

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Untuk membantu pembuatan Proyek Akhir ini, dibutuhkan adanya beberapa referensi yang dapat menjadi acuan penulisan dalam melakukan penelitian.

1. Fatkhan Korib, dengan laporan skripsi. ISTN, S1 Teknik Elektro Tahun 2010, yang berjudul "*Studi Hubungan Arus Gangguan Hubung Singkat Dengan Waktu Kerja Relay*". Menjelaskan tentang besarnya arus gangguan hubung singkat yang menyebabkan relai OCR bekerja dengan setting dan waktu trip.
2. Rachmad Hidyatullah, Dengan makalah Tugas Akhir. Fakultas Teknik Universitas Diponegor, Jurusan Teknik Elektro. Yang berjudul "*Analisa Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan SUTT 150 kV*". Menjelaskan tentang pengaruh nilai setting dan waktu setting relai OCR terhadap gangguan dengan menggunakan karakteristik *Invers* (SI).

#### 2.2 Landasan Teori

##### 2.2.1 Sistem proteksi

###### 1. Pengertian sistem proteksi

Perlengkapan untuk mendeteksi gangguan atau kondisi tidak normal pada sistem tenaga listrik, dalam rangka untuk membebaskan / mengisolasi gangguan, menghilangkan kondisi tidak normal, dan untuk menghasilkan sinyal atau indikasi.

###### 2. Tujuan utama sistem proteksi

Tujuan utama sistem proteksi adalah sebagai berikut :

- a. Mendeteksi kondisi abnormal pada sistem tenaga listrik.

- b. Memerintahkan trip pada PMT dan memisahkan peralatan yang terganggu dari sistem yang sehat, sehingga sistem dapat terus berfungsi.

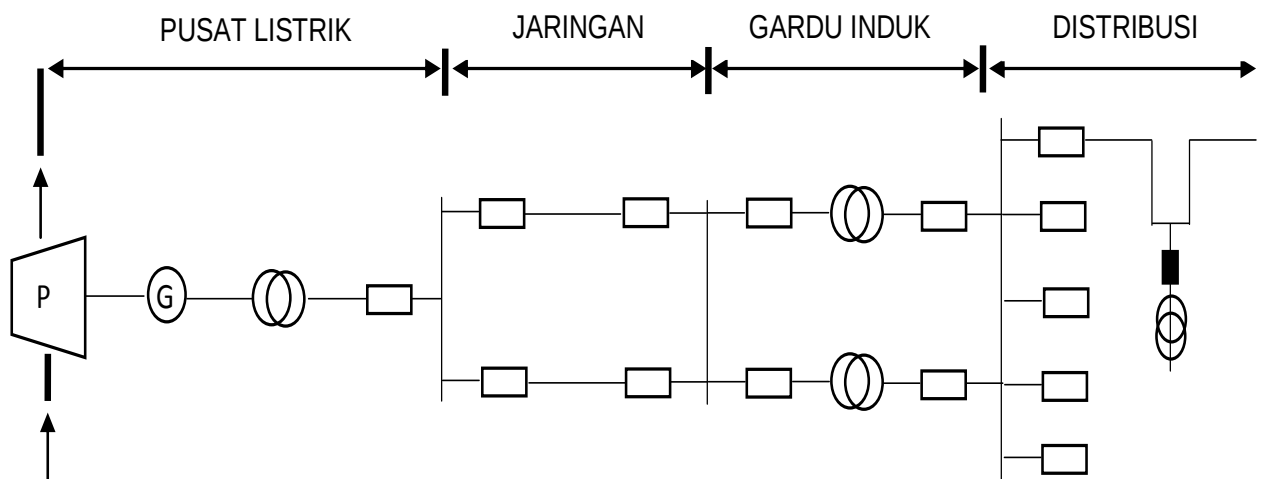
### 3. Pertimbangan pemilihan proteksi

Dasar pemilihan proteksi sistem tenaga listrik dan sistem proteksi adalah sebagai berikut :

- a. Mengurangi kerusakan pada peralatan yang terganggu dan peralatan yang berdekatan dengan titik gangguan.
- b. Mengurangi gangguan meluas.
- c. Meminimalisasi durasi gangguan.
- d. Meminimalisasi bahaya pada manusia.
- e. Memaksimalkan ketersediaan listrik untuk konsumen.

### 4. Zona proteksi

Untuk membatasi luasnya sistem tenaga listrik yang terputus saat terjadi gangguan, maka sistem proteksi dibagi dalam zona-zona proteksi. Pada zona perbatasan, zona proteksi harus tumpang tindih(*overlap*) sehingga tidak ada bagian dari sistem yang tidak terproteksi. Tipikal proteksi dan zona proteksinya ditunjukkan seperti **gambar 2.1** berikut :



**Gambar 2.1 Zona Proteksi**

## 5. Persyaratan sistem proteksi

Persyaratan desain proteksi harus dipertimbangkan untuk memastikan sistem tenaga listrik Jawa Bali dilengkapi dengan sistem proteksi yang andal. Persyaratan desain ini digunakan sebagai dasar yang harus dipenuhi pada aplikasi dan pemilihan sistem proteksi dalam sistem transmisi P3B Jawa Bali, khususnya pada instalasi baru. Desain juga harus mempertimbangkan tipe peralatan atau komponen sistem tenaga listrik yang akan diproteksi.

### a. Sensitif

yaitu mampu merasakan gangguan sekecil apapun. Suatu relai proteksi bertugas mengamankan suatu alat atau suatu bagian tertentu dari suatu sistem tenaga listrik, alat, atau bagian sistem yang termasuk dalam jangkauan pengamanannya.

### b. Selektif

Sistem proteksi harus mampu menentukan daerah kerjanya dan atau fasa yang terganggu secara tepat. Peralatan dan sistem proteksi hanya memisahkan bagian dari jaringan yang sedang terganggu. Zona proteksi harus tepat dan memadai untuk memastikan bahwa hanya bagian yang terganggu yang dipisahkan dari sistem pada saat terjadi gangguan atau kondisi abnormal.

### c. Andal

Kemungkinan suatu sistem proteksi dapat bekerja benar sesuai fungsi yang diinginkan dalam kondisi dan jangka waktu tertentu. (IEV 448-12-05)

Proteksi diharapkan bekerja pada saat kondisi yang diharapkan terpenuhi dan tidak boleh bekerja pada kondisi yang tidak diharapkan. (SPLN T5.002-1:2010)

Keandalan sistem proteksi terbagi menjadi dua yaitu :

1) Keterpercayaan : derajat kepastian suatu sistem proteksi tidak mengalami gagal kerja pada kondisi yang diperlukan dalam jangka waktu tertentu. (SPLN T5 002-1 2010)

Pemilihan keterpercayaan dan keterjaminan harus diperhatikan dalam desain sistem proteksi. Pemilihan keterpercayaan mempertimbangkan level tegangan sistem dan pentingnya peralatan yang diproteksi.

Keterpercayaan dapat diperoleh dan ditingkatkan dengan :

- a) Duplikasi proteksi utama dan proteksi cadangan untuk mengantisipasi kegagalan proteksi utama.
- b) Duplikasi proteksi utama dengan prinsip operasi yang sama dengan skema proteksi yang berbeda. (aturan jaringan sistem tenaga listrik jawa madura bali 2007)
- c) Pemisahan relai proteksi utama dan proteksi cadangan secara fisik.
- d) Proteksi cadangan *local*.
- e) Proteksi cadangan jauh.
- f) Pemisahan rangkaian sekunder transformator arus dan transformator tegangan untuk proteksi utama dan proteksi cadangan.
- g) Pemisahan sistem *power supply* DC untuk proteksi utama di level tegangan 500kV.
- h) Menjaga keandalan tele-proteksi.

2) Keterjaminan: derajat kepastian suatu sistem proteksi tidak mengalami kesalahan kerja pada kondisi yang ditentukan dalam jangka waktu tertentu. (IEV 448-12-06)(SPLN T5.002-1:2010). Elemen sistem proteksi diharapkan tidak salah kerja/stabil pada kondisi sistem yang disyaratkan.

d. Cepat

Elemen sistem proteksi harus mampu memberikan respon sesuai dengan kebutuhan peralatan yang dilindungi untuk meminimalisasi terjadinya gangguan meluas, lama gangguan dan gangguan pada stabilitas sistem. Desain sistem proteksi harus mempertimbangkan kecepatan pemutusan gangguan untuk memisahkan sumber gangguan. Waktu pemutusan gangguan harus memenuhi nilai yang disyaratkan oleh PLN P3B Jawa Bali, yang mempertimbangkan waktu kerja relai dan sinyal pembawa (FO/PLC) waktu kerja PMT dan faktor keamanan.

6. Sistem proteksi pada jaringan transmisi

Proteksi transmisi tenaga listrik sangat penting dalam proses penyaluran daya dari satu tempat ke tempat yang lain. Ini dikarenakan prinsip dalam transmisi tenaga listrik yang baik salah satunya adalah aman selain andal dan ekonomis. Proteksi tenaga listrik merupakan bagian yang menjamin bahwa dalam transmisi tenaga listrik dapat dikatakan aman. Dapat dikatakan aman karena transmisi dipasang proteksi yang berlapis – lapis untuk meningkatkan keamanan suatu peralatan maupun pada penghantar itu sendiri. Sistem proteksi yang terpasang pada jaringan transmisi yaitu:

- a. Relai Jarak / *Relay Distance (main protection)*
- b. Relai *over current* dan *ground fault (back-up protection)*

Tujuan pemasangan relai cadangan yaitu untuk meningkatkan keamanan suatu peralatan jika terjadi gangguan. Kemampuan peralatan gardu induk biasanya bisa dilihat name-plat pada peralatan

### 2.2.2 Relay Proteksi

#### 1. Pengertian Relai Proteksi

Relai adalah suatu alat yang bekerja secara otomatis untuk mengatur /memasukan suatu rangkaian listrik (rangkaian trip atau alarm) akibat adanya perubahan lain.

#### 2. Perangkat Sistem Relai

Proteksi terdiri dari seperangkat peralatan yang merupakan sistem yang terdiri dari komponen-komponen berikut :

- a. Relai, sebagai alat perasa untuk mendeteksi adanya gangguan yang selanjutnya memberi perintah trip kepada Pemutus Tenaga (PMT).
- b. Trafo arus dan/atau trafo tegangan sebagai alat yang mentransfer besaran listrik *primer* dari sistem yang diamankan ke relai (besaran listrik *sekunder*).
- c. Pemutus Tenaga (PMT) untuk memisahkan bagian sistem yang terganggu.
- d. Batere beserta alat pengisi (*batere charger*) sebagai sumber tenaga untuk bekerjanya relai, peralatan bantu tripping.
- e. Pengawatan (*wiring*) yang terdiri dari sirkit *sekunder* (arus dan/atau tegangan), sirkit tripping dan sirkit peralatan bantu.
- f. Secara garis besar bagian dari relay proteksi terdiri dari tiga bagian utama, seperti pada blok diagram, dibawah ini, Masing-masing elemen/bagian mempunyai fungsi sebagai berikut:

##### 1) Elemen pengindra

Elemen ini berfungsi untuk merasakan besaran-besaran listrik, seperti arus, tegangan, frekuensi, dan sebagainya tergantung relay yang dipergunakan. Pada bagian ini besaran yang masuk akan dirasakan keadaannya, apakah keadaan yang di proteksi

itu mendapatkan gangguan atau dalam keadaan normal, untuk selanjutnya besaran tersebut dikirimkan ke elemen pembanding.

## 2) Elemen pembanding

Elemen ini berfungsi menerima besaran setelah terlebih dahulu besaran itu diterima oleh elemen oleh elemen pengindera untuk membandingkan besaran listrik pada saat keadaan normal dengan besaran arus kerja relai.

## 3) Elemen pengukur/penentu.

Elemen ini berfungsi untuk mengadakan perubahan secara cepet pada besaran ukurnya dan akan segera memberikan isyarat untuk membuka PMT atau memberikan sinyal.

Transformator arus ( CT ) berfungsi sebagai alat pengindera yang merasakan apakah keadaan yang diproteksi dalam keadaan normal atau mendapat gangguan. Sebagai alat pembanding sekaligus alat pengukur adalah relai, yang bekerja setelah mendapatkan besaran dari alat pengindera dan membandingkan dengan besar arus penyetelan dari kerja relai.

Apabila besaran tersebut tidak setimbang atau melebihi besar arus penyetelannya, maka kumparan relai akan bekerja menarik kontak dengan cepat atau dengan waktu tunda dan memberikan perintah pada kumparan penjatuh (*trip-coil*) untuk bekerja melepas PMT. Sebagai sumber energi penggerak adalah sumber arus searah atau batere.

## 3. Fungsi dan Peranan Relai Proteksi.

Maksud dan tujuan pemasangan relai proteksi adalah untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian jaringan yang terganggu dari bagian lain yang masih sehat serta sekaligus

mengamankan bagian yang masih sehat dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar, dengan cara :

- a. Mendeteksi adanya gangguan atau keadaan abnormal lainnya yang dapat membahayakan peralatan atau sistem.
- b. Melepaskan (memisahkan) bagian sistem yang terganggu atau yang mengalami keadaan abnormal lainnya secepat mungkin sehingga kerusakan instalasi yang terganggu atau yang dilalui arus gangguan dapat dihindari atau dibatasi seminimum mungkin dan bagian sistem lainnya tetap dapat beroperasi.
- c. Memberikan pengamanan cadangan bagi instalasi lainnya.
- d. Memberikan pelayanan keandalan dan mutu listrik yang terbaik kepada konsumen.
- e. Mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

### **2.2.3 Relai Arus Lebih**

#### **1. Pengertian Relai Arus Lebih (*over current relay*)**

Relai arus lebih (*over current relay*) adalah relai yang bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu dan jangka waktu tertentu. Fungsi utama relai OCR ini adalah untuk merasakan atau mendeteksi adanya arus lebih, kemudian OCR memberikan perintah kepada pemutus beban (PMT) untuk membuka.

#### **2. *Over Current Relay* pada jaringan transmisi**

Meskipun hanya menjadi relai cadangan pada saluran transmisi. Keandalan dan keamanan dari *Over Current Relay* tidak bisa disepelekan. Karena jika terjadi suatu kegagalan proteksi pada pengaman utama *relay distance*. OCR bertugas untuk melindungi

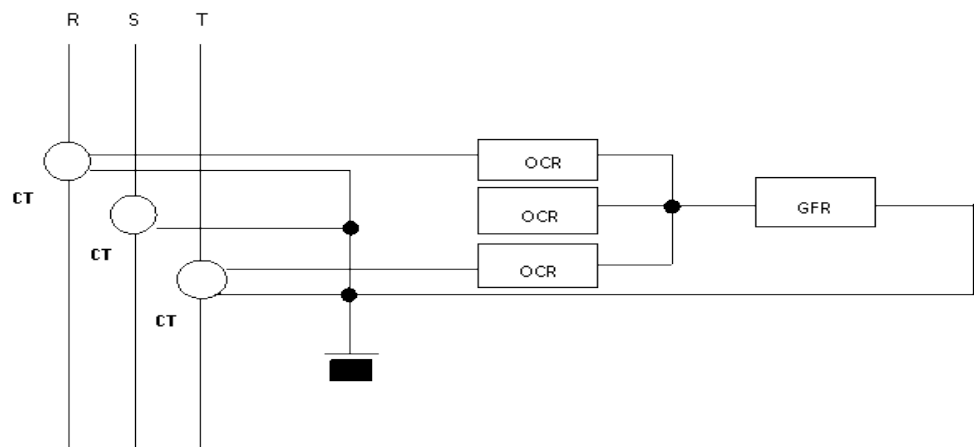
peralatan / komponen yang ada di dalam gardu induk. Komponen yang dimaksud seperti *current transformer* (CT), *potensial transformer* (PT), *lightning arrester* (LA), PMS, PMT, dan lainnya.

### 3. Prinsip Kerja Relai Arus Lebih

Relai arus lebih bekerja dengan membaca input berupa besaran arus kemudian membandingkan dengan nilai setting, apabila nilai arus yang terbaca oleh relai melebihi nilai setting, maka relai akan mengirim perintah trip (lepas) kepada Pemutus Tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker* (CB) setelah tunda waktu yang diterapkan pada setting.

Relai arus lebih memproteksi instalasi listrik terhadap gangguan antar fasa. Sedangkan untuk memproteksi terhadap gangguan fasa tanah digunakan relai arus gangguan tanah atau *Ground Fault Relay* (GFR). Prinsip kerja GFR sama dengan OCR, yang membedakan hanyalah pada fungsi dan elemen sensor arus. OCR biasanya memiliki 2 atau 3 sensor arus (untuk 2 atau 3 fasa) sedangkan GFR ahnya memiliki satu sensor arus (satu fasa).

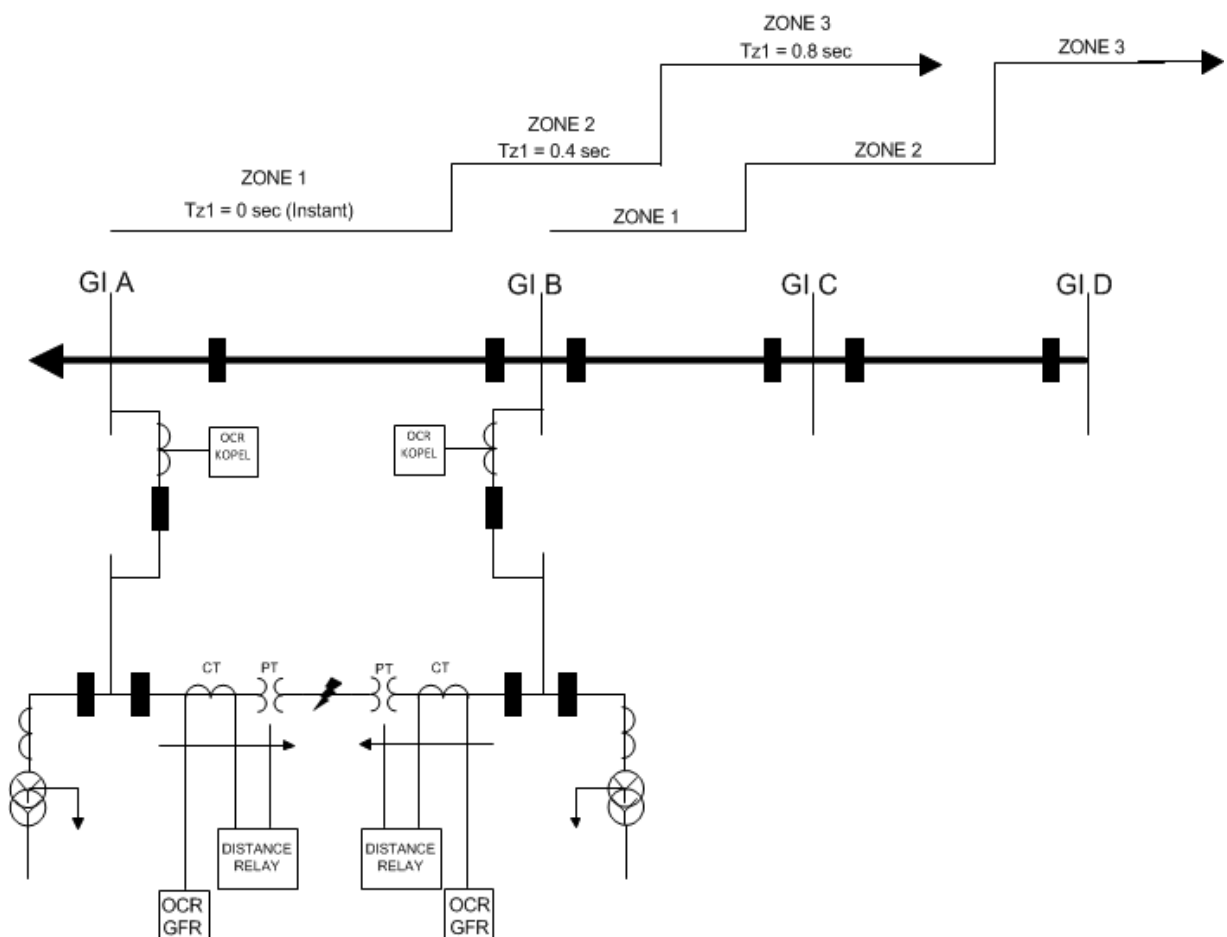
Prinsip kerja OCR adalah berdasarkan arus lebih yang terbaca pada relai kemudian memerintahkan PMT untuk trip sesuai dengan karakteristik waktunya.



**Gambar 2.2 Pengawatan Relai OCR**

#### 4. OCR sebagai pengaman cadangan

Relai arus lebih bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman yang telah ditentukan dan dalam jangka waktu yang telah ditetapkan. Relai arus lebih akan *pick up* jika besar arus melebihi nilai penyetelan. Pada proteksi jaringan transmisi, relai arus lebih digunakan sebagai proteksi cadangan terhadap relai jarak. Relai ini digunakan untuk Mengamankan peralatan terhadap gangguan hubung singkat antar fasa, hubung singkat satu fasa ke tanah dan beberapa hal dapat digunakan sebagai pengaman beban lebih.

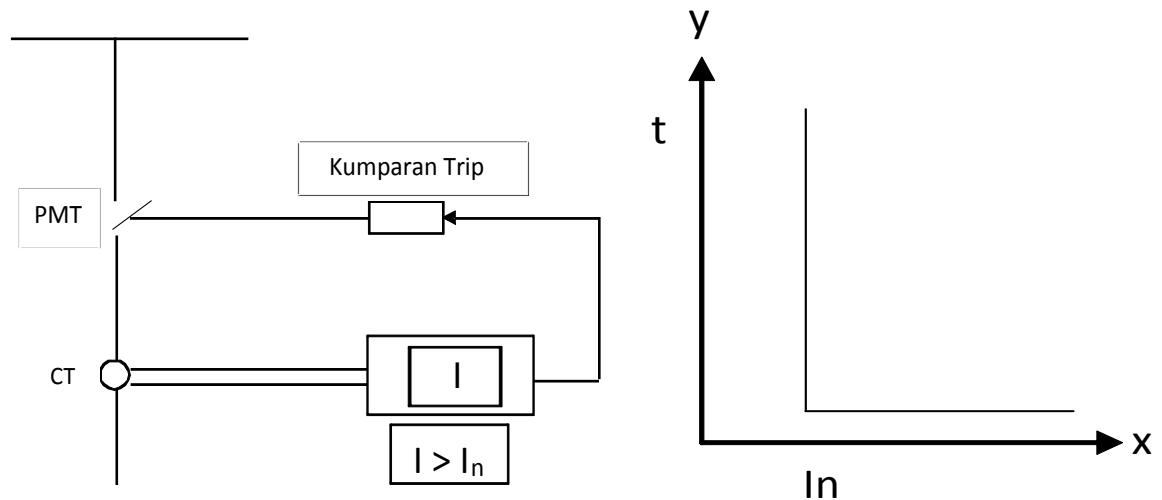


**Gambar 2.3 Koordinasi Relai Jarak dan OCR**

## 5. Jenis Relai OCR Berdasarkan Karakteristik Waktu :

### a. Relai Arus Lebih Waktu Seketika

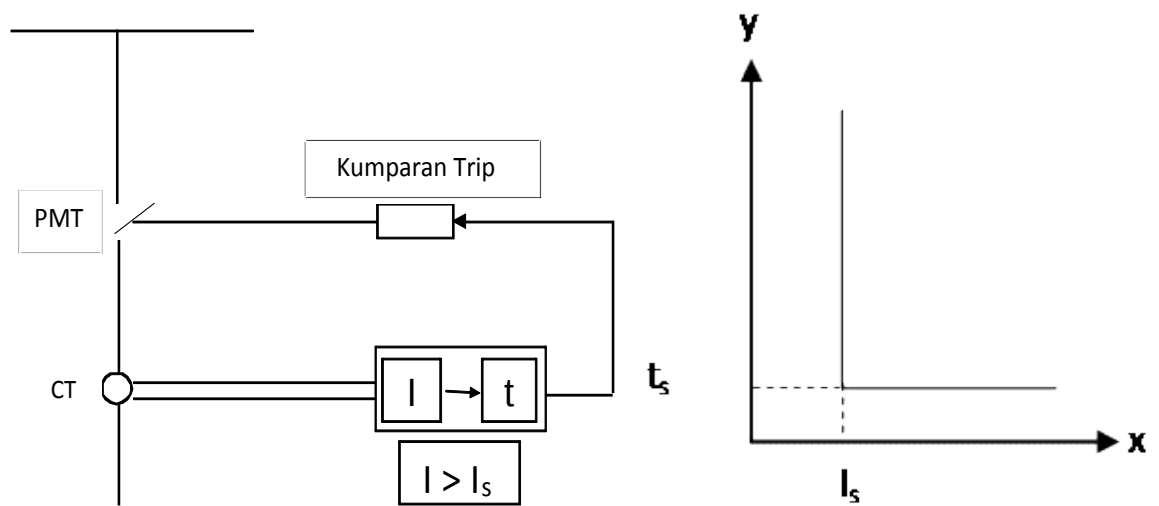
Relai arus lebih dengan karakteristik waktu kerja seketika ialah jika jangka waktu relai mulai saat relai arusnya *pick up* (kerja) sampai selesai kerja relai sangat singkat (20-100 ms), yaitu tanpa penundaan waktu. Relai ini pada umumnya dikombinasikan dengan relai arus lebih dengan karakteristik waktu tertentu (*definite time*) atau waktu terbalik (*inverse time*) dan hanya dalam beberapa hal berdiri sendiri secara khusus.



**Gambar 2.4 Karakteristik Arus Lebih Waktu Seketika**

### b. Relai Arus Lebih Waktu Tertentu

Relai arus lebih dengan karakteristik waktu tertentu ialah jika jangka waktu mulai relai arus *pick-up* sampai selesainya kerja relai diperpanjang dengan nilai tertentu dan tidak tergantung dari besarnya arus yang menggerakkan. Relai ini bekerja berdasarkan waktu tunda yang telah ditentukan sebelumnya dan tidak tergantung pada perbedaan besarnya arus.

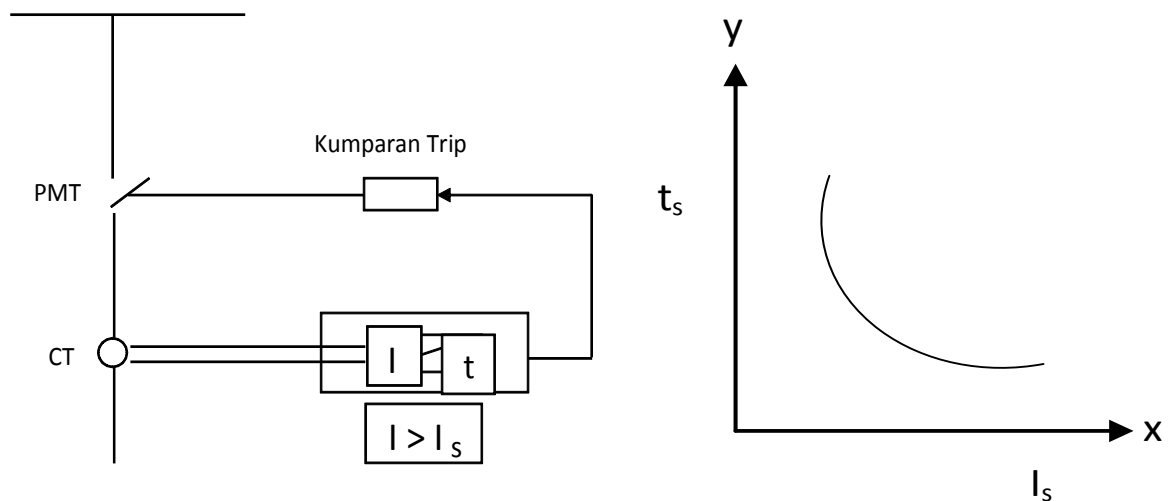


**Gambar 2.5 Karakteristik Arus Lebih Waktu Tertentu**

c. Relai Arus Lebih Waktu Berbalik

Relai ini mempunyai karakteristik kerja berdasarkan kombinasi antara karakteristik *invers* dan karakteristik *definite*. Relai ini akan bekerja secara *definite* bila arus gangguannya besar dan bekerja secara *inverse* jika arus gangguannya kecil *Instant*.

- 1) Definite
- 2) Inverse
- 3) Combination



**Gambar 2.6 Karakteristik arus lebih waktu berbalik**

Rele ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (*inverse time*), makin besar arus makin kecil waktu tundanya. Karakteristik ini bermacam-macam dan setiap pabrik dapat membuat karakteristik yang berbeda-beda, karakteristik waktunya dibedakan dalam 4 kelompok :

1) Standart invers

$$t = \frac{0.14}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^{0.02} - 1} \times TMS \dots\dots\dots 2.1$$

2) Very Invers

$$t = \frac{13.5}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^1 - 1} \times TMS \dots\dots\dots 2.2$$

3) Extremely Invers

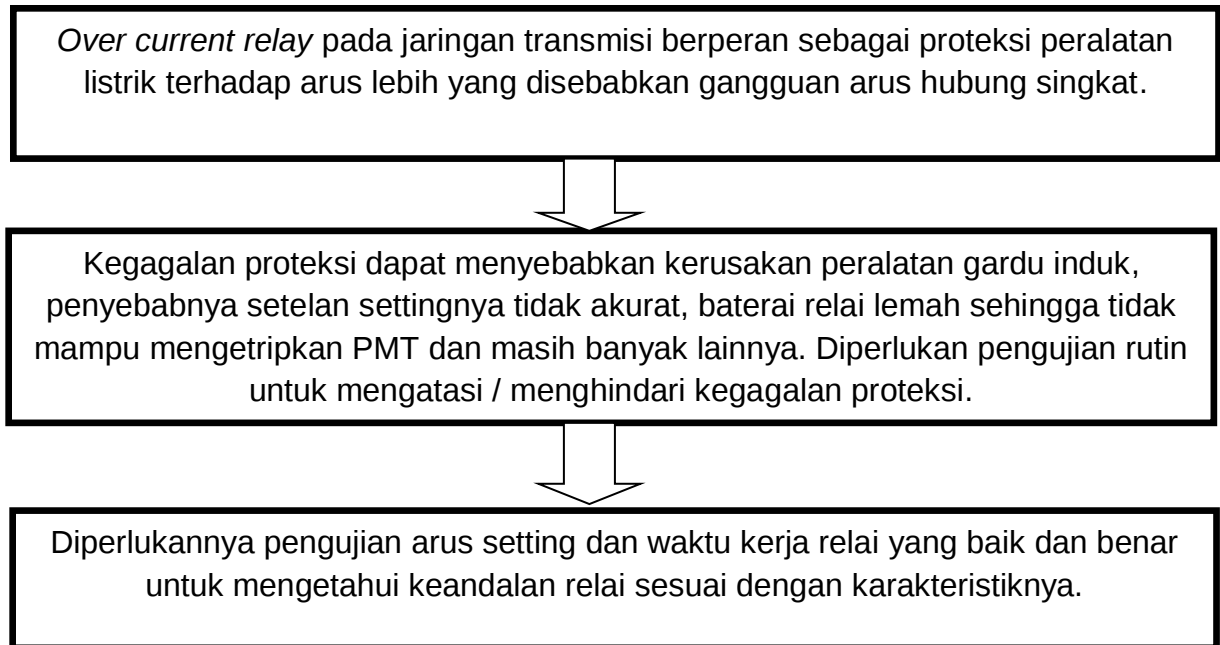
$$t = \frac{80}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^2 - 1} \times TMS \dots\dots\dots 2.3$$

4) Long Time Invers

$$t = \frac{120}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^1 - 1} \times TMS \dots\dots\dots 2.4$$

## 2.3 Kerangka Pemikiran

Untuk mempermudah pemahaman yang dilakukan didalam penelitian, tugas akhir ini maka digunakan seperti bagan seperti ditunjukkan **Gambar 2.7** :



**Gambar 2.7 Kerangka Pemikiran**