

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSATAKA**

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Iwan Wirabakti (2017) melakukan penelitian dengan judul “ *Analisis Perbandingan Kuantitas Gangguan dan Kinerja Sistem Trafo Tenaga GIS dan GI Konvensional*”. Hasil dari observasi yang telah dilakukan menjelaskan bahwa ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan gangguan antara lain, faktor teknis (kerusakan pada peralatan), non teknis (bencana alam), dan faktor tidak diketahui penyebabnya. Selain itu, keandalan sistem proteksi pada GIS Gejayan dan GI Bantul keberhasilan dalam mengamankan gangguan yang terjadi GIS Gejayan lebih andal dengan mengamankan gangguan sebesar 100 % dibandingkan dengan GI Konvensional Bantul yang mengamankan hanya 90%.

Ade Putra (2017) melakukan penelitian dengan judul “*Studi dan Analisis Sistem Koordinasi Proteksi Oven Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) Pada Gardu Induk Godean*”. Hasil dari observasi yang telah dilakukan menjelaskan bahwa nilai hubung singkat dipengaruhi oleh jarak titik ganggunya, semakin dekat jarak yang ditetapkan maka akan semakin besar gangguan arus hubung singkat yang terjadi, begitupun sebaliknya jika semakin jauh yang ditetapkan maka akan semakin kecil arus hubung singkat yang *mempengaruhi* ganggunya. Oleh sebab itu, maka nilai *setting* pada OCR dan GFR berpengaruh terhadap jarak yang ditetapkan karena jarak mempengaruhi ganggunya. Relay yang berada pada penyulang memiliki waktu bekerja lebih cepat dengan selisih waktu 0,4 detik dibandingkan relay yang berada pada *incoming*. Penyebab besar kecilnya selisih waktu karena dipengaruhi oleh jarak dan lokasi gangguan.

Fitriani (2017) melakukan penelitian yang berjudul “*Analisis Penggunaan Rele Deferenensial Sebagai Proteksi Pada Transformator Daya 16 MVA Pada Gardu Induk Jajar*”. Hasil obeservasi yang dilakukan sesuai dengan fungsi nya, rele ini bekerja ketika terjadi gangguan pada internal trafo. Ketika terjadi gangguan eksternal trafo maka rele ini tidak akan bekerja walaupun masukan dan

keluaran besaran arus gangguan melebihi besar arus trafo daya. Untuk settingnya rele deferensial ini dengan cara menghitung arus rating nominal yang berada pada transformator daya. Hasil dari perhitungan akan dijadikan acuan untuk rating agar menentukan rasio pada CT yang akan dipasang.

Afif Syafii Maarif (2018) melakukan penelitian yang berjudul “*Studi dan Analisis Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi Pada Gardu Induk 150 KV Bantul*”. Hasil observasi yang telah dilakukan menjelaskan bahwa ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan gangguan antara lain, faktor teknis (kerusakan pada peralatan), non teknis (bencana alam), dan faktor tidak diketahui penyebabnya. Gangguan yang terjadi pada Transformator Tenaga Gardu Induk bantul mampu diatasi semua oleh sistem proteksi.

*Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka*

NO	Nama	Jusul	Metode	Hasil
1	Iwan Wirabakti	Analisis Perbandingan Kuantitas Gangguan dan Kinerja Sistem Trafo Tenaga GIS dan GI Konvensional	Teknik Deskripsi Persentase	GIS Gejayan lebih andal dengan mengamankan gangguan sebesar 100 % dibandingkan dengan GI Konvensional Bantul yang mengamankan hanya 90%
2	Ade Putra	Studi dan Analisis Sistem Koordinasi Proteksi Oven Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) Pada Gardu Induk	Menggunakan software ETAP 12.60 dengan menggunakan fitur star protective	nilai <i>setting</i> pada OCR dan GFR berpengaruh terhadap jarak yang ditetapkan karena jarak mempengaruhi gangguannya

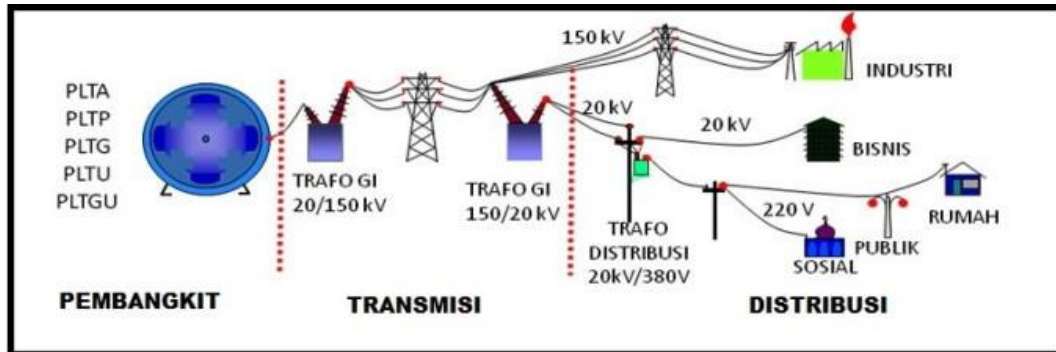
		Godean	device coordination dan juga short circuit analisis	
3	Fitriani	Analisis Penggunaan Rele Deferenisial Sebagai Proteksi Pada Transformator Daya 16 MVA Pada Gardu Induk Jajar	Pengumpulan data sekunder. Setelah itu dilakukan perhitungan sesuai rumus.	rele ini bekerja ketika terjadi gangguan pada internal trafo. Ketika terjadi gangguan eksternal trafo maka rele ini tidak akan bekerja walaupun masukan dan keluaran besaran arus gangguan melebihi besar arus trafo daya
4	Afif Syafii M	Studi dan Analisis Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi Pada Gardu Induk 150 KV Bantul	Teknik Deskripsi Persentase	Gangguan yang terjadi pada Transformator Tenaga Gardu Induk bantul mampu diatasi semua oleh sistem proteksi

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Pengertian Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik merupakan sebuah rangkaian instalasi tenaga listrik dari mulai pembangkitan, transmisi, dan distribusi yang dioperasikan secara bersamaan untuk penyediaan tenaga listrik. Sistem ini berfungsi

untuk membangkitkan dan menyalurkan energi listrik. Sistem tenaga listrik memiliki 3 sub sistem tenaga listrik, antara lain:



Gambar 2. 1 Sistem tenaga Listrik

### 1. Sistem Pembangkit

Sistem Pembangkit Tenaga Listrik sebagai peralatan yang berfungsi untuk membangkitkan energi listrik melalui berbagai macam jenis pembangkit tenaga listrik dengan merubah energi mekanis yang berupa kecepatan atau putaran menjadi energi listrik oleh generator. Ada beberapa contoh pembangkit tenaga listrik di Indonesia :

- a. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) : Pembangkit ini bekerja dengan menggunakan bahan bakar yang berasal dari batu bara, minyak bumi, gas alam, dan lain-lain. Bahan bakar ini untuk memanaskan air pada *boiler* sehingga menghasilkan uap untuk menggerakkan turbin.
- b. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) : Pembangkit ini bekerja dengan memanfaatkan sinar matahari. Sinar matahari ini kemudian ditangkap oleh panel surya *photovoltaic* dan langsung dikonversikan menjadi arus dan tegangan listrik.
- c. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) : Pembangkit ini bekerja dengan cara merubah energi potensial air menjadi energi kinetik. Kemudian turbin merubah energi kinetik menjadi energi mekanik yang langsung di konversikan oleh generator menjadi energi listrik.

### 2. Sistem Transmisi

Sistem Transmisi Tenaga Listrik sebagai penyalur tenaga listrik dari sumber pembangkitan hingga ke distributor listrik sehingga dapat disalurkan sampai ke konsumen. Standarisasi tegangan transmisi listrik di Indonesia untuk Saluran Ekstra Tinggi (SUTET) 500 KV dan 150 KV untuk Saluran Tegangan Tinggi (SUTT).

### 3. Sistem Distribusi

Sistem Distribusi Tenaga Listrik merupakan sistem yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari gardu induk (distributor) menuju kepada konsumen. Pada proses penyalurannya, gardu induk menerima tegangan listrik ekstra tinggi lalu kemudian diturunkan menjadi tegangan menengah menggunakan transformator tenaga dan selanjutnya diturunkan menjadi tegangan rendah menggunakan trafo distribusi agar bisa digunakan oleh konsumen.

#### 1.2.2 Pengertian Gardu Induk

Gardu Induk merupakan bagian dari sistem transmisi atau distribusi yang didalamnya terdapat peralatan listrik yang disusun menurut pola tertentu dengan pertimbangan teknis, ekonomis serta keindahan. Gardu induk memiliki beberapa fungsi, yaitu : mentransformasikan tegangan dari tegangan ekstra tinggi sampai ke tegangan rendah, pengukuran pengawasan operasi serta pengaturan pengamanan dari sistem tenaga listrik, dan pengaturan daya listrik ke gardu-gardu lainnya melalui tegangan tinggi dan gardu distribusi melalui *feeder* tegangan menengah.

#### 1.2.3 Klasifikasi Gardu Induk

Pada dasarnya gardu induk diklasifikasikan menjadi beberapa macam, yaitu ;

##### 1. Menurut Pemasangan Peralatan

Gardu induk memiliki 2 macam pemasangan peralatan, yaitu :

##### a. Gardu Induk Pemasangan Dalam (*in door*)

Gardu induk pemasangan dalam biasanya dibangun didaerah yang padat penduduk seperti diperkotaan karena tidak butuh lahan yang luas sehingga dapat menekan biaya pembangunan. Peralatan pada gardu induk ini sebagian besar berada dalam suatu gedung.

Gardu induk pemasangan dalam biasa disebut *Gas Insulated Substation* (GIS).

b. Gardu Induk Pemasangan Luar (*out door*)

Gardu induk pemasangan luar biasanya dibangun di daerah yang memiliki lahan luas karena pembangunan gardu induk ini memerlukan lahan yang begitu luas untuk menempatkan komponen yang berada diluar gedung. Gardu induk pemasangan dalam paling banyak digunakan di Indonesia dan biasa disebut gardu induk konvensional.

2. Menurut besar tegangan

Gardu induk dibagi menjadi 2 macam jika menurut besar tegangan, yaitu :

a. Gardu Induk Ekstra Tinggi (GITET)

Pada gardu induk ini menggunakan komponen 3 buah transformator daya dan masing-masing 1 fasa (*bank transformer*). Selain itu dilengkapi dengan adanya reactor yang digunakan untuk mengkompensasikan daya reaktif jaringan. GITET memiliki tegangan 275 KV sampai 500 KV.

b. Gardu Induk Tegangan Tinggi (GI)

Gardu induk ini menggunakan transformator daya 3 phasa namun tidak memiliki peralatan reaktor. GI memiliki tegangan tinggi 70 KV sampai 150 KV.

3. Menurut Isolasi yang Dipakai

Pada gardu induk ada beberapa macam isolasi yang digunakan, yaitu :

a. Gardu induk dengan Isolasi Udara

Gardu induk yang memakai isolasi udara biasanya pada gardu induk konvensional karena menggunakan udara bebas sebagai isolatornya pada bagian-bagian yang bertegangan. Oleh karena itu gardu induk konvensional memerlukan lahan yang cukup luas.

b. Gardu Induk Isolasi Gas SF<sub>6</sub>

Gardu induk yang memakai isolasi gas SF<sub>6</sub> biasanya pada gardu induk pemasangan dalam atau GIS karena dapat melindungi dari gangguan

dengan memanfaatkan gas SF<sub>6</sub> sebagai isolator yang dipasangi di dalam gedung.

#### 4. Menurut Tempat Pemasangannya

Ada beberapa macam gardu induk menurut tempat pemasangannya, yaitu

:

##### a. Gardu Induk Transmisi

Gardu induk transmisi berfungsi untuk menyalurkan energi listrik bertegangan tinggi menuju beban seperti ke industri dan sebagainya. Gardu induk ini mendapatkan daya listrik dari sistem transmisi dan kemudian langsung disalurkan menuju konsumen (industri, dan lain-lain).

##### b. Gardu Induk Distribusi

Gardu induk distribusi berfungsi untuk menyalurkan energi listrik bertegangan rendah menuju konsumen seperti, rumah, kantor, masjid, dan lain sebagainya. Gardu induk ini mendapatkan daya listrik dari sistem transmisi dan kemudian diturunkan tegangannya menggunakan transformator (*stepdown*). Setelah diturunkan kemudian disalurkan melalui jaringan distribusi menuju konsumen (rumah, kantor, masjid, dan lain sebagainya).

### 1.2.4 Komponen Utama pada Gardu Induk

Gardu induk memiliki komponen utama untuk membantu menjalankan fungsi dari gardu induk. Komponen utama ini adalah sebagai berikut :

#### 1. Transformator

Transformator merupakan alat yang berfungsi untuk menurunkan atau menaikkan tegangan listrik yang selanjutnya mentransformasikan ke beban melalui jaringan distribusi. Transformator memiliki berbagai macam jenis menurut karakteristiknya yaitu :

##### a. Trafo Tenaga

Trafo tenaga termasuk dalam peralatan yang dalam klasifikasinya mesin statis. Fungsi trafo tenaga untuk mentransformasikan tegangan listrik dan harga daya pada harga arus akan tetapi frekuensinya tidak berubah atau sama.

b. Trafo Ukur

Sesuai desainnya maka trafo ini memiliki beberapa kelebihan diantara lain : tahan terhadap berbagai tingkatan beban, keandalan alat sangat baik, dan secara fisik transformator ini berbentuk klasik dan secara ekonomi lebih murah. Berbagai macam trafo ukur yaitu :

a). Transformator Tegangan (*Voltage trafo*)

Trafo tegangan merupakan trafo yang dapat digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan sebagai sumber proteksi dan alat pengukuran. Selain itu, trafo ini dapat memberikan isolasi pada rangkaian primer dan sekunder, memberika standarisasi rating pada sisi sekunder trafo, dan memperkecil besaran tegangan sehingga besaran tegangan digunakan sebagai alat proteksi. Peralatan proteksi yang mendukung seperti relay/rele jarak, relay/rele sinkron, reley/rele berarah, dan reley/rele frekuensi.

b). Transformator Arus (*Current Arus*)

Trafo ini dapat digunakan untuk menurunkan tegangan tinggi ke arus yang rendah kemudian tegangan yang rendah dapat digunakan sebagai pengaman pada trafo ini. Menurut konstruksinya ada beberapa tipe trafo ini, diantara lain : tipe trafo tangka minyak, tipe cincin, dan sebagainya.

c. Transformator Bantu

Trafo jenis ini biasanya dapat digunakan untuk membantu operasi sistem pada gardu induk seperti mensuplai alat-alat bantu



seperti motor 3 fasa yang digunakan untuk mensirkulasi minyak pada trafo serta membantu dalam pendingin dengan motor-motor kipas pendingin. Selain itu, trafo ini memiliki peranan yang penting seperti untuk pasokan cadangan sumber arus DC yang berfungsi ketika terjadi gangguan pada proteksi dan tidak ada pasokan dari arus AC. Trafo ini juga berfungsi sebagai penyimpan arus DC (baterai) serta peralatan bantu lainnya seperti penerangan, sumber sirkulasi pada ruang baterai, penggerak mesin pendingin karena banyak menggunakan sistem proteksi elektronika yang memerlukan temperature  $20^0$  sampai dengan  $28^0$ .

Pengoptimalan pembagian sumber tenaga dengan menggunakan trafo bantu ini biasanya pembagian beban sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan dalam sistem proteksi. Selain itu, diperlukan pembagian sumber DC jika komponen tersebut membutuhkan sumber DC sebagai penggerak. Oleh karena itu, setiap gardu induk tersedia panel sumber arus AC dan DC.

## **2. *Netral Grounding Relay ( NGR )***

Komponen ini sebagai pengaman ketika gangguan terjadi dengan cara memperkecil arus gangguan yang terjadi. NGR biasa dipasang diantara titik netral trafo dengan pertanahan.

## **3. *Circuit Breaker (CB) / Pemutus Tenaga (PMT)***

Alat ini biasanya digunakan sebagai pemutus rangkaian listrik dalam keadaan berbeban ketika terjadi gangguan. Peralatan ini juga tetap digunakan meskipun dengan keadaan sedang terjadi gangguan ataupun dengan keadaan normal. CB membutuhkan peralatan bantu untuk dapat beroperasi karena ketika beroperasi CB mengeluarkan busur api. Oleh karena itu, CB dilengkapi dengan macam-macam peralatan pemadam api sebagai berikut pemutusnya :

- a. Minyak
- b. Udara
- c. Gas

#### **4. *Disconnecting Switch (DS) / Saklar Pemisah***

DS biasa digunakan sebagai pemisah rangkaian listrik ketika kondisi tidak dalam keadaan berbeban. DS bekerja ketika CB sudah bekerja terlebih dahulu dengan memutus rangkaian berbeban kemudian DS ini baru bekerja sesuai fungsinya. DS dapat dipasang dengan membagi menjadi beberapa bagian :

##### **a. Pemisah Peralatan**

Pada alat ini berfungsi sebagai pengaman peralatan listrik yang memiliki tegangan, tetapi peralatan ini bekerja dengan cara memutus rangkaian pada saat tidak berbeban.

##### **b. Peralatan Pertanahan**

Pada alat ini dapat berfungsi ketika peralatan pada sistem pertanahan sedang tidak bertegangan biasanya sesudah SUTT/SUTM sudah diputuskan.

#### **5. *Lightning Arrester (LA)***

Alat ini berfungsi sebagai pengaman ketika terjadi gangguan sambaran petir pada rangkaian listrik atau kawat penghantar. Cara kerja LA adalah ketika rangkaian dalam sedang normal maka alat ini sebagai isolatif namun ketika rangkaian sedang dalam keadaan gangguan maka alat ini akan menjadi induktif atau mengalirkan arus listrik ke tanah.

#### **6. *Rel Busbar***

Alat ini berfungsi sebagai titik penghubung atau pertemuan antara komponen pada gardu induk seperti transformator daya, SUTT, serta komponen listrik penghubung lainnya. Rel busbar terbuat dari bahan tembaga.

#### **7. *Panel Kontrol***

Panel kontrol akan dibagi menjadi beberapa bagian sesuai dengan fungsinya, yaitu :

a. Panel Kontrol Utama

Panel control utama dapat berfungsi untuk pengontrol pengoperasian utama komponen-komponen yang ada pada gardu induk. Panel ini memiliki dua panel yaitu panel operasi dan panel instrument sebagai pengontrolannya. Pada bagian panel operasi terdapat komponen sebagai pengawas dalam operasi seperti saklar operasi yang digunakan, indikator-indikator, tombol-tombol pengontrol PMT. Sedangkan pada panel instrument terdapat komponen seperti alat ukur serta indikator gangguan. Beberapa bagian komponen tersebut untuk mempermudah pengawasan pada gardu induk.

b. Panel Proteksi

Panel proteksi berfungsi sebagai pengaman ketika gangguan terjadi pada rangkaian listrik di gardu induk maupun kesalahan operasi peralatan. Untuk mengkoordinasikan kinerja panel proteksi sehingga dapat berfungsi dengan sesuai maka panel ini akan diberi saklar untuk panel kontrol utama. Ketika indikator pada panel utama akan memberi isyarat maka panel ini akan bekerja. Pada panel proteksi ini terdapat beberapa macam proteksi antara lain, transmisi line proteksi, busbar proteksi, transformer relay/rele.

## 8. Baterai

Baterai berfungsi sebagai sumber tenaga cadangan untuk mengoperasikan peralatan kontrol proteksi saat terjadi gangguan.

## 9. Cubicle

Cubicle merupakan sebuah sistem gardu induk untuk tegangan 20 KV yang berfungsi untuk mendistribusikan daya yang dihubungkan dengan penyulang kemudian didistribusikan kepada konsumen. Cubicle dalam pengoperasiannya dibantu dengan beberapa alat seperti :

- a. Panel Penghubung
- b. Incoming Cubicle 20 KV

- c. Current Breaker (CB) dan Circuit Breaker (CB)
- d. Komponen Proteksi dan Pengukuran
- e. Bus Section
- f. Penyulang

## **10. Kapasitor**

Kapasitor dapat berfungsi untuk memperbaiki tegangan sesuai yang diinginkan ketika beban yang besar akan turun maka kapasitor akan menstabilkan tegangan tersebut. Kapasitor biasanya dipasang pada GI yang jauh dari pembangkit.

## **11. Reaktor**

Reaktor biasanya terdapat pada jaringan ekstra tinggi atau tinggi yang digunakan untuk pengatur tegangan dan meminimalisir arus hubung singkat yang dapat terjadi pada jaringan. Pada jaringan ekstra tinggi atau tinggi akan mengalami kenaikan kapasitansi yang disebabkan yang disebabkan panjangnya jaringan pengantar dan tegangan yang naik melebihi batasannya akan sangat berbahaya. Oleh sebab itu, dari reaktor dipasang di ujung penghantar jaringan agar tegangan tetap stabil.

### **1.2.5 Sistem Proteksi**

#### **1. Pengertian Umum Sistem Proteksi**

Sistem proteksi dalam sistem tenaga listrik yang dikutip dari beberapa macam penelitian bahwa :

Sistem proteksi sistem tenaga listrik merupakan sistem yang berfungsi sebagai pengaman ketika terjadi gangguan atau keadaan abnormal pada suatu rangkaian listrik. Sistem proteksi ini biasanya dipasang pada peralatan-peralatan sistem tenaga listrik, yaitu saluran transmisi, generator, transformator, busbar, saluran distribusi, dan lain-lain. Dalam kondisi sedang

gangguan atau abnormal dapat dikategorikan sebagai berikut, hubung singkat, arus lebih, frekuensi terganggu, tegangan lebih, dan lain sebagainya.

Pada umumnya, sistem tenaga listrik ialah sebuah sistem proteksi yang terdapat pada sistem tenaga listrik seperti, transformator, generator, saluran transmisi, saluran distribus, busbar, dan lain sebagainya terhadap kondisi abnormal dalam operasi sistem tenaga listrik tersebut. (Syahputra.Ramadhoni : 2017).

Sistem pengaman tenaga listrik merupakan sistem pengaman dalam peralatan-peralatan yang digunakan pada sistem tenaga listrik itu misalnya, generator, saluran tegangan tinggi, transformator, saluran bawah tanah, dan lain-lain terhadap kondisi gangguan pada sistem tenaga listrik itu. (J.Soekarto : 1985)

Berdasarkan kutipan dari beberapa penelitian diatas dapat disimpulkan dan diuraikan bahwa sistem proteksi sistem tenaga listrik adalah sebuah sistem yang digunakan untuk mengamankan peralatan listrik dari kondisi abnormal atau sedang gangguan pada rangkaian listrik tersebut. Peralatan-peralatan sistem proteksi tersebut dipasang pada saluran transmisi, transformator, generator, saluran distribusi, busbar, dan lain sebagainya. Pada penelitian diatas juga dapat diuraikan bahwa kondisi abnormal dapat dikategorikan antara lain, hubung singkat pada rangkian atau peralatan, gangguan arus lebih, gangguan tegangan lebih, ansinkron peralatan, frekuensi rendah, dan lain sebagainya.

## **2. Fungsi Sistem Proteksi**

Pada uraian yang disampaikan Syahputra.Ramadhoni (2017:2) menjelaskan bahwa fungsi dari sistem poteksi adalah sebagai berikut :

- a. Mencegah kerusakan yang terjadi pada peralatan sistem tenaga listrik akibat gangguan.
- b. Memberikan pelayanan tenaga listrik yang optimal dengan kualitas dan keandalan kepada konsumen.

- c. Meminimalisir kerusakan yang terjadi pada sistem tenaga listrik akibat gangguan.
- d. Mempersempit daerah gangguan sehingga gangguan tidak meluas ke daerah yang lain.
- e. Melindungi manusia dari sistem tenaga listrik dan objek yang berada pada daerah tersebut terhadap gangguan sistem tenaga listrik.

### 2.2.6 Persyaratan Sistem Proteksi

Persyaratan sistem proteksi memiliki beberapa kriteria yang perlu diperhatikan agar sistem proteksi bisa beroperasi dengan efektif antara lain :

#### 1. Kepekaan (*sensitifitas*)

Kepekaan adalah suatu tindakan kepekaan relay/rele pada saat peralatan-peralatan sedang beroperasi ketika sedang terjadi gangguan. Pada kondisi ini sensitifitas dalam sistem proteksi ditentukan oleh values atau nilai minimal yang sudah ditentukan pada sistem proteksi ketika sistem proteksi sudah beroperasi.

#### 2. Kecepatan (*speed*)

Sistem proteksi harus memiliki kecepatan karena termasuk persyaratan yang sangat vital pada sistem proteksi sehingga dapat mendeteksi gangguan dengan cepat pada saat sistem tenaga listrik yang sedang bekerja. Hal ini berfungsi untuk meningkatkan mutu pelayanan, pengaman untuk manusia/peralatan, dan stabilitas operasi.

Pada sistem tenaga juga memiliki karakter gangguan yang berbeda-beda serta memiliki batas stabilitas dan terkadang sifat gangguannya sementara. Oleh karena itu, relay/rele yang sebenarnya beroperasi dengan cepat akan diperlambat (*time delay*) maka akan digunakan persamaan seperti ini :

$$t_{op} = t_p + t_{cb}$$

Keterangan :

- $t_{op}$  = total waktu yang digunakan untuk memutus hubungan.
- $t_p$  = total beraksinya unit relay.
- $t_{cb}$  = waktu yang digunakan untuk pelepasan CB.

### 3. Selektifitas dan Diskriminatif

Persyaratan ini diharapkan mampu beroperasi selektif memilih bagian yang harus diisolir apabila rele/relay mendeteksi gangguan yang terjadi. Bagian yang tidak terkena gangguan dipisahkan dari peralatan yang terkena gangguan. Maksud dari diskriminatif yaitu, pada sistem proteksi harus mampu membedakan kondisi sistem dalam keadaan normal maupun dalam keadaan abnormal yang terjadi pada rangkaian luar sistem proteksi maupun rangkaian dalam proteksi. Oleh karena itu gangguan yang terjadi sekecil apapun akan dapat diatasi.

Gambar diatas merupakan contoh keadaan gangguan maka dapat diketahui bahwa gangguan yang terjadi pada titik K, maka hanya CB.6 yang akan beroperasi sedangkan untuk CB yang lain tidak boleh beroperasi.

### 4. Keandalan (*reliability*)

Sistem proteksi dapat dikatakan andal ketika berfungsi dalam mengatasi gangguan. Akan tetapi tingkat keandalan memiliki batas tersendiri. Tingkat keandalan rendah ketika sistem tidak bekerja sebagaimana mestinya dan bekerja ketika sedang tidak dibutuhkan, sedangkan tingkat keandalan yang baik jika memiliki tingkatan nilai yang seharusnya. Keandalan rele dikatakan cukup baik bila mempunyai harga 90-99 %. Ada 2 macam keandalan rele/relay antara lain :

- a. Dependability : berarti relay/rele akan bekerja setiap waktu

- b. Security : berarti relay/rele memiliki pemetaan seperti tidak boleh bekerja ketika memang seharusnya rele/relay tidak bekerja. Contohnya, ketika pada sistem proteksi terjadi gangguan selama 10 kali dan apabila relay akan bekerja mengamankan 9 kali, maka :

$$\text{Keandalan reley} = \frac{9}{10} \times 100\% = 90\%$$

## 5. Ekonomis

Faktor ekonomis tidak terlepas dari perencanaan sistem proteksi. Relay yang digunakan harus memiliki faktor ekonomis akan tetapi tidak mengabaikan empat hal yang sangat vital seperti kepekaan, kecepatan, selektifitas dan diskriminatif, dan keandalan.

### 2.2.7 Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

#### 1. Pengertian Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Gangguan pada sistem tenaga listrik merupakan sebuah macam gangguan yang dapat menyebabkan sub sistem tenaga listrik menjadi kondisi abnormal. Hubung singkat menjadi penyebab yang sering terjadi, tetapi hubung singkat memiliki beberapa karakteristik, antara lain :

##### a. Gangguan Simetris

Gangguan simetris sering terjadi pada rangkaian fasanya, tetapi arus dan tegangan pada gangguan ini tetap seimbang, misalnya : hubung singkat tiga fasa ke tanah, hubung singkat tiga fasa.

##### b. Gangguan Tidak Simetris

Gangguan tidak simetris dapat mengakibatkan arus dan tegangannya menjadi tidak seimbang pada saat kondisi gangguan, misalnya : gangguan dua fasa, gangguan satu fasa ke tanah, gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah.

#### 2. Faktor-faktor Penyebab Gangguan

Adapun beberapa faktor yang mengakibatkan terjadinya gangguan pada sistem tenaga listrik, yaitu :



a. Faktor Manusia

Faktor manusia sering terjadi karena disebabkan oleh kelalaian atau kesalahan dari manusia dalam melakukan penanganan atau perlakuan pada sistem. Misalnya salah dalam pengkalibrasian suatu piranti pada sistem, serta kesalahan penyambungan rangkaian pada sistem, dan lain sebagainya. Hal ini dapat menyebabkan keselamatan pada manusia sendiri dan dapat mengakibatkan gangguan pada peralatan sistem tenaga listrik.

b. Faktor Internal

Faktor internal terjadi karena disebabkan oleh peralatan itu sendiri. Misalnya gangguan yang terjadi karena peralatan yang sudah berumur serta gangguan yang terjadi karena peralatan yang sudah aus, dan lain sebagainya. Hal ini mengakibatkan berkurangnya sensitivitas pada rele/relay atau mengurangi tahanan isolasi pada rele/relay sehingga dapat menyebabkan gangguan pada peralatan sistem tenaga listrik.

c. Faktor Eksternal

Faktor eksternal disebabkan oleh gangguan yang berada disekitar peralatan sistem tenaga listrik. Misalnya, gangguan yang disebabkan oleh tanah longsor, banjir, gempa bumi, dan berbagai macam gangguan bencana alam lainnya. Selain itu, gangguan ini juga dapat disebabkan dari binatang yang ada disekitar seperti, gigitan tikus, burung, dan sebagainya.

### 3. Jenis-Jenis Gangguan

Jika ditinjau dari penyebab dan sifat terjadinya gangguan, gangguan dapat dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu :

a. Tegangan Lebih (*Over Voltage*)

Gangguan tegangan lebih dapat terjadi karena tegangan yang mengalir pada komponen melebihi pada batasan nilai settingannya. Hal ini disebabkan karena faktor internal dan eksternal, contohnya :

a). Faktor Internal

Terjadi karena perubahan isolasi mendadak pada kondisi rangkaian atau resonansi. Contohnya seperti, operasi hubung yang terjadi pada saluran tanpa beban, perubahan beban terjadi secara tiba-tiba, pelepasan PMT yang mendadak karena hubung singkat, dan lain sebagainya.

b). Faktor Eksternal

Biasanya terjadi karena sambaran petir. Petir terjadi karena adanya loncatan energi listrik pada awan yang bermuatan positif dan negatif dari awan ke awan atau dari awan ke tanah.

b. Hubung Singkat

Hubung singkat adalah gangguan yang terjadi karena adanya hubungan penghantar tidak bertegangan maupun penghantar bertegangan secara langsung tanpa melalui perantara (resistor atau beban) yang semestinya yang mengakibatkan aliran tegangan listrik yang sangat besar (kondisi abnormal). Oleh karena itu, hubung singkat selalu berkaitan dengan sistem tenaga listrik terutama pada jaringan 3 fasa, meskipun pada peralatan sudah dipasang pengaman atau isolasi semacam apapun. Hal ini dikarenakan penggunaan isolasi yang terus menerus mengakibatkan penurunan fungsi pada isolasi yang melindungi sistem sehingga dapat menyebabkan hubung singkat.

Gangguan pada saluran udara akan menimbulkan busur api, tetapi setelah itu api bisa padam, maka gangguan itu termasuk jenis gangguan yang sementara atau temporer. Sedangkan beban isolasi yang berbentuk padat maupun cair ketika terjad gangguan akan menimbulkan busur api sehingga akan mengakibatkan kerusakan yang tetap, maka gangguan ini merupakan gangguan permanen. Oleh karena itu, untuk melindungi peralatan dari adanya arus gangguan yang sangat besar dan membahayakan dibutuhkan

pemutus tenaga atau sering disebut *circuit breaker* (CB) pada peralatan agar tidak terjadi kerusakan yang sangat vital. Kemampuan pemutus tenaga dapat diketahui dengan melakukan perhitungan dan sebagai koordinasi pada rele/relay yang akan digunakan pada sistem.

c. Beban Lebih (*over load*)

Pemakaian daya listrik yang berlebihan dapat menyebabkan gangguan beban lebih. Gangguan beban lebih biasa terjadi pada trafo daya dan generator. Gangguan ini memiliki ciri yang berakibat pada pemanasan yang berlebih pada peralatan isolasi yang mengakibatkan kerusakan pada peralatan isolasi itu sendiri dan bisa berdampak pada penurunan fungsi isolasinya. Pada penyaluran energi listrik ke konsumen yang menggunakan trafo sekunder akan dipasang rele beban lebih sebagai pengaman ketika terjadi beban yang digunakan konsumen melebihi kapasitas trafo atau melebihi pasokan listrik.

d. Daya Balik (*reserve power*)

Generator yang berubah menjadi motor (beban) pada sistem tenaga listrik dapat menyebabkan gangguan daya balik. Dalam hal ini mengakibatkan sebagian generator akan menjadi beban lebih dan sebagian generator menjadi motor. Gangguan ini dapat diatasi dengan cara melepas generator yang mengalami gangguan dengan mengatasi daerah yang terjadi pada hubung singkat secepat mungkin. Pengaman yang digunakan untuk mengatasi gangguan ini biasanya generator akan dilengkapi dengan rele/relay daya balik (*reserve power relay*).

### 2.2.8 Gangguan Pada Trafo Tenaga

Gangguan pada trafo tenaga dapat dikelompokkan menjadi beberapa macam, yaitu :

## 1. Gangguan Internal

Gangguan internal pada trafo tenaga adalah gangguan yang terjadi didaerah proteksi trafo dan hanya sebatas gangguan yang terjadi didalam maupun diluar proteksi tenaga atau hanya sebatas CT. Gangguan ini dapat disebabkan oleh beberapa macam jenis gangguan, yaitu:

- a. Kebocoran pada minyak.
- b. Ketidaktahanan terhadap arus gangguan.
- c. Gangguan yang terjadi pada tap changer.
- d. Kegagalan dalam isolasi.
- e. Gangguan yang terjadi di sistem pendingin.
- f. Gangguan yang terjadi pada bushing.

Gangguan internal pada trafo tenaga dapat dikelompokkan menjadi beberapa macam, yaitu:

### a. *Incipient fault*

*Incipient fault* merupakan gangguan yang awalnya hanya gangguan kecil, namun bisa berkembang menjadi gangguan yang besar dan dapat berakibat fatal pada peralatan. Trafo dapat mendeteksi gangguan ini karena besaran dan keseimbangan tegangannya sama seperti dalam keadaan normal. Contoh gangguan ini adalah sebagai berikut :

#### 1) *Overheating*

- Gangguan pada sistem pendingin yang meliputi kipas pendingin, sirkulasi minyak, dan lain-lain.
- Sambungan yang tidak sempurna pada komponen listrik.
- Baut yang kendur pada terminal konduktor.
- Kebocoran pada minyak.

#### 2) *Overfluxing*

Gangguan ini dapat berakibat bertambahnya rugi-rugi besi yang mengakibatkan kerusakan isolasi pada inti besi maupun pada lilitan besi. Gangguan ini biasa terjadi pada saat *overvoltage* dan *under frekuensi*.

### 3) *Over Pressure*

Gangguan ini terjadi disebabkan karena beberapa faktor, yaitu :

- Pelepasan gas yang sebabkan *overheating*
- Hubung singkat yang terjadi pada belitan-belitan fasa.
- Pelepasan gas pelepasan gas yang diakibatkan oleh reaksi kimia.

### b. Active Fault

Pada gangguan ini terjadi karena kegagalan isolasi yang terjadi secara cepat dan dapat mengakibatkan kerusakan yang parah. Gangguan ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah :

- a). Hubungan yang terjadi pada belitan antar fasa (*intern turn*).
- b). Hubung singkat antar fasa maupun fasa dengan *ground*.
- c). *Core fault*
- d). *Tank fault*
- e). *Bushing flashover*

## 2. Gangguan Eksternal

Gangguan eksternal merupakan gangguan yang terjadi diluar proteksi dari trafo itu sendiri. Gangguan ini dapat mempengaruhi kinerja dari kumparan sekunder pada trafo dan memiliki beberapa faktor penyebab, yaitu :

- a. Pembebanan lebih (*overload*).
- b. Sambaran petir yang menyebabkan *overvoltage*.
- c. Gangguan pada sistem yang dapat menyebabkan *over frequency*.
- d. *Eksternal fault system circuit (SC)*.

### 2.2.9 Fungsi Proteksi Pada Trafo Tenaga

Fungsi proteksi pada trafo agar tercapai selektifitas dan efektifitas dari kinerja peralatan komponen proteksi seperti yang diharapkan dan dapat sebagai perencanaan sistem proteksi pada peralatan listrik sesuai dengan kebutuhan pada bagian-bagian komponen yang ketika terjadi gangguan bisa mengakibatkan kerusakan pada tahanan trafo. Adapun beberapa jenis rele pada fungsi proteksi adalah sebagai berikut :

*Tabel 2. 2 Jenis Gangguan dan Rele Proteksi*

No	Jenis Gangguan	Proteksi		Akibat
		Utama	Back Up	
1	Hubung singkat pada trafo daerah pengaman trafo	- Differensial - REF - Bucholz - Tek. Lebih	- OCR - GFR	- Kerusakan pada isolasi dan inti - Mengakibatkan tangka melembung
2	Hubung singkat pada luar daerah pengaman trafo	- OCR - GFR - SBEF	- OCR - GFR	- Kerusakan pada siolasi NGR
3	Beban lebih	Rele Suhu	- OCR	Kerusakan isolasi
4	Gangguan pada sistem pendingin	Rele Suhu		Kerusakan isolasi
5	Gangguan OLTC	- Tek. Lebih - Janaen		Kerusakan OLTC
6	Tegangan lebih	- OVR - LA		Kerusakan isolasi

### 2.2.10 Sistem Proteksi Menurut SPLN 52-1

Dalam meningkatkan keamanan dalam pendistribusian energi listrik pada konsumen, kebutuhan akan pengamanan sistem proteksi pada trafo yang memadai tidak dapat dihindarkan lagi. Transformator adalah jantung dari sistem penyaluran tenaga listrik, diharapkan transformator memberikan kinerja yang maksimal mengingat kebutuhan tenaga listrik kepada konsumen yang terus meningkat. Dari hal tersebut dibutuhkan sistem proteksi yang handal untuk

menunjang kebutuhan. Menurut Standar Perusahaan Umum Listrik Negara ( SPLN ) 52-1 : 1983 pola pengamanan transformator 150/66 kV, 150/20 kV dan 66/20 kV adalah sebagai berikut :

1. Transformator pada gardu induk harus menggunakan sistem proteksi untuk menjaga transformator dari gangguan di antaranya relai arus lebih, relai suhu, relai arus lebih, relai tekanan mendadak, relai arus hubung tanah, relai bucholz.
2. Transformator 150/20 kV dan 66/20 kV berkapasitas 10 MVA terpasang saklar pemutus beban disisi primer.
3. Transformator dengan kapasitas melebihi 10 MVA harus terpasang rele/relay termis.
4. Rele/relay differensial dan gangguan tanah terbatas harus terpasang pada transformator kapasitas 30 MVA.

Fungsi peralatan 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. Sistem Proteksi harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Sensitif, yaitu mampu merasakan gangguan sekecil apapun
2. Andal, yaitu akan bekerja bila diperlukan (dependability) dan tidak akan bekerja bila tidak diperlukan (security).
3. Selektif, yaitu mampu memisahkan jaringan yang terganggu saja.
4. Cepat, yaitu mampu bekerja secepat-cepatnya.

Jika proteksi bekerja sebagaimana mestinya, maka kerusakan yang parah akibat gangguan mestinya dapat dihindari/dicegah sama sekali, atau kalau gangguan itu disebabkan karena sudah adanya kerusakan (insulation break down di dalam peralatan), maka kerusakan itu dapat dibatasi secepatnya. Selain itu, bagian sistem/peralatan yang dilalui arus gangguan dapat dihindari dan kestabilan sistem dapat terjaga.

*Tabel 2. 3 Jenis Sistem Proteksi menurut SPLN 52-1 : 1983*

No	Jenis Proteksi	Kapabilitas MVA		
		$\leq 10$	$10 < \div < 30$	$\geq 30$
1	Rele Suhu	+	+	+
2	Rele Bucholz	+	+	+
3	Rele Jansen	+	+	+
4	Rele tekanan rendah	+	+	+
5	Rele differensial	-	-	+
6	Rele tangki	-	+	+
7	Rele hubung tanah terbatas (REF)	-	+	+
8	Rele beban lebih (ORL)	-	+	+
9	Rele arus lebih (OCR)	+	+	+
10	Rele hubung tanah (GFR)	+	+	+
11	Pelebur (Fuse)	+	-	-

### 2.2.11 Sistem Proteksi Utama pada Trafo Tenaga

Sistem proteksi utama merupakan sistem yang diprioritaskan untuk menangani gangguan pada trafo dalam kondisi tidak normal dan diharapkan untuk memprakarsainya ketika terjadi gangguan pada daerah trafo yang dilindunginya. Pada sistem proteksi ini memiliki ciri-ciri pengamannya adalah sebagai berikut :

1. Waktu kerja pada sistem sangat cepat
2. Tidak dikordinasikan dengan rele yang berada pada komponen
3. Tidak bergantung pada proteksi lainnya
4. Terpasang rele/relay differensial pada daerah pengamannya yang dibatasi oleh trafo arus

### 2.2.12 Rele Proteksi Utama Trafo Tenaga

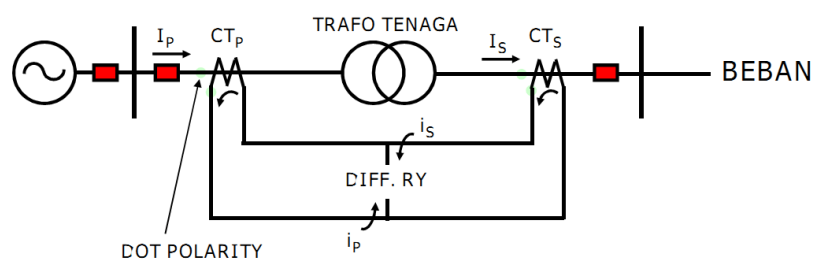
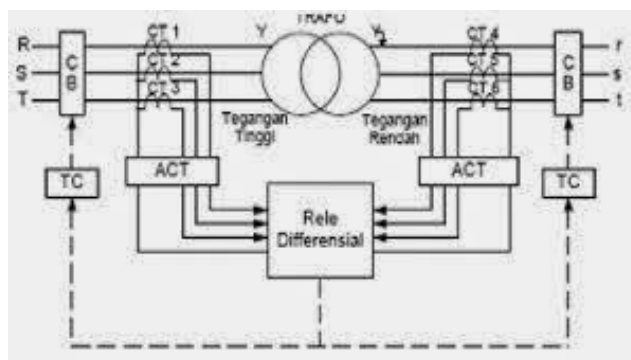
#### 1. Rele Differensial (87/7)

Rele/relay arus yang bekerja sesuai dengan hukum kirchoff yaitu dengan menentukan jumlah arus yang mengalir. Jumlah arus yang masuk



harus sama dengan arus yang keluar. Jadi, rele/relay ini bekerja dengan menentukan jumlah besaran arus yang mengalir pada daerah pengamannya.

Rele/relay differensial pada trafo tenaga memiliki fungsi untuk mengamankan trafo dari gangguan hubung singkat yang terjadi didalam trafo tenaga. Hubung singkat yang sering terjadi biasanya hubung singkat antara kumparan, hubung singkat antara kumparan dengan tangki. Rele/relay ini bekerja selama ada gangguan internal dan tidak dapat bekerja ketika gangguannya diluar daerah pengamannya atau ketika kondisi dalam keadaan normal.



Gambar 2. 2 Relay Differensial

## 2. Restricted Earth Fault (REF)

*Restricted Earth Fault (REF)* merupakan rele/relay yang bekerjanya hampir sama dengan rele/relay differensial yaitu dengan membandingkan besaran arus pada kedua sisi sekunder trafo daerah CT fasa dan CT titik netral. Relay ini biasanya digunakan khusus gangguan satu fasa ke tanah.

Prinsip kerja dari REF ini yaitu ketika terjadi gangguan diluar daerah pengamannya dan kondisi dalam keadaan normal akan mengakibatkan tegangan tidak mengalir pada kedua sisi trafo maka tidak akan bekerja. Pada saat rele/relay ini mendeteksi gangguan pada sisi sekunder trafo yang kedua sisi tidak sama besarnya maka proteksi pada alat ini akan bekerja.

Rele/relay ini dapat berfungsi untuk mengamankan trafo terhadap tanah dalam daerah pengaman trafo khususnya untuk gangguan didekat titik netral yang tidak dapat dirasakan oleh rele/relay differensial.

### 2.2.13 Proteksi Cadangan Trafo

Proteksi cadangan trafo adalah sebuah sistem yang dirancang untuk bekerja ketika terjadi gangguan pada sistem yang tidak dapat dideteksi oleh peralatan proteksi utama akibat kerusakan atau ketidakmampuan sebagai pemutus tenaga. Peralatan proteksi cadangan ini bekerja ketika proteksi utama tidak dapat bekerja sebagai mana mestinya.

#### a. Ciri-ciri proteksi cadangan

1. Memiliki waktu tunda (*delay time*) yang lebih lama guna memberikan kesempatan proteksi utama untuk bekerja lebih dahulu.
2. Pemasangannya terpisah dari proteksi utama
3. Pada proteksi cadangan harus dikoordinasikan pada proteksi cadangan lainnya.

Umumnya, proteksi trafo tenaga aka dipasang beberapa rele/relay yang terdiri dari GFR yang berfungsi sebagai pengaman gangguan 1 fasa ke tanah dan akan dipasang OCR yang berfungsi sebagai pengaman fasa gangguan 3 fasa.

#### b. Rele/relay proteksi cadangan trafo tenaga

1. Rele/relay arus lebih (*Over Current Relay*)

Rele/relay arus lebih ini memiliki prinsip kerja dengan melakukan pengukuran arus, yaitu ketika arus melebihi batas nilai

setting nya maka rele/relay akan bekerja. OCR dipasang untuk pengaman cadangan trafo ketika terjadi gangguan hubung singkat baik didalam maupun diluar trafo. Oleh karena itu, nilai settingan dari OCR harus lebih besar daripada arus nominal trafo yang diamankan (110% - 120% dari nominal) sehingga OCR tidak bekerja ketika trafo diberi beban nominal. Akan tetapi, perlu diperhatikan nilai setting rele/relay masih akan bekerja ketika terjadi gangguan pada saat terjadi hubung singkat antara fasa-fasa minimum.

Adapun OCR memiliki karakteristik waktu kerja sebagai berikut :

- 1). *Long time inverse*
- 2). *Very inverse*
- 3). *Normal/standar inverse*
- 4). *Definite*

Pada peralatan rele/relay OCR memiliki karakteristik inverse (ketika gangguan yang dirasakan semakin besar maka waktu kerja rele/relay semakin cepat) yang mengacu pada standar IEC atau ANSI/IEEE. Rele/relay OCR juga memiliki karakteristik definite time (waktu kerja rele/relay tetap sama untuk setiap besaran gangguan). Rele/relay ini tidak dapat menentukan titik gangguan secara tepat, maka rele/relay ini akan dipergunakan sebagai proteksi cadangan dan ditunjuk sebagai pengaman cadangan ketika proteksi utama gagal mendeteksi adanya gangguan.

#### 1) *Ground Fault Relay (50N/51N)*

*Ground fault relay* memiliki prinsip kerja yang hampir mirip dengan OCR yaitu dengan melakukan pengukuran arus. *Ground fault relay* akan bekerja ketika nilai arus melebihi besaran nilai settingannya dan akan bekerja ketika pengaman utama tidak bisa mendeteksi gangguan kemudian relay ini akan

bekerja sebagaimana mestinya. Rele/relay ini akan bekerja ketika terjadi hubung singkat antara fasa dengan tanah baik gangguan yang terjadi didalam maupun diluar. GFR memiliki nilai setting yang lebih kecil daripada nilai setting OCR karena gangguan yang akan dialami lebih kecil daripada gangguan yang terjadi pada fasa dengan fasa.

GFR memiliki karakteristik sebagai berikut :

- Long time inverse
- Very inverse
- Normal/standar inverse
- Definite

## 2) *Stand By Earth Fault (SBEF)*

Rele/relay ini berfungsi untuk mengamankan yang terjadi pada sistem pentanahan dengan NGR pada trafo. Pengaman sistem pertanahan memiliki beberapa jenis, antara lain pertanahan rendah (12, 40 ohm), untuk pertanahan langsung (*solid*), dan pertanahan tinggi (500 ohm).

SBEF memiliki settingan dengan mempertimbangkan faktor-faktor diantaranya :

- a. Pola pertanahan netral trafo.
- b. Ketahanan termis tanahan netral trafo (NGR)
- c. Sensitifitas rele/relay pada gangguan tanah
- d. Pengaruh terhadap konfigurasi belitan (dipasang belitan delta atau tidak)

## 3) *Over / Under Voltage Relay (59/27)*

Rele/relay ini memiliki fungsi untuk mengamankan peralatan terhadap gangguan yang terjadi karena pengaruh perubahan tegangan lebih maupun tegangan kurang serta memiliki karakteristik atau batasan minimum dan maksimum dalam mengamankan peralatan sesuai dengan nilai settingnya.

Pemasangan OVR/UVR sebagai pengaman diharapkan mampu melindungi ketika terjadi gangguan pada peralatan ketika perubahan daya yang sangat signifikan. Prinsip kerja dari rele/relay ini sebagai peralatan pengaman akan bekerja ketika mencapai titik maksimum dalam settingannya. UVR akan bekerja ketika tegangan dalam keadaan turun dan kurang dari nilai settingannya sedangkan OVR akan bekerja ketika tegangan yang mengalir pada peralatan melebihi batas settingannya.

a) Karakteristik Kerja OVR

- Dipergunakan sebagai pengaman pada saat terjadi gangguan fasa ke tanah (pergeseran titik netral) untuk jaringan yang akan disuplai oleh trafo tenaga dan dimana titik netralnya akan ditanahkan melalui tahanan tinggi atau mengambang
- Akan digunakan pada pengaman gangguan fasa ke tanah pada stator generator dan dimana pada titik netralnya akan ditanahkan menggunakan trafo distribusi.
- Akan digunakan pada gangguan overspeed pada generator

b) Karakteristik Kerja UVR

- Akan digunakan atau diaplikasikan dengan pengaman sistem sehingga dapat dikombinasikan dengan rele/relay yang memiliki frekuensi kurang.
- Akan digunakan untuk mencegah ketika starting pada motor ketika terjadi penurunan tegangan.

#### **2.2.14 Teknik Deskripsi Persentase**

Tahapan analisis data akan menganalisis data yang sudah diperoleh mengenai Gardu Induk 150 KV Medari menggunakan teknik Deskriptif Persentase. Teknik deskriptif merupakan sebuah metode analisis data yang

digunakan untuk mengkaji sebuah variable yang ada didalam penelitian dari yang masih bersifat kuantitatif menjadi kualitatif dalam penelitian tugas akhir ini. Berikut rumus yang akan digunakan untuk menganalisis data dalam penelitian ini :

- a. Deskripsi persentase gangguan pada sistem proteksi trafo tenaga gardu induk :

$$\text{DPG} = \frac{n}{N} \times 100$$

%.....(2.1)

Keterangan :

DPG = Deskripsi Persentase Gangguan (%)

n = Frekuensi gangguan (kali)

N = Jumlah gangguan (kali)

- b. Deskripsi keandalan sistem proteksi trafo tenaga dalam mengamankan atau mengatasi gangguan pada gardu induk :

$$\text{DPK} = \frac{n}{N} \times 100$$

%.....(2.2)

Keterangan :

DPK = Deskripsi persentase keandalan rele (%)

n = Kinerja rele (kali)

N = Jumlah gangguan rele (kali)

Keandalan pada rele/relay di sistem proteksi trafo tenaga ini akan dikatakan baik ketika mempunyai nilai lebih dari 90% sampai dengan 99%.