



BAB II

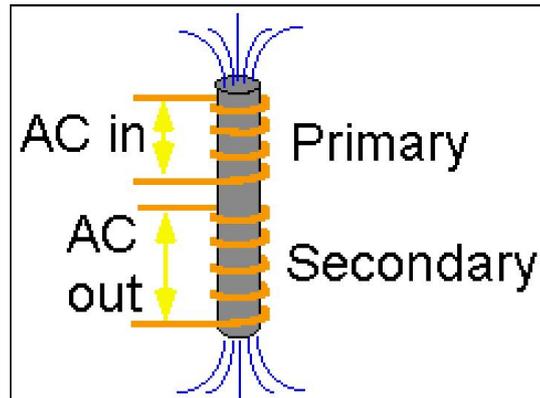
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Transformator Daya

Transformator adalah suatu alat listrik statis yang dipergunakan untuk mengubah tegangan bolakbalik menjadi lebih tinggi atau lebih rendah dan digunakan untuk memindahkan energi dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian lainnya tanpa merubah frekuensi. Transformator disebut peralatan statis karena tidak ada bagian yang bergerak atau berputar, tidak seperti motor atau generator.

Dalam bentuknya yang paling sederhana, transformator terdiri atas dua kumparan dan satu induktansi mutual. Dua kumparan tersebut terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder. Kumparan primer adalah kumparan yang menerima daya dan dinyatakan sebagai terminal masukan dan kumparan sekunder adalah kumparan yang melepas daya dan dinyatakan sebagai terminal keluaran. Kedua kumparan dibelit pada suatu inti yang terdiri atas material magnetik berlaminasi.

Secara sederhana transformator dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu lilitan primer, lilitan sekunder dan inti besi. Lilitan primer merupakan bagian transformator yang terhubung dengan sumber energi (catu daya). Lilitan sekunder merupakan bagian transformator yang terhubung dengan rangkaian beban. Sedangkan inti besi merupakan bagian transformator yang bertujuan untuk mengarahkan keseluruhan fluks magnet yang dihasilkan oleh lilitan primer agar masuk ke lilitan sekunder.



Gambar 2.1 arus bolak-balik mengelilingi inti besi

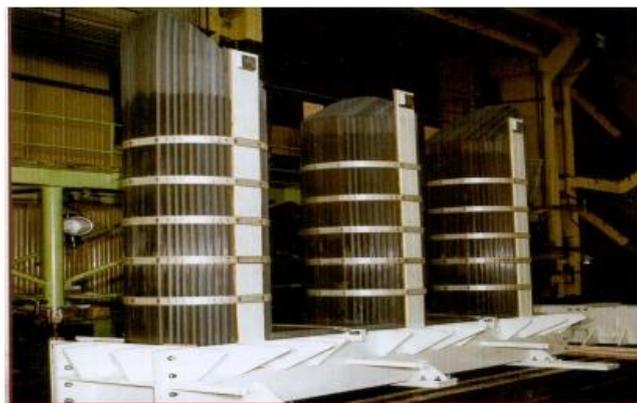
Arus yang mengalir pada belitan primer akan menginduksi inti besi transformator sehingga di dalam inti besi akan mengalir fluks magnet dan fluks magnet ini akan menginduksi belitan sekunder sehingga pada ujung belitan sekunder akan terdapat beda potensial.

2.2 Bagian Transformator dan Fungsinya

2.2.1 Bagian inti

a. inti besi

Inti besi (electromagnetic circuit) berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi, yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh Eddy Current (gambar 2.2).



Gambar 2.2 inti besi dan laminasi yang diikat fider glass

b. kumparan transformator

Kumparan transformator adalah beberapa lilitan kawat berisolasi yang membentuk suatu kumparan atau gulungan. Kumparan tersebut terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder yang diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap antar kumparan dengan isolasi padat seperti karton, pertinak dan lainlain. Kumparan tersebut sebagai alat transformasi tegangan dan arus.



Gambar 2.3 kumparan fasa RST

c. minyak transformator

Minyak transformator merupakan salah satu bahan isolasi cair yang dipergunakan sebagai isolasi dan pendingin pada transformator. Sebahagian bahan isolasi minyak harus memiliki kemampuan untuk menahan tegangan tembus, sedangkan sebagai pendingin minyak transformator harus mampu meredam panas yang ditimbulkan, sehingga dengan kedua kemampuan ini maka minyak diharapkan akan mampu melindungi transformator dari gangguan. Minyak transformator mempunyai unsur atau senyawa hidrokarbon yang terkandung dalam minyak transformator ini adalah senyawa hidrokarbon parafinik, senyawa hidrokarbon naftenik dan senyawa hidrokarbon aromatik. Selain ketiga senyawa diatas minyak transformator masih mengandung senyawa yang disebut zat aditif meskipun kandungannya sangat kecil. Minyak transformator adalah cairan yang dihasilkan dari proses pemurnian minyak mentah. Selain itu minyak ini juga berasal dari bahan organik,



misalnya minyak piranol dan silikon, berapa jenis minyak transformator yang sering dijumpai dilapangan adalah minyak transformator jenis Diala A, diala B dan Mectrans. Kenaikan suhu pada transformator akan menyebabkan terjadinya proses hidrokarbon pada minyak, nilai tegangan tembus dan kerapatan arus konduksi merupakan beberapa indicator atau variable yang digunakan untuk mengetahui apakah suatu minyak transformator memiliki ketahanan listrik yang memahami persyaratan yang berlaku. Secara analisa kimia ketahanan listrik suatu minyak transformator dapat menurun akibat adanya pengaruh asam dan pengaruh tercampurnya minyak dengan air. Untuk menetralsir keasaman suatu minyak transformator dapat menggunakan potas hidroksida(KOH). Sedangkan untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat dalam minyak tersebut yaitu dengan cara memberikan suatu bahan higroskopis yaitu selikagel. Dalam menyalurkan perannya sebagai pendingin, kekentalan minyak transformator ini tidak boleh terlalu tinggi agar mudah bersikulasi, dengan demikian proses pendinginan dapat berlangsung dengan baik. Kekentalan relatif minyak transformator tidak boleh lebih dari 4,2 pada suhu 200 C dan 1,8 dan 1,85 dan maksimum 2 pada suhu 500 C. Hal ini sesuai dengan sifat minyak transformator yakni semakin lama dan berat operasi suatu minyak transformator, maka minyak akan akan semakin kental. Bila kekentalan minyak tinggi maka sulit untuk bersikulasi sehingga akan menyulitkan proses pendinginan transformator. Sebagai bahan isolasi minyak transformator memiliki beberapa kekentalan, hal ini sebagai mana dijelaskna dalam SPLN(49-1:1980) Adapun persyaratan yang harusdipenuhi oleh minyak transformator adalah sebagai berikut:

1. Kejernihan

Kejernihan minyak isolasi tidak boleh mengandung suspense atau endapan (sedimen)

2. Massa jenis

Massa jenis dibatasi agar air dapat terpisah dari minyak isolasi dan tidak melayang



3. Viskositas kinematika

Viskositas memegang peranan penting dalam pendinginan, yakni untuk menentukan kelas minyak

4. Titik nyala

Titik nyala yang rendah menunjukkan adanya kontaminasi zat gas yang mudah terbakar

5. Titik tuang

Titik tuang dipakai untuk mengidentifikasi dan menentukan jenis peralatan yang akan menggunakan minyak isolasi .

6. Angka kenetralan

Angka kenetralan merupakan angka yang menunjukkan penyusutan asam minyak dan dapat mendeteksi kontaminasi minyak, menunjukkan kecenderungan perubahan kimia atau indikasi perubahan kimia dalam bahan tambahan .

7. Korosi belerang

Korosi belerang kemungkinan dihasilkan dari adanya belerang bebas atau senyawa belerang yang tidak stabil dalam minyak isolasi .

8. Tegangan tembus

Tegangan tembus yang terlalu rendah menunjukkan adanya kontaminasi seperti air, kotoran atau partikel konduktif dalam minyak

9. Kandungan air

Adanya air dalam dalam isolasi menyebabkan menurunnya tegangan tembus dan tahanan jenis minyak isolasi akan mempercepat kerusakan kertas pengisolasi.

d. bushing

Hubungan antara kumparan transformator dan ke jaringan luar melalui sebuah bussing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator yang konstruksinya dapat dilihat pada gambar 3.9. Bushing sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki transformator.



Gambar 2.4 bushing

Pada bushing dilengkapi fasilitas untuk pengujian kondisi bushing yang sering disebut center tap.

e. tangki konservator

Tangki Konservator berfungsi untuk menampung minyak cadangan dan uap/udara akibat pemanasan trafo karena arus beban. Diantara tangki dan trafo dipasangkan relai bucholz yang akan meyerap gas produksi akibat kerusakan minyak. Untuk menjaga agar minyak tidak terkontaminasi dengan air, ujung masuk saluran udara melalui saluran pelepasan dan masuknya udara kedalam konservator perlu dilengkapi media penyerap uap air pada udara sering disebut dengan silicagel dan dia tidak keluar mencemari udara disekitarnya. Seperti gambar 2.5.



Gambar 2.5 konservator minyak trafo

2.2.2 Peralatan bantu

a. pendingin

Pada inti besi dan kumparan –kumpaan akan timbul panas akibat rugi-rugi tembaga. Maka panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan, ini akan merusak isolasi, maka untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebihan tersebut transformator perlu dilengkapi dengan alat atau sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar transformator media yang dipakai pada sistem pendingin dapat berupa: Udara/gas, Minyak dan Air. Pada cara alamiah, pengaliran media sebagai akibat adanya perbedaan suhu media dan untuk mempercepat pendinginan dari media-media (minyak-udara/gas) dengan cara melengkapi transformator dengan sirip-sirip (radiator). Bila diinginkan penyaluran panas yang lebih cepat lagi, cara manual dapat dilengkapi dengan peralatan untuk mempercepat sirkulasi media pendingin dengan pompa pompa sirkulasi minyak, udara dan air, cara ini disebut pendingin paksa (*Forsed*). Macam macam sistim pendingin transformator dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2.1 Macam-macam sistem pendingin

No	Macam sistem pendingin	MEDIA			
		Didalam transformator		Diluar transformator	
		Sirkulasi Alami	Sirkulasi Paksa	Sirkulasi Alami	Sirkulasi Paksa
1	AN	-	-	Udara	-
2	AF	-	-	-	Udara
3	ONAN	Minyak	-	Udara	-
4	ONAF	Minyak	-	-	Udara
5	OFAN	-	Minyak	Udara	-
6	OFAF	-	Minyak	-	Udara
7	OFWF	-	Minyak	-	Air
8	ONAN/ONAF	Kombinasi 3 dan 4			
9	ONAN/OFAN	Kombinasi 3 dan 5			
10	ONAN/OFAF	Kombinasi 3 dan 6			
11	ONAN/OFWF	Kombinasi 3 dan 7			

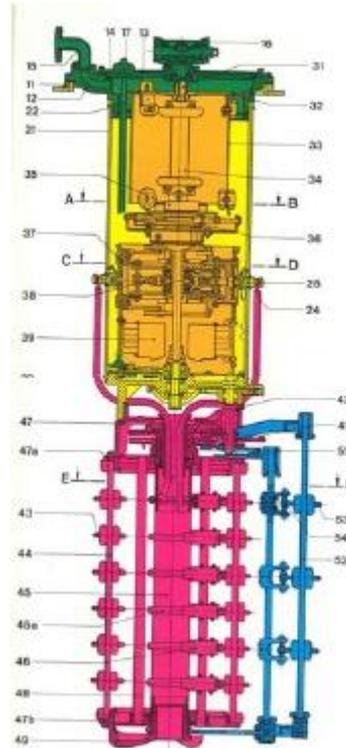
Contoh sistim pendinginan transformator dapat dilihat pada gambar 2.6. dibawah ini ;



Gambar 2.6 pendingin trafo type ONAF

b. tap changer

Kualitas operasi tenaga listrik jika tegangannya nominal sesuai ketentuan, tapi pada saat operasi terjadi penurunan tegangan sehingga kualitasnya menurun untuk itu perlu alat pengatur tegangan agar tegangan selalu pada kondisi terbaik, konstan dan kontinyu. Untuk itu trafo dirancang sedemikian rupa sehingga perubahan tegangan pada salah satu sisi input berubah tetapi sisi outputnya tetap. Alat ini disebut sebagai sadapan pengatur tegangan tanpa terjadi pemutusan beban maka disebut On Load Tap Changer (OLTC). Pada umumnya OLTC tersambung pada sisi primer dan jumlahnya tergantung pada perancang dan perubahan system tegangan pada jaringan, yang konstruksinya dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. on load tap changer (OLTC)

c. alat pernapasan (*Dehydrating Breather*)

Sebagai tempat penampungan pemuaiian minyak isolasi akibat panas yang timbul maka minyak ditampung pada tangki yang sering disebut sebagai konservator. Pada konservator ini permukaan minyak diusahakan tidak boleh bersinggungan dengan udara karena kelembaban udara yang mengandung uap air akan mengkontaminasi minyak walaupun prosesnya berlangsung cukup lama.

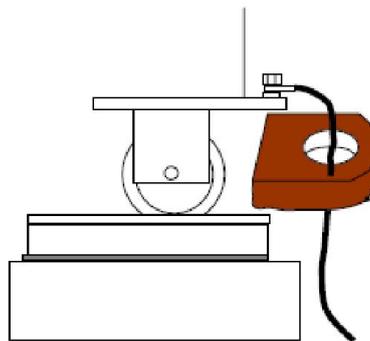
Untuk mengatasi hal tersebut udara yang masuk kedalam tangki konservator pada saat minyak menjadi dingin diperlukan suatu media penghisap kelembaban yang digunakan biasanya adalah silicagel. Kebalikan jika trafo panas maka pada saat menyusut maka akan menghisap udara dari luar masuk kedalam tangki dan untuk menghindari terkontaminasi oleh kelembaban udara maka diperlukan suatu media penghisap kelembaban yang digunakan biasanya adalah silicagel yang secara khusus direncang untuk maksud tersebut diatas. Kontruksi alat pernapasan transformator dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 2.8 Kontruksi alatpernapasan transformator

d. NGR (*neutral grounding resistance*)

Neutral Grounding Resistance Adalah tahanan yang dipasang antara titik neutral trafo dengan pentanahan dimana berfungsi untuk memperkecil arus gangguan yang terjadi sehingga diperlukan proteksi yang praktis dan tidak terlalu mahal karena karakteristik relai dipengaruhi oleh system pentanahan titik netral.

Gambar 2.9 *neutral grounding resistance* (NGR)

Neutral Grounding Resistance atau Resistance Pentanahan Trafo, yaitu resistance yang dipasang pada titik neutral trafo yang dihubungkan Y (bintang). NGR biasanya dipasang pada titik netral trafo 70 kV atau 20 kV, sedangkan pada titik neutral trafo 150 kV dan 500 kV digrounding langsung (solid)

NILAI NGR

Tegangan 70 kV 40 Ohm

Tegangan 20 kV 12 Ohm,40 Ohm,

200 Ohm dan 500 Ohm



e. indikator-indikator

Indikator transformator terdiri dari:

- Indikator suhu minyak
- Indikator permukaan minyak
- Indikator suhu winding
- Indikator kedudukan tap

2.2.3 Peralatan proteksi

Bagian-bagian yang terdapat pada transformator harus dilindungi oleh peralatan proteksi sesuai dengan fungsinya masing-masing, baik pada bagian dalam maupun bagian luar transformator. Berdasarkan indikasi gangguannya, peralatan proteksi pada transformator terdiri atas:

a. relai bucholz

Penggunaan relai deteksi gas (Bucholtz) pada Transformator terendam minyak yaitu untuk mengamankan transformator yang didasarkan pada gangguan Transformator seperti: arcing, partial discharge, over heating yang umumnya menghasilkan gas. Gas-gas tersebut dikumpulkan pada ruangan relai dan akan mengerjakan kontak-kontak alarm. Relai deteksi gas juga terdiri dari suatu peralatan yang tanggap terhadap ketidaknormalan aliran minyak yang tinggi yang timbul pada waktu transformator terjadi gangguan serius. Peralatan ini akan menggerakkan kontak trip yang pada umumnya terhubung dengan rangkaian trip Pemutus Arus dari instalasi transformator tersebut. Ada beberapa jenis relai buchholtz yang terpasang pada transformator, Relai sejenis tapi digunakan untuk mengamankan ruang On Load Tap Cahnger (OLTC) dengan prinsip kerja yang sama sering disebut dengan Relai Jansen. Terdapat beberapa jenis antara lain sema seperti relai buhcoltz tetapi tidak ada kontrol gas, jenis tekanan ada yang menggunakan membran/selaput timah yang lentur sehingga bila terjadi perubahan tekanan kerana gangguan akan berkerja, disini tidak ada alarm akan tetapi



langsung trip dan dengan prinsip yang sama hanya menggunakan pengaman tekanan atau saklar tekanan.

b. relai tekanan lebih (*sudden pressure relay*)

Suatu flash over atau hubungsingkat yang timbul pada suatu transformator terendam minyak, umumnya akan berkaitan dengan suatu tekanan lebih didalam tangki, karena gas yang dibentuk oleh decomposisi dan evaporasi minyak. Dengan melengkapi sebuah pelepasan tekanan pada trafo maka tekanan lebih yang membahayakan tangki trafo dapat dibatasi besarnya. Apabila tekanan lebih ini tidak dapat dieliminasi dalam waktu beberapa millidetik, tangki trafo akan meledak dan terjadi panas lebih pada cairan, konsekuensinya pada dasarnya harus memberikan suatu peralatan pengaman. Peralatan pengaman harus cepat bekerja mengevakuasi tekanan tersebut.

c. relai diferensial (*differential relay*)

Relai diferensial berfungsi untuk mengamankan transformator terhadap gangguan hubung singkat yang terjadi di dalam daerah pengaman transformator. Relai ini merupakan pengaman utama (*main protection*) yang sangat selektif dan cepat sehingga tidak perlu dikoordinir dengan relai lain dan tidak memerlukan *time delay*.

d. relai arus lebih (*over current relay*)

Relai ini berfungsi untuk mengamankan transformator terhadap gangguan hubung singkat antar fasa didalam maupun diluar daerah pengaman transformator. Juga diharapkan relai ini mempunyai sifat komplementer dengan relai beban lebih. relai ini berfungsi pula sebagai pengaman cadangan bagi bagian instalasi lainnya.

e. relai hubung tanah (*ground fault relay*)

Relai hubung tanah adalah suatu relai yang bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai setting pengaman tertentu dan dalam jangka waktu tertentu bekerja apabila terjadi gangguan hubung singkat fasa ke tanah. Relai hubung tanah hanya efektif dipakai untuk pentanahan netral langsung atau dengan tahanan rendah.



f. relai thermis (thermal relay)

Untuk mengetahui suhu operasi dan indikasi ketidaknormalan suhu operasi pada transformator digunakan relai thermal. Relai thermal ini terdiri dari sensor suhu berupa thermocouple, pipa kapiler dan meter penunjukan.

g. arrester

Penangkal petir (arrester) adalah proteksi bagi peralatan listrik terhadap tegangan lebih yang disebabkan oleh petir. Alat ini berfungsi untuk melakukan arus kilat ke sistem pentanahan sehingga tidak menimbulkan tegangan lebih yang merusak isolasi peralatan listrik. Agar tidak mengganggu aliran sistem, maka pada keadaan normal arrester berlaku sebagai konduktor yang tahanannya relative rendah. Akibatnya arrester dapat melakukan arus yang tinggi ke tanah dan setelah surya hilang, arrester dengan cepat kembali menjadi isolasi.

2.3 Gangguan Pada Transformator

Dalam sistem tenaga listrik, gangguan didefinisikan sebagai terjadinya suatu kerusakan dalam penyaluran daya listrik yang menyebabkan aliran arus listrik lebih besar dari aliran arus yang seharusnya. Secara umum, gangguan pada transformator dibagi menjadi dua jenis yaitu gangguan internal dan gangguan eksternal. Gangguan internal adalah gangguan yang berasal dari transformator itu sendiri sedangkan gangguan eksternal adalah gangguan yang berasal dari luar transformator dan dapat terjadi kapan saja dengan waktu yang tidak dapat ditentukan. Gangguan internal dibagi menjadi dua jenis, yaitu gangguan incipien dan gangguan elektrik. Gangguan incipien yaitu gangguan yang dimulai oleh suatu gangguan kecil dan tidak berarti namun secara lambat akan menimbulkan kerusakan. Gangguan ini akan dideteksi oleh relai pengaman mekanis seperti relai bucholz, relai jansen dan relai sudden pressure. Gangguan elektrik yaitu gangguan elektrik yang dideteksi oleh relai proteksi utama transformator.



2.3.1 Gangguan internal

Gangguan yang termasuk dalam gangguan internal adalah :

a. terjadinya busur api (arc) yang kecil dan pemanasan lokal yang disebabkan oleh :

- Cara penyambungan konduktor yang tidak baik
- Kontak-kontak listrik yang tidak baik
- Kerusakan isolasi antara inti baut

b. gangguan pada sistem pendingin

Pada umumnya banyak transformator menggunakan minyak transformator sebagai isolasi sekaligus merupakan bahan pendingin. Dan kenyataannya adalah ketika terjadi gangguan di dalam transformator tersebut, maka di dalam minyak itu akan timbul sejumlah gas.

c. Arus sirkulasi pada transformator yang bekerja paralel

2.3.2 Gangguan eksternal

Gangguan yang termasuk dalam gangguan eksternal adalah :

a. hubung singkat luar (*external short circuit*)

Hubung singkat ini terjadi di luar transformator, seperti di bus, di penyulang (feeder) dan di sistem yang merupakan sumber bagi transformator tersebut.

b. beban lebih (*overload*)

Transformator daya akan bekerja secara kontinu apabila transformator tersebut berada pada beban nominalnya. Namun apabila beban yang dilayani lebih besar dari 100%, maka transformator tersebut akan mendapat pemanasan lebih dan hal ini akan mempersingkat umur isolasi transformator keadaan beban lebih berbeda dengan arus lebih. Pada beban lebih, besar arus hanya kira-kira 10% di atas nominal dan dapat diputuskan setelah berlangsung beberapa puluh menit. Sedangkan pada arus lebih, besar arus mencapai beberapa kali arus nominal dan harus diputuskan secepat mungkin.



c. gelombang surja

Surja petir adalah gejala tegangan lebih transien yang disebabkan oleh sambaran petir. Pada saluran transmisi performa petir menjadi salah satu faktor dominan dalam perancangan menara dan saluran transmisi.

2.4 Sistem Proteksi Transformator

Sistem proteksi bertujuan untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian yang terganggu dari bagian lain yang masih normal sekaligus mengamankan bagian yang masih normal tersebut dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar. 5 syarat yang harus dimiliki oleh sistem tenaga listrik, yaitu :

a. Selektifitas

Sistem proteksi harus dapat memilih bagian sistem yang harus diisolir apabila relai proteksi mendeteksi gangguan. Bagian yang dipisahkan dari sistem yang normal adalah bagian yang terganggu saja.

b. Keandalan (*reliable*)

Suatu sistem proteksi dikatakan handal jika dapat bekerja dengan baik dan benar pada berbagai kondisi sistem. Keandalan sistem proteksi dibagi atas dua unsur yaitu kemampuan relai yang selalu bekerja dengan baik pada kondisi abnormal dan kemampuan relai untuk tidak bekerja pada kondisi normal.

c. Kecepatan kerja

Tujuan terpenting dari sistem proteksi adalah memisahkan bagian yang terkena gangguan dari sistem yang normal dengan cepat agar tidak menimbulkan kerugian yang lebih besar. Sistem proteksi harus memiliki tingkat kecepatan yang tinggi agar meningkatkan mutu pelayanan, keamanan manusia, peralatan dan stabilitas operasi.

d. Sensitifitas

Sensitifitas adalah kepekaan relai proteksi terhadap segala macam gangguan dengan tepat yakni gangguan yang terjadi di daerah perlindungannya.



e. Ekonomis dan sederhana

Sistem proteksi yang digunakan hendaknya ekonomis dengan tidak mengesampingkan fungsi dan keandalannya. Relai proteksi adalah suatu piranti baik elektrik maupun magnetik yang dirancang untuk mendeteksi suatu kondisi ketidaknormalan yang tidak diinginkan terjadi pada peralatan sistem tenaga listrik. Jika terjadi ketidaknormalan pada sistem tenaga listrik, maka secara otomatis relai proteksi akan memberikan sinyal atau perintah untuk membuka pemutus tenaga (circuit breaker) agar bagian yang terganggu dapat dipisahkan dari sistem yang normal. Relai proteksi juga berfungsi untuk menunjukkan lokasi dan macam gangguannya sehingga memudahkan evaluasi pada saat terjadi gangguan.

2.5 ETAP (Electric Transient and Analysis Program)

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 atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. ETAP ini awalnya dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan kualitas kearnanan fasiitas nuklir di Arnerika Serikat yang selanjutnya dikembangkan menjadi sistem monitor manajemen energi secara *real time*, simulasi, kontrol, dan optimasi sistem tenaga listrik, (Awaluddin, 2007). ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (*one line diagram*) dan jalur sistem pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: aiiran daya, hubung singkat, starting motor, *trancient 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 pentanahan. 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/diagram satu garis . Program ini dirancang sesuai dengan tiga konsep utama:

a. Virtual reality operasi

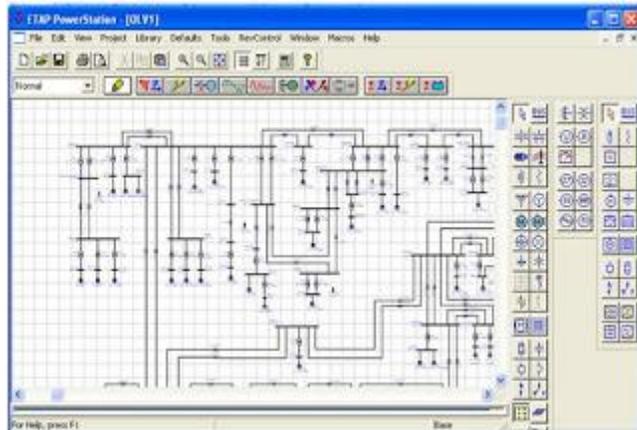
Sistem operational yang ada pada program sangat mirip dengan sistem operasi pada kondisi real nya. Misalnya, ketika Anda membuka atau menutup sebuah sirkuit breaker, menempatkan suatu elemen pada sistem, mengubah status operasi suatu motor, dan untuk kondisi de-energized pada suatu elemen dan sub-elemen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

b. Total integration data

Etap Power Station menggabungkan informasi sistem elektrikal, sistem logika, sistem mekanik, dan data fisik dari suatu elemen yang dimasukkan dalam sistem database yang sama. Misalnya, untuk elemen sebuah kabel, tidak hanya berisikan data kelistrikan dan tentang dimensi fisik nya, tapi juga memberikan informasi melalui raceways yang di lewati oleh kabel tersebut. Dengan demikian, data untuk satu kabel dapat digunakan untuk dalam menganalisa aliran beban (load flow analysis) dan analisa 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 di lapangan untuk berbagai jenis analisa atau desain.



Gambar 2.10 contoh diagram satu garis ETAP

ETAP PowerStation dapat melakukan penggambaran single line diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisa/studi yakni Load Flow (aliran daya), Short Circuit (hubung singkat), motor starting, harmonisa, transient stability, protective device coordination, dan cable derating.

ETAP PowerStation 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 PowerStation adalah :

- **One Line Diagram**, menunjukkan hubungan antar komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
- **Library**, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektris maupun mekanis dari peralatan yang detail/lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisa.
- **Standar yang dipakai**, biasanya mengacu pada standar IEC atau ANSI, frekuensi sistem dan metode – metode yang dipakai.
- **Study Case**, berisikan parameter – parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.

2.5.1 Elemen AC proteksi sistem tenaga listrik

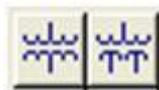
Komponen elemen *ac* pada *software power station* ETAP dalam bentuk diagram satu garis ditunjukkan pada Gambar, kecuali elemen-elemen IDs, penghubung bus dan status. Semua data elemen *ac* dimasukkan dalam editor yang telah dipertimbangkan oleh para ahli teknik. Daftar seluruh elemen *ac* pada *software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



Gambar 2.11 elemen-elemen AC di ETAP

a. transformator

Transformator 2 kawat sistem distribusi dimasukkan dalam *editor power station software* transformator 2 kawat pada *power station software* ETAP ditunjukkan Gambar Simbol transformator 2 kawat.



Gambar 2.12 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 2.13 simbol generator di ETAP

c. load

Beban listrik sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam *editor power station* ETAP berupa rated kV dan MVA yang ditampilkan pada bagian atas informasi editor load. Di ETAP terdapat dua macam beban, yaitu beban statis dan beban dinamis. Simbol generator sinkron pada *power station software* ETAP ditunjukkan pada Gambar.



Gambar 2.14 simbol beban statis dan dinamis di ETAP

d. pemutus 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 2.15 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 pemodelan 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 2.16 simbol bus di ETAP

2.5.2 Elemen-elemen di ETAP

Suatu sistem tenaga 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

2.5.3 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 perhitungan aliran daya dapat dipilih untuk efisiensi perhitungan yang lebih baik. Metode perhitungan aliran daya pada *software* ETAP ada tiga, yaitu: Newton Raphson, Fast-Decouple dan Gauss Seidel seperti yang telah diuraikan sebelumnya.



Gambar 2.17 toolbar load flow di ETAP

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



- *Run Load Flow* adalah *icon toolbar* aliran daya yang menghasilkan atau menampilkan hasil perhitungan aliran daya sistem distribusi tenaga listrik dalam diagram satu garis.
- *Update Cable Load Current* adalah *icon toolbar* untuk merubah kapasitas arus pada kabel sebelum load flow di running
- *Display Option* adalah bagian tombol untuk menampilkan hasil aliran daya.
- *Alert* adalah *icon* untuk menampilkan batas kritis dan marginal dari hasil keluaran aliran daya sistem distribusi tenaga listrik.
- *Report Manager* adalah *icon* untuk menampilkan hasil aliran daya dalam bentuk report yang dapat dicetak.

2.5.4 Elemen hubung singkat

Short-Circuit Analysis pada Etap Power Station menganalisa 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 PowerStation menghitung arus total hubung singkat yang terjadi. Etap Power Station menggunakan standar ANSI/IEEE (seri C37) dan IEC (IEC 909 dan lainnya) dalam menganalisa gangguan hubung singkat yang bisa 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.

Untuk dapat melakukan analisa hubung singkat ini maka pada bus yang akan dianalisa harus diberi gangguan dengan cara pada bus yang diinginkan ada gangguan di klik kanan setelah itu pilih option fault, jika ingin mengembalikan seperti semula pilih option don't fault (lihat gambar).



Gambar 2.18 toolbar short circuit di ETAP

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

a. toolbar ANSI standard



Gambar 2.19 toolbar short circuit ANSI sandard di ETAP

- 3-Phase Fault Device Duty : untuk menganalisa gangguan 3 fasa.
- 3-Phase Faults - 30 Cycle Network : untuk menganalisa gangguan 3 fasa pada system dengan waktu 30 cycle.
- LG, LL, LLG, & 3-Phase Faults - 1/2 Cycle: untuk menganalisa gangguan satu fasa ke tanah , antar fasa, dua fasa ke tanah dan 3 fasa selama 1/2 cycle
- LG, LL, LLG, & 3-Phase Faults - 1.5 to 4 Cycle: untuk menganalisa gangguan satu fasa ke tanah , antar fasa, dua fasa ke tanah dan 3 fasa antara 1,5 sampai 4 cycle.
- LG, LL, LLG, & 3-Phase Faults - 30 Cycle: untuk menganalisa gangguan satu fasa ke tanah , antar fasa, dua fasa ke tanah dan 3 fasa selama 30 cycle
- Save Fault kA for PowerPlot: untuk studi lebih lanjut dengan program powerplot yang berhubungan dengan koordinasi.
- Short circuit Display Options: untuk mengatur hasil short circuit yang ditampilkan sesuai dengan peralatan yang operasi.

- Short circuit Report Manager: untuk menampilkan hasil short circuit
- Halt Current Calculation: untuk menghentikan proses running short circuit
- Get Online Data: untuk menyalin data online jika computer interkoneksi dengan menggunakan PSMS (online feature)
- Get Archived Data: untuk menyalin data online jika computer terinterkoneksi.

b. toolbar IEC standard



Gambar 2.20 toolbar short circuit IEC standard di ETAP

- 3-Phase Faults - Device Duty (IEC909): untuk menganalisa gangguan 3 fasa sesuai standar IEC 909.
- LG, LL, LLG, & 3-Phase Faults (IEC 909) : untuk menganalisa gangguan satu fasa ke tanah , antar fasa, dua fasa ke tanah dan 3 fasa dengan standar IEC 909.
- 3-Phase Faults - Transient Study (IEC 363): untuk menganalisa gangguan satu fasa ke tanah , antar fasa, dua fasa ke tanah dan 3 fasa dengan standar IEC 363.
- Save Fault kA for PowerPlot: untuk studi lebih lanjut dengan program powerplot yang berhubungan dengan koordinasi.
- Short circuit Display Options: untuk mengatur hasil short circuit yang ditampilkan sesuai dengan peralatan yang operasi.
- Short circuit Report Manager: untuk menampilkan hasil short circuit
- Halt Current Calculation: untuk menghentikan proses running short circuit
- Get Online Data: untuk menyalin data online jika computer interkoneksi dengan menggunakan PSMS (online feature)
- Get Archived Data: untuk menyalin data online jika computer terinterkoneksi