

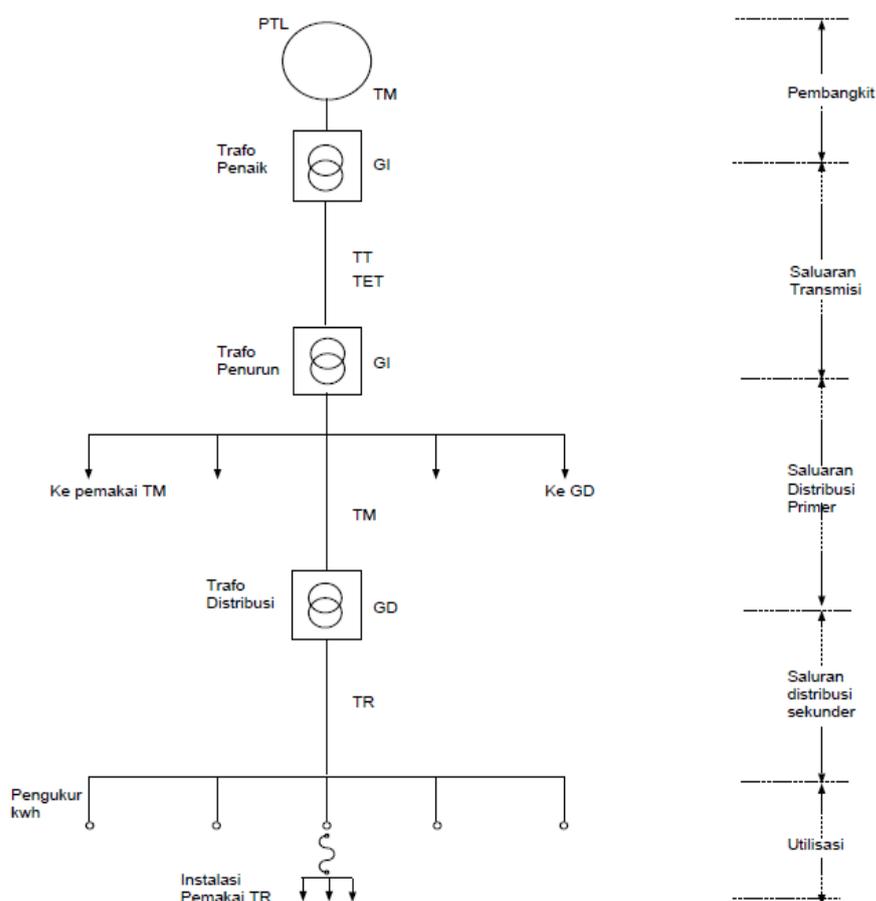
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah sebuah jaringan yang terdiri dari komponen-komponen yang saling terhubung satu sama lain yang dibuat untuk mengubah energi non-listrik menjadi bentuk energi listrik secara terus-menerus; mengirim energi listrik tersebut melalui jarak yang jauh; mengubah energi listrik ke ukuran tertentu yang dapat ditoleransi; dan mengubah energi listrik tersebut menjadi bentuk lain yang siap digunakan^[1]

Perhatikan Gambar 2.1. Gambar tersebut merupakan *single line diagram* dari sistem tenaga listrik



Gambar 2.1 Single Line Diagram Sistem Tenaga Listrik^[2]

^[1]ACER Charles A. Gross. 1986. *Power System Analysis Second Edition*. Hal. 9

^[2]Abdul Kadir. 2000. *Distribusi dan Utilitas Tenaga Listrik*. Hal. 3



Keterangan :

PTL	= Pembangkit Tenaga Listrik
GI	= Gardu Induk
TT	= Tegangan Tinggi
TET	= Tegangan Ekstra Tinggi
TM	= Tegangan Menengah
GD	= Gardu Distribusi
TR	= Tegangan Rendah

Berdasarkan gambar 2.1 terlihat bahwa, sistem tenaga listrik terbagi menjadi empat subsistem, yaitu : pembangkit, transmisi, distribusi dan beban listrik

1.1.1 Pembangkit Tenaga Listrik^[3]

Pembangkit listrik adalah pemasok tenaga listrik ke suatu sistem tenaga. Pembangkit listrik terdiri dari generator dan penggerak mula. Penggerak mula adalah mesin yang memutar poros. Pembangkitan tenaga listrik sebagian besar dilakukan dengan cara memutar generator sinkron sehingga didapat tenaga listrik dengan tegangan bolak-balik tiga fasa. Energi mekanik yang diperlukan untuk memutar generator sinkron didapat dari mesin penggerak generator atau biasa disebut penggerak mula (*prime move*). Mesin penggerak generator yang banyak digunakan dalam pabrik, yaitu : mesin diesel, turbin uap, turbin air, dan turbin gas. Tegangan yang dihasilkan oleh generator pembangkit berkisar antara 11 kV sampai 24 kV, sehingga perlu dinaikkan dengan *transformer step-up* jika ingin disalurkan.

1.1.2 Sistem Transmisi Tenaga Listrik^[4]

Pada sistem tenaga listrik yang besar, atau bilamana pusat tenaga listrik (PTL) terletak jauh dari pemakai atau konsumen, maka energi listrik yang dibangkitkan PLT perlu diangkut melalui saluran transmisi, dan tegangannya harus dinaikkan dari tegangan menengah (TM) menjadi tegangan tinggi (TT). Pada jarak yang sangat jauh malah diperlukan tegangan ekstra tinggi (TET). Menaikkan tegangan itu dilakukan di gardu induk (GI) dengan menggunakan transformator penaik (*step-up transformer*

^[3]Djitung Marsudi. 2011. *Pembangkit energi Listrik Edisi Kedua*. Hal. 1

^[4]Abdul Kadir. 2000. *Distribusi dan Utilitas Tenaga Listrik*. Hal. 2

Tingkat tegangan yang tinggi ini, selain untuk memperbesar daya hantar dari saluran yang berbanding lurus dengan kuadrat tegangan, juga untuk memperkecil rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran. Sudah jelas, dengan mempertinggi tegangan tingkat isolasi pun harus lebih tinggi, dengan demikian biaya peralatan juga tinggi.^[5] Oleh karena itu pemilihan tegangan transmisi dilakukan dengan memperhitungkan daya yang disalurkan, jumlah rangkaian, jarak penyaluran, keandalan (*reliability*), biaya peralatan untuk tegangan tertentu, serta tegangan-tegangan yang sekarang ada dan yang direncanakan. Kecuali itu, penentuan tegangan harus juga dilihat dari segi standardisasi peralatan yang ada. Penentuan tegangan merupakan bagian dari perancangan sistem secara keseluruhan.^[6]

Berdasarkan SPLN 1:1995, tegangan Sistem Transmisi dapat dibedakan menjadi dua yaitu tegangan untuk Sistem Transmisi Tegangan Tinggi dan tegangan untuk Sistem Transmisi Tegangan Ekstra tinggi. Pada transmisi tegangan tinggi, tegangan dibagi menjadi 66 kV, 150 kV dan 220 kV. Kemudian pada sistem transmisi tegangan extra tinggi, tegangan dibagi menjadi dua yaitu 275 kV dan 500 kV

1.1.3 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

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.

Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah :

1. pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan).
2. Sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.^[7]

Untuk jaringan didistribusi pada umumnya terdiri dari dua bagian yang paling utama, yaitu sebagai berikut :^[8]

1. Jaringan distribusi primer

Jaringan distribusi primer yaitu jaringan tenaga listrik yang menyalurkan daya listrik dari gardu induk sub transmisi ke gardu distribusi.

^[5] Prof. Ir. T.S. Hutaaruk, M. Sc. 1993. *Transmisi Daya Listrik*. Hal.1

^[6] *Id.* at 2

^[7] Suhadi. dkk. 2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*. Hal.11

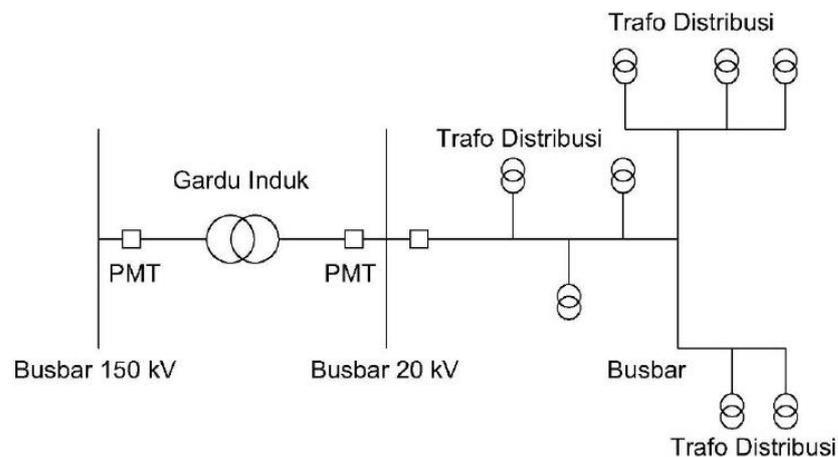
^[8] Ir. Badruddin. 2013. *Modul II Sistem Distribusi*. Hal.12

merupakan jaringan tegangan menengah atau jaringan tegangan primer. Biasanya, jaringan ini primer dilayani oleh gardu hubung atau langsung dari gardu induk atau dari pusat pembangkit. Tegangan yang umumnya digunakan sekarang adalah 20 kV

Berdasarkan konfigurasi jaringan, maka sistem jaringan distribusi ini dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu sistem jaringan distribusi radial, loop dan spindel

a. Sistem Jaringan Distribusi Radial.

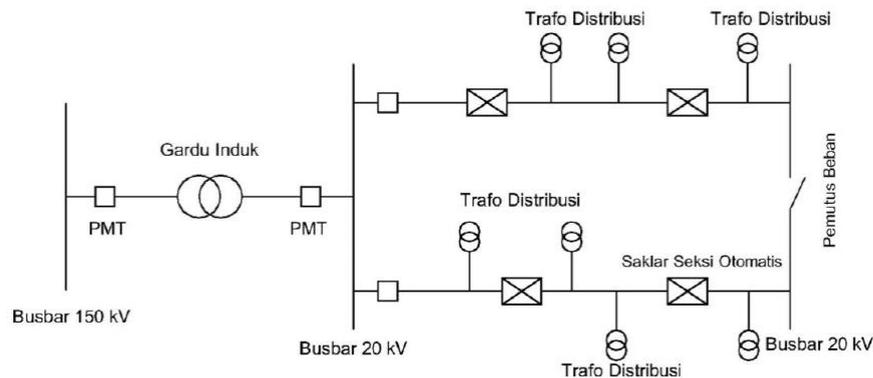
Bentuk jaringan ini merupakan bentuk yang paling sederhana, banyak digunakan dan murah. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban yang dilayani, seperti terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 2.2 Sistem Distribusi Radial

b. Sistem Jaringan Distribusi *Loop*.

Jaringan ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan ring. Susunan rangkaian saluran membentuk ring, seperti terlihat pada gambar 2.4 yang memungkinkan titik beban terlayani dari dua arah saluran, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, karena drop tegangan dan rugi daya saluran menjadi lebih kecil.

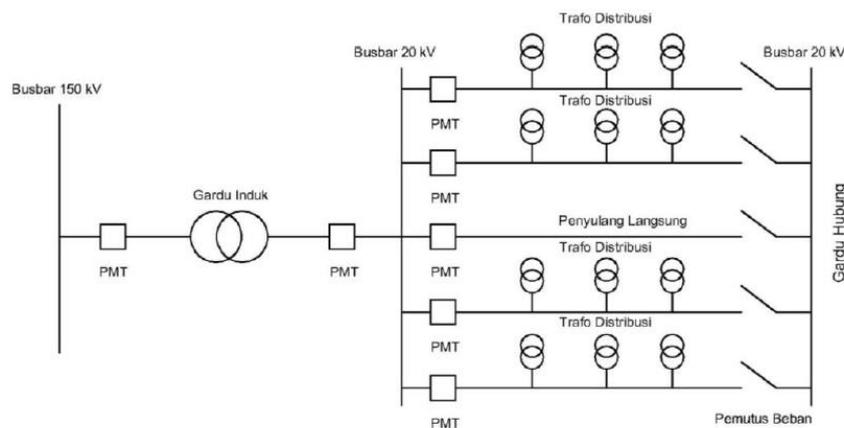
Gambar 2.3 Sistem Jaringan Distribusi *Loop*

Bentuk sistem jaringan distribusi loop ini ada 2 macam yaitu :

- Bentuk *open loop*, bila dilengkapi dengan *normally open switch* yang terletak pada salah satu bagian gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka.
- Bentuk *close loop*, bila dilengkapi dengan *normally close switch* yang terletak pada salah satu bagian diantara gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu tertutup.

c. Sistem Jaringan Distribusi Spindel

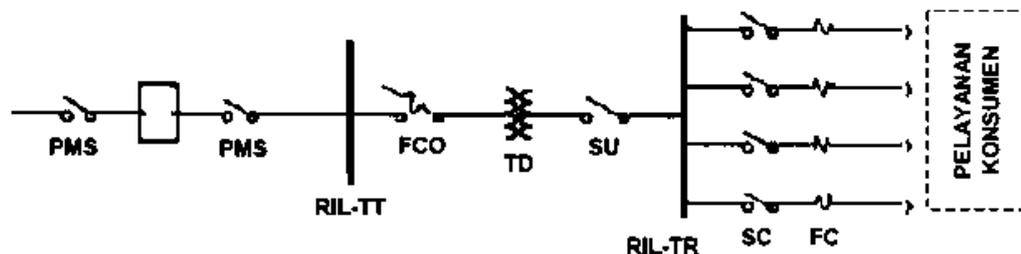
Jaringan distribusi spindel (seperti gambar 2.5) merupakan saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM) yang penerapannya sangat cocok di kota-kota besar.



Gambar 2.4 Sistem Jaringan Distribusi Spindel

2. Jaringan Sistem Distribusi Sekunder.^[9]

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di konsumen. Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial. Sistem ini dapat menggunakan kabel yang berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi. Sistem ini biasanya disebut sistem tegangan rendah yang langsung akan dihubungkan kepada konsumen/pemakai tenaga listrik. Tegangan 20 kV sistem distribusi primer diubah menjadi tegangan 220/380 V menggunakan trafo distribusi pada gardu distribusi



Gambar 2.5 Sistem Jaringan Distribusi Sekunder

1.1.4 Beban Listrik^[10]

Pada sistem arus bolak-balik beban merupakan “ Impedansi” (Z) yang biasa dibentuk dari unsur :

a. Beban Resistif

Energi listrik diubah menjadi energi panas atau mekanik. Daya yang diserap berupa daya semu seluruhnya diubah menjadi daya aktif. Termasuk beban resistif murni adalah lampu pijar, setrika listrik, *heater*. Gelombang sinusoidal arus berhimpit dengan tegangan atau sudut fasanya sama dengan nol sehingga faktor daya sama dengan satu ($\phi = 0^\circ$ dan $\cos \phi = 1$).

b. Beban Induktif

Energi listrik yang diserap diubah menjadi medan magnet. Daya yang diserap berupa daya semu seluruhnya diubah menjadi daya reaktif induktif.

^[9]Suhadi, dkk. 2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*. Hal.26

^[10] Tim PLN Udiklat. 2007. *Teknik Listrik Terapan*. Hal. 8-10

Yang termasuk beban induktif murni adalah reaktor dan kumparan Gelombang sinusiodal arus ketinggalan 90° terhadap tegangan.

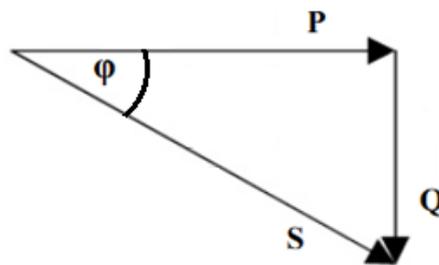
c. Beban Kapasitif

Energi listrik yang diserap menghasilkan energi reaktif. Daya yang diserap berupa daya semu seluruhnya diubah menjadi daya reaktif kapasitif. Termasuk beban reaktif murni adalah kapasitor. Gelombang sinusiodal arus mendahului 90° terhadap tegangan.

1.2 Daya Listrik^[11]

Karena beban Z mempunyai/membentuk pergeseran sudut terhadap V (sebagai referensi) maka arus beban I_b yang mengalir pun membentuk sudut yang sama searah dengan sudut dari Z sebesar ϕ . Hal ini berakibat timbulnya 3 macam daya, yaitu : daya aktif, P (Watt); daya reaktif, Q (VAR); dan daya semu, S (VA)

Hubungan dari ketiga macam daya tersebut kita kenal sebagai “segitiga daya”.



Gambar 2.6 Segitiga daya

Penjumlahan vektor P dan Q

$$S = P + jQ \dots\dots\dots (2.1)$$

Atau

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

1.2.1 Daya Aktif^[12]

Daya aktif adalah daya rata-rata yang disuplai ke beban namun mendapat pengaruh dari sudut fasa antara tegangan dan arus. Daya total yang tersuplai ke seluruh beban tiga fasa adalah total daya yang tersuplai untuk setiap fasa.

$$P = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos \theta \dots\dots\dots (2.3)$$

^[11]Tim PLN Udiklat. 2007. *Teknik Listrik Terapan*. Hal. 13
^[12]Stevenson, William D. 1994. *Analisis Sistem tenaga Listrik*. Hal. 28



Keterangan:

- P = Daya nyata (Watt)
- V_L = Tegangan antar saluran (Volt)
- I_L = Arus saluran (Ampere)
- $\cos \theta$ = Faktor daya (Standar PLN 0,85)

1.2.2 Daya Semu

Daya semu yang di suplai ke beban didefinisikan sebagai hasil dari tegangan di beban dan arus yang mengalir di beban. Ini adalah daya yang ‘tampak’ disuplai ke beban jika sudut fasa antara tegangan dan arus diabaikan. Daya semu sistem 3 fasa dapat dirumuskan :

$$S = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

- S = Daya nyata (VA)
- V_L = Tegangan antar saluran (Volt)
- I_L = Arus saluran (Ampere)

Satuan daya semu adalah volt-ampere (VA), dimana $1VA = 1V \times 1I$.

1.2.3 Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang terus memantul antara beban dan sumber. Daya reaktif adalah energi yang pertama tersimpan kemudian dilepaskan di dalam medan magnet sebuah induktor, atau medan listrik sebuah kapasitor. Daya reaktif dirumuskan :

$$Q = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \sin \theta \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

- P = Daya nyata (Watt)
- V_L = Tegangan antar saluran (Volt)
- I_L = Arus saluran (Ampere)
- $\cos \theta$ = Faktor daya

1.3 Resistansi Penghantar^[13]

Resistansi pada penghantar jaringan listrik dapat dicari dengan rumus persamaan berikut:

$$R = \rho \frac{L}{A} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

- R = Resistansi (Ω),
- L = Panjang kawat penghantar (m)
- A = Luas penampang kawat (m^2)
- ρ = Tahanan jenis (Ωm)

Tahanan penghantar mempunyai suhu maksimum yang telah distandarkan oleh pabrik pembuatnya (maksimum $30^\circ C$ untuk Indonesia), perubahan suhu sebesar $1^\circ C$ dapat menaikkan tahanan penghantar. Perubahan nilai tahanan terhadap suhu, dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$R_{t2} = R_{t1} \frac{T_0+t2}{T_0+t1} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

- R_{t2} = resistan pada suhu t_2 (Ω / km)
- R_{t1} = resistan pada suhu t_1 (Ω / km)
- t_1 = suhu normal penghantar ($^\circ C$)
- t_2 = suhu yang ditentukan ($^\circ C$)
- T_0 = konstanta untuk penghantar tertentu :
 - Tembaga (Cu) 100% = 234,5
 - Tembaga (Cu) 97% = 241,0
 - Aluminium (Al) 61% = 228

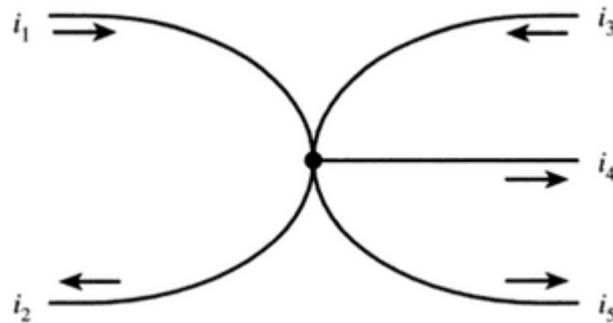
1.4 Hukum Kirchhoff untuk Arus^[14]

Sambungan dua atau lebih elemen rangkaian membentuk titik sambungan yang disebut simpul. Sambungan antara dua elemen disebut sebagai sebuah simpul sederhana. Sambungan tiga atau lebih elemen disebut simpul utama.

^[13] Prof. Ir. T.S. Hutauruk, M. Sc. 1993. *Transmisi Daya Listrik*. Hal.6

^[14] Mahmood Nahvi, PH.D dan Joseph Edminister, MSE. 2004. *Schaum's Easy Outline. Rangkaian Listrik*. Hal. 18 – 19

Hukum Kirchoff untuk Arus (*Kirchoff's current law –KCL*) menyatakan bahwa jumlah aljabar arus yang memasuki sebuah simpul sama dengan jumlah arus yang meninggalkan simpul tadi. Dasar dari hokum ini adalah asas kekekalan muatan listrik



Gambar 2.7 Contoh Rangkaian bagi Hukum Kirchoff Arus

Berdasarkan gambar rangkaian di atas dapat dituliskan persamaan KCL-nya sebagai berikut :

$$i_1 - i_2 + i_3 - i_4 - i_5 = 0 \dots\dots\dots (2.8)$$

atau

$$i_1 + i_3 = i_2 - i_4 - i_5 \dots\dots\dots (2.9)$$

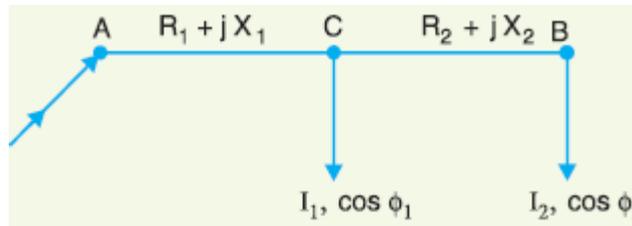
1.5 Rugi-Rugi Jaringan

1.5.1 Jatuh Tegangan (*Drop Tegangan*)

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan atau jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam % atau dalam besaran Volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Perhitungan jatuh tegangan praktis pada batas-batas tertentu dengan hanya menghitung besarnya tahanan masih dapat dipertimbangkan, namun pada sistem jaringan khususnya pada sistem tegangan menengah masalah induktansi dan kapasitansinya diperhitungkan karena nilainya cukup berarti.^[15]

^[15]Tim PLN. 2010. *PLN Buku 1*. Hal 1

Dalam penentuan jatuh tegangan saluran, tidak hanya impedansi yang harus dipertimbangkan namun juga *power factor* untuk setiap arus beban, karena penjumlahan arus beban harus dilakukan dalam bentuk penjumlahan vektor.



Gambar 2.8 Ilustrasi saluran sistem tenaga listrik

Perhatikan Gambar 2.8 dengan mempertimbangkan bahwa beban untuk saluran sistem tenaga listrik tersebut terpasang pada titik percabangan C dan B serta titik B sebagai ujung saluran digunakan sebagai titik tegangan referensi maka dapat ditentukan persamaan-persamaan sebagai berikut :^[16]

$$Z \text{ section AC, } \vec{Z}_{AC} = R_1 + j X_1 \dots\dots\dots (2.11)$$

$$Z \text{ section CB, } \vec{Z}_{CB} = R_2 + j X_2 \dots\dots\dots (2.12)$$

$$I \text{ beban titik C, } \vec{I}_1 = I_1(\cos \phi_1 - j \sin \phi_1) \dots\dots\dots (2.13)$$

$$I \text{ beban titik B, } \vec{I}_2 = I_2(\cos \phi_2 - j \sin \phi_2) \dots\dots\dots (2.14)$$

$$I \text{ pada section CB, } \vec{I}_{CB} = \vec{I}_2 = I_2(\cos \phi_2 - j \sin \phi_2) \dots\dots\dots (2.15)$$

$$I \text{ pada section AC, } \vec{I}_{AC} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2 \dots\dots\dots (2.16)$$

$$= I_1(\cos \phi_1 - j \sin \phi_1) + I_2(\cos \phi_2 - j \sin \phi_2) \dots\dots\dots (2.17)$$

$$V_{\text{drop di section CB, } \vec{V}_{CB} = \vec{I}_{CB} \vec{Z}_{CB} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$= I_2(\cos \phi_2 - j \sin \phi_2)(R_2 + j X_2) \dots\dots\dots (2.19)$$

$$V_{\text{drop di section CB, } \vec{V}_{CB} = \vec{I}_{CB} \vec{Z}_{CB} = (\vec{I}_1 + \vec{I}_2) \vec{Z}_{CB} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$= [I_1(\cos \phi_1 - j \sin \phi_1) + I_2(\cos \phi_2 - j \sin \phi_2)][R_1 + j X_1] \dots\dots\dots (2.21)$$

$$\text{Tegangan kirim (Vs) } \vec{V}_A = \vec{V}_B + \vec{V}_{CB} + \vec{V}_{AC} \dots\dots\dots (2.22)$$

Persamaan-persamaan di atas menghasilkan nilai drop tegangan dalam bentuk tegangan line karena parameter saluran yang dipakai untuk persamaan tersebut parameter line untuk saluran satu fasa. Untuk menghasilkan tegangan tiga fasa maka magnitude dari tegangan yang dihasilkan perlu dikalikan dengan akar tiga

^[16] Theraja, B.L. 1983. *A Textbook of Electrical Technology*. Hal. 357-358

Standart PLN 1 : 1978, dimana ditentukan bahwa variasi tegangan pelayanan, sebagian akibat jatuh tegangan (drop tegangan), karena adanya perubahan beban, maksimum +5% dan minimum -10% dari tegangan nominalnya. Salah satu penyebab adanya voltage drop sendiri adalah jauhnya sistem pentransmision tenaga listrik ke pelanggan khusus yang jauh dari pusat – pusat konsumsi tenaga listrik atau Gardu Induk (GI). Jarak pentransmision bisa mencapai ratusan kms agar pelanggan dapat menikmati listrik walaupun menimbulkan drop tegangan ujung yang buruk. Titik drop tegangan yang buruk adalah titik dimana drop tegangannya dibawah standart PLN atau tegangan nominalnya di bawah 18Kv dan tegangan yang baik berada pada range standart PLN antara 18 kV sampai dengan 21 kV yang dapat diukur tegangannya persection setiap penyulang.^[17]

1.5.2 Rugi-Rugi Daya^[18]

Rugi daya pada saluran (penghantar) besarnya sebanding dengan resistansi penghantar dan arus yang melewatinya. Rugi daya ini dapat diartikan sebagai selisih daya yang dipasok dengan daya yang dijual.

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times R \times L \dots\dots\dots (2.23)$$

Keterangan :

ΔP = Rugi daya (kw)

I = Arus yang mengalir (Ampere)

R = Resistansi saluran (ohm)

L = Panjang saluran (km)

Berdasarkan persamaan maka dapat diketahui bahwa rugi-rugi daya pada saluran sistem tenaga listrik dapat dikurangi dengan melakukan beberapa hal sebagai berikut :

- a. Meningkatkan tegangan sumber
- b. Memperkecil resistansi saluran
- c. Memperbesar faktor daya beban

^[17]Firman Rachmat Wahyudy. 2013. *Analisa Drop Tegangan Menengah 20kv Pada Penyulang Pagentenan di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Area Pamekasa*. Hal. 20

^[18] Udiklat. 2007. *Teknik Listrik Terapan*. Hal.15

1.6 ETAP (*Electrical Transient and Analysis Program*)^[19]

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.



Gambar 2.9 Icon Bar Elemen-Elemen pada Etap 12.6^[20]

ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis dan jalur sistem pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: aliran daya, hubung singkat, starting motor, *transient stability*, koordinasi relay proteksi dan sistem harmonisasi. Proyek sistem tenaga listrik memiliki masing-masing elemen rangkaian yang dapat diedit langsung dari

^[19]<http://stdelaboratry.blogspot.com/2013/11/tentang-etap-electric-transient-and-html>

^[20]ETAP 12.6

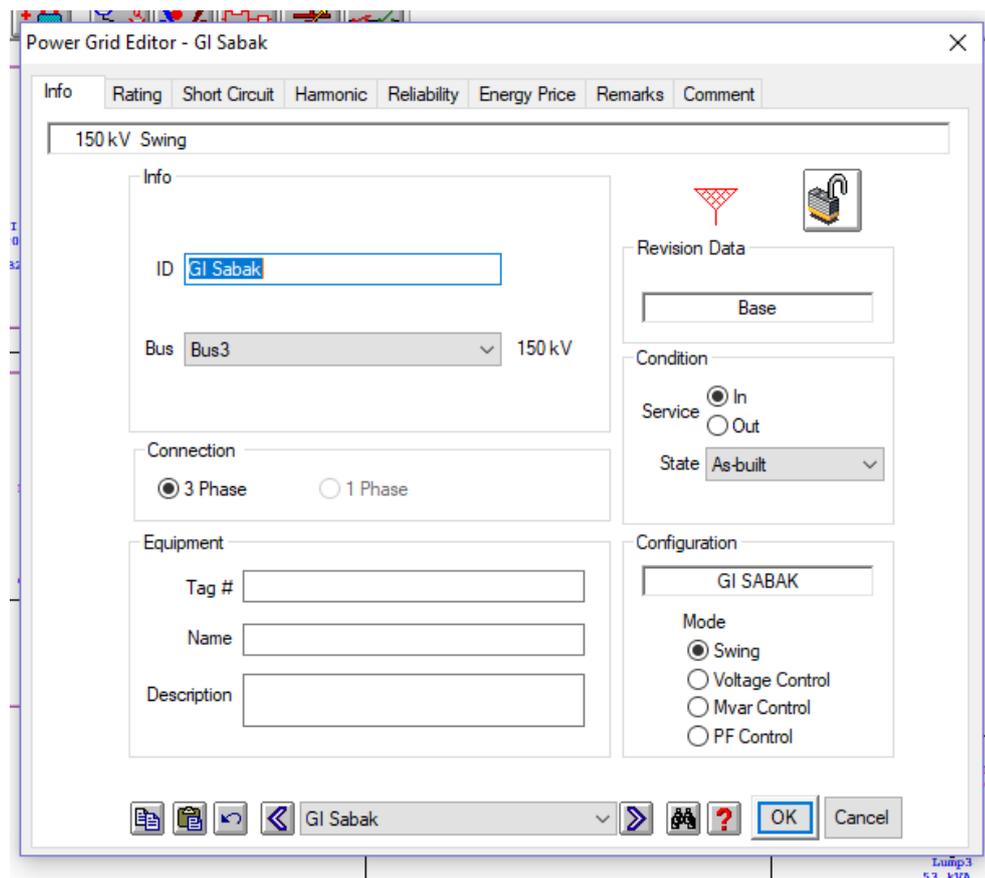
diagram satu garis dan atau jalur sistem pentanahan. Untuk kemudahan hasil perhitungan analisis dapat ditampilkan pada diagram satu garis.

Dalam menganalisis jaringan terutama untuk mengetahui tegangan dan arus yang mengalir digunakan analisis *load flow*. Pada fitur analisis ini, dapat diketahui besar tegangan, arus daya dan rugi-rugi dari suatu jaringan yang disimulasikan dengan memasukkan data asli jaringan yang disimulasikan dalam bentuk *single line diagram* pada lembar kerja ETAP 12.6.

Komponen yang biasa digunakan dalam menganalisis suatu jaringan pada ETAP adalah generator, *high volage circuit breaker*, transformer, saluran transmisi, bus, beban static dan/atau beban *lump*.

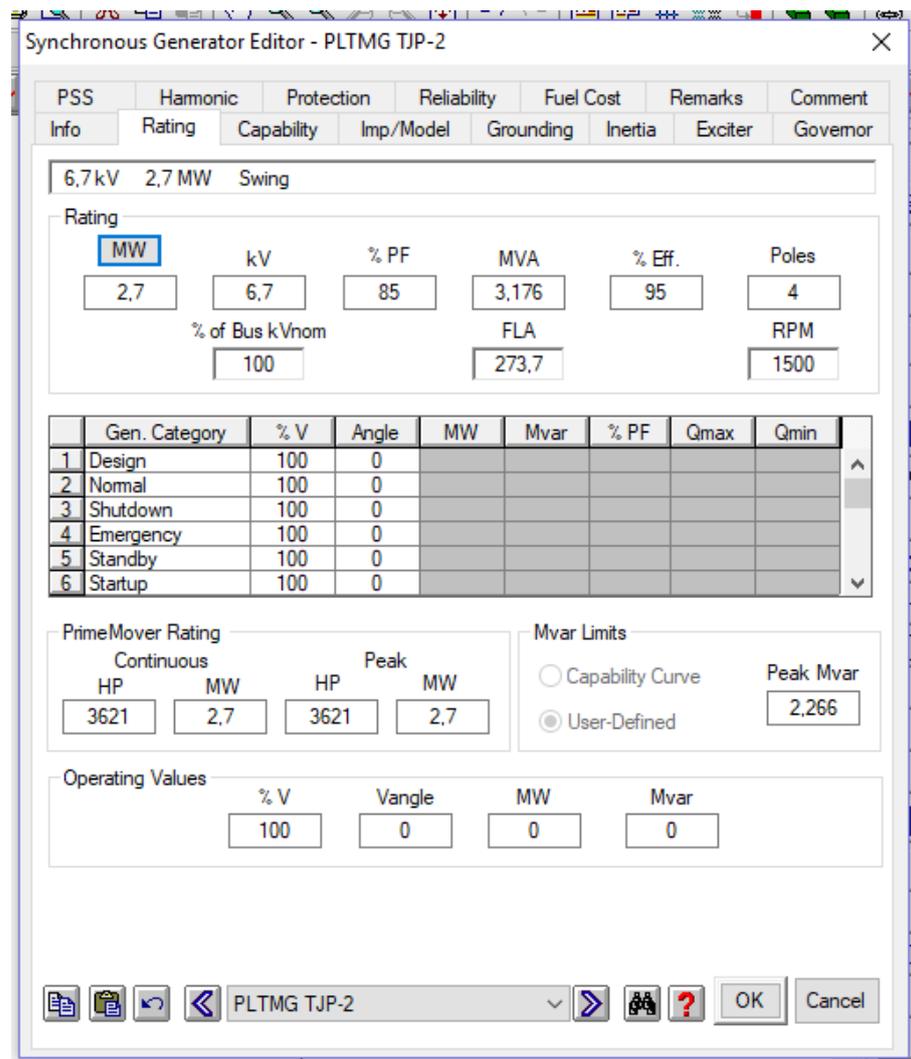
Berikut cara penggunaan ETAP untuk menganalisis jaringan dengan sistem *load flow*

1. Jalankan aplikasi etap
2. Buat lembar kerja baru dengan memilih menu *file* kemudian memilih *new project*
3. Masukkan nama proyek untuk *file* kemudian pilih standar sistem *metric*
4. Klik ok
5. Membuat *single line diagram* pada lembar kerja ETAP yang pertama-tama dimulai dari sumber, transformer, CB, bus, saluran transmisi kemudian ke beban. Pembuatan *single line diagram* pada ETAP 12.6 berdasarkan *single line diagram* asli jaringan yang ingin dianalisis
6. Memasukkan data dan parameter setiap elemen
 - a. Pengisian data untuk *power grid*
 - 1) *Double* klik simbol *power grid* pada lembar kerja ETAP 12.6
 - 2) Pada jendela info masukkan nama atau ID grid, sesuai dengan data dan pilih mode konfigurasi *swing*
 - 3) Pilih jendela '*rating*', masukkan nominal tegangan
 - 4) Kemudian pilih jendela '*short-circuit*', masukan data hubung singkat grid sesuai dengan hasil pengukuran asli
 - 5) Klik OK.

Gambar 2.10 Pengaturan *Power Grid* ETAP 12.6^[21]

1. Pengisian data untuk generator
 - a. *Double* klik simbol generator sinkron pada lembar kerja ETAP 12.6
 - b. Pada jendela info masukkan nama atau ID generator, dan pilih mode konfigurasi *swing*
 - c. Pilih jendela '*rating*', masukkan nominal tegangan dan daya generator
 - d. Kemudian pilih jendela '*Imp/Model*', Klik *typical data*.
 - e. Pilih jendela '*inertia*' masukkan nilai RPM pada penggerak primer dan pada generator. Pada jendela yang sama masukkan nilai WR^2 untuk penggerak utama dan untuk generator.
 - f. Klik Ok

^[21]ETAP 12.6

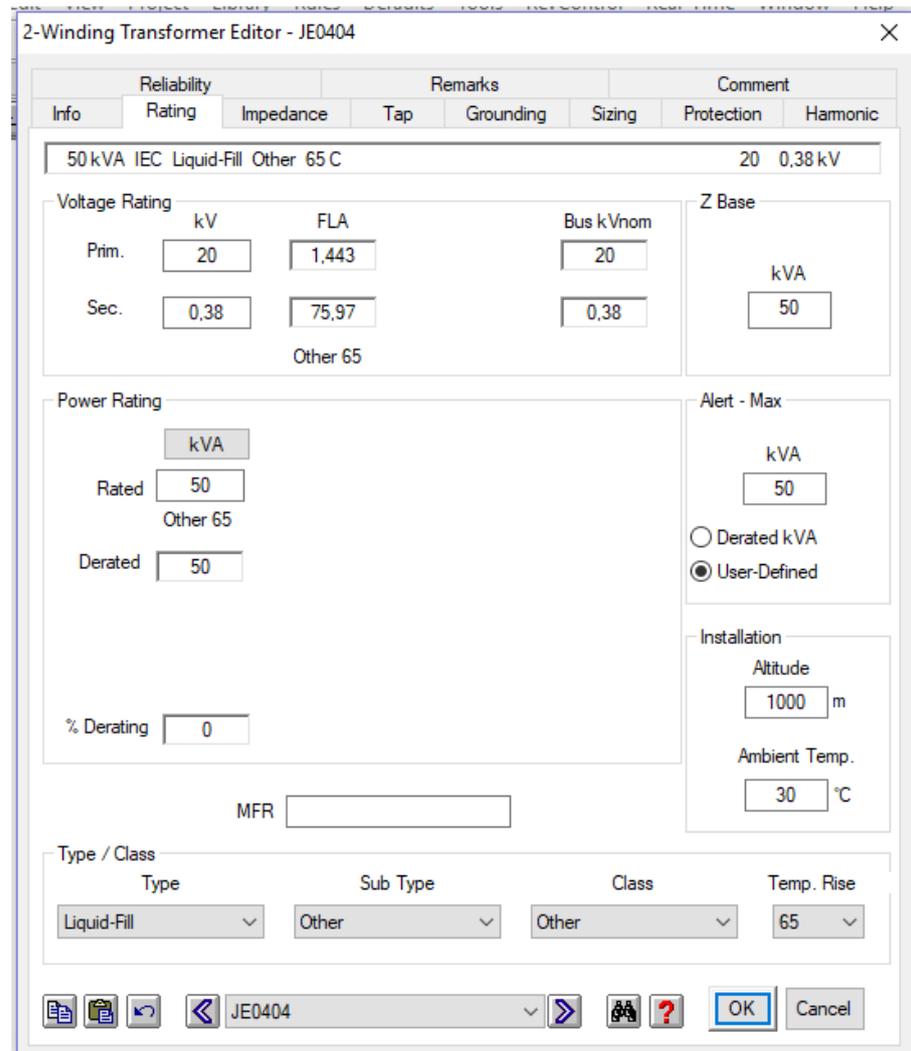


	Gen. Category	% V	Angle	MW	Mvar	% PF	Qmax	Qmin
1	Design	100	0					
2	Normal	100	0					
3	Shutdown	100	0					
4	Emergency	100	0					
5	Standby	100	0					
6	Startup	100	0					

Gambar 2.11 Pengaturan *Generator* ETAP 12.6^[22]

2. Pengisian data untuk transformator
 - a. *Double* klik simbol transformator pada lembar kerja ETAP 12.6
 - b. Pada jendela info masukkan nama atau ID transformator
 - c. Pilih jendela '*rating*', masukkan *rating* daya dan tegangan primer serta tegangan sekundernya sesuai dengan data pada *single line diagram*
 - d. Pilih jendel '*Impedansi*', Klik *Typical Z & X/R*.
 - e. Klik Ok
 - f. Lakukan hal yang sama untuk semua transformator lainnya sesuai dengan data pada *single line diagram*

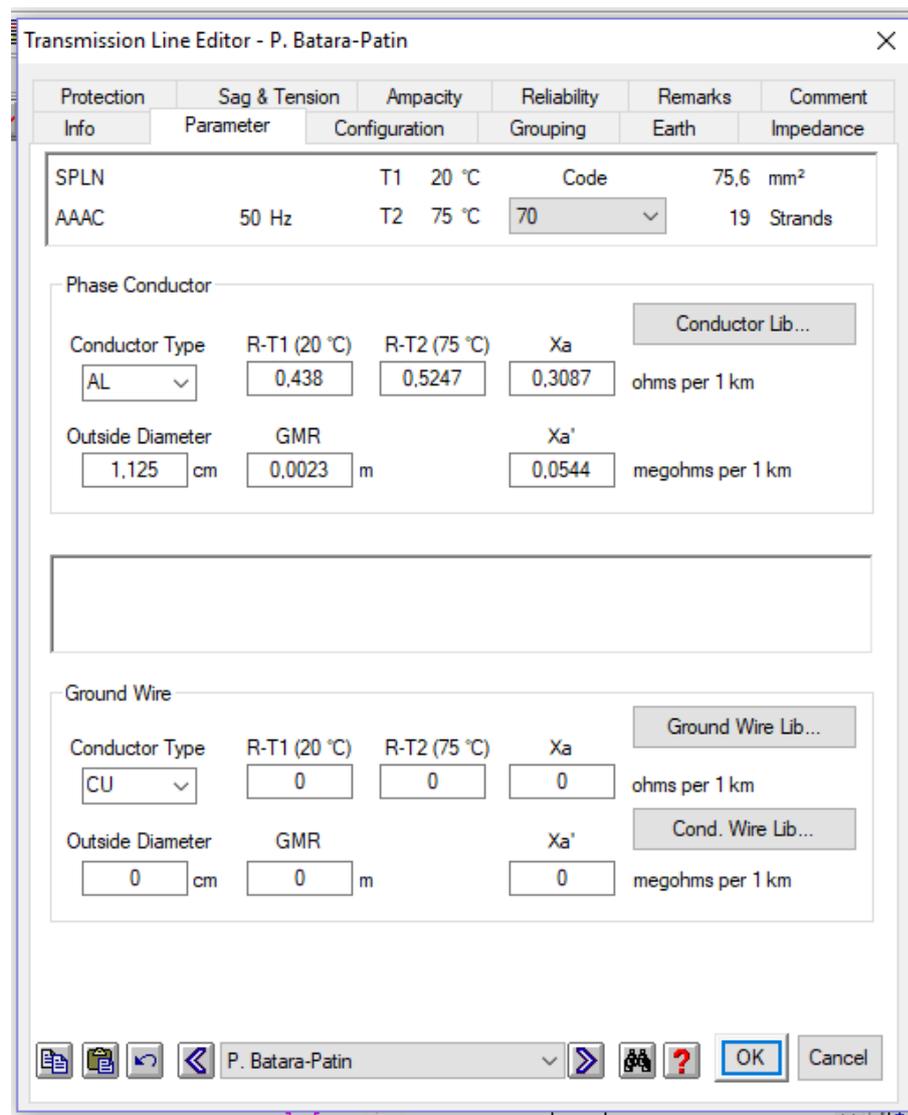
^[22]ETAP 12.6



Gambar 2.12 Pengaturan *Transformator* ETAP 12.6^[23]

3. Pengisian data untuk *line transmittion*
 - a. *Double* klik simbol *line transmittion* pada lembar kerja ETAP 12.6
 - b. Pada jendela info masukkan nama atau ID *Line Transmittion* dan panjang dari *Line Transmittion*.
 - c. Pilih jendela 'parameter', pilih jenis penghantar pada menu *Library* sesuai dengan data pada *single line diagram* Sistem Kuala Tungkal. Penghantar yang digunakan pada simulasi ini sesuai dengan SPLN
 - d. Pilih jendela 'configuration', masukkan tinggi tiang listrik 9 meter dan *spacing* antar isolator sebesar 0,6 m

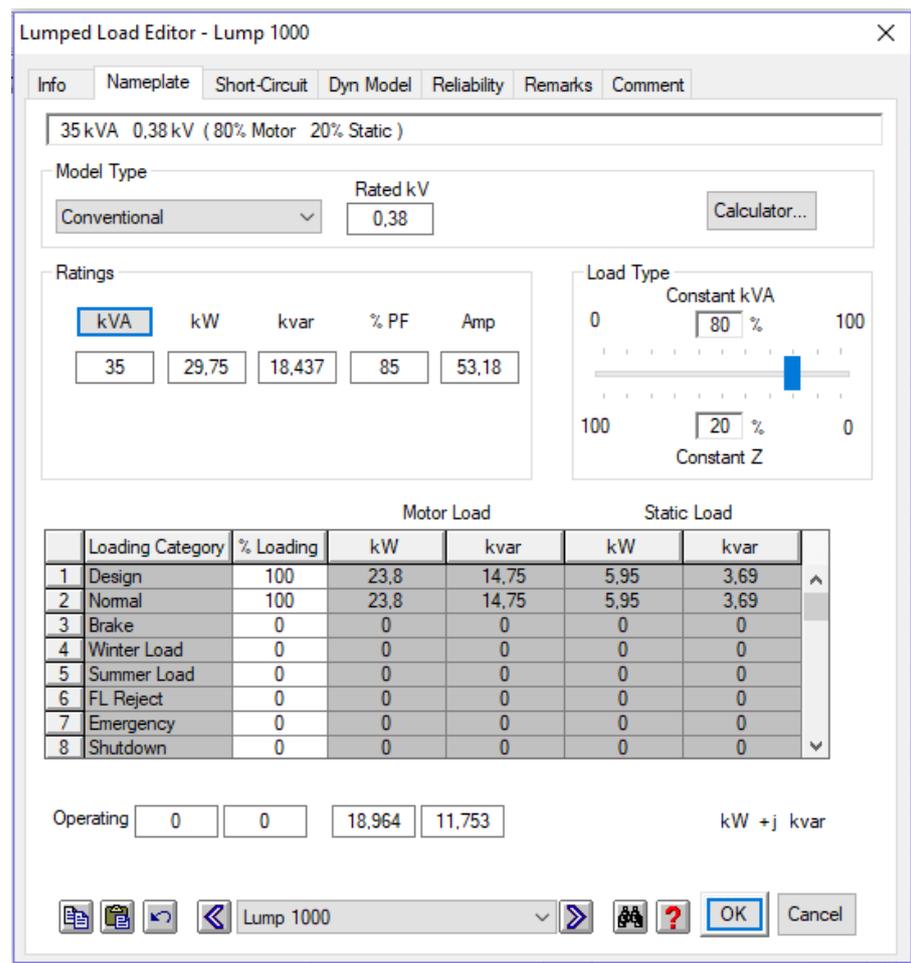
e. Klik Ok



Gambar 2.13 Pengaturan *Line Transmission* ETAP 12.6^[24]

4. Pengisian untuk beban *Lump*
 - a. *Double* klik simbol *Lump Load* pada lembar kerja ETAP 12.6.
 - b. Pilih jendela '*nameplate*', masukkan nilai pembebanannya sesuai dengan ID trafo distribusinya.
 - c. Klik Ok

^[24]ETAP 12.6



Gambar 2.14 Pengaturan *Lump Load* ETAP 12.6^[25]

^[25]ETAP 12.6