCR) Inverse*

Adalah *Over Current Relay (OCR)* yang waktunya kerjanya tergantung dari arus gangguan. Relai ini akan memberikan perintah kepada PMT (pemutus tenaga) pada saat terjadi gangguan bila besar gangguannya melampaui arus penyetelannya dan jangka waktu relai ini mulai pick up sampai kerja waktunya diperpanjang berbanding terbalik dengan besarnya arus.

Sifat atau karakteristik dari relai inverse adalah relai baru akan bekerja bila yang mengalir pada relai tersebut melebihi besarnya arus setting (I_s) yang telah ditentukan. Dan lamanya waktu relai bekerja untuk memberikan komando tripping adalah paling lambat sesuai dengan waktu setting (T_s) yang dipilih. Pada relai ini waktu bekerjanya (T_{tripp}) tidak sama dengan waktu setting (T_s). Karena sangat tergantung dengan besarnya arus yang mengerjakan relai tersebut, sehingga makin besar arus yang mengerjakan relai tersebut maka makin cepat waktu kerja (T_{trip}) dari relai tersebut.



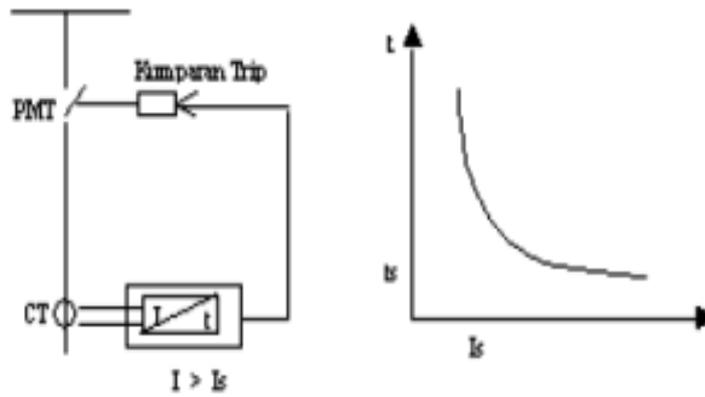
Gambar 2.11 Karakteristik Rele Arus Lebih Dengan Waktu Tertentu (*Definite Time OCR*)

Relai dapat dikelompokkan lagi menjadi empat kelompok, yaitu sebagai berikut :

- a. *Standard Inverse*
- b. *Very Inverse*
- c. *Extremely Inverse*
- d. *Long Time Inverse*

4. *OCR inverse definite minimum timer*

OCR dengan karakteristik inverse definite minimum time (IDMT) ialah jika jangka waktu rele arus mulai pick up sampai selesainya kerja rele mempunyai sifat waktu terbalik untuk nilai arus yang kecil, setelah rele pick up dan kemudian mempunyai sifat waktu tertentu untuk nilai arus yang lebih besar, rele arus lebih dengan karakteristik waktu arus tertentu berbanding terbalik dan IDMT dapat dikombinasikan dengan rele arus lebih dengan karakteristik seketika,



Gambar 2.12. karakteristik inverse definite minimum time (IDMT)

2.5.1 Setting Relay Pengaman

- Setting Arus
Pada dasarnya batas penyetelan relay arus lebih adalah relay tidak boleh berkerja pada saat beban maksimum, arus setingnya harus lebih besar dari arus beban maksimumnya,
- Setting waktu
Penyetelan waktu kerja relay terutama dipertimbangkan terhadap kecepatan dan selektivitas kerja dari rele, sehingga relay tidak salah operasi, yang dapat menyebabkan tujuan pengaman tidak berarti

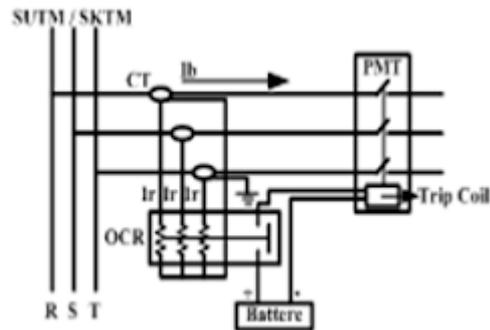
2.5.2 Beberapa Istilah Pada Rele Arus Lebih

- I_p = arus kerja (arus pick up) yaitu arus minimum yang menyebabkan rele berkerja
- $I_d = I_r$ arus kembali yaitu arus maksimum yang menyebabkan rele kembali tidak berkerja
- Perbandingan I_d / I_p adalah suatu harga perbandingan antara arus kembali dengan arus berkerja
Waktu tunda yaitu periode waktu yang sengaja diberikan pada rele untuk memperlambat trip PMT sejak rele itu pick up



2.5.3 Prinsip Kerja Over Current Relay (OCR)

Prinsip kerja *Over Current Relay* (OCR) yang bekerjanya berdasarkan besaran arus lebih akibat adanya gangguan hubung singkat dan memberikan perintah *trip* ke PMT sesuai dengan karakteristik waktunya sehingga kerusakan alat akibat gangguan dapat dihindari.



Gambar 2.13 Prinsip Kerja *over current relay*