



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik⁽¹⁾

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk menggunakan transformator *step-up* menjadi 70 kV, 154 kV, 220 kV atau 500 kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana 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.

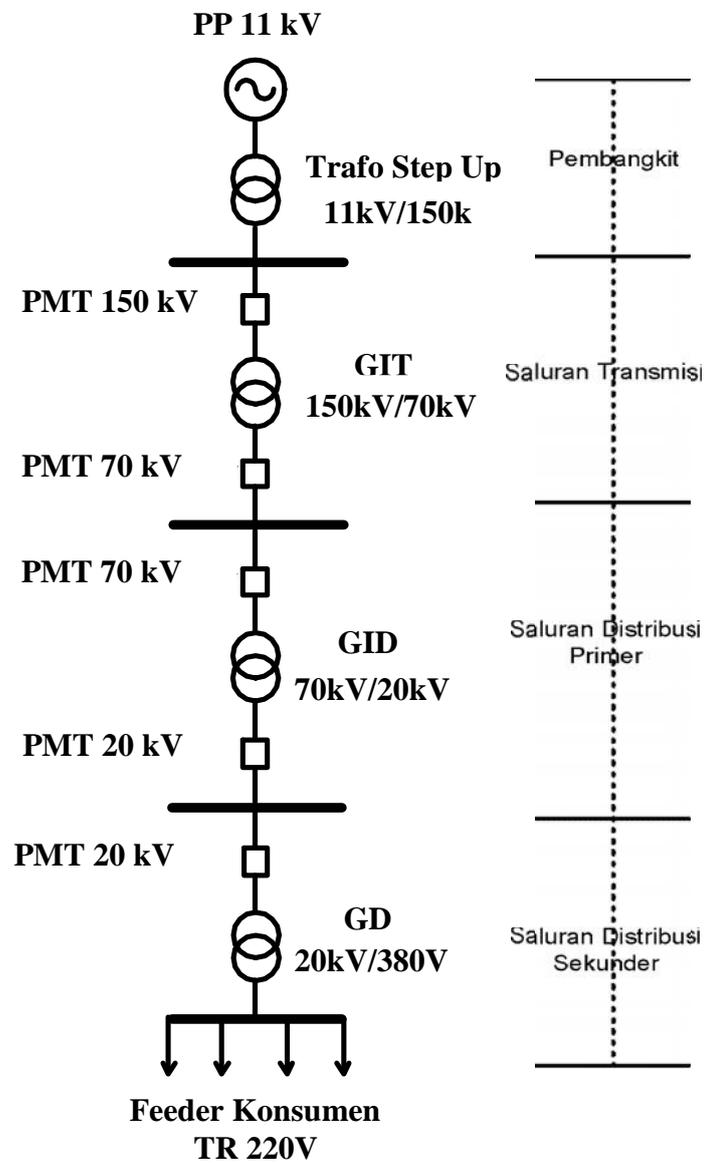
Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV menggunakan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi yang kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi menurunkan tegangannya menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220V/380V. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen.

Pada sistem penyaluran daya jarak jauh digunakan tegangan setinggi mungkin dengan menggunakan trafo *step-up*. Nilai tegangan yang sangat tinggi ini menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain: berbahaya bagi lingkungan dan mahalnya harga perlengkapan-perengkapannya, selain itu menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada sisi beban. Oleh karena itu, pada daerah-daerah pusat beban, tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan trafo *step-down*. Dalam hal ini jelas bahwa sistem

¹ Suhadi dkk. 2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*. Hal.11



distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1
Sistem tenaga listrik⁽²⁾

Keterangan:

TR	= Tegangan Rendah	PP	= Power Plan
GIT	= Gardu Induk Transmisi	GID	= Gardu Induk Distribusi
GD	= Gardu Distribusi		

²Abdul Kadir. 2000. *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Hal 5



Baik atau tidaknya suatu sistem distribusi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah regulasi tegangan, kontinuitas penyaluran, efisiensi, dan harga sistem. Oleh karena itu, suatu sistem distribusi harus memiliki regulasi tegangan yang tidak terlalu besar, gangguan pada pelayanan yang tidak terlalu lama, serta biaya sistem yang tidak terlalu mahal.

2.1.1 Sistem jaringan distribusi primer

Sistem jaringan distribusi primer atau sering disebut jaringan distribusi tegangan menengah ini terletak antara gardu induk dengan gardu distribusi (gardu pembagi), yang memiliki tegangan sistem lebih tinggi dari tegangan terpakai untuk konsumen. Standar tegangan untuk jaringan distribusi primer ini adalah tegangan sistem diatas 1000 V sampai dengan 35000 V.

2.1.2 Sistem jaringan distribusi sekunder

Sistem jaringan distribusi sekunder atau sering disebut jaringan distribusi tegangan rendah (JDTR), merupakan jaringan yang berfungsi sebagai penyalur tenaga listrik dari gardu-gardu pembagi (gardu distribusi) ke pusat-pusat beban (konsumen tenaga listrik). Besarnya standar tegangan untuk jaringan distribusi sekunder ini adalah 127/220 V untuk sistem lama, dan 220/380 V untuk sistem baru, serta 440/550 V untuk keperluan industri. Besarnya tegangan maksimum yang diizinkan adalah 3 - 4% lebih besar dari tegangan nominalnya. Penetapan ini sebanding dengan besarnya nilai tegangan jatuh (*drop voltage*) yang telah ditetapkan berdasarkan PUIL 661 F.1, bahwa rugi-rugi daya pada suatu jaringan adalah 15%. Dengan adanya pembatasan tersebut stabilitas penyaluran daya ke pusat-pusat beban tidak terganggu.

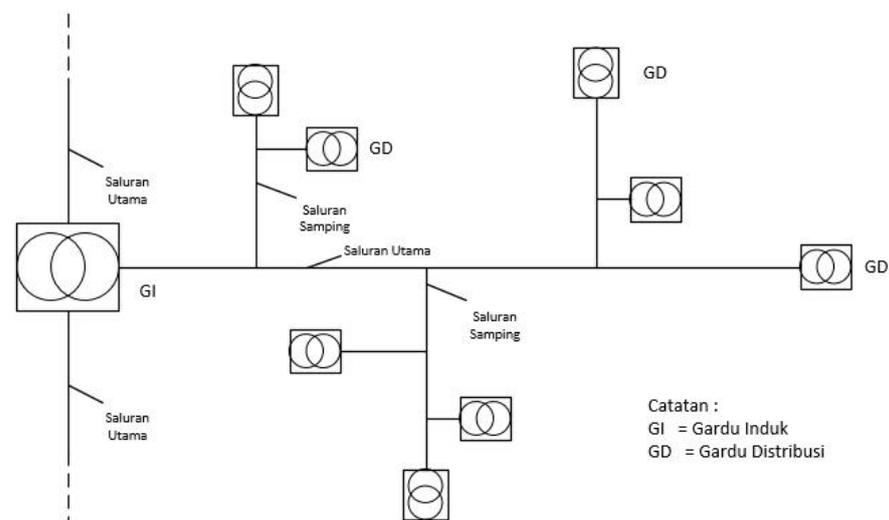
2.2 Konfigurasi Sistem Distribusi

Secara umum konfigurasi jaringan tenaga listrik mempunyai berbagai jenis konsep konfigurasi diantaranya:



2.2.1 Jaringan distribusi radial

Yaitu jaringan yang hanya mempunyai satu pasokan tenaga listrik, jika terjadi gangguan maka akan terjadi “*black-out*” atau padam pada bagian yang tidak dapat dipasok. Sistem distribusi radial seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.2 adalah yang jenis paling sederhana dan paling banyak dipakai, terdiri atas fider (*feeders*) atau rangkaian sendiri yang seolah-olah keluar dari suatu sumber atau wilayah tertentu secara radial.



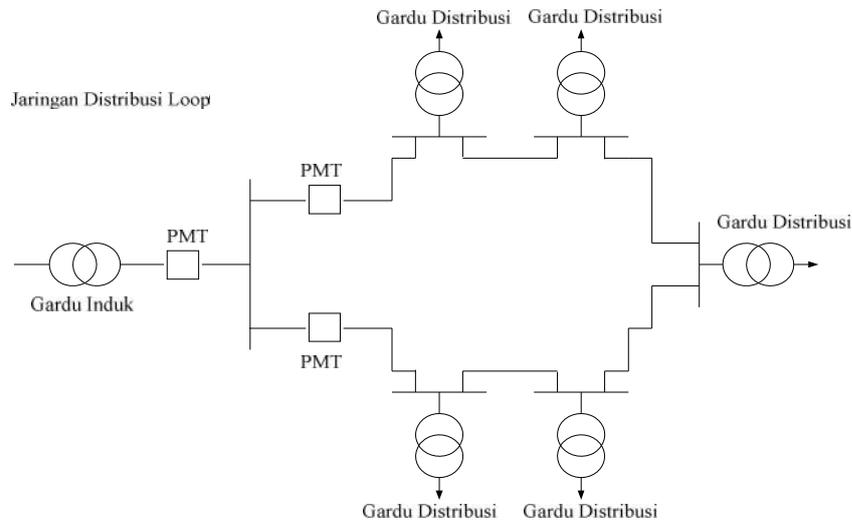
Gambar 2.2

Skema saluran sistem radial⁽³⁾

2.2.2 Jaringan distribusi loop

Yaitu jaringan yang mempunyai alternatif pasokan tenaga listrik jika terjadi gangguan. Sehingga bagian yang mengalami pemadaman (*black-out*) dapat dikurangi atau bahkan dihindari. Pada jaringan tegangan menengah struktur lingkaran (*Loop*) seperti pada Gambar 2.3 memungkinkan pemasokannya dari beberapa gardu induk, sehingga dengan demikian maka tingkat keandalan jaringan distribusi ini relatif lebih baik.

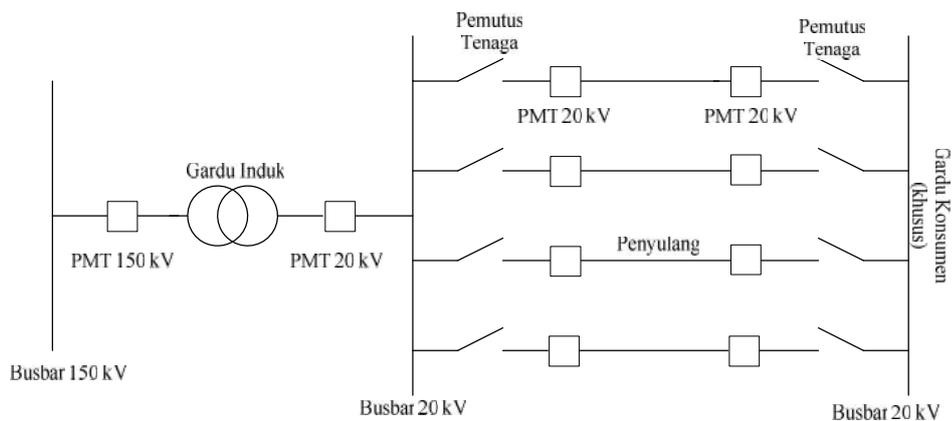
³ Abdul Kadir. 2000. *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Hal 22



Gambar 2.3
Konfigurasi jaringan loop⁽⁴⁾

2.2.3 Jaringan hantaran penghubung (*Tie Line*)

Sistem distribusi *Tie Line* seperti yang ditunjukkan Gambar 2.4 digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam (Bandar Udara, Rumah Sakit dan lain-lain). Sistem ini memiliki minimal dua penyulang sekaligus dengan setiap penyulang langsung terkoneksi ke gardu pelanggan khusus. Sehingga apabila salah satu penyulang mengalami gangguan maka pasokan listrik akan dipindah ke penyulang lain.



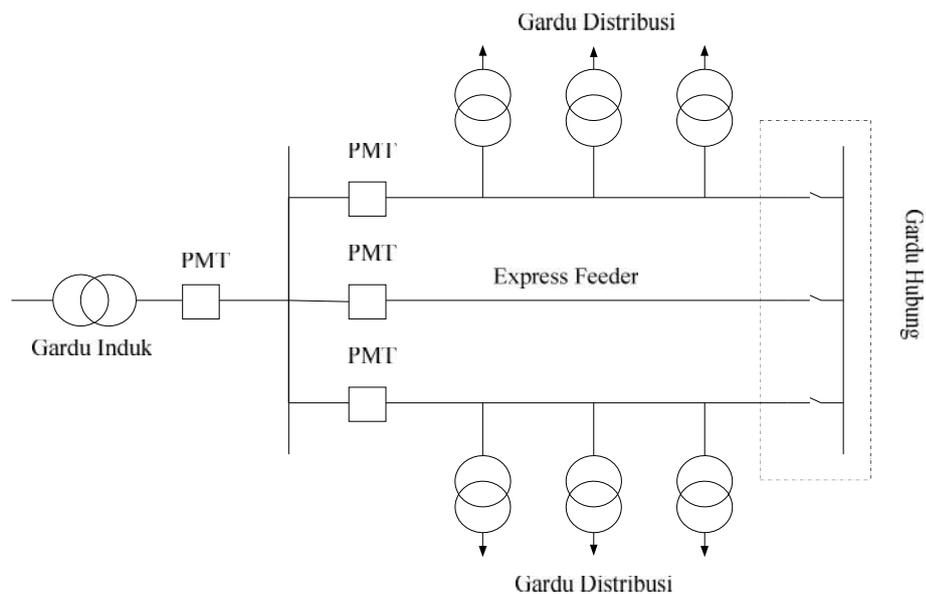
Gambar 2.4
Konfigurasi jaringan hantaran penghubung

⁴Suhadi dkk. 2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*. Hal.20



2.2.4 Jaringan distribusi spindel

Konfigurasi spindel seperti yang ditunjukkan Gambar 2.5 umumnya dipakai pada saluran kabel bawah tanah. Pada konfigurasi ini dikenal 2 jenis penyulang yaitu penyulang cadangan (*standby* atau *express feeder*) dan penyulang operasi (*working feeder*). Penyulang cadangan tidak dibebani dan berfungsi sebagai *back-up* suplai jika terjadi gangguan pada penyulang operasi.

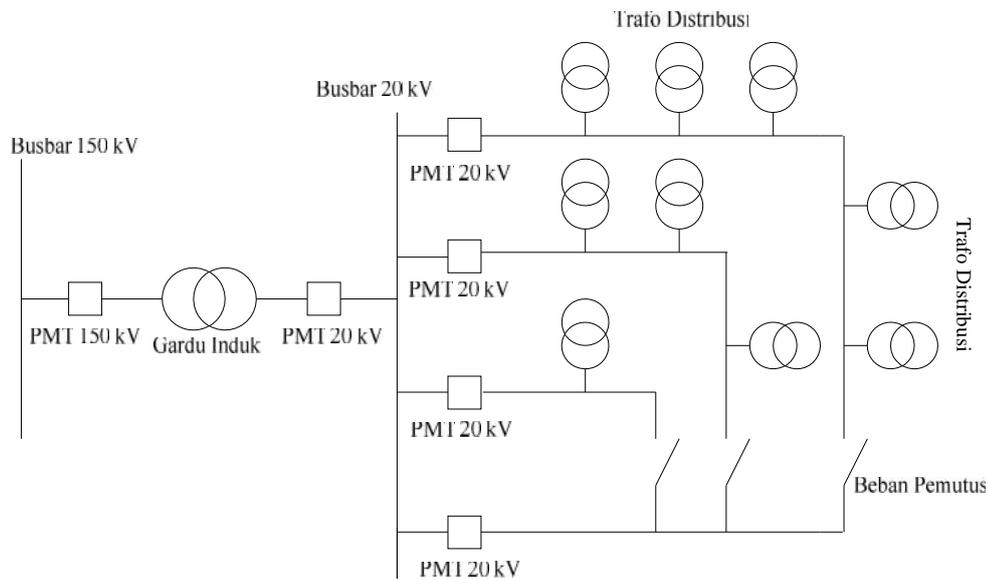


Gambar 2.5

Konfigurasi jaringan spindel

2.2.5 Jaringan sistem gugus

Jaringan sistem gugus atau yang juga sering disebut jaringan kluster, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.6 banyak digunakan untuk kota besar yang mempunyai kerapatan beban yang tinggi. Dalam sistem ini terdapat saklar pemutus beban dan penyulang cadangan. Dimana penyulang ini berfungsi apabila ada gangguan yang terjadi pada salah satu penyulang konsumen maka cadangan penyulang inilah yang akan menggantikan fungsi suplai ke konsumen.



Gambar 2.6

Konfigurasi sistem gugus

2.3 Jenis - jenis Penghantar Pada Sistem Jaringan Distribusi Primer⁽⁵⁾

Jaringan distribusi SUTM 20 KV pada umumnya menggunakan jenis kawat yaitu saluran yang konduktornya tidak dilapisi isolasi sebagai pelindung luar (telanjang). Tipe demikian dipergunakan pada pasangan luar yang diharapkan terbebas dari sentuhan misalnya untuk jenis kabel yaitu saluran yang konduktornya dilindungi (dibungkus) lapisan isolasi.

Bahan konduktor yang paling populer digunakan adalah tembaga (*copper*) dan aluminium. Tembaga mempunyai kelebihan dibandingkan dengan kawat penghantar aluminium karena konduktivitas dan kuat tariknya lebih tinggi. Tetapi kelemahannya ialah untuk besar tahanan yang sama, tembaga lebih berat dari aluminium, dan juga lebih mahal. Oleh karena itu kawat penghantar aluminium telah menggantikan kedudukan tembaga. Untuk memperbesar kuat tarik dari kawat aluminium digunakan campuran aluminium (*aluminium alloy*). Berbagai macam jenis penghantar aluminium yang ada yaitu sebagai berikut :

1. AAC “*all-aluminium conductors*”, seluruhnya terbuat dari aluminium.
2. AAAC “*all-aluminium-alloy conductors*”, seluruhnya terbuat dari campuran

⁵William D.Stevenson, Jr. 1994. *Analisa Sistem Tenaga Listrik*. Hal. 37



aluminium.

3. ACSR “*Aluminium conductor, steel-reinforced*”, penghantar aluminium yang diperkuat dengan baja.
4. ACAR “*aluminium conductor, alloy-reinforced*”, penghantar aluminium yang diperkuat dengan logam campuran.

2.4 Daya Listrik⁽⁶⁾

Pengertian daya listrik adalah perkalian antara tegangan yang diberikan dengan hasil arus yang mengalir. Daya dikatakan *positif*, ketika arus yang mengalir bernilai positif artinya arus mengalir dari sumber tegangan menuju rangkaian (transfer energi dari sumber ke rangkaian). Sedangkan, daya dikatakan *negatif*, ketika arus yang mengalir bernilai negatif artinya arus mengalir dari rangkaian menuju sumber tegangan (transfer energi dari rangkaian ke sumber).

2.4.1 Daya semu

Daya semu merupakan energi total dalam rangkaian arus bolak balik baik yang dihamburkan, diserap ataupun yang dikembalikan. Daya ini merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus yang melalui penghantar.

Untuk 1 fasa yaitu :

$$|S| = V \cdot I \dots\dots\dots(2.1)^{(7)}$$

Untuk 3 fasa yaitu :

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3}V_L I_L \dots\dots\dots(2.2)^{(8)}$$

Dimana :

S = Daya semu (VA)

P = Daya aktif (Watt)

⁶Ramdhani, Mohamad. 2008. *Rangkaian Listrik*. Hal. 269.

⁷Subir Ray. *Electrical Power Systems*. Pretince Hall of India Private Limited.2007. Hal 18.

⁸Kothari, D.P dan I. J. Nagrath. *Power System Engineering*. Tata MCGraw-Hill Publishing Company Limited. 2008. Hal 158.



Q = Daya reaktif (VAr)

V = Tegangan Fasa-Netral (Volt)

V_L = Tegangan Line-Line (Volt)

I/I_L = Arus Yang Mengalir Pada Penghantar (Ampere)

2.4.2 Daya aktif

Daya aktif atau disebut juga dengan daya nyata adalah daya yang dipakai untuk menggerakkan berbagai macam peralatan mekanik. Daya aktif ini merupakan pembentukan dari besar tegangan yang kemudian dikalikan dengan besaran arus dan faktor dayanya.

Untuk 1 phasa :

$$P = V \cdot I \cdot \cos\theta \dots\dots\dots(2.3)^{(9)}$$

Untuk 3 phasa :

$$P = \sqrt{3}V_L I_L \cos\theta_p \dots\dots\dots(2.4)^{(8)}$$

Dimana :

P = Daya Nyata (Watt)

V = Tegangan Fasa-Netral (Volt)

V_L = Tegangan Line-Line (Volt)

I = Arus yang mengalir pada penghantar (Ampere)

$\cos \theta_p$ = Faktor Daya (Standar PLN = 0,85)

2.4.3 Daya reaktif

Daya reaktif merupakan selisih antara daya semu yang masuk pada penghantar dengan daya aktif pada penghantar itu sendiri, dimana daya ini terpakai untuk daya mekanik dan panas. Daya reaktif ini adalah hasil kali antara besarnya arus dan tegangan yang dipengaruhi oleh faktor daya.

⁹Subir Ray. *Electrical Power Systems*. Pretince Hall of India Private Limited.2007. Hal 17.

⁸Kothari, D.P dan I. J. Nagrath. *Power System Engineering*. Tata MCGraw-Hill Publishing Company Limited. 2008. Hal 158.



Untuk 1 fasa :

$$Q = V \cdot I \cdot \sin\theta \dots\dots\dots(2.5)^{(9)}$$

Untuk 3 fasa :

$$Q = \sqrt{3}V_L I_L \sin\theta_p \dots\dots\dots(2.6)^{(8)}$$

Dimana :

Q = Daya reaktif (VAr)

V = Tegangan Fasa-Netral (Volt)

V_L = Tegangan Line-Line (Volt)

I = Arus (Ampere)

Sin θ_p = Faktor Daya (tergantung nilai θ)

2.4.4 Faktor daya

Faktor daya atau faktor kerja adalah perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu/daya total (VA). Dengan kata lain dapat dikatakan merupakan cos-sinus sudut antar daya aktif dan daya semu/daya total. Daya reaktif (VAR) yang tinggi akan meningkatkan sudut dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah. Adapun rumus untuk menghitung faktor daya adalah:

$$\text{pf} = \frac{P}{S} = \frac{V_{eff} I_{eff} \cos\theta}{V_{eff} I_{eff}} = \cos\theta \dots\dots\dots(2.7)^{(10)}$$

2.5 Parameter Saluran

Seluruh saluran yang menggunakan penghantar dari suatu sistem tenaga listrik memiliki sifat-sifat listrik sebagai parameter saluran seperti resistansi, induktansi, kapasitansi dan konduktansi. Oleh karena saluran distribusi memiliki saluran yang tidak begitu panjang (kurang dari 80 km) dan menggunakan

⁹Subir Ray. *Electrical Power Systems*. Prentice Hall of India Private Limited.2007. Hal 17.

⁸Kothari, D.P dan I. J. Nagrath. *Power System Engineering*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. 2008. Hal 158.

¹⁰Ramdhani ,Mohamad. 2008. *Rangkaian Listrik*, Hal. 273.



tegangan yang tidak lebih besar dari 69 kV, maka kapasitansi dan konduktansi sangat kecil dan dapat diabaikan.

Resistansi yang timbul pada saluran dihasilkan dari jenis penghantar yang memiliki tahanan jenis dan besar resistansi pada penghantar tergantung pada jenis material, luas penampang dan panjang saluran. Induktansi timbul dari efek medan magnet di sekitar penghantar jika pada penghantar terdapat arus yang mengalir. Parameter ini penting untuk pengembangan model saluran distribusi yang digunakan dalam analisa sistem tenaga.

2.5.1 Resistansi saluran

Resistansi adalah tahanan pada suatu penghantar baik itu pada saluran transmisi maupun distribusi yang dapat menyebabkan kerugian daya. Nilai tahanan suatu penghantar dapat ditentukan dari persamaan :

$$R = \rho \frac{l}{A} \dots \dots \dots (2.8)^{(11)}$$

Dimana :

ρ = Tahanan jenis penghantar (mm^2/m)

l = Panjang saluran (m)

A = Luas penampang penghantar (mm^2)

Kenaikan resistansi karena pembentukan lilitan diperkirakan mencapai 1% untuk penghantar dengan tiga serat dan 2% untuk penghantar dengan lilitan konsentris. Jika suhu dilukiskan pada sumbu tegak dan resistansi pada sumbu mendatar maka titik pertemuan perpanjangan garis dengan sumbu suhu dimana resistansinya sama dengan nol adalah suatu konstanta untuk bahan logam bersangkutan, maka tahanan searahnya dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\frac{R_{t2}}{R_{t1}} = \frac{T_0 + t_2}{T_0 + t_1} \dots \dots \dots (2.9)^{(11)}$$

¹¹William D.Stevenson, Jr. 1994. *Analisa Sistem Tenaga Listrik*. Hal. 39.



Dimana :

R_{t2} = Resistansi penghantar pada suhu t_1 (temperatur sebelum operasi konduktor)

R_{t1} = Resistansi penghantar pada suhu t_2 (temperatur operasi konduktor)

t_1 = Temperatur awal (°C)

t_2 = Temperatur akhir (°C)

T_0 = Konstanta yang ditentukan oleh grafik.

Nilai-nilai konstanta T_0 adalah sebagai berikut:

T_0 = 234,5 untuk tembaga dengan konduktivitas 100%

T_0 = 241 untuk tembaga dengan konduktivitas 97,3%

T_0 = 228 untuk aluminium dengan konduktivitas 61%

2.5.2 Reaktansi saluran

Untuk menentukan besarnya nilai induktansi saluran pada jaringan distribusi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$L = \left(0,5 + 4,6 \log \frac{D-r}{r} \right) \times 10^{-7} H/m \dots \dots \dots (2.10)^{(12)}$$

Dimana D adalah jarak antara konduktor dan r adalah radius masing – masing konduktor tersebut. Bila letak konduktor tidak simetris, maka D pada persamaan diatas perlu diganti dengan :

$$D = \sqrt[3]{D_{12}D_{23}D_{31}} \dots \dots \dots (2.11)^{(12)}$$

Dimana D_{12} , D_{23} , dan D_{31} menunjukkan jarak letak konduktor satu sama lain. Untuk menghitung nilai r penghantar menggunakan persamaan :

$$A = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dari persamaan 2.3 maka dapat dicari nilai reaktansi induktif saluran dengan menggunakan persamaan 2.6 di bawah ini :

$$X_L = \omega L = 2\pi.f.L \dots \dots \dots (2.13)^{(13)}$$

¹²Zuhal. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Gramedia. 1995. Hal. 152.

¹³B.L. Theraja. 1983. *Worked Examples In Electrical Technology*. Techouse. Hal.236.



Dimana :

X_L = Reaktansi induktif saluran (Ω /km)

2π = Sudut arus bolak balik

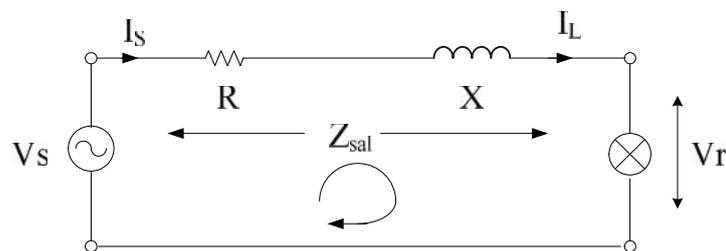
f = Frekuensi sistem (50 Hz)

L = Induktansi dari konduktor (H/km)

2.6 Rugi-rugi Pada Jaringan Distribusi Listrik

Setiap penyaluran tenaga listrik dari sumber tenaga listrik ke konsumen yang letaknya berjauhan selalu terjadi kerugian-kerugian. Nilai kapasitansi saluran distribusi biasanya kecil sehingga dapat diabaikan. Dengan demikian dapat dibuat rangkaian ekuivalen saluran distribusi seperti pada Gambar 2.7.

Dalam Gambar 2.7 ini diberikan diagram pengganti dari saluran distribusi, disini kapasitansi saluran diabaikan.



Gambar 2.7

Diagram pengganti saluran distribusi

Keterangan :

V_s = Tegangan Sumber (Volt)

V_R = Tegangan pada sisi penerima (Volt)

Z_{sal} = Impedansi saluran (Ω)

I = Arus Saluran (Ampere)

R = Resistansi saluran (Ω)

X = Reaktansi saluran (Ω)



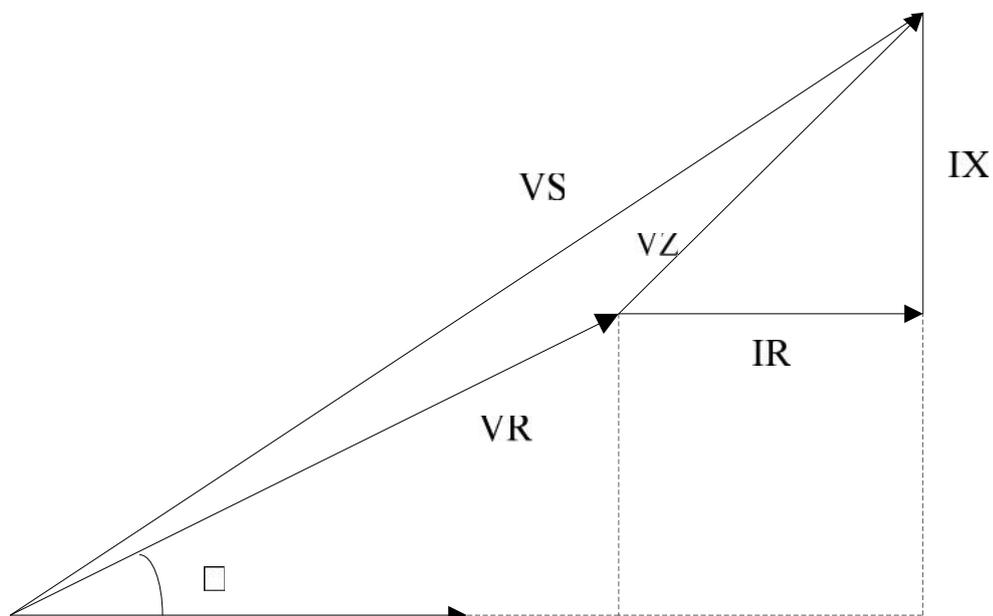
2.7 Jatuh Tegangan

Suatu jaringan distribusi primer dikatakan kondisinya buruk apabila pada jaringan tersebut variasi tegangannya turun atau naik lebih dari tinggi dari harga yang diizinkan, sehingga mempengaruhi peralatan-peralatan listrik konsumen.

Timbulnya penurunan tegangan pada jaringan diakibatkan oleh adanya jatuh tegangan pada jaringan/saluran atau peralatan yang membangun sistem jaringan distribusi primer tersebut. Besarnya jatuh tegangan pada jaringan distribusi primer didefinisikan sebagai selisih tegangan antara sisi pangkal pengirim (V_S) dengan tegangan pada sisi ujung penerima (V_R), atau dapat ditulis sebagai berikut :

$$\Delta V = V_S - V_R \dots \dots \dots (2.14)$$

Berdasarkan rangkaian ekivalen saluran pada gambar dapat digambarkan diagram vektor arus dan tegangan untuk beban dengan sudut daya tertinggal (*lagging*) seperti pada gambar 2.8



Gambar 2.8

Diagram fasor saluran distribusi



Untuk mendapatkan susut tegangan distribusi primer dengan sistem pendekatan seperti pada diagram vektor diatas yaitu dengan mengasumsikan bahwa V_S dan V_R berhimpitan.

$$V_S = V_R + V_Z \text{ atau } V_S - V_R = V_Z \dots\dots\dots (2.15)$$

Sehingga:

$$V_Z = I \times Z \dots\dots\dots (2.16)$$

$$Z = R + jX \dots\dots\dots (2.17)$$

Besar persentase susut tegangan pada saluran distribusi primer dapat dihitung dengan:

$$\%V_{rugi} = \frac{V_Z}{V_S} \times 100\% \dots\dots\dots (2.18)$$

Sedangkan untuk besarnya susut tegangan untuk jaringan dalam volt dapat dihitung dengan persamaan berikut:

Untuk saluran distribusi 1 fasa:

$$V_Z (1 \text{ fasa}) = I \cdot Z \dots\dots\dots (2.19)$$

Untuk saluran distribusi 3 fasa:

$$V_Z (3 \text{ fasa}) = \sqrt{3} \cdot I \cdot Z \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan:

V_Z : Jatuh Tegangan (Volt)

V_S : Tegangan awal (Volt)

I : Arus (Ampere)

V_r : Tegangan akhir (Volt)

R : Resistansi (Ohm)

Z : Impedansi Saluran (Ohm)

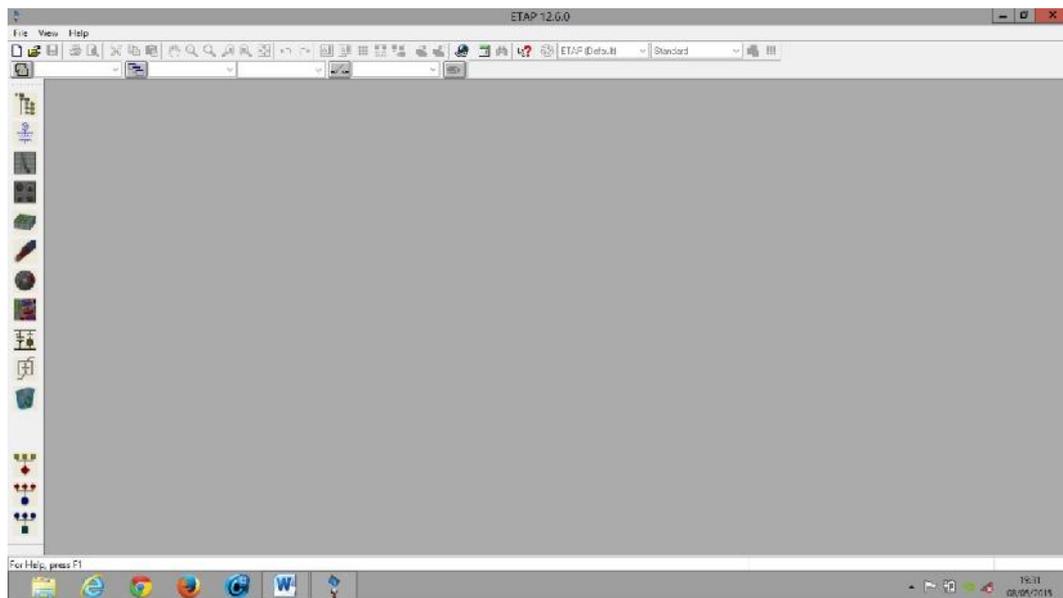
jX : Reaktansi (Ohm)



2.8 ETAP

ETAP adalah suatu *software* analisis yang *comprehensive* untuk mendesain dan mensimulasikan suatu sistem rangkaian tenaga. Analisis yang ditawarkan oleh ETAP yang digunakan oleh penulis adalah tegangan jatuh, *power factor*, dan *losses* jaringan. ETAP juga bisa memberikan *warning* terhadap bus–bus yang *undervoltage* dan *overvoltage* sehingga pengguna bisa mengetahui bus mana yang tidak beroperasi optimal. Untuk menganalisa suatu rangkaian diperlukan data rangkaian yang lengkap dan akurat sehingga hasil perhitungan ETAP bisa dipertanggung jawabkan.

ETAP mengintegrasikan data–data rangkaian tenaga listrik seperti kapasitas pembangkit, panjang jaringan, resistansi jaringan per km, kapasitas busbar, rating trafo, impedansi urutan nol, positif, dan negatif suatu peralatan listrik seperti trafo, generator dan penghantar.



Gambar 2.9

Tampilan awal *software* ETAP

ETAP memungkinkan anda untuk bekerja secara langsung dengan diagram satu garis grafis dan sistem kabel bawah tanah *raceway*. Program ini telah dirancang berdasarkan tiga konsep kunci :



1. Virtual Reality Operasi

Program Operasi menyerupai sistem operasi listrik nyata sedekat mungkin. Sebagai contoh, ketika membuka atau menutup sebuah pemutus sirkuit, tempat elemen dari layanan, atau mengubah status operasi dari motor, unsur *de-energized* dan sub-sistem yang ditunjukkan pada diagram satu garis berwarna abu-abu.

ETAP menggabungkan konsep-konsep baru untuk menentukan perangkat pelindung koordinasi langsung dari diagram satu garis.

2. Integrasi total Data

ETAP menggabungkan listrik, atribut logis, mekanik, dan fisik dari elemen sistem dalam *database* yang sama. Misalnya, kabel tidak hanya berisi data yang mewakili sifat listrik dan dimensi fisik, tapi juga informasi yang menunjukkan *raceways* melalui yang disalurkan.

Dengan demikian, data untuk kabel tunggal dapat digunakan untuk analisis saluran daya atau sirkuit pendek (yang membutuhkan listrik dan parameter koneksi) serta kabel *ampacity derating* perhitungan (yang memerlukan rute fisik data). Integrasi ini menyediakan konsistensi data di seluruh sistem dan menghilangkan *multiple entry* data untuk unsur yang sama.

3. Kesederhanaan di Data Entri

ETAP melacak data rinci untuk setiap alat listrik. Editor data dapat mempercepat proses entri data dengan meminta data minimum untuk studi tertentu. Untuk mencapai hal ini, kita telah terstruktur editor properti dengan cara yang paling logis untuk memasukkan data untuk berbagai jenis analisis atau desain. ETAP diagram satu garis mendukung sejumlah fitur untuk membantu dalam membangun jaringan dari berbagai kompleksitas. Misalnya, setiap elemen secara individu dapat memiliki berbagai orientasi, ukuran, dan simbol-simbol *display* (IEC atau ANSI). Diagram satu garis juga memungkinkan untuk menempatkan beberapa alat pelindung antara sirkuit cabang dan bus.

ETAP menyediakan berbagai pilihan untuk menampilkan atau melihat sistem listrik. Pandangan ini disebut presentasi. Lokasi, ukuran, orientasi, dan

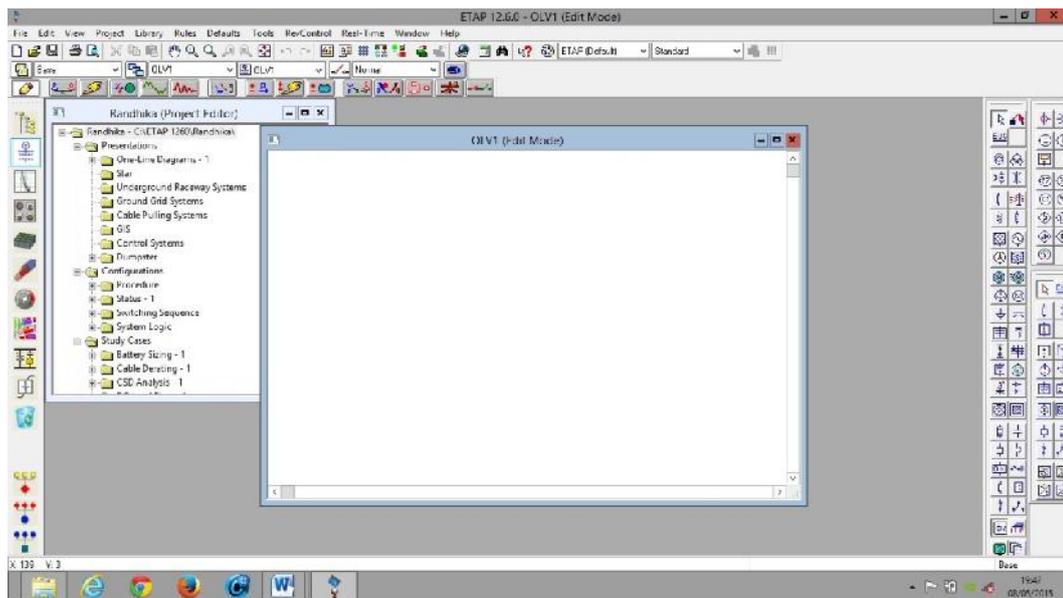


simbol setiap unsur dapat berbeda di masing-masing presentasi. Selain itu, alat pelindung dan *relay* dapat ditampilkan (terlihat) atau disembunyikan (tidak terlihat) untuk presentasi tertentu. Misalnya, satu presentasi dapat menggunakan tampilan *relay* dimana semua perangkat pelindung ditampilkan. Presentasi lain mungkin menunjukkan diagram satu garis dengan beberapa pemutus sirkuit ditampilkan dan sisanya tersembunyi (tata letak paling cocok untuk hasil aliran beban).

2.9 Menggunakan Software ETAP Power Station

Cara-cara menggunakan program ETAP adalah sebagai berikut:

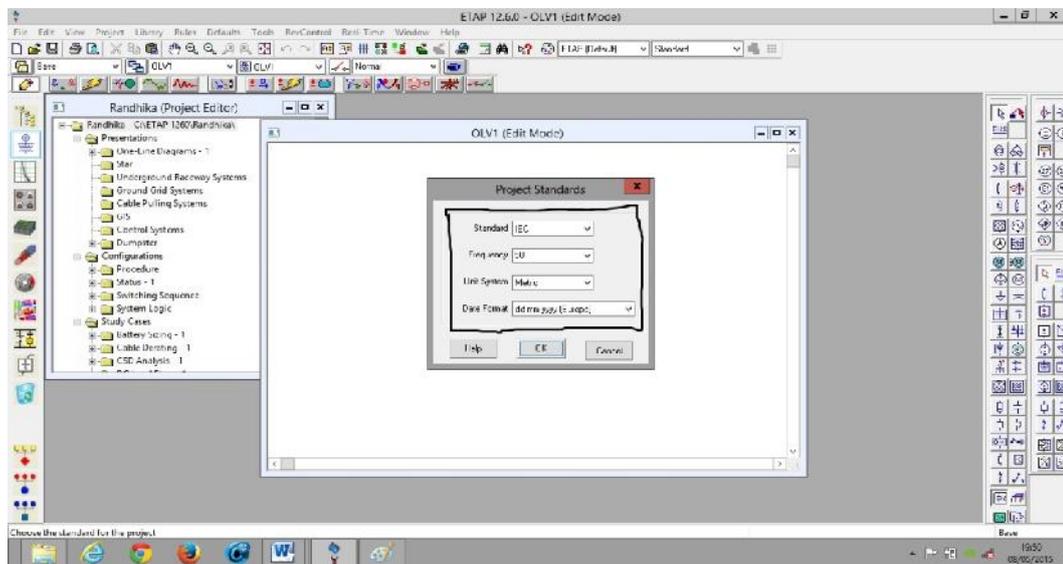
1. *Run* ETAP
2. Pilih file pada tampilan ETAP lalu pilih *new project*



Gambar 2.10

Tampilan proyek baru pada *software* ETAP

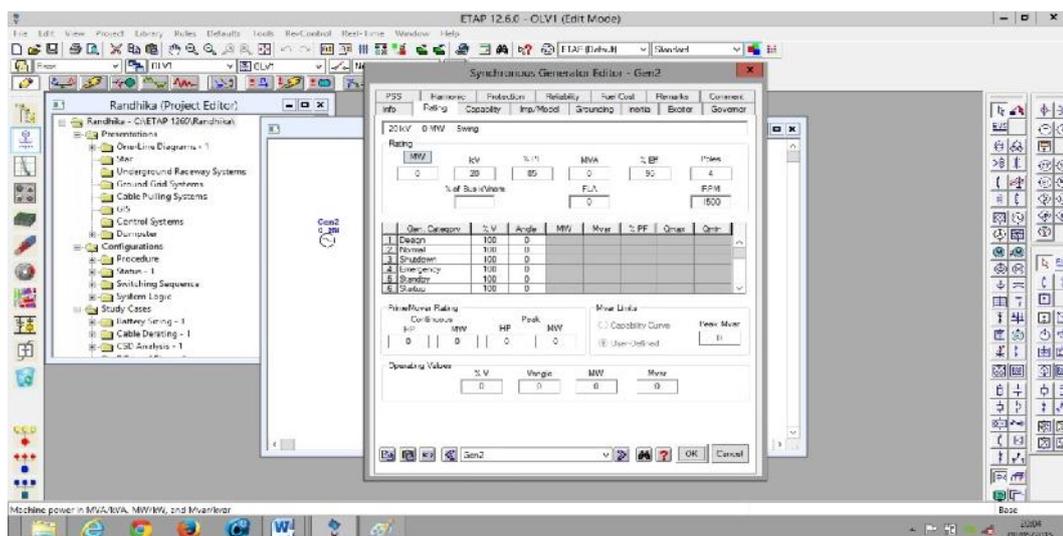
3. Lalu pilih *project* pada tampilan ETAP, setelah itu pilih *standard*
 - Ganti *standard* menjadi IEC
 - *Frequency* ubah menjadi 50 Hz
 - Ganti unit sistem menjadi *metric*



Gambar 2.11

Pengaturan standar pada *software* ETAP

4. Setelah itu masukkan sumber ke dalam lembar kosong di monitor dengan cara mengklik *icon* sumber yang akan dipilih. Misalkan kita pilih *icon* generator.
 - Klik 2 kali pada *icon* generator tersebut
 - Lalu ubah *mode swing* pada info
 - Ubah *rating* menjadi 20 kV

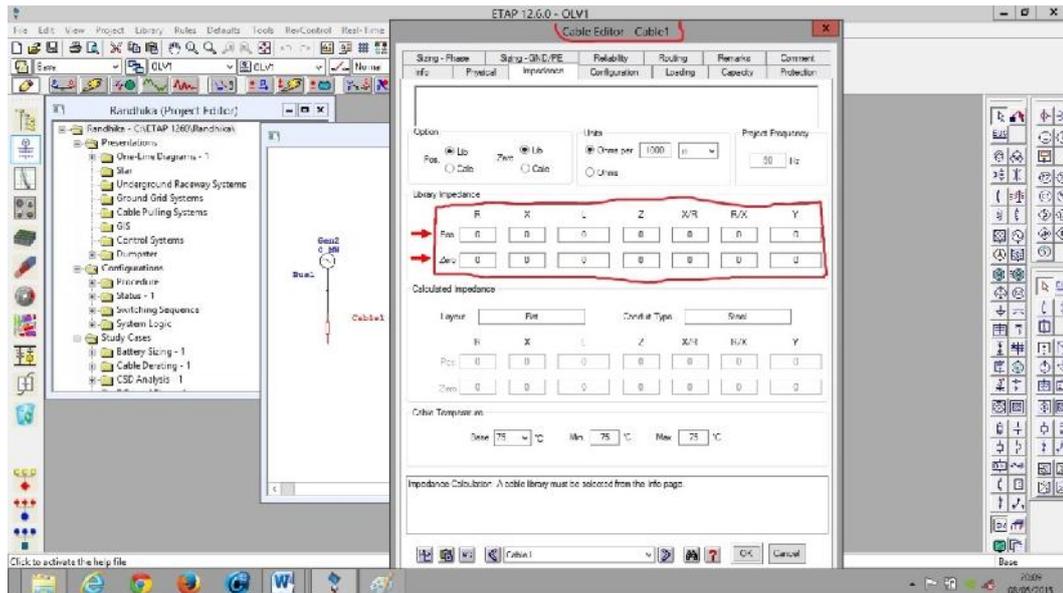


Gambar 2.12

Pengaturan rating pada generator



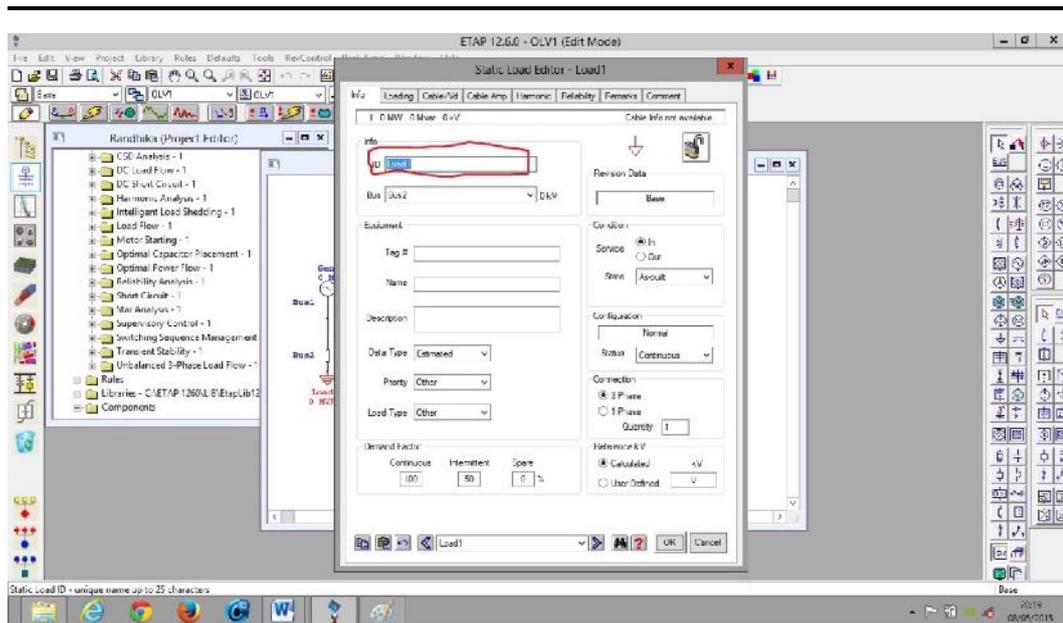
5. Setelah itu kita masukkan sumber yang lainnya. Misalkan pilih *icon* kabel.
 - Klik 2 kali pada *icon* kabel tersebut
 - Lalu pilih info dan ubah data sesuai dengan keinginan
 - Selanjutnya pilih impedansi dan masukkan data yang sesuai dengan referensi yang didapat dari perusahaan



Gambar 2.13

Pengaturan data impedansi pada kabel

6. Lalu kita masukkan beban ke dalam rangkaian tersebut.
 - Klik 2 kali pada *icon* beban tersebut dan ubah nama beban bila diperlukan



Gambar 2.14

Tampilan data beban pada *software* ETAP

7. Selanjutnya apabila *single line* diagram tersebut telah selesai, kita dapat melihat hasilnya dengan mengklik *Run Load Flow* yang terdapat disisi kanan atas *option* ETAP. Dan secara otomatis hasil tersebut dapat dilihat didalam gambar.
8. Apabila kita ingin melihat hasil tegangan jatuh dalam bentuk tabel, kita dapat mengklik *icon* pada *option* no 4 yang terdapat disisi kanan monitor. Lalu klik *summary* dan pilih *alert – critical*, secara otomatis hasil tabel tegangan jatuh dapat kita lihat.