



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Teknik Tenaga Listrik (TTL) ialah ilmu yang mempelajari sifat-sifat dan pemakaian piranti (alat) yang azas kerjanya berdasarkan aliran elektron dalam benda padat atau elektron dalam konduktor.

Dewasa ini tenaga listrik memegang peranan utama dalam kehidupan sehari-hari, khususnya dalam bidang industri dan pabrik yakni sebagai tenaga penggerak mesin-mesin produksi, penerangan dan sebagainya.

Disamping itu dalam kehidupan rumah tangga yang sudah terjangkau oleh jaringan listrik, energi atau tenaga listrik ini sudah mulai dirasakan sebagai salah satu kebutuhan pokok disamping kebutuhan sandang, pangan atau papan.

Dalam teknik tenaga listrik ataupun dalam elektro teknik dikenal dua macam arus:

1. Arus searah (Direct Current = DC)
2. Arus bolak-balik atau Arus Rangka (Alternating Current = AC).^[2]

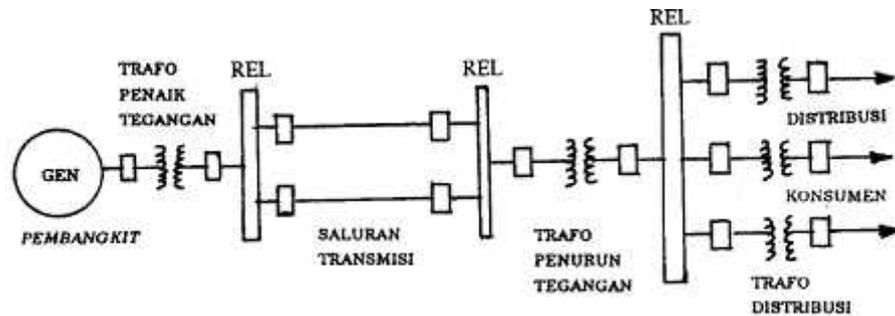
2.1.1. Pengadaan Energi Listrik

Dalam teknik tenaga listrik, baik itu arus searah maupun arus bolak-balik, dikenal sistem pengadaan energi listrik sebagai berikut:

1. Pembangkit : Sebagai sumber tenaga listrik yang antara lain berupa:
PLTA, PLTU, PLTD, PLTN dsb.
2. Transmisi : Sebagai jaringan untuk menyalurkan tenaga listrik dari Pembangkit ke beban atau ke jaringan distribusi.
3. Distribusi : Sebagai jaringan yang menyalurkan tenaga listrik ke konsumen atau pemakai.^[2]

² Berahim, Hamzah. Ir. 1996. Pengantar Teknik Tenaga Listrik. Andi Offset. Yogyakarta.

Sistem pengadaan energi listrik ini dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.1. Sistem pengadaan energi listrik.

Saluran transmisi merupakan koridor yang harus dilalui dalam penyaluran energi listrik. Saluran transmisi biasanya dinyatakan menggunakan rangkaian ekuivalen. Walaupun rangkaian ekuivalen saluran transmisi cukup sederhana, ada empat hal yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Resistansi konduktor,
2. Imbas tegangan satu konduktor oleh arus yang mengalir di konduktor yang lain,
3. Arus kapasitif karena adanya medan listrik antar konduktor,
4. Arus bocor pada isolator.^[9]

2.1.2. Sistem distribusi tenaga listrik

Sistem distribusi ialah jaringan listrik antara pusat pembangkit sampai dengan pusat pemakaian (kWh pelanggan). Tegangan yang dibangkitkan oleh generator biasanya berkisar antara 6 kV sampai 20 kV tergantung dari pabrik pembuat. Untuk mencegah kerugian daya yang besar pada waktu mengirim tenaga listrik dari pembangkit melalui jaringan transmisi ke pusat-pusat beban yang letaknya sangat jauh dari pembangkit maka sebelum ditransmisikan, tegangan ini dinaikkan terlebih dahulu menjadi 70 kV sampai 500 kV.^[3]

Transmisi merupakan bagian yang menyalurkan energi listrik dari pusat listrik ke pusat beban yang diterima oleh Gardu Induk (GI). Untuk jarak yang

⁹ Sudirham, Sudaryatno. 2012. Analisis Sistem Tenaga. Darpublic. Bandung.

³ <http://dunia-listrik.blogspot.com/2008/12/sistem-distribusi-tenaga-listrik.html>



sedang digunakan tegangan transmisi 70 kV. Untuk jarak yang jauh digunakan tegangan transmisi 150 kV sedangkan untuk jarak yang sangat jauh digunakan tegangan transmisi sampai 500 kV.^[3]

Sistem distribusi ini dapat dikelompokkan ke dalam dua tingkat yaitu :

- a. Sistem Jaringan Distribusi Primer disebut Jaringan Tegangan Menengah (JTM).
- b. Sistem Jaringan Distribusi Sekunder disebut Jaringan Tegangan Rendah (JTR).

2.1.3. Sistem distribusi primer

Sistem distribusi primer yaitu jaringan yang menghubungkan gardu induk dengan gardu distribusi yang biasanya menggunakan tegangan distribusi 6 kV, 7 kV, 12 kV, 20 kV. Jaringan Distribusi Primer atau JTM merupakan fasa-tiga sedangkan jaringan distribusi sekunder atau Jaringan Tegangan Rendah (JTR) merupakan fasa-tunggal dan fasa-tiga dengan empat kawat.

Di Indonesia umumnya tegangan yang digunakan pada sistem distribusi jaringan tegangan rendah adalah 380/220 volt.

2.1.4. Sistem distribusi sekunder^[4]

Sistem distribusi sekunder yang lazim disebut jaringan tegangan rendah (JTR) dimulai dari sisi sekunder trafo distribusi sampai dengan sambungan rumah (SR) pada pelanggan yang berfungsi untuk mendistribusikan energi listrik dari gardu distribusi ke pelanggan dengan tegangan operasi yakni tegangan rendah (400/230 Volt, 380/220 Volt).

Pada saat ini SUTR yang menggunakan kabel telah banyak digunakan oleh PLN untuk mengurangi gangguan yang disebabkan oleh gangguan pohon dan gangguan lain yang disebabkan oleh perbuatan manusia. Untuk kabel sambungan rumah (SR) ke pelanggan saat ini telah digunakan twisted kabel dengan inti penghantar ada dari material aluminium dan tembaga.

⁴ <http://ilmulistrik.com/distribusi-tenaga-listrik.html>



Sistem jaringan sekunder yang baik pada saat ini harus memberikan taraf keandalan pada jaringan tegangan rendah di daerah dengan kepadatan beban yang tinggi, dengan menjamin bahwa energi listrik yang sampai ke pelanggan mempunyai mutu yang baik, sehingga biayanya yang tinggi dapat dipertanggung jawabkan dan tingkat keandalan ini dipandang perlu.

Jaringan sekunder tegangan rendah mendapat pengisian terbanyak dari tiga atau lebih feeder, sehingga bilamana salah satu feeder primer terganggu, sisa jaringan sekunder akan dapat dengan mudah menampung beban dari feeder yang terganggu itu. Sistem demikian dinamakan jaringan kedua (second contingency network). Jaringan sekunder tegangan rendah harus didesain sedemikian rupa hingga terdapat pembagian beban dan pengaturan tegangan (voltage regulation) yang baik.

2.2. Jaringan Tegangan Menengah^[7]

Di dalam merencanakan Sistem Distribusi Tenaga Listrik sangat diperlukan adanya pedoman untuk menetapkan suatu kriteria bagi perencanaan saluran udara tegangan menengah dan tegangan rendah. Desain Kriteria ini akan menjadi rujukan dalam mendesain sebuah sistem Distribusi Tenaga Listrik, mulai dari SUTM, Trafo, JTR maupun SR.

Tujuan pembuatan Desain Kriteria ialah untuk memberikan pegangan yang terarah dalam penyusunan desain sistem dan standar – standar konstruksi distribusi yang akan dipergunakan serta perencanaan perluasan jaringan untuk mendapatkan tingkat efisiensi distribusi yang tinggi.

Kriteria yang akan dijadikan patokan adalah:

1. Besaran Drop Tegangan.
2. Besaran Susut.
3. Cos Phi.
4. Loss Load Factor (LLF).

Sistem Distribusi Tenaga Listrik yang akan ditinjau adalah :

1. Sistem Tegangan Menengah 20 kV.

⁷ Materi Diklat PT. PLN (Persero) Rayon Sekayu. Desain Jaringan Tegangan Menengah.



2. Gardu Distribusi.
3. Sistem Tegangan Rendah 230 / 400 Volt .
4. Sambungan Rumah.

Untuk membuat desain kriteria akan berpedoman kepada SPLN yang ada dan Ketentuan – ketentuan lain yang berlaku.

2.2.1. Kriteria desain jaringan tegangan menengah^[6]

Sistem Distribusi Tenaga Listrik untuk Tegangan Menengah yang akan dikembangkan adalah Sistem Distribusi Tegangan 20 KV menggunakan hantaran udara dan atau kabel tegangan menengah 20 KV dengan memperhatikan kepadatan beban, tingkat mutu dan keandalan serta kebutuhan pelanggan.

Beberapa kriteria yang dipertimbangkan adalah :

1. Kriteria kerapatan beban
2. Pola Konfigurasi
3. Korelasi Drop Tegangan
4. Korelasi Susut terhadap standar jaringan.
5. Pengembangan Jaringan Baru
6. Konsistensi antara pembebanan jaringan terhadap standar pola pembebanan.

2.2.1.1. Kriteria kerapatan beban

Dalam mendesain sebuah Jaringan Listrik, perlu diketahui kerapatan beban dalam satuan KVA / KM² , sehingga dapat ditentukan jenis penghantar dan panjang penghantar yang akan mensuplai beban tersebut.

Kriteria Kerapatan beban meliputi :

1. Beban Ringan

Daerah / Lokasi yang mempunyai beban ringan bila terdapat beban kurang dari 0,5 MVA per km² .

2. Beban Sedang

Daerah / Lokasi yang mempunyai beban sedang bila terdapat beban antara 0,5 MVA sampai 1 MVA per KM².

3. Beban Padat

⁶ <https://yantekbansel.wordpress.com/2012/04/17/jaringan-tegangan-menengah-jtm/>



Daerah / Lokasi yang mempunyai beban padat bila terdapat beban diatas 1 MVA per KM².

2.2.1.2. Pola konfigurasi jaringan tegangan menengah (JTM)

Pola Konfigurasi Jaringan Tegangan Menengah dapat dipilah dalam 4 kelompok besar, yaitu :

1. Konfigurasi Radial Murni
2. Konfigurasi Open Loop (Open Ring) Non Spindel
3. Konfigurasi Spindel
4. Konfigurasi Spot Network.

Dalam operasionalnya kebanyakan sistem beroperasi Radial, sangat jarang sebuah sistem distribusi beroperasi dalam kondisi Loop.

Sistem yang ada di PLN Distribusi Jawa Timur menggunakan sistem pentanahan tinggi (high resistance) 500 ohm dengan arus gangguan fasa ke tanah maksimum 23 Ampere.

Peralatan distribusi yang terpasang di jaringan adalah SSO (saklar seksi otomatis) deteksi tegangan Otomatis dilengkapi dengan Fault Section Indicator (FSI), relay OCR dan DGR yang terpasang di sel 20 KV Gardu Induk / Penyulang.

2.2.2. Pola jaringan berdasarkan kerapatan beban

2.2.2.1. Pola jaringan untuk beban ringan

Daerah pedesaan atau beban pedesaan umumnya dioperasikan dengan sistem radial murni. Dalam sistem radial murni jika ada section penyulang yang terganggu pengalihan beban ke penyulang lain tidak ada. Penyulang radial mempunyai tingkat keandalan yang rendah.

2.2.2.2. Pola jaringan untuk beban sedang

Daerah atau lokasi mempunyai kerapatan beban sedang maka daerah tersebut mempunyai tingkat mutu dan keandalan lebih baik. Untuk mendapat kualitas mutu dan keandalan yang diinginkan maka sistem beroperasi dengan sistem open loop (open ring) non spindel.

Untuk mendukung manuver beban apabila di salah satu section jaringan terganggu perlu dipasang peralatan distribusi seperti : LBS, Recloser, Sectionalizer.



2.2.2.3. Pola jaringan untuk beban padat

Daerah yang mempunyai kerapatan beban padat tingkat keandalan dan mutu pelayanan menjadi tuntutan utama, maka sistem beroperasi dalam konfigurasi Spindel.

Apabila area pelayanan cukup luas, maka akan terdapat beberapa cluster Spindel yang saling terkait guna mendukung keandalan sistem.

2.2.2.4. Pola jaringan untuk pelanggan VVIP

Untuk pelanggan yang tidak boleh padam (pelanggan VVIP), maka disuplai dengan Pola Jaringan Spot Net Work dengan 2 penyulang sekaligus plus Automatic Change Over. Misal :

1. Istana Presiden / Gedung Gubernur.
2. Gedung MPR / DPR / DPRD.
3. Bandar Udara.
4. Rumah Sakit

2.2.3. Jatuh tegangan^[1]

Jatuh tegangan pada saluran transmisi adalah selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman (sending end) dan tegangan pada ujung penerimaan (receiving end) tenaga listrik. Pada saluran bolak-balik besarnya tergantung dari impedansi dan admitansi saluran serta pada beban dan faktor daya. Jatuh tegangan relatif dinamakan regulasi tegangan (voltage regulation), dan dinyatakan oleh rumus:

$$\frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana V_s = tegangan pada pangkal pengiriman

V_r = tegangan pada ujung pengiriman

Untuk jarak dekat regulasi tegangan tidak berarti (hanya beberapa % saja), tetapi untuk jarak sedang dan jauh mencapai 5-15%.

¹ Arismunandar, A dan Susumu. 2004. Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid II. Pradnya Paramita. Jakarta.



Bila beban pada saluran EHV tidak berat, sistem tenaga dioperasikan pada regulasi yang konstan, karena pengaruh arus pemuat (charging current) besar. Untuk memungkinkan regulasi yang kecil, saluran transmisi dioperasikan pada tegangan yang konstan pada ujung penerimaan dan pangkal pengiriman tanpa dipengaruhi oleh beban. Bila tegangan pada titik penerimaan turun karena naiknya beban, maka dipakai pengatur tegangan dengan beban (on-load voltage-regulator), guna memungkinkan tegangan sekunder yang konstan, meskipun tegangan primernya berubah.

2.2.4. Korelasi drop tegangan dan losses terhadap standar jaringan^[8]

Panjang sebuah Jaringan Tegangan Menengah dapat didesain dengan mempertimbangkan drop tegangan dan susut teknis jaringan.

Untuk mendapatkan nilai drop tegangan dan susut yang dikehendaki perlu memasukkan parameter – parameter antara lain :

1. Ukuran (luas penampang) Penghantar
2. Beban Nominal Penghantar
3. Panjang Jaringan

Berdasarkan SPLN 72:1987 dapat didesain sebuah jaringan tegangan menengah (JTM) dengan kriteria drop tegangan sebagai berikut :

1. Drop Tegangan Spindel maksimum 2 %
2. Drop Tegangan Open Loop dan Radial maksimum 5 %

Untuk mendesain jaringan dengan pertimbangan susut jaringan, maka susut jaringan maksimum yang diijinkan :

1. Susut maksimum Spindel maksimum 1 %
2. Susut maksimum Open Loop dan Radial maksimum 2,3 %

Contoh: Panjang maksimum penyulang 3 x 240 mm² A3C dengan beban nominal / maksimum adalah 7 KMS (beban merata).

⁸ Materi Diklat PT. PLN (Persero) Rayon Sekayu. Materi I: Sistem Distribusi Tenaga Listrik.



A. Korelasi drop tegangan untuk beban di ujung dan seimbang.

a. Sistem 3 phase 3 kawat dan 3 phase 4 kawat

$$\% \text{ Drop Voltage} = (P \cdot L \cdot (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \cdot 100) / (KV)^2 \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

- % Drop Voltage = Jatuh Tegangan (%)
- P = Daya Nominal yang tersalur (MVA)
- R = Resistensi Jaringan (ohm /km)
- X = Reaktansi Jaringan (Ohm/km)
- L = Panjang jaringan (km)
- cos θ = 0,85 (0,90) dan sin θ = 0,526 (0,435)
- KV = Tegangan L-L (20 KV)

b. Sistem 1 phase

$$\text{Drop Voltage} = (2 P \cdot L \cdot (R \cos \theta + X \sin \theta) \cdot 100) / (KV)^2 \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- % Drop Voltage = Jatuh Tegangan (%)
- P = Daya Nominal yang tersalur (MVA)
- R = Resistensi Jaringan (ohm /km)
- X = Reaktansi Jaringan (Ohm/km)
- L = Panjang jaringan (km)
- cos θ = 0,85 (0,90) , sin θ = 0,526 (0,435)
- KV = Tegangan L-N (11,6 KV)

B. Untuk beban ditengah dan di ujung (seimbang)

a. Sistem 3 phase 3 kawat dan 3 phase 4 kawat

$$\text{Drop Voltage} = (P \cdot L \cdot (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \cdot 0,75 \cdot 100) / (KV)^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

- % Drop Voltage = Jatuh Tegangan (%)
- P = Daya Nominal yang tersalur (MVA)
- R = Resistensi Jaringan (ohm/km)
- X = Reaktansi Jaringan (Ohm/km)
- L = Panjang jaringan (km)



$$\cos \theta = 0,85 (0,90) , \text{ dan } \sin \theta = 0,526 (0,435)$$

$$\text{KV} = \text{Tegangan L-L (20 KV)}$$

b. Sistem 1 phase

$$\% \text{ Drop Voltage} = (2 P * L * (R \cos \theta + X \sin \theta) * 0,75) * 100 / (\text{KV})^2 .. (2.5)$$

Dimana:

$$\% \text{ Drop Voltage} = \text{Jatuh Tegangan (\%)}$$

$$P = \text{Daya Nominal yang tersalur (MVA)}$$

$$R = \text{Resistensi Jaringan (ohm /km)}$$

$$X = \text{Reaktansi Jaringan (Ohm/km)}$$

$$L = \text{Panjang jaringan (km)}$$

$$\cos \theta = 0,85 (0,90) , \sin \theta = 0,526 (0,435)$$

$$\text{KV} = \text{Tegangan L-L (20 KV)}$$

C. Untuk beban merata dan seimbang

a. Sistem 3 phase 3 Kawat dan 3 phase 4 kawat

$$\text{Drop Voltage} = (P * L * (R * \cos \theta + X * \sin \theta) * 0,5 * 100) / (\text{KV})^2 (2.6)$$

Dimana :

$$\% \text{ Drop Voltage} = \text{Jatuh Tegangan (\%)}$$

$$P = \text{Daya Nominal yang tersalur (MVA)}$$

$$R = \text{Resistensi Jaringan (ohm /km)}$$

$$X = \text{Reaktansi Jaringan (Ohm/km)}$$

$$L = \text{Panjang jaringan (km)}$$

$$\cos \theta = 0,85 (0,90) , \sin \theta = 0,526 (0,435)$$

$$\text{KV} = \text{Tegangan L-L (20 KV)}$$

b. Sistem 1 phase

$$\% \text{ Drop Voltage} = (2 P * L * (R \cos \theta + X \sin \theta) * 0,5 * 100) / (\text{KV})^2 (2.7)$$

Dimana :

$$\% \text{ Drop Voltage} = \text{Jatuh Tegangan (\%)}$$

$$P = \text{Daya Nominal yang tersalur (MVA)}$$

$$R = \text{Resistensi Jaringan (ohm /km)}$$

$$X = \text{Reaktansi Jaringan (Ohm/km)}$$



L = Panjang jaringan (km)

Cos θ = 0,85 (0,90) , Sin θ = 0,526 (0,435)

KV = Tegangan L-L (20 KV)

2.2.5. Korelasi losses

A. Sistem 3 phase 3 kawat dan 3 phase 4 kawat beban diujung (seimbang)

$$P_{SusutTeknis} = 3.I^2.R.L.LLF \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

I = Arus beban yang mengalir pada Jaringan (Ampere)

R = Resistansi Jaringan (Ohm/km)

L = Panjang Jaringan (km)

LLF= Loss Load Factor

B. Sistem 3 phase 3 kawat dan 3 phase 4 kawat beban ditengah dan di ujung (seimbang)

$$P_{SusutTeknis} = 3.I^2.R.L.LLF.LDF \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

I = Arus beban yang mengalir pada Jaringan (Ampere)

R = Resistansi Jaringan (Ohm/km)

L = Panjang Jaringan (km)

LLF= Loss Load Factor

LDF= Load Density Factor (0,625)

C. Sistem 3 phase 3 kawat dan 3 phase 4 kawat beban merata (seimbang)

$$P_{SusutTeknis} = 3.I^2.R.L.LLF.LDF \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

I = Arus beban yang mengalir pada Jaringan (Ampere)

R = Resistansi Jaringan (Ohm/km)

L = Panjang Jaringan (km)

LLF= Loss Load Factor

LDF= Load Density Factor (0,333)



D. Loss load factor (Llf)

Loss Load Factor sebagai koefisien yang diperhitungkan dalam menghitung susut sebagai perbandingan antara rugi – rugi daya rata-rata terhadap rugi daya beban puncak.

$$LLF = 0,3.LF + 0,7.LF^2 \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana : LF = Load Factor Sistem Region

2.3. ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*)

2.3.1. Pengertian dan fungsi ETAP

E T A P (*Electrical Transient Analysis Program*) PowerStation adalah software untuk power system yang bekerja berdasarkan plant (project). Setiap plant harus menyediakan modelling peralatan dan alat – alat pendukung yang berhubungan dengan analisa yang akan dilakukan. Misalnya generator, data motor, data kabel dll. Sebuah plant terdiri dari sub-sistem kelistrikan yang membutuhkan sekumpulan komponen elektrik yang khusus dan saling berhubungan. Dalam PowerStation, setiap plant harus menyediakan data base untuk keperluan itu.

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.



Gambar 2.2. Gambar coversoftware ETAP 12.6

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan ETAP PowerStation adalah:

1. One Line Diagram, menunjukkan hubungan antar komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
2. 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.
3. Standar yang dipakai, biasanya mengacu pada standar IEC atau ANSI, frekuensi sistem dan metode – metode yang dipakai.
4. Study Case, berisikan parameter – parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.^[5]

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.

⁵ <https://powersystem2010.wordpress.com/category/teori/>



Gambar 2.3. Elemen-elemen AC pada ETAP 12.6

2.3.2.AC edit toolbar pada ETAP 12.6

a. Bus

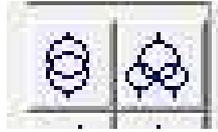
Bus AC atau node sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam editor power station software ETAP. Editor bus sangat membantu untuk pemodelan berbagai tipe bus dalam sistem tenaga listrik. Generator, motor dan beban statik adalah elemen yang dapat dihubungkan dengan beberapa bus yang diinginkan.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



Gambar 2.4. Simbol Busbar di ETAP 12.6

b. Transformator

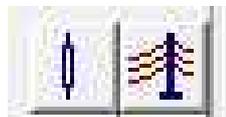
Transformator 2 kawat sistem distribusi dimasukkan dalam editor power station software transformator 2 kawat pada power station software ETAP ditunjukkan Gambar Simbol transformator 2 kawat.



Gambar 2.5. Simbol Transformator di ETAP 12.6

c. Cable

Terdapat 2 jenis kabel yang terdapat pada ETAP 12.6 yaitu kabel tanah dan kabel udara (SUTM). Data kabel yang terinput di ETAP 12.6 berupa panjang kabel, jenis kabel, diameter kabel, dan impedansi kabel. Simbol kabel pada ETAP 12.6 digambarkan pada gambar berikut.



Gambar 2.6. Simbol kabel tanah (kiri) dan kabel udara (kanan) di ETAP 12.6

d. 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 2.7. Simbol Generator di ETAP 12.6

e. 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 sirikron pacla power station software ETAP ditunjukkan pada Gambar.

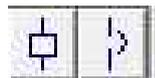


Gambar 2.8. Simbol beban dinamis (atas) dan beban statik (bawah) di ETAP

12.6

f. Circuit breaker

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 2.9. Simbol High Voltage Circuit Breaker dan Low Voltage Circuit Breaker di ETAP 12.6