

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dan dapat dijadikan sebagai bahan rujukan untuk melakukan penelitian ini antara lain:

Amien Harist Hardiansyah (2016) melakukan penelitian mengenai Analisis Koordinasi Proteksi Pada Jaringan Distribusi Radial. Dari penelitian ini disimpulkan bawa setelah dilakukan simulasi hasil perhitungan manual pada OCR, hasilnya menunjukkan koordinasi yang baik, yang dimana ketika diberikan gangguan pada jaringan, relay yang bekerja terlebih dahulu adalah relay jaringan dan langsung memberikan sinyal kepada PMT 3 untuk melakukan trip dan disusul oleh relay outgoing dan relai incoming sebagai backup.

Budi Kristianto (2016) melakukan penelitian mengenai Analisis Koordinasi Sistem Pengaman Pada Output Transformator Dan Penyulang Transformator 2 Gardu Induk 150 KV Kentungan. Dari penelitian ini disimpulkan bawa Setelah dilakukan simulasi hasil perhitungan manual, hasilnya menunjukkan koordinasi yang baik Simulasi settingan manual ini sudah mendapatkan hasil yang sesuai dengan karakteristik kerja koordinasi proteksi yang handal dan selektif.

Hanan Septian Widata (2015) melakukan penelitian mengenai Analisis Koordinasi Proteksi Jaringan Distribusi 20 kV Pada Penyulang Tambak Wedi

Akibat Gangguan Arus Lebih (Over Current). Dari penelitian ini disimpulkan bahwa untuk penempatan recloser sangatlah penting karena recloser disini membantu merasakan gangguan di titik terjauh dari penyulang tersebut. Saat terjadi gangguan dengan jarak jaring lebih dari 25 kms maka recloser harus dapat merasakan gangguan di ujung jaring. Untuk itu kita perlu mempehitungkan arus gangguan yang akan terjadi di saluran tersebut.

Boy Marojahan F. Tambunan (2016) melakukan penelitian mengenai Analisis koordinasi rele pengaman feeder WBO04 sistem kelistrikan PT.PLN (Persero) rayon wonosobo. Dari penelitian disimpulkan bahwa Setelah melakukan analisis simulasi ETAP dan perhitungan koordinasi proteksi pada *feeder* WBO04 dapat diambil kesimpulan bahwa Apabila terjadi arus gangguan 3 fasa pada cabang 2 dengan *setting recloser existing* maka waktu kerja *recloser I* adalah 0,261 detik dan *recloser II* adalah 0,192 detik.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Sistem Distribusi**

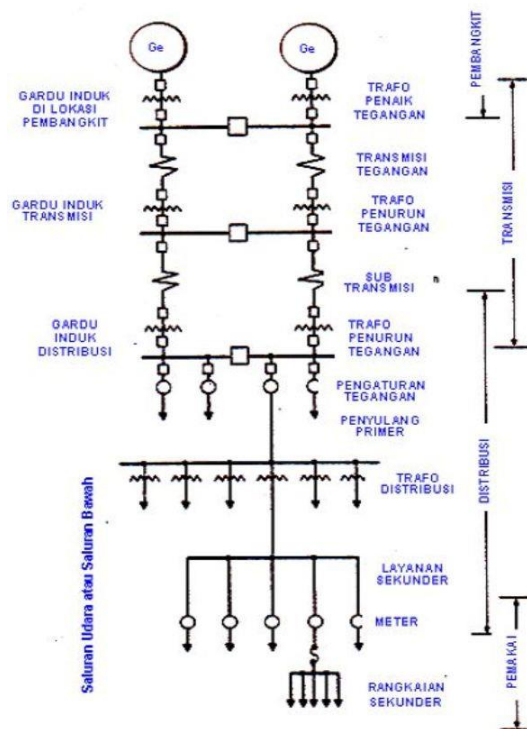
Sistem distribusi tenaga listrik adalah suatu komponen atau bagian dari sistem tenaga listrik. Fungsi dari sistem distribusi ini untuk menyalurkan atau mengirim tenaga listrik dari sumber pembangkit atau generator sampai ke konsumen. Sistem distribusi berada pada bagian yang langsung berhubungan dengan konsumen atau pelanggan, karena catu daya pada pelanggan yang bias dikatakan beban dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Pada pusat pembangkitan listrik generator menghasilkan tegangan listrik dengan tegangan dari 11KV sampai 24KV dinaikan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70KV ,150KV, 220KV atau 500KV tujuan dari penaikan tegangan agar rugi-rugi daya dapat berkurang ketika listrik di kirimkan, kemudian setelah tengangan dinaikan baru disalurkan melalui saluran transmisi. Dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ( $I^2 R$ ). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula.

Ketika sudah sampai saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20KV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

Pada sistem transmisi jarak jauh, digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan trafo step-up, tapi nilai tegangan yang sangat tinggi ini dapat menimbulkan beberapa konsekuensi atau kelemahan antara lain: mahalnya perlengkapannya serta bahaya bagi lingkungan sekitar, selain menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada sisi beban. Maka, pada daerah-

daerah pusat beban tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan trafo-trafo step-down. Akibatnya, bila ditinjau nilai tegangannya, maka mulai dari titik sumber hingga di titik beban, terdapat bagian-bagian saluran yang memiliki nilai tegangan berbeda-beda.



Gambar 2.1 Konfigurasi Sistem Tenaga Listrik.

Untuk kemudahan dan penyederhanaan, lalu diadakan pembagian serta pembatasan-pembatasan seperti pada Gambar diatas:

Daerah I : Bagian pembangkitan listrik atau generator.

Daerah II : Bagian transmisi, digunakan penyaluran jarak jauh dan memiliki tegangan yang tinggi

Daerah III : Memiliki tegangan menengah dapat di kategorikan Distribusi Primer, bertegangan menengah 6KV atau 20kV

Daerah IV : Instalasi bertegangan rendah, biasanya didalam rumah-rumah pelanggan atau konsumen.

Berdasarkan penjelasan tersebut, maka diketahui bahwa apa yang disebut Sistem Distribusi merupakan kelompok Daerah III dan IV, yang pada dasarnya dapat diklasifikasikan menurut beberapa cara, bergantung dari segi apa klasifikasi itu dibuat. Dengan demikian ruang lingkup Jaringan Distribusi adalah:

- a) *SUTM*, terdiri dari: Tiang dan peralatan kelengkapannya, konduktor dan peralatan perlengkapannya, serta peralatan pengaman dan pemutus.
- b) *SKTM*, terdiri dari: Kabel tanah, indoor dan outdoor termination dan lain-lain.
- c) *Gardu trafo*, terdiri dari: Transformator, tiang, pondasi tiang, rangka tempat trafo, LV panel, pipa-pipa pelindung, Arrester, kabel-kabel, transformer band, peralatan grounding, dan lain-lain.
- d) *SUTR dan SKTR*, terdiri dari: sama dengan perlengkapan/material pada *SUTM* dan *SKTM*. Yang membedakan hanya dimensinya.

Sistem distribusi tenaga listrik adalah bagian dari sistem perlengkapan elektrik antara sumber daya besar (bulk power source, BPS) dan peralatan hubung pelanggan (customers service switches). Sistem distribusi tenaga listrik dibagi menjadi dua, yaitu:

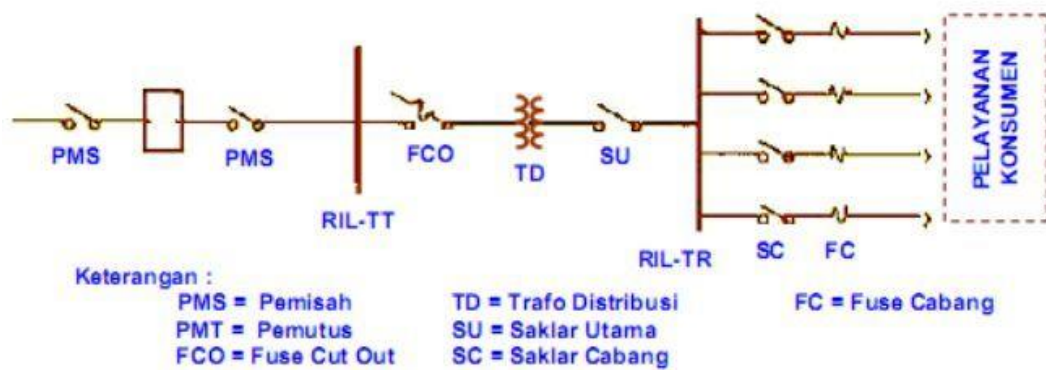
## 1. Sistem Distribusi Primer

Sistem distribusi primer adalah bagian dari sistem perlengkapan elektrik antara gardu induk distribusi dan transformator distribusi, atau biasanya disebut “sistem primer”. Dalam rangkainnya, sistem primer dikenal sebagai penyulang primer atau penyulang distribusi primer.

## 2. Sistem distribusi sekunder

Sistem distribusi sekunder adalah bagian dari sistem perlengkapan elektrik antara sistem distribusi primer dan beban. Sistem distribusi sekunder biasa disebut sistem sekunder. Sistem distribusi sekunder meliputi transformator distribusi yang berfungsi sebagai penurun tegangan (step-down).

(Syahputra: Transmisi Distribusi, 2005).



Gambar 2.2 Komponen Sistem Distribusi

## **2.2.2 Gardu Induk**

Gardu induk merupakan bagian dari system tenaga listrik yang instalasinya terdiri dari peralatan listrik yang berfungsi sebagai:

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

### **2.2.2.1 Peralatan Pada Gardu Induk**

Dalam sebuah gardu induk terdapat beberapa komponen yang penting agar terbentuknya suatu system gardu induk, komponen dari gardu induk tersebut antara lain :

#### **2.2.2.2 Transformator**

Trafo atau transformator adalah peralatan statis dimana rangkaian magnetik dan belitan yang terdiri dari 2 atau lebih belitan, secara induksi elektromagnetik, mentransformasikan daya (arus dan tegangan) sistem AC ke sistem arus dan tegangan lain pada frekuensi yang sama (IEC 60076 -1 tahun 2011). Trafo menggunakan prinsip elektromagnetik yaitu hukum ampere dan induksi faraday, dimana perubahan arus atau medan listrik dapat membangkitkan medan magnet dan perubahan medan magnet / fluks medan magnet dapat membangkitkan tegangan induksi pengubah tegangan listrik bolak-balik agar diperoleh tegangan yang diinginkan (lebih besar atau lebih kecil).

Transformator untuk menaikkan tegangan disebut transformator step up, sedangkan transformator penurun tegangan disebut transformator step down. Transformator tenaga adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya.

#### **2.2.2.3 Transformator Tegangan (PT)**

Trafo tegangan merupakan peralatan pada sistem tenaga listrik yang berupa transformator satu fasa step down yang mentransformasi tegangan pada jaringan tegangan tinggi ke suatu sistem tegangan rendah yang layak untuk perlengkapan indikator, alat ukur, reley, dan alat sinkronisasi.

Pada penggunaan di lapangan, untuk tegangan di atas 1 kV PT ini digantikan oleh CVT. *Capacitive Voltage Transformer (CVT)* atau Transformator Tegangan Kapasitif adalah peralatan pada sistem tenaga listrik yang berupa transformator satu fasa step down. CVT dipilih karena lebih ekonomis membuat pembagi tegangan kapasitif daripada membuat transformator dengan belitan tegangan tinggi.

#### **2.2.2.4 Transformator Arus (CT)**

Trafo arus adalah peralatan pada sistem tenaga listrik yang berupa transformator yang digunakan untuk pengukuran arus yang besarnya hingga ratusan ampere dan arus yang mengalir pada jaringan tegangan tinggi atau tegangan menengah. Di samping untuk pengukuran arus, transformator arus juga



digunakan untuk pengukuran daya dan energi, pengukuran jarak jauh, dan rele pengaman.

#### **2.2.2.5 PMT (Pemutus Tenaga)**

Pemutus Daya (PMT) adalah peralatan pada sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk memutuskan hubungan antara sisi sumber tenaga listrik dan sisi beban yang dapat bekerja secara otomatis ketika terjadi gangguan atau secara manual ketika dilakukan perawatan atau perbaikan.

#### **2.2.2.6 Penutup Balik Otomatis (*Recloser*)**

Penutup balik adalah alat pengaman arus lebih yang diatur waktu untuk memutus dan menutup kembali secara otomatis, terutama untuk membebaskan dari gangguan yang bersifat temporer (sementara), sering juga disebut dengan recloser. Recloser dilengkapi dengan sarana indikasi arus lebih, pengatur waktu operasi, serta penutupan kembali secara otomatis. Desain dari recloser memungkinkan untuk dapat membuka kontak-kontaknya secara tetap dan terkunci/lock out, sesuai pemrogramannya setelah melalui beberapa kali operasi buka-tutup. Pada gangguan yang bersifat sementara, recloser akan membuka dan menutup kembali bila gangguan telah hilang. Jika gangguannya bersifat tetap/permanent, maka recloser akan membuka kontakkontakannya secara tetap dan terkunci/lock out. Apabila gangguan telah dihilangkan, maka recloser dapat ditutup kembali.

### **2.2.2.7 Busbar (rel daya)**

Semua peralatan gardu induk dihubungkan pada dan mengelilingi busbar. Corak dasar dari hubungan rangkaian dalam gardu induk ditentukan oleh sistim busbarnya.

Dalam sistim busbar ada busbar tunggal (*single bus*), busbar ganda (*multiple bus*) dan ring gelang (*ring bus*). Kadang-kadang busbar mungkin dapat dihilangkan sesuai dengan komposisi sistim tenaga listrik.

### **2.2.2.8 Lightning Arrester (LA)**

*Lightning arrester* adalah alat pelindung bagi peralatan listrik dari tegangan lebih yang disebabkan oleh surja petir maupun surja hubung. Pada saat terjadi tegangan lebih arrester berfungsi sebagai *by-pass* di sekitar isolasi dan membentuk jalan yang mudah dilalui arus kilat ke sistem pentanahan, sehingga tidak menimbulkan tegangan yang lebih tinggi dan tidak merusak isolasi peralatan listrik. Tetapi pada saat kondisi normal arrester bekerja sebagai isolator, sehingga tidak mengganggu aliran daya sistem frekuensi 50 Hz.

### **2.2.2.9 Panel Kontrol (Control Panel)**

Panel Kontrol berfungsi untuk mengetahui (mengontrol) kondisi gardu induk dan merupakan pusat pengendali lokal gardu induk. Di dalamnya berisi sakelar, indikator-indikator, meter-meter, tombol-tombol komando operasional PMT, PMS, dan alat ukur besaran listrik, serta annunciator yang Berada dalam satu ruangan.

#### **2.2.2.10 Sumber DC GI (*Battery*)**

Dalam pengoperasian tenaga listrik terdapat dua macam sumber tenaga untuk kontrol di dalam Gardu Induk, ialah sumber arus searah (DC) dan sumber arus bolak balik (AC). Sumber tenaga untuk kontrol selalu harus mempunyai keandalan dan stabilitas yang tinggi. Karena persyaratan inilah dipakai baterai sebagai sumber arus searah.

#### **2.2.2.11 *Wave Trap***

*Wave trap* berfungsi sebagai perangkat frekuensi tinggi agar tidak masuk ke sistem perlengkapan jaringan (50 Hz). Sebaliknya, *wave trap* harus mampu menyalurkan arus listrik yang tinggi sesuai kebutuhan penyaluran daya pada sistem jaringan tersebut.

### **2.2.3 Proteksi Trafo Tenaga Pada GI**

Sistem proteksi bertujuan untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian yang terganggu dari bagian lain yang masih sehat sekaligus mengamankan bagian yang masih sehat dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar. Sistem proteksi terdiri dari Relai Proteksi, Transformator Arus (CT), Transformator Tegangan (PT/CVT), PMT, Catu daya AC/DC yang terintegrasi dalam suatu rangkaian. Untuk efektifitas dan efisiensi, maka setiap peralatan proteksi yang dipasang harus disesuaikan dengan kebutuhan dan ancaman

ketahanan peralatan yang dilindungi sehingga peralatan proteksi digunakan sebagai jaminan pengaman.

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.

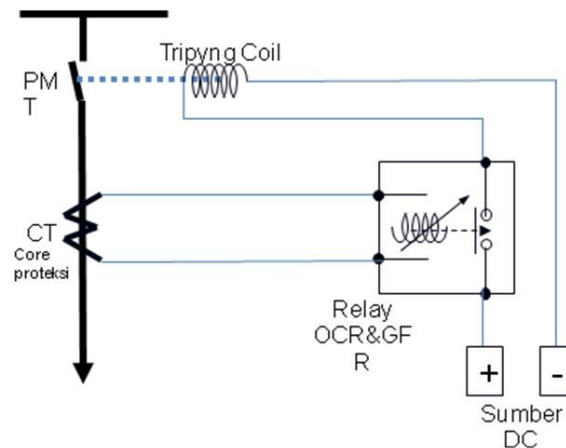
Proteksi transformator tenaga umumnya menggunakan relai Diferensial dan relai *Restricted Earth Fault* (REF) sebagai proteksi utama. Sedangkan proteksi cadangan menggunakan relai arus lebih (OCR) relai gangguan ke tanah (GFR). Sedangkan *Standby Earth Fault* (SBEF) umumnya hanya dipergunakan pada transformator dengan belitan Y yang ditanahkan dengan resistor, dan fungsinya lebih mengamankan NGR. Umumnya skema proteksi disesuaikan dengan kebutuhan. Proteksi internal terdapat di dalam trafo dan terdiri dari : Rele Bucholtz sebagai proteksi utama, Rele Tekanan Lebih/Suden Pressure, Rele Jansen, dan Rele Thermal sebagai proteksi *back up*. Sedangkan pada proteksi eksternal terdapat di ruang panel yaitu terdiri dari : Rele Diferensial sebagai proteksi utama, Rele *Restricted Earth Fault* (REF), dan Rele Arus Lebih (OCR)/Rele Gangguan ke Tanah (GFR) sebagai proteksi *back up*

### **2.2.3.1 Komponen Proteksi Sistem Tenaga Listrik**

Sistem proteksi tenaga listrik pada umumnya terdiri dari beberapa komponen yang di rancang untuk mengidentifikasi kondisi sistem tenaga listrik dan bekerja berdasarkan informasi yang diperoleh dari sistem tersebut seperti

arus, tegangan atau sudut fasa antara keduanya. Informasi yang diperoleh dari sistem tenaga listrik akan digunakan untuk membandingkan besarnya dengan besaran ambang-batas (threshold setting) pada nilai rele proteksi ambang batas nilai maximum yang di ijin 2400A yang telah di setting rele ,metered untuk mengukur arus yang ada di jaringan pada bagian ini besaran yang masuk akan di rasakan keadaannya apakah keadaan yang diproteksi itu mendapatkan gangguan atau dalam keadaan normal untuk selanjutnya dikirimkan ke elemen pembanding antara threshold dengan metered apabila nilai jaringan melebihi nilai ambang batas dari rele maka sistem proteksi akan bekerja untuk mengaman kondisi abnormal tersebut,apabila tegangan ada arus lebih maka akan memberikan perintah kepada PMT/CB untuk membuka (trip).

Waktu pemutusan gangguan merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam menentukan suatu skema proteksi. Hal ini dikarenakan suatu peralatan proteksi harus dikoordinasikan waktunya dengan peralatan proteksi yang lain agar hanya peralatan proteksi yang paling dekat dengan gangguan saja yang bekerja (prinsip selektivitas). Berikut adalah gambar sistematis dari komponen-komponen proteksi tenaga listrik:



Gambar 2.3.Rangkaian Komponen Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Cara kerja gambar 2.3 yaitu :

1. Apabila terjadi gangguan arus lebih pada bus jaringan yang melebihi nilai setting rele maka CT menurunkan tegangan yang besar menjadi lebih kecil.
2. Lalu rele mendeteksi keadaan abnormal, mengirimkan sinyal kepada PMT/CB untuk melakukan tindakan untuk memutuskan dan membuka (trip coil).
3. Sedangkan batre sebagai sumber energi untuk charger rele dan PMT DC System Power Supply merupakan peralatan yang sangat vital karena jika terjadi gangguan dan kontak telah terhubung, maka DC System Power Supply akan bekerja yang menyebabkan CB membuka.

### 2.2.3.2 Trafo Instrumen

Current Transformer ( CT) Trafo Arus Current Transformer (CT) adalah suatu perangkat listrik yang berfungsi menurunkan arus yang besar menjadi arus

dengan ukuran yang lebih kecil. CT di gunakan karena dalam pengukuran arus tidak mungkin di lakukan langsung pada arus beban atau arus gangguan, hal ini di sebabkan arus sangat besar dan bertegangan sangat tinggi. Karakteristik CT di tandai oleh current transformer ratio (CT) yang merupakan perbandingan antara arus yang di lewatkan oleh sisi primer dengan arus yang di lewatkan oleh sisi sekunder.

Potensial Trasnsformer/ Trafo Tegangan adalah suatu peralatan listrik yang berfungsi menurunkan tegangan yang tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah yang sesuai dengan setting relay. Trafo ini juga memiliki angka perbandingan lilitan/tegangan primer dan sekunder yang menunjukkan kelasnya.

### **2.2.3.3 Rele/ Relay**

Rele/relay berasal dari teknik telegrafi, dimana sebuah coil di energize oleh arus lemah, dan coil ini menarik armature untuk menutup kontak. Rele merupakan jantung dari proteksi sistem tenaga listrik , dan telah berkembang menjadi peralatan yang rumit. Rele di bedakan dalam dua kelompok yaitu, Komporator yang berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur kondisi abnormal, dan membuka/menutup kontak (trip). Serta Auxiliary relay di rancang untuk di pakai di auxiliary circuit yang dikontrol oleh rele komporator, dan membuka/menutup kontak-kontak lain (yang umumnya berarus kuat).

### **2.2.3.4 Circuit Breaker (CB)**

Circuit Breaker (CB) adalah salah satu peralatan pemutus daya yang berguna untuk memutuskan dan menghubungkan rangkaian listrik dalam kondisi

terhubung ke beban secara langsung dan aman, baik pada kondisi normal maupun saat terdapat gangguan. Berdasarkan media pemutus listrik / pemadam bunga api, terdapat empat jenis CB sebagai berikut, Air Circuit Breaker (ACB) menggunakan media berupa udara, Vacuum Circuit Breaker (VCB) menggunakan media berupa vakum, Gas Circuit Breaker (GCB) menggunakan media berupa gas SF<sub>6</sub>, Oil Circuit Breaker (OCB) menggunakan media berupa minyak.

Peralatan pemutus daya memiliki syarat-syarat yang harus dipenuhi agar menjadi peralatan pemutus daya yang dapat bekerja dengan baik atau handal. Peralatan mampu menyalurkan arus maksimum sistem secara kontinu, serta mampu memutuskan atau menutup jaringan dalam keadaan berbeban ataupun dalam keadaan hubung singkat tanpa menimbulkan kerusakan pada pemutus daya itu sendiri, dan juga bisa memutuskan arus hubung singkat dengan kecepatan tinggi.

#### **2.2.3.5 Fungsi Proteksi Trafo Tenaga Terhadap Gangguan**

Untuk memperoleh efektifitas dan efisien dalam menentukan sistem proteksi trafo tenaga, maka setiap peralatan proteksi yang dipasang harus disesuaikan dengan kebutuhan dan prediksi gangguan yang akan terjadi yang mengancam ketahanan trafo itu sendiri.

#### **2.2.3.6 Proteksi Utama Trafo Tenaga**

Proteksi utama adalah suatu sistem proteksi yang diharapkan sebagai prioritas untuk mengamankan gangguan atau menghilangkan kondisi tidak normal



pada trafo tenaga. Proteksi tersebut biasanya dimaksudkan untuk memprakarsainya saat terjadinya gangguan dalam kawasan yang harus dilindungi (IEC 15-05-025). Ciri-ciri dari proteksi tersebut yaitu, waktu kerjanya sangat cepat seketika (*instantaneous*), tidak bisa dikoordinasikan dengan rele proteksi lainnya, tidak tergantung dari proteksi lainnya, daerah pengamanannya dibatasi oleh pasangan trafo arus, dimana rele differensial dipasang.

#### **2.2.4 Hubung Singkat**

Hubung singkat adalah terjadinya hubungan penghantar bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung tidak melalui media (*resistor/ beban*) yang semestinya sehingga terjadi aliran arus yang tidak normal (*sangat besar*). Hubung singkat merupakan jenis gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik, terutama pada saluran udara 3 fasa. Meskipun semua komponen peralatan listrik selalu diisolasi dengan isolasi padat, cair (*minyak*), udara, gas, dan sebagainya. Namun karena usia pemakaian, keausan, tekanan mekanis, dan sebab-sebab lainnya, maka kekuatan isolasi pada peralatan listrik bisa berkurang atau bahkan hilang sama sekali. Hal ini akan mudah menimbulkan hubung singkat. Ada beberapa gangguan hubung singkat yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik 3 fasa yaitu, gangguan hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, dan 1 fasa ke tanah.

Empat jenis gangguan pertama menimbulkan arus gangguan tidak simetris (*unsymmetrical short-circuit*). Sedangkan dua jenis gangguan terakhir menimbulkan arus gangguan hubung singkat simetris (*symmetrical short-circuit*). Perhitungan arus

hubung singkat sangat penting untuk menentukan kemampuan pemutus tenaga dan untuk koordinasi pemasangan rele pengaman.

## **2.2.5 Sistem Pentanahan Titik Netral Trafo Tenaga**

### **2.2.5.1 Tujuan Pentanahan Titik Netral Trafo Tenaga**

Adapun tujuan pentanahan titik netral transformator daya adalah sebagai berikut :

1. Menghilangkan gejala-gejala busur api pada suatu sistem.
2. Membatasi tegangan-tegangan pada fasa yang tidak terganggu (pada fasa yang sehat).
3. Meningkatkan keandalan (*reability*) pelayanan dalam penyaluran tenaga listrik.
4. Mengurangi/membatasi tegangan lebih transient yang disebabkan oleh penyalaan bunga api yang berulang-ulang (*restrike ground fault*).

### **2.2.5.2 Metoda Pentanahan Titik Netral Trafo Tenaga**

Metoda-metoda pentanahan titik netral transformator daya adalah sebagai berikut:

1. Pentanahan mengambang (*floating grounding*)
2. Pentanahan melalui tahanan (*resistance grounding*)
3. Pentanahan melalui reaktor (*reactor grounding*)
4. Pentanahan langsung (*effective grounding*)

5. Pentanahan melalui reaktor yang impedansinya dapat berubah-ubah (*resonant grounding*) atau pentanahan dengan kumparan Petersen (*Petersen Coil*).

## **2.2.6 Jenis Relay Berdasarkan Karakteristik Waktu**

### **2.2.6.1 Rele Arus Lebih Sesaat (*instanneous relay*)**

Rele yang bekerja seketika (tanpa waktu tunda) ketika arus yang mengalir melebihi nilai settingnya, relay akan bekerja dalam waktu beberapa mili detik (10-20 ms). Rele bekerja pada gangguan yang paling dekat dengan lokasi gangguan terpasang.

### **2.2.6.2 Relay Arus Lebih Tertentu (*defenite time relay*)**

Relay ini akan memberikan perintah ke PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besarnya arus gangguan melampaui settingnya(is), dan jangka waktu kerja relai mulai pick up sampai kerja relay diperpanjang dengan waktu tertentu tidak tergantung besarnya arus yang mengerjakan relay.

### **2.2.6.3 Relay Arus Waktu Terbalik (*inverse time*)**

Relay ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik, jadi semakin besar arus gangguan maka waktu kerja relay semakin cepat, arus gangguan berbanding terbalik dengan waktu kerja relay.

### **2.2.6.4 Prinsip kerja rele OCR**

Rele ini bekerja dengan membaca input berupa besaran arus kemudian membandingkan dengan nilai setting, apabila nilai arus yang terbaca oleh rele melebihi nilai setting, maka rele akan mengirim perintah trip (lepas) kepada

Pemutus Tenaga (PMT) atau Circuit Breaker (CB) setelah tunda waktu yang diterapkan pada setting.

**Tabel 2.1** cara kerja rele pada nilai setting

Hasil ukur	Batas max	keterangan	Action
2000 A	2400 A	Tidak	Tetap on ke PMT
2600 A	2400 A	Melebihi	Trip ke PMT/CB

Cara kerja dapat di uraikan sebagai berikut :

Pada kondisi normal arus beban mengalir pada STUM/SKTM dan oleh trafo arus besaran arus ini di transformasikan ke besaran sekunder, arus mengalir pada kumparan relay tetapi karena arus ini masih lebih kecil dari pada suatu harga yang di tetapkan (setting max) maka relai tidak bekerja.

Bila terjadi gangguan hubung singkat, arus beban akan naik menyebabkan arus sekunder naik juga, apa bila arus beban naik melebihi nilai yang di tetapkan di atas (setting max ), maka relay akan bekerja dan memberikan perintah trip pada tripping coil untuk bekerja dan membuka PMT/CB, sehingga SUTM/SKTM yang terganggu di pisahkan pada jaringan.

#### **2.2.6.5 Relai Gangguan Tanah (Ground Fault Relay/GFR)**

Rele hubung singkat yang lebih dikenal dengan GFR (ground fault relay) pada dasarnya mempunyai prinsip kerja sama dengan rele arus lebih (OCR) namun memiliki perbedaan dalam kegunaannya, bila rele OCR mendeteksi

adanya hubung singkat antar fasa ,maka GFR mendeteksi adanya hubung singkat ke tanah,adapun perbedaan yang lainya fungsi dan elemen sensor arus. OCR biasanya memiliki 2 atau 3 sensor arus (untuk 2 atau 3 fasa) sedangkan GFR hanya memiliki satu sensor arus (satu fasa).

Relai hubung tanah pada transformator pada dasarnya menggunakan relai arus lebih seperti yang digunakan pada hubung singkat antar fasa. Bila terjadi ketidak seimbangan arus atau terjadi gangguan fasa ke tanah, maka akan timbul arus urutan nol pada titik pertanahan transformator, sehingga relai di netral transformator akan bekerja.

Prinsip kerja rele :

Pada kondisi normal beban seimbang, $I_r, I_s, I_t$  sama besar, sehingga pada kawat netral tidak timbul arus dan realy hubung tanah tidak dialiri arus. Bila terjadi ketidak seimbangan arus atau terjadi gangguan hubung singkat ke tanah, maka akan timbul arus urutan nol pada kawat netral, sehingga relay hubung tanah akan bekerja.

### **2.2.7 Persyaratan Sistem Proteksi**

Pada sistem tenaga listrik, sistem proteksi adalah perlindungan atau isolasi pada bagian yang memungkinkan akan terjadi gangguan atau bahaya. Tujuan utama proteksi adalah untuk mencegah terjadinya gangguan atau memadamkan gangguan yang telah terjadi dan melokalisirnya, dan membatasi pengaruh-pengaruhnya, biasanya dengan mengisolir bagian-bagian yang terganggu tanpa

mengganggu bagian- bagian yang lain (Hutauruk, 1991). Sistem proteksi ini mendeteksi kondisi abnormal dalam suatu rangkaian listrik dengan mengukur besaran- besaran listrik yang berbeda antara kondisi normal dengan kondisi abnormal. Ada beberapa kriteria yang perlu diketahui pada pemasangan suatu sistem proteksi dalam suatu rangkaian sistem tenaga listrik yaitu :

**a. Kepekaan (sensitifitas)**

Sensitifitas adalah kepekaan rele proteksi terhadap segala macam gangguan dengan tepat yakni gangguan yang terjadi di daerah perlingkungannya. Kepekaan suatu sistem proteksi ditentukan oleh nilai terkecil dari besaran penggerak saat peralatan proteksi mulai beroperasi. Nilai terkecil besaran penggerak berhubungan dengan nilai minimum arus gangguan dalam daerah yang dilindunginya.

**b. Kecepatan**

Sistem proteksi perlu memiliki tingkat kecepatan sebagaimana ditentukan sehingga meningkatkan mutu pelayanan, keamanan manusia, peralatan dan stabilitas operasi. Mengingat suatu sistem tenaga mempunyai batas-batas stabilitas serta kadang- kadang gangguan sistem bersifat sementara, maka rele yang semestinya bereaksi dengan cepat kerjanya perlu diperlambat (time delay), seperti yang ditunjukkan persamaan:

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

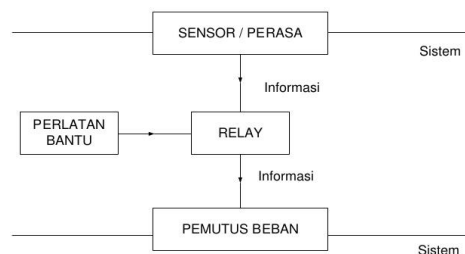
Dengan:

$t_{op}$  : Total waktu yang dipergunakan untuk memutuskan hubungan

$t_p$  : Waktu bereaksinya unit rele

$t_{cb}$  : Waktu yang dipergunakan untuk pelepasan C.B

Pada umumnya untuk  $t_{op}$  sekitar 0,1 detik kerja peralatan proteksi sudah dianggap bekerja cukup baik :



Gambar 2.4 Diagram system kerja relay.

### c. Selektifitas dan diskriminatif

Selektif berarti suatu sistem proteksi harus dapat memilih bagian sistem yang harus diisolir apabila rele proteksi mendeteksi gangguan. Bagian yang dipisahkan dari sistem yang sehat sebisanya adalah bagian yang terganggu saja. Diskriminatif berarti suatu sistem proteksi harus mampu membedakan antara kondisi normal dan kondisi abnormal. Ataupun membedakan apakah kondisi abnormal tersebut terjadi di dalam atau di luar daerah proteksinya. Dengan demikian, segala tindakannya akan tepat dan akibatnya gangguan dapat dieliminir menjadi sekecil mungkin.

Dalam sistem tenaga listrik seperti gambar di atas, apabila terjadi gangguan pada titik K, maka hanya C.B.6 saja yang boleh bekerja sedangkan untuk C.B.1, C.B.2 dan C.B. - C.B. yang lain tidak boleh bekerja.

**d. Keandalan (reliability)**

Suatu sistem proteksi dapat dikatakan andal jika selalu berfungsi sebagaimana yang diharapkan. Sistem proteksi disebut tidak andal bila gagal bekerja pada saat dibutuhkan dan bekerja pada saat proteksi itu tidak seharusnya bekerja. Keandalan rele dikatakan cukup baik bila mempunyai harga 90-99 %. Keandalan dapat di bagi 2 macam yaitu, dependability yang artinya adalah relay harus dapat diandalkan setiap saat, security yaitu relay tidak boleh salah kerja/tidak boleh bekerja yang bukan seharusnya bekerja.

Misal, dalam satu tahun terjadi gangguan sebanyak 25 kali dan rele dapat bekerja dengan sempurna sebanyak 23 kali, maka :

$$\text{Keandalan rele} = \frac{23}{25} \times 100\% = 92\%$$

**e. Ekonomis**

Suatu perencanaan teknik yang baik tidak terlepas tentunya dari pertimbangan nilai ekonomisnya. Suatu rele proteksi yang digunakan hendaknya ekonomis mungkin dengan tidak mengesampingkan fungsi dan keandalannya.



Tipe Proteksi Ada dua kategori proteksi yang dikenal yaitu proteksi utama (main protection) dan proteksi pembantu (back up protection). Proteksi utama adalah pertahanan utama dan akan membebaskan gangguan pada bagian yang akan diproteksi secepat mungkin. Mengingat keandalan 100 % tidak hanya dari perlindungan tetapi juga dari trafo arus, trafo tegangan dan pemutus rangkaian yang tidak dapat dijamin, untuk itu diperlukan perlindungan pembantu (auxiliary protection) pada alat proteksi tersebut. Proteksi pembantu bekerja bila rele utama gagal dan tidak hanya melindungi daerah berikutnya dengan perlambatan waktu yang lebih lama dari pada rele utamanya.

## **2.2.8 Setting Rele / Perhitungan**

### **2.2.8.1 Setting Rele OCR**

Proteksi arus lebih adalah proteksi terhadap perubahan parameter arus yang sangat besar dan terjadi pada waktu yang cepat, yang disebabkan oleh hubung singkat. Untuk setting rele OCR dan GFR diperlukan beberapa cara yaitu, mencari data teknik trafo/spesifikasi pada trafo, mencari impedansi sumber dari teknik trafo, mencari impedansi penyulang masing-masing jarak, mencari arus hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, 1 fasa, menentukan setting waktu OCR/GFR di ambil sampel proteksi arus hubung singkat.

Rumus dasar yang digunakan adalah hukum Ohm

$$I = \frac{V}{Z}$$

Dimana :

$I$  = Arus hubung singkat.

$V$  = Tegangan sumber.

$Z$  = Impedansi dari sumber ketitik gangguan, impedansi ekivalen.

Dari ketiga jenis gangguan, perbedaannya terdapat pada :

1. Untuk gangguan tiga fasa (pu) digunakan persamaan dibawah.

$$I_{3\text{fasa}} (\text{pu}) = \frac{V_{\text{ps}}}{Z_{1\text{ eq}}} = \frac{E_a}{Z_{1\text{ eq}}}\dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.1})$$

2. Untuk gangguan fasa ke fasa impedansi yang digunakan adalah impedansi urutan positif dan urutan negatif, nilai ekivalen  $Z_1 + Z_2$ , dan tegangannya adalah E fasa-fasa.

$$I_{2\text{ fasa}} (\text{pu}) = \frac{V_{\text{ph-ph}}}{Z_{1\text{ eq}}+Z_{2\text{ eq}}} = \frac{E_a}{Z_{1\text{ eq}}+Z_{2\text{ eq}}}\dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.2})$$

3. Untuk gangguan satu fasa ke tanah impedansi yang digunakan adalah impedansi urutan positif, urutan negatif urutan nol, nilai ekivalen  $Z_1 + Z_2 + Z_0$ , dan tegangannya adalah E fasa.

$$I_{1\text{ fasa-tanah}} (\text{pu}) = \frac{3 \times V_{\text{ph}}}{Z_{1\text{ eq}}+Z_{2\text{ eq}}+Z_{0\text{ eq}}} = \frac{3 \times E_a}{Z_{1\text{ eq}}+Z_{2\text{ eq}}+Z_{0\text{ eq}}}\dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.3})$$

Dengan :

$I_{3\text{fasa}} (\text{pu})$  : Arus hubung singkat 3 fasa dalam pu (Per Unit)

$I_{2\text{ fasa}} (\text{pu})$  : Arus hubung singkat 2 fasa dalam pu (Per Unit)

$I_{1\text{ fasa-tanah}} (\text{pu})$  : Arus hubung singkat 1 fasa dalam amper dalam Amper

$E_a$  : Tegangan fasa, fasa-fasa  $\sqrt{3}$  dalam volt

- $Z_1$  : Impedansi urutan positif rangkaian dalam  $\Omega$
- $Z_2$  : Impedansi urutan negatif rangkaian dalam  $\Omega$
- $Z_0$  : Impedansi urutan nol rangkaian dalam  $\Omega$
- Eq : Equivalent

### 2.2.8.2 Perhitungan TMS

Setelan Time multiple setting (Tms) dan setelan waktu relai pada jaringan distribusi mempergunakan standard Invers, yang dihitung mempergunakan rumus kurva waktu Vs arus, dalam hal ini juga diambil persamaan kurva arus waktu dari standard British, sebagai berikut:

$$Tms = \frac{t_{set} \left[ \left[ \frac{I_{hs}}{I_{set}} \right]^k - 1 \right]}{0,14}$$

Dimana:

t = Waktu trip (detik).

Tms = Time multiple setting (tanpa satuan)

$I_{hs}$  = Besarnya arus gangguan hubung singkat (Ampere)

$I_{set}$  = Besarnya arus setting sisi primer (Ampere)

K = Konstanta.

### 2.2.8.3 Setting Rele GFR

Penyetelan relay OCR pada sisi primer dan sisi sekunder transformator tenaga terlebih dahulu harus di hitung arus nominal transformator tenaga. Arus

setting untuk relay OCR baik pada sisi primer maupun pada sisi sekunder transformator tenaga adalah :

$$I_{set}(\text{prim}) = 0,2 \times I_{\text{nominal trafo}}$$

Nilai tersebut adalah nilai primer, untuk mendapatkan nilai setelan sekunder yang dapat di setkan pada relay OCR, maka harus dihitung dengan menggunakan rasio trafo arus (CT) yang terpasang pada sisi primer maupun sisi sekunder transformator tenaga.

$$I_{set}(\text{sek}) = I_{set}(\text{prim}) \times \frac{1}{\text{Ratio CT}}$$

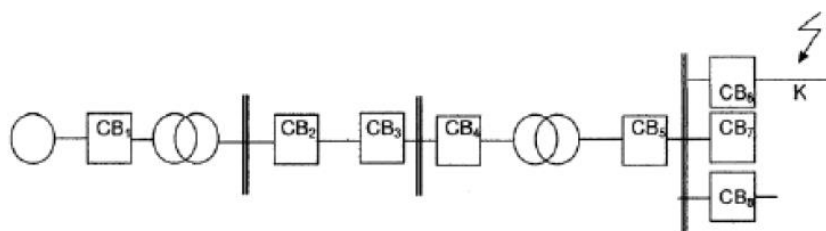
### 2.2.9 Koordinasi Proteksi

Koordinasi rele proteksi OCR merupakan koordinasi waktu kerja. Ada 2 tipe waktu kerja yang di gunakan saat ini yaitu IDMT (inverse definite minimum time) dan DT (definite time). Kedua nya memiliki porsinya masing-masing. Umumnya IDMT digunakan untuk arus gangguan yang relatif kecil (low set) dan DT di gunakan untuk arus yang lumayan besar (high set). Perbedaan keduanya adalah pada waktu kerja rele terhadap besar arus yang di rasakan, pada IDMT fungsi waktu kerja terhadap besar arus ini digambarkan dalam suatu model kurva invers, sedangkan DT waktu kerjanya tidak berpengaruh pada besar atau kecilnya arus gangguan. Pada dasarnya prinsip pokok dari koordinasi adalah:

- a. Peralatan pengaman pada sisi beban (hilir) harus dapat menghilangkan gangguan menetap atau sementara yang terjadi pada saluran, sebelum peralatan pengaman di sisi sumber (hulu) beroperasi memutuskan saluran sesaat atau membuka terus.

- b. Pemadaman yang terjadi akibat adanya gangguan menetap harus dibatasi sampai pada seksi sekecil mungkin.

Sistem proteksi harus dapat memilih bagian sistem yang harus diisolir apabila rele proteksi mendeteksi gangguan. Bagian yang dipisahkan dari sistem yang sehat sebisanya adalah bagian yang terganggu saja. Diskriminatif berarti suatu sistem proteksi harus mampu membedakan antara kondisi normal dan kondisi abnormal. Ataupun membedakan apakah kondisi abnormal tersebut terjadi di dalam atau di luar daerah proteksinya. Dengan demikian, segala tindakannya akan tepat dan akibatnya gangguan dapat dieliminir menjadi sekecil mungkin.



Gambar 2.5 Koordinasi proteksi

Dalam sistem tenaga listrik seperti gambar di atas, apabila terjadi gangguan pada titik K, maka hanya C.B.6 saja yang boleh bekerja sedangkan untuk C.B.1, C.B.2 dan C.B. - C.B. yang lain tidak boleh bekerja. Ketika ada gangguan dimana saja yang putus yang lebih dahulu adalah CB yang terdekat di hulu sedangkan CB yang lain disisi hulu sebagai back up/pengaman cadangan, semakin jauh letak gangguan dari hulu, maka arus gangguan akan semakin kecil, maka rele di hulu akan bekerja lebih lama dari pada rele yang ada

didepannya ketika terjadi gangguan yang berada di hilir. arus yang mendekati hulu arusnya besar dan arus yang pada hilir kecil, apabila terjadi gangguan pada sisi hilir maka waktu tundanya akan semakin cepat dan apabila terjadi gangguan pada sisi hulu maka waktu tunda nya akan semakin lama.

## **2.2.10 Analisis Menggunakan ETAP**

### **2.2.10.1 Definisi ETAP**

ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan *offline* untuk simulasi tenaga listrik, *online* untuk pengelolaan data *real-time*. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisis pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. ETAP ini awalnya dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan kualitas keamanan fasilitas nuklir di Amerika Serikat yang selanjutnya dikembangkan menjadi sistem monitor manajemen energi secara *real time*, simulasi, control, dan optimasi sistem tenaga listrik. ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (*one line diagram*) dan jalur sistem pertahanan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: alaran daya, hubung singkat (*Short Circuit*), *starting motor*, *transient stability*, koordinasi relay proteksi dan sistem harmonisasi. Proyek sistem tenaga listrik memiliki masing-masing elemen rangkaian yang dapat diedit langsung dari diagram satu garis dan atau jalur sistem

pentahanan. Untuk kemudahan hasil perhitungan analisis dapat ditampilkan pada diagram satu garis.

ETAP *Power Station* memungkinkan anda untuk bekerja secara langsung dengan tampilan gambar *single line* diagram atau diagram satu garis. Program ini dirancang sesuai dengan tiga konsep utama:

a. *Virtual Reality* Operasi

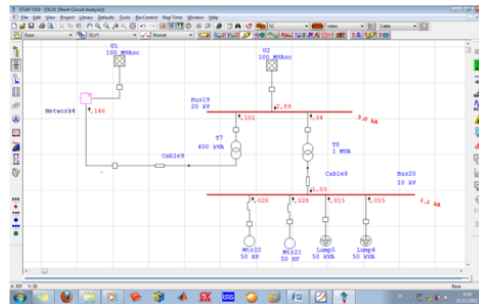
Sistem operational yang ada pada program sangat mirip dengan sistem operasi pada kondisi *real* nya. Misalnya, ketika membuka atau menutup sebuah *circuit breaker*, mendapatkan suatu elemen pada sistem, mengubah status operasi suatu motor, dan untuk kondisi *de-energized* pada suatu elemen dan sub-elemen sistem ditunjukkan pada gambar *single line* diagram dengan warna abu – abu.

b. Total *Integration* Data

Etap *Power Station* menggabungkan informasi sistem *electrical*, system logika, sistem mekanik, dan data fisik dari suatu elemen yang dimasukkan dalam sistem data base yang sama. Misalnya, untuk elemen sebuah kabel, tidak hanya berisikan data kelistrikan dan tentang dimensi fisiknya tetapi juga memberikan informasi melalui *raceways* yang di lewati oleh kabel tersebut. Dengan demikian, data untuk satu kabel dapat digunakan untuk dalam menganalisis aliran beban (*load flow analysis*) dan analisis hubung singkat (*short-circuit analysis*) yang membutuhkan parameter listrik dan parameter koneksi serta perhitungan *ampacity* derating suatu kabel yang memerlukan data fisik *routing*.

c. *Simplicity in Data Entry*

Etap *Power Station* memiliki data yang *detail* untuk setiap elemen yang digunakan. Dengan menggunakan editor data, dapat mempercepat proses entri data suatu elemen. Data-data yang ada pada program ini telah di masukkan sesuai dengan data-data yang ada dilapangan untuk berbagai jenis analisis atau desain.



Gambar 2.6.a Desain ETAP

Etap *Power Station* dapat melakukan penggambaran *single line* diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisis atau studi yakni *load flow* (aliran daya), *Short Circuit* (Hubung Singkat), *motor starting*, harmonisa, *transient stability*, *protective device coordination*, dan *cable derating*.

Etap *Power Station* juga menyediakan fasilitas *library* yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. *Library* ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan bila perlu. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan ETAP *Power Station* adalah:

- a. *One Line Diagram*, menunjukkan hubungan antar komponen atau peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
- b. *Library*, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang detail



atau lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi atau analisis.

- c. Standar yang dipakai, biasanya mengacu pada standar IEC atau ANSI, frekuensi system dan metode-metode yang dipakai.
- d. *Study Case*, berisikan parameter-parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisis.

### 2.2.10.2 Elemen AC Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Komponen elemen AC pada *software power station* ETAP dalam bentuk diagram satu garis ditunjukkan pada gambar, kecuali elemen-elemen IDs, penghubung bus dan status. Semua data elemen AC dimasukkan dalam editor yang telah dipertimbangkan oleh para ahli teknik. Daftar seluruh elemen ac pada *software power station* ETAP ada pada *AC toolbar*.



Gambar 2.6.b AC Toolbar pada ETAP

### 2.2.10.3 Elemen–Elemen AC di ETAP

#### a. Transformator

Transformator 2 kawat system distribusi dimasukkan dalam editor power station software transformator 2 kawat pada *power station software* ETAP ditunjukkan gambar simbol transformator 2 kawat.



Gambar 2.6.c Simbol Transformator 2 Kawat di ETAP

#### b. Generator

Generator sinkron sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam editor power station ETAP berupa *rating* kV, *rating* MW, dan *mode* kerja yang ditampilkan pada bagian atas informasi editor generator. Simbol generator sinkron pada *power station software* ETAP ditunjukkan pada gambar.



Gambar 2.6.d Simbol Generator di ETAP

#### c. Load

Beban listrik system distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam editor *power station* ETAP berupa *rating* KV, *rating* MW, dan *mode* kerja yang ditampilkan pada bagian atas informasi editor generator, simbol

generator sinkron pada *power station software* ETAP ditunjukkan pada gambar.



Gambar 2.6.e Simbol statis dan dinamis di ETAP

#### d. Pemutusan Rangkaian

Merupakan sebuah saklar otomatis yang dirancang untuk melindungi sebuah rangkaian listrik dari kerusakan yang disebabkan oleh kelebihan beban atau hubungan pendek. Simbol pemutus rangkaian di ETAP ditunjukkan pada gambar.



Gambar 2.6.f simbol pemutus rangkaian di ETAP

#### e. Bus

Bus AC atau node sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam editor *power station software* ETAP. Editor bus sangat membantu untuk permodelan berbagai tipe bus dalam sistem tenaga listrik. Generator, motor dan beban statik adalah elemen yang dapat dihubungkan dengan beberapa bus yang diinginkan. Simbol bus pada *power station software* ETAP ditunjukkan gambar.



Gambar 2.6.f simbol bus di ETAP

#### 2.2.10.4 Elemen-elemen di ETAP

Suatu system tenaga listrik terdiri atas sub-sub bagian, salah satunya adalah aliran daya dan hubung singkat. Untuk membuat simulasi aliran daya dan hubung singkat, maka data-data yang dibutuhkan untuk menjalankan program simulasi antara lain, Data Generator, Data transformator, Data kawat penghantar, Data beban, Data bus.

#### 2.2.10.5 Elemen Aliran Daya

Program analisis aliran daya pada *software* ETAP dapat menghitung tegangan pada tiap-tiap cabang, aliran arus pada sistem tenaga listrik, dan aliran daya yang mengalir pada sistem tenaga listrik. Metode penghitungan aliran daya dapat dipilih untuk efisiensi perhitungan yang lebih baik. Metode perhitungan aliran daya pada *software* ETAP ada tiga, yaitu: Newton Rapson, *Fast-Decouple* dan Gauss Sedel seperti yang telah diuraikan sebelumnya.



Gambar 2.6.g *Toolbar Load Flow* di ETAP

Keterangan:

Gambar Kiri ke kanan menunjukkan *tool* dan *toolbar* aliran daya, yaitu :

- a. *Run Load Flow* adalah icon *toolbar* aliran daya yang menghasilkan atau menampilkan hasil perhitungan aliran daya sistem distribusi tenaga listrik dalam diagram satu garis
- b. *Update Cable Load Current* adalah icon *toolbar* untuk merubah kapasitas arus pada kabel sebelum *load flow* di running

- c. *Display Option* adalah bagian tombol untuk menampilkan hasil aliran daya
- d. *Alert* adalah icon untuk menampilkan batas kritis dan marginal dari hasil keluaran aliran daya sistem distribusi tenaga listrik
- e. *Report manager* adalah icon untuk menampilkan hasil aliran daya dalam bentuk *report* yang dapat dicetak.

#### **2.2.10.6 Elemen Hubung Singkat**

*Short-Circuit analysis* pada *Etap Power Station* menganalisis gangguan hubung singkat tiga fasa, satu fasa ke tanah, antar fasa dan dua fasa ke tanah pada sistem tenaga listrik. Program *Short-Circuit analysis* *Etap Power Station* menghitung arus total hubung singkat yang terjadi. *Etap Power Station* menggunakan standar ANSI/IEEE (seri C37) dan IEC ( IEC 909 dan lainnya ) dalam menganalisis gangguan hubung singkat yang bias dipilih sesuai dengan keperluan. Untuk memulai *Short-Circuit Analysis* maka *single line* diagram (SLD) Sistem tenaga listrik digambarkan terlebih dahulu dengan memperhatikan komponen serta peralatan yang digunakan.

#### **2.10.7 Memberi Gangguan Pada Bus**

Untuk dapat melakukan analisis hubung singkat ini maka pada bus yang akan dianalisis harus diberikan gangguan dengan cara pada bus yang diinginkan ada gangguan diklik kanan setelah itu pilih *option fault*, jika ingin mengembalikan seperti semula pilih *option don't fault* lihat pada gambar.



Gambar 2.6.h *Tolbar Short Circuit* di ETAP

Adapun *toolbar short circuit analysis* ada dua macam standar yang dipilih

#### 1. Toolbar ANSI Standard



Gambar 2.6.i *Toolbar Short Circuit ANSI Standar* di ETAP

- a. 3-Phase Fault Device Suty : untuk menganalisis gangguan 3 phasa
- b. *3-Phase Faults – 30 Cycle Network* : untuk menganalisis gangguan 3 phasa pada sistem dengan waktu 30 *cycle*.
- c. LG,LL,LLG,& *3-Phase Faults – 1.5 to 4 cycle* : untuk menganalisis satu phasa ke tanah, anantara phasa , dua phasa ke tanah dan 3 phasa selama 30 *cycle*
- d. *Save Fault kA for Power Plot* : untuk studi lebih lanjut dengan program power plot yang berhubungan dengan koordinasi
- e. *Short circuit Report Manager* : untuk menampilkan hasil *short circuit*
- f. *Halt Current Calculation* : untuk menghentikan proses running *short circuit*

- g. *Get Online Data*: untuk menyalin data *online* jika computer interkoneksi dengan menggunakan PSMS ( online Feature )
- h. *Get Archived Data*: untuk menyalin data online jika computer terinterkoneksi.

## 2. Toolbar IEC Standard



Gambar 2.6.j *Toolbar Short Circuit IEC Standar di ETAP*

- a. *3-Phase Faults – Device Duty (IEC909)* : untuk menganalisis gangguan 3 phasa sesuai standar IEC 909.
- b. *LG,LL,LLG, & 3-Phase Faults (IEC 909)* : untuk menganalisis gangguan satu phasa ke tanah, antara phasa, dua phasa ke tanah dan 3 phasa dengan standar IEC 909.
- c. *3-Phase Faults – Transient Study (IEC363)* : untuk menganalisis gangguan satu phasa ke tanh, antar phasa, dua phasa ke tanah dan 3 phasa dengan standar IEC 363
- d. *Save Fault kA for Power Plot* : untuk studi lebih lanjut dengan program *power plot* yang berhubungan dengan koordinasi
- e. *Short circuit Display Options*: untuk mengatur hasil short circuit yang ditampilkan sesuai dengan peralatan yang operasi.
- f. *Short circuit Report Manager*: untuk menampilkan hasil *short circuit*

- g. *Halt Current Calculation*: untuk menghentikan proses *running short circuit*
- h. *Get Online Data*: untuk menyalin data *online* jika *computer* interkoneksi dengan menggunakan PSMS ( *online feature* )
- i. *Get Archived Data* : untuk menyalin data *online* jika *computer* terinterkoneksi.