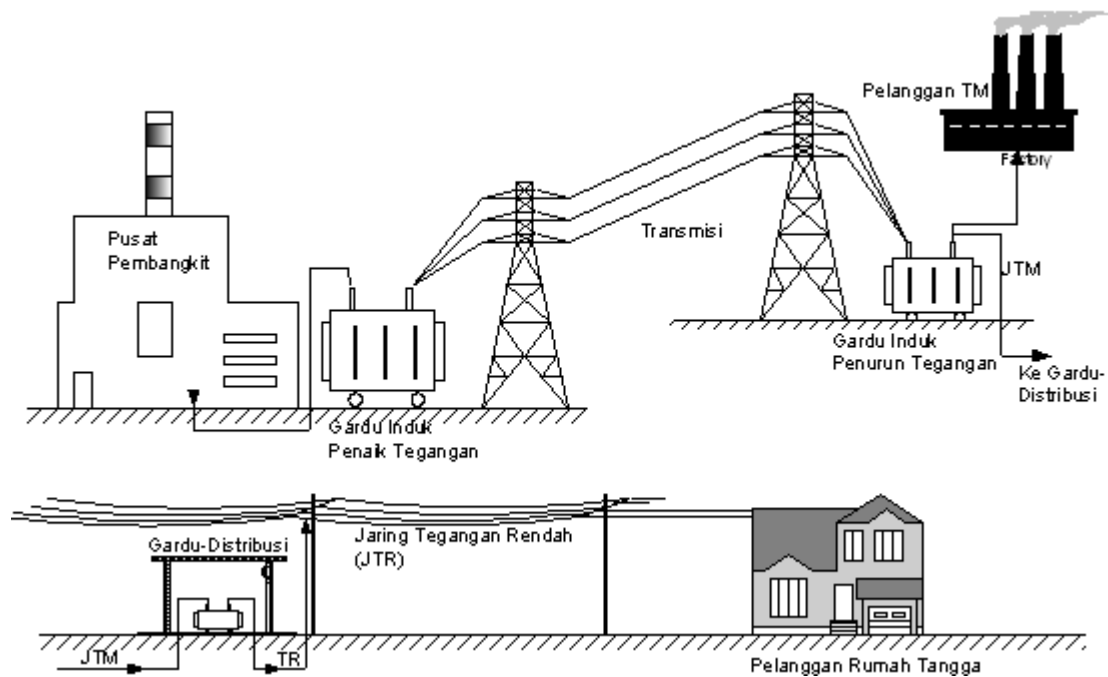


## BAB II

### SISTEM PENGAMAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

#### 2.1. Sistem Jaringan Distribusi

Ada tiga bagian dalam proses penyaluran tenaga listrik, yaitu : Pembangkit, Penyalur (transmisi) dan distribusi seperti gambar berikut :



Gambar 2.1 Tiga komponen utama dalam Penyaluran Tenaga Listrik

Bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan adalah sistem distribusi. Sistem distribusi adalah bagian sistem tenaga listrik yang paling banyak mengalami gangguan, sehingga masalah utama dalam operasi sistem distribusi adalah mengatasi gangguan.

Tenaga listrik dibangkitkan dalam Pusat-Pusat Listrik seperti PLTA, PLTU, PLGU, PLTP, dan PLTD kemudian disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator penaik tegangan (step up transformator) yang ada pada pusat listrik. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi (GI) maka sampailah listrik ke Gardu Induk untuk diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan (step down transformator) menjadi tegangan menengah atau juga yang disebut sebagai tegangan distribusi primer. Tegangan distribusi primer yang dipakai PLN adalah 20 kV. Kecenderungan saat ini menunjukkan bahwa tegangan distribusi primer PLN yang berkembang adalah 20 kV.

Jaringan setelah keluar dari GI bisa disebut jaringan distribusi, sedangkan jaringan antara Pusat Listrik dengan GI bisa disebut jaringan transmisi. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah dengan tegangan 380/220 V, 400/230 kemudian disalurkan melalui Jaringan Tegangan Rendah (JTR) untuk dilanjutkan disalurkan kerumah-rumah pelanggan (konsumen) PLN.

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

## 2.2 Sistem Pengaman

### A. Pengertian Pengaman

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

### B. Fungsi Pengaman

Kegunaan pengaman tenaga listrik antara lain (Supriadi, 1993 :3) :

- a) Mencegah kerusakan peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi operasi sistem yang tidak normal.
- b) Mempersempit daerah yang terganggu sehingga gangguan tidak melebar pada sistem yang lebih luas.
- c) Memberikan pelayanan tenaga listrik dengan keandalan dan mutu tinggi kepada konsumen.
- d) 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 keseluruhan 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 dari 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 peniadaan hubung singkat di laksanakan secara otomatis tanpa campur tangan manusia.

## 2.3 Rele Pengaman

### A. 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. (Supriyadi, 1999 : 21).

#### B. Fungsi Rele

Pada prinsipnya rele pengaman yang di pasang pada sistem tenaga listrik mempunyai tiga macam fungsi (Supriyadi, 1999 : 22) 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.

#### C. 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 (Supriyadi, 1999 : 22), 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 pengamanan 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.

### D. 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.

## E. 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 (Sulasno, 1993: 345)

### 1. Rele arus lebih

Adalah rele perlindungan yang bekerja apabila arus yang melewati daerah pengaman (zone protection) melebihi arus penyetelan dari rele arus tersebut dan memerintahkan PMT (pemutus tenaga) untuk segera memisahkan daerah terganggu secara otomatis.

### 2. Rele arah

Adalah rele yang bekerja bila arus gangguan mempunyai arah tertentu dan arah sebaliknya tidak bekerja. Apabila rele arah ini digabung dengan rele arus lebih maka rele tersebut akan dikatakan sebagai rele arus lebih terarah.

### 3. Rele gangguan tanah

Adalah rele yang bekerja apabila terjadi gangguan hubung singkat ketanah atau antara fasa ketanah.

### 4. Rele penutup kembali (auto reclosing)



Apabila pemutus tenaga yang dibuka pada waktu terjadi gangguan dapat ditutup

kembali secara otomatis sesudah waktu tertentu, maka proses ini dinamakan penutup kembali.

#### 5. Rele jarak atau impedansi

Rele jarak bekerja atas dasar perbandingan tegangan ( $V$ ) dan arus ( $I$ ) yang terukur pada lokasi rele dimana rele tersebut ditempatkan pada saat terjadinya gangguan. Apabila  $V / I$  yang terukur lebih kecil dari  $V / I$  yang diamankan atau impedansi ( $L$ ) saluran yang diamankan rele bekerja. Oleh karena impedansi saluran transmisi sebanding dengan jarak maka rele impedansi juga disebut rele jarak.

#### 6. Rele turun tegangan

Apabila terjadi gangguan pada saluran transmisi yang mengakibatkan tegangan sistem turun dibawah harga penyetelan rele ini, maka rele turun tegangan bekerja.

#### 7. Rele waktu

Rele waktu ini akan bekerja sesuai sifat penyetelan dan berfungsi sebagai penghambat kerja penjatuhan pemutus tenaga yang disesuaikan dengan lokasi gangguan.

#### 8. Rele perasa (statte)

Rele ini bekerja paling awal untuk merasakan gangguan yang selanjutnya menghidupkan rele yang lain untuk beroperasi (menghidupkan rele pengukur atau rele waktu).

## **2.4 Recloser / Pemutus Balik Otomatis (PBO)**

Recloser secara fisik mempunyai kemampuan seperti Pemutus Tenaga (PMT), yang merupakan peralatan perlindungan terhadap arus lebih, dilengkapi dengan alat pengindra arus (rele arus) disamping peralatan pengaturan kerja membuka dan menutup rangkaian secara otomatis sesuai dengan waktu urutan kerja yang telah ditentukan dan dilanjutkan membuka terus terkunci bila menghadapi gangguan permanen setelah melalui sejumlah waktu operasi yang disetel (biasanya dengan operasi menutup tiga atau empat kali). Jadi Recloser peka terhadap kondisi arus lebih dan bila hal ini terjadi, maka Recloser akan memutus arus yang mengalir dan dalam selang beberapa saat kemudian secara otomatis Recloser akan menutup kembali rangkaian dan ini berlangsung tiga atau empat kali. Recloser diklasifikasikan dalam fasa tunggal dan fasa tiga.

Bila dilihat dari peralatan pengaturannya, Recloser dapat dibedakan menjadi dua :

### **2.4.1 Recloser Dengan Pengaturan Hidrolik**

Recloser dengan pengaturan hidrolik, membuka dan menutup kontak-kontaknya dilakukan dengan cara hidrolik (tekanan minyak) dan bisa juga dengan tekanan udara. Arus gangguan dideteksi melalui kumparan kerja (trip coil) yang dihubungkan seri terhadap beban. Bila arus yang mengalir melewati kumparan kerja yang melebihi arus kerja minimum pengenalnya, maka akan tertarik ke bawah yang disebabkan karena bekerjanya kumparan kerja sehingga membuka kontak-kontak dari Recloser. Pengaturan kerja dan waktu dilakukan dengan pemompaan minyak secara terpisah yang besar kecilnya diatur dengan menyetel lubang minyak.

### **2.4.2 Recloser Dengan Pengaturan Elektronik**

Recloser dengan pengaturan elektronik lebih luwes, lebih mudah diatur dalam hal membuka dan menutup kontak-kontak, mudah diperagakan urutan kerjanya dan lebih akurat dibandingkan dengan Recloser pengaturan hidrolik. Alat pengaturan elektronik mempunyai kontak sendiri (cabinet) yang terpisah dari Reclosernya. Pada pengaturan elektronik ini, karakteristik waktu arus dapat dengan mudah diubah dengan mengubah tingkat arus kerja kumparan serinta dan urutan kerja Recloser tanpa harus melepas Recloser dari rangkaiannya atau mengeluarkannya dari tangkinya

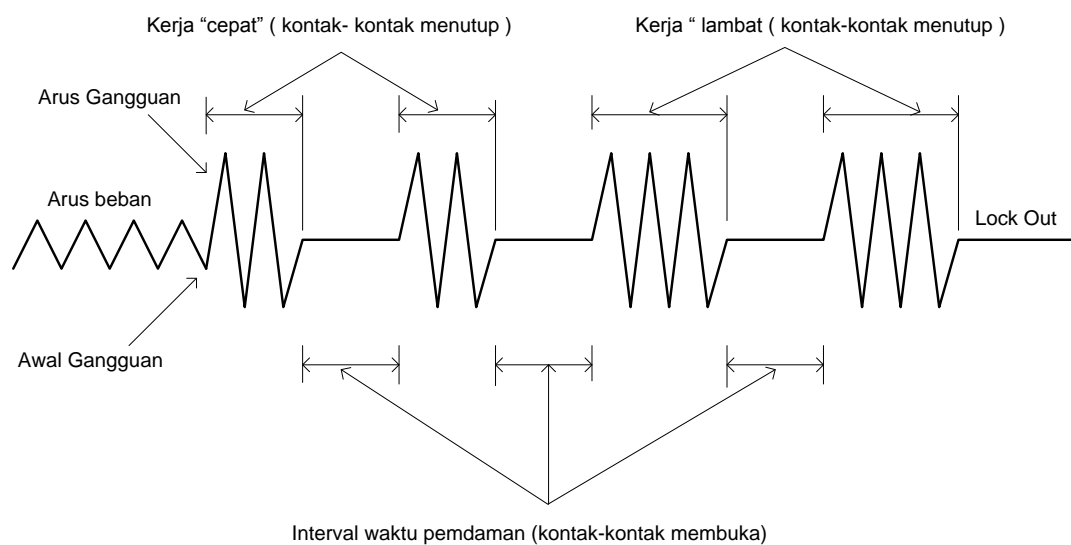
### **2.4.3 Urutan Kerja Recloser**

Waktu membuka dan menutup Recloser dapat diatur melalui kurva karakteristiknya. Secara garis besar urutankerja Recloser diperhatikan pada gambar 2.2. dan 2.3 dibawah ini, dan pengoperasiannya diuraikan sebagai berikut :

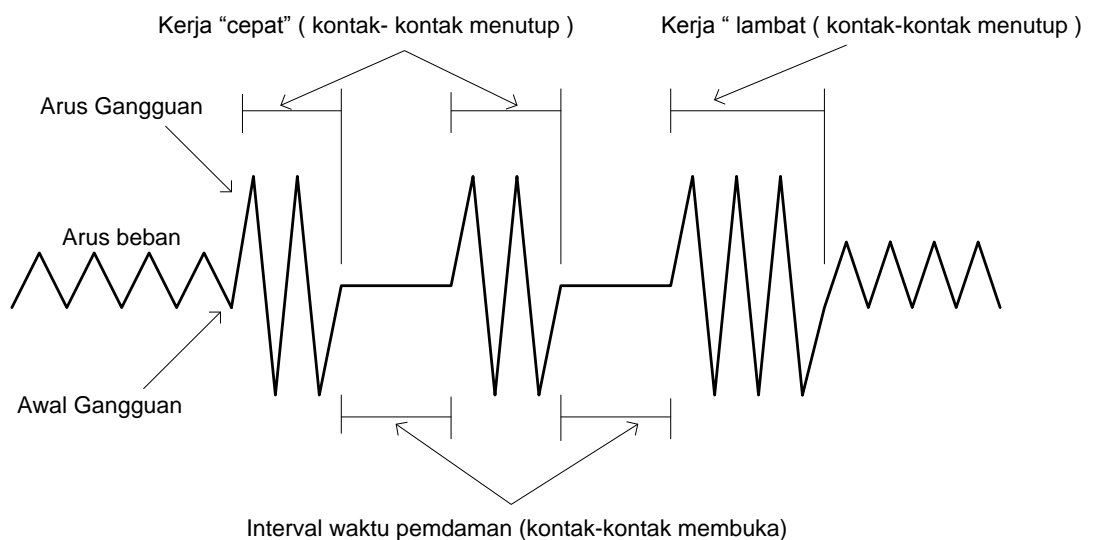
1. Sebelum terjadi gangguan, arus mengalir normal
2. Pada saat terjadi gangguan, arus yang mengalir melalui Recloser sangat besar dan menyebabkan kontak Recloser terbuka dengan operasi cepat.
3. Kontak Recloser akan menutup kembali setelah melewati waktu beberapa detik, sesuai setting yang telah dilakukan apabila gangguannya bersifat temporer. Tujuan diberikan selang waktu beberapa detik ini agar memberikan kesempatan kepada penyebab gangguan agar hilang dari sistem terutama untuk gangguan yang bersifat temporer.

4. Jika yang terjadi gangguan permanen, maka Recloser akan membuka dan menutup balik sesuai setting yang telah ditentukan dan akan lock out.
5. Setelah gangguan permanen dibebaskan oleh petugas maka Recloser dapat dimasukkan lagi ke sistem.

Secara garis besar urutan kerja Recloser diperlihatkan pada gambar 2.2 dan 2.3 dibawah ini :



Gambar 2.2 Urutan Posisi Recloser untuk Gangguan Permanen



Gambar 2.3 Urutan Posisi Recloser Untuk Gangguan Temporer

Contoh pada gambar 2.2 operasi untuk gangguan permanen setelah merasakan gangguan dua kali, maka recloser menghitung waktu trip kedua dan kontak dari recloser akan mengunci atau membuka tetapi tidak kembali ke posisi semula. Sedangkan pada gambar 2.3 untuk gangguan temporer pada saat terjadi gangguan hanya sekali, maka yang diraskan dari recloser adalah menghitung waktu trip hanya sekali dan setelah recloser tidak lagi merasakan gangguan, maka posisi dari kontak recloser tidak mengunci tetapi kembali lagi ke posisi semula dan arus kembali normal, tidak ada gangguan.

#### **2.4.4 Waktu Dan Jumlah Penutup Kembali**

Beberapa pilihan waktu penutup balik dari Recloser dapat dibuat, hal ini sangat dipengaruhi oleh koordinasi oleh koordinasi pada peralatan pengaman lainnya.

##### **1. Penutup Balik Cepat**

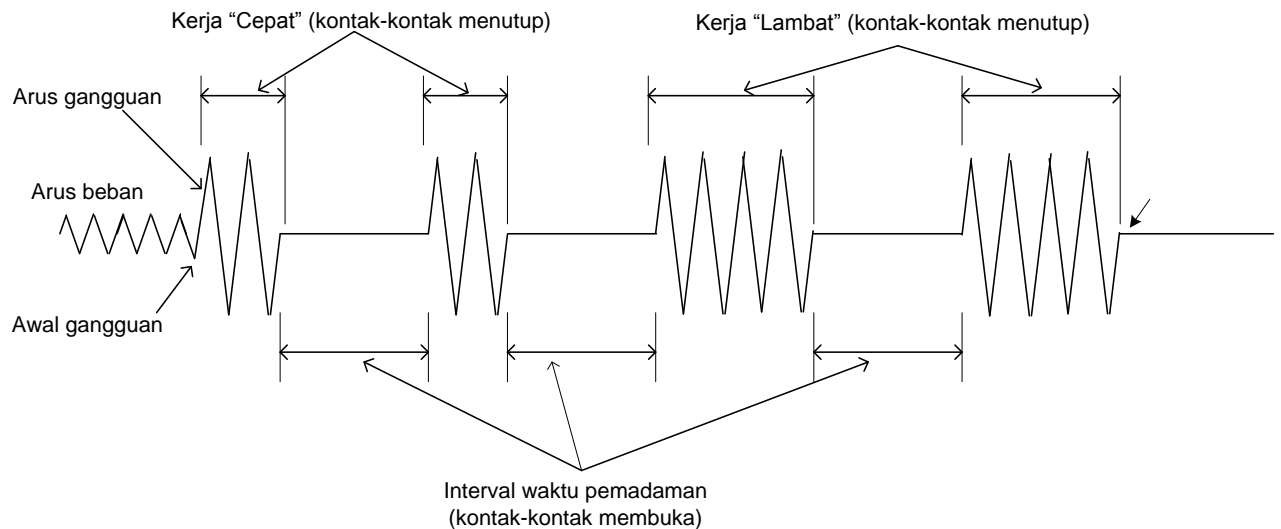
Penutup balik cepat dinyatakan cepat bila waktu matinya hanya sebentar atau kurang dari 1 detik. Penutup balik cepat ini umumnya digunakan pada SUTM pada penutup pertama kali atau sampai kedua kali waktu mati minimum.

Fungsi dari penutup balik cepat adalah untuk menghilangkan gangguan sementara.

##### **2. Penutup Balik Lambat**

Penutup balik lambat sering disebut juga sebagai longer-reclosing-interval, yang digunakan apabila pengaman cadangan (pemutus tenaga) dikontrol dengan

relai arus lebih. Hal ini untuk memungkinkan relai arus lebih mempunyai cukup waktu untuk reset.



Gambar 2.4 Macam Urutan Kerja Recloser

Recloser dapat disetel dengan jumlah urutan kerja yang berbeda-beda, seperti contoh gambar 2.4 yaitu setelan dua kali operasi cepat dan diikuti dengan dua kali operasi lambat, sebelum terkunci terbuka (Recloser terbuka terus). Pemilihan berapa kali operasi cepat dan lambat tergantung pada koordinasi dari pengamanannya.

Fungsi membuka cepat adalah untuk menghilangkan gangguan sementara, sedangkan membuka lambat untuk koordinasi dengan alat pengaman lainnya (pelebur, Recloser kedua, dsb.).