

BAB II

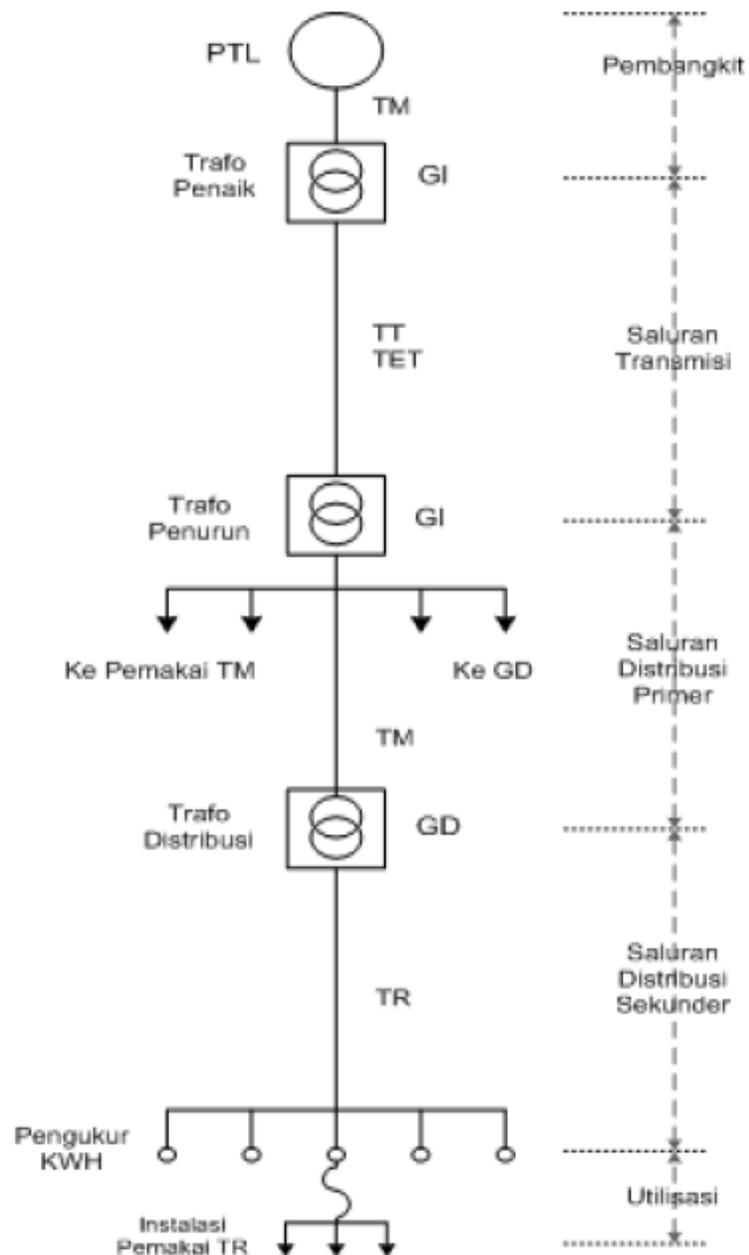
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Sistem Tenaga Listrik⁵

Sekalipun tidak terdapat suatu sistem tenaga listrik yang “tipikal”, namun pada umumnya dapat dikembalikan batasan pada suatu sistem yang lengkap mengandung empat unsur.

Pertama, adanya suatu unsur pembangkit tenaga listrik. Tegangan yang dihasilkan oleh pusat tenaga listrik itu biasanya merupakan tegangan menengah (TM). Kedua, suatu sistem transmisi, lengkap dengan gardu induk. Karena jaraknya yang biasanya jauh, maka diperlukan penggunaan tegangan tinggi (TT), atau tegangan ekstra tinggi (TET). Ketiga, adanya saluran distribusi, yang biasanya terdiri atas saluran distribusi primer dengan tegangan menengah (TM) dan saluran distribusi sekunder dengan tegangan rendah (TR). Keempat, adanya unsur pemakaian atau utilisasi, yang terdiri atas instalasi pemakaian tenaga listrik. Instalasi rumah tangga biasanya memakai tegangan rendah, sedangkan pemakai besar seperti industri mempergunakan tegangan menengah ataupun tegangan tinggi. Gambar 2.1. memperlihatkan skema suatu sistem tenaga listrik. Perlu dikemukakan bahwa suatu sistem dapat terdiri atas beberapa subsistem yang saling berhubungan, atau yang biasa disebut sebagai sistem interkoneksi. Kiranya jelas bahwa arah mengalirnya energi listrik berawal dari Pusat Tenaga Listrik melalui saluran-saluran transmisi dan distribusi dan sampai pada instalasi pemakai yang merupakan unsur utilisasi.

⁵ Kadir, Abdul. 2000. *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Hlm 3



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Keterangan:

PTL : Pembangkit Tenaga Listrik

GI : Gardu Induk

TT : Tegangan Tinggi

TET : Tegangan Ekstra Tinggi

TM : Tegangan Menengah

GD : Gardu Distribusi

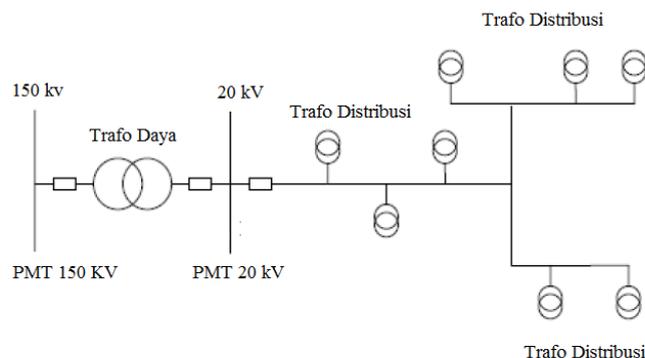
TR : Tegangan Rendah

2.2 Jaringan Pada Sistem Distribusi Primer²

Jaringan Pada Sistem Distribusi tegangan menengah (Primer 20kV) dapat dikelompokkan menjadi lima model, yaitu Jaringan Radial, Jaringan hantaran penghubung (*Tie Line*), Jaringan Lingkaran (Loop), Jaringan Spindel dan Sistem Gugus atau Kluster.

- Sistem Radial

Merupakan jaringan sistem distribusi primer yang sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.



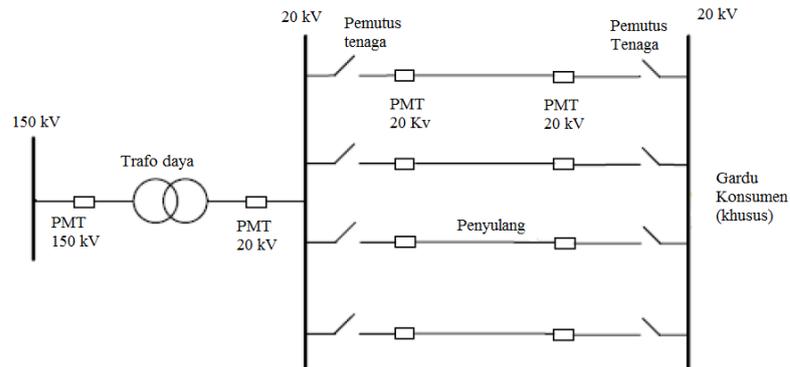
Gambar 2.2 Skema Saluran Sistem Radial

Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding sistem lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam. Kerugian lain yaitu mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik, hal ini dikarenakan jatuh tegangan terbesar ada di ujung saluran.

- Jaringan Hantaran Penghubung (*Tie Line*)

Sistem distribusi Tie Line seperti Gambar 2.3 digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam (Bandar Udara, Rumah Sakit, dan lain-lain.)

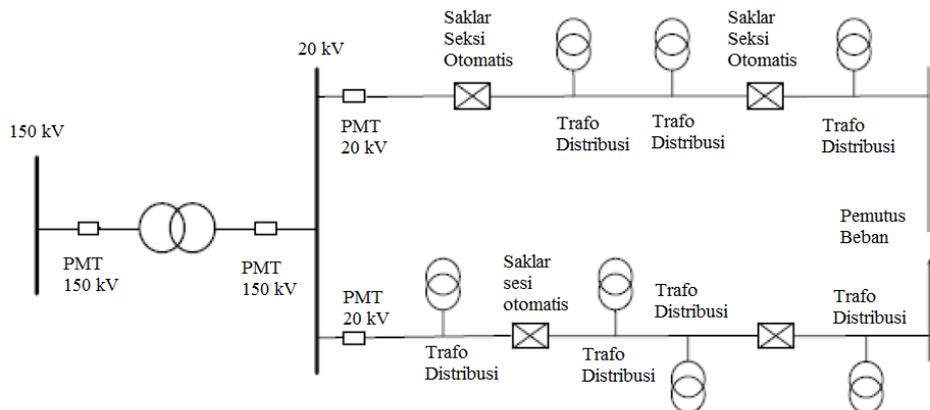
² Ardiansyah, A. 2010. *Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*.



Gambar 2.3 Skema Saluran Tie Line

- Sistem Loop

Tipe ini merupakan jaringan distribusi primer, gabungan dari dua tipe jaringan radial dimana ujung kedua jaringan dipasang PMT. Pada keadaan normal tipe ini bekerja secara radial dan pada saat terjadi gangguan PMT dapat dioperasikan sehingga gangguan dapat terlokalisasi. Tipe ini lebih handal dalam penyaluran tenaga listrik dibandingkan tipe radial namun biaya investasi lebih mahal.

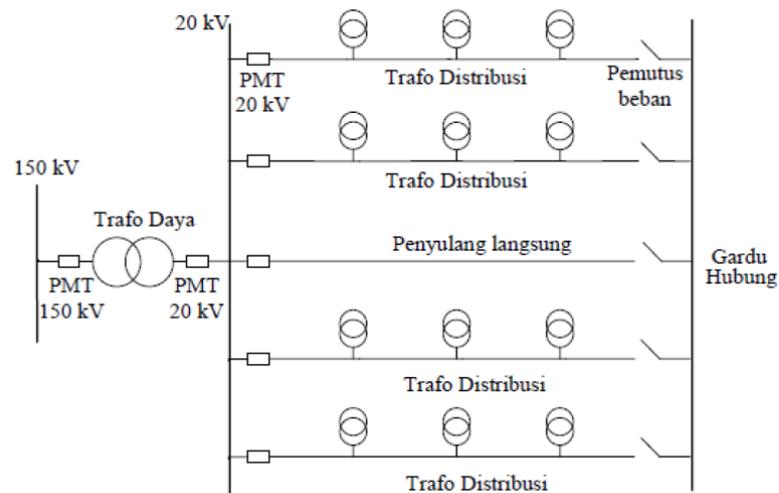


Gambar 2.4 Skema Saluran Sistem Loop

- Sistem Spindel

Sistem spindle menggunakan express feeder pada bagian tengah yang langsung terhubung dari gardu induk ke gardu hubung, sehingga sistem ini tergolong sistem yang handal. dalam pembangunannya, sistem ini sudah

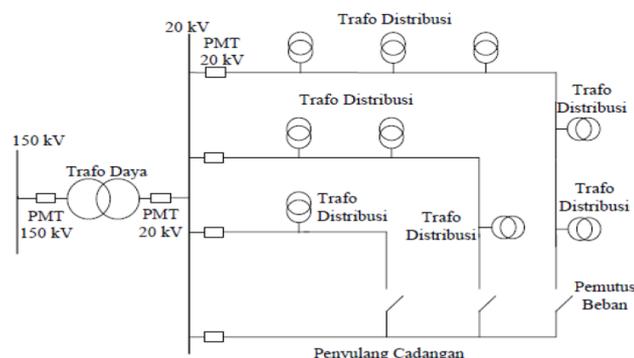
memperhitungkan perkembangan beban atau penambahan jumlah konsumen sampai beberapa tahun ke depan, sehingga dapat digunakan dalam waktu yang cukup lama, hanya saja investasi pembangunannya juga lebih besar. proteksinya masih sederhana, mirip dengan sistem loop. pada bagian tengah penyulang biasanya dipasang gardu tengah yang berfungsi sebagai titik manufer ketika terjadi gangguan pada jaringan tersebut.



Gambar 2.5 Skema Saluran Sistem Spindel

- Sistem Cluster

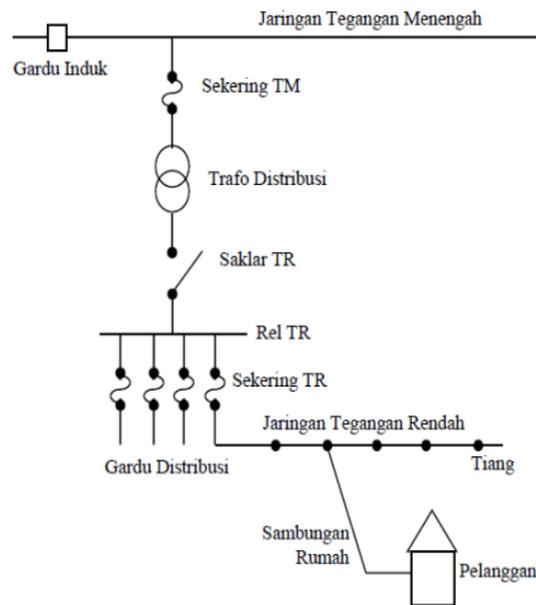
Sistem ini mirip dengan sistem spindle. bedanya pada sistem cluster tidak digunakan gardu hubung atau gardu switching, sehingga express feeder dari gardu hubung ke tiap jaringan. express feeder ini dapat berguna sebagai titik manufer ketika terjadi gangguan pada salah satu bagian jaringan.



Gambar 2.6 Skema Saluran Sistem Cluster

2.3 Sistem Distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah 380/220V)

Sistem distribusi sekunder seperti pada Gambar 2.6 merupakan salah satu bagian dalam sistem distribusi, yaitu mulai dari gardu trafo sampai pada pemakai akhir atau konsumen.



Gambar 2.7 Hubungan tegangan menengah ke tegangan rendah dan konsumen

Melihat letaknya, sistem distribusi ini merupakan bagian yang langsung berhubungan dengan konsumen, jadi sistem ini berfungsi menerima daya listrik dari sumber daya (trafo distribusi), juga akan mengirimkan serta mendistribusikan daya tersebut ke konsumen. mengingat bagian ini berhubungan langsung dengan konsumen, maka kualitas listrik selayaknya harus sangat diperhatikan.

Sistem penyaluran daya listrik pada Jaringan Tegangan Rendah dapat dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut :

1. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel telanjang (tanpa isolasi) seperti kabel AAAC, kabel ACSR.
2. Saluran Kabel Udara Tegangan Rendah (SKUTR) Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel berisolasi seperti kabel LVTC (*Low Voltage Twisted Cable*). ukuran kabel LVTC adalah : $2 \times 10 \text{mm}^2$, $2 \times 16 \text{mm}^2$, $4 \times 25 \text{mm}^2$, $3 \times 35 \text{mm}^2$, $3 \times 50 \text{mm}^2$, $3 \times 70 \text{mm}^2$.

Penyambungan JTR menurut SPLN No.74 tahun 1987 yaitu “sambungan JTR adalah sambungan rumah (SR) penghantar di bawah tanah atau di atas tanah termasuk peralatannya mulai dari titik penyambungan tiang JTR sampai alat pembatas dan pengukur (APP)”.

2.4 Gardu Distribusi³

Pengertian umum Gardu Distribusi tenaga listrik yang paling dikenal adalah suatu bangunan gardu listrik berisi atau terdiri dari instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM), Transformator Distribusi (TD) dan Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan tenaga listrik bagi para pelanggan baik dengan Tegangan Menengah (TM 20 kV) maupun Tegangan Rendah (TR 220/380V).

Konstruksi Gardu distribusi dirancang berdasarkan optimalisasi biaya terhadap maksud dan tujuan penggunaannya yang kadang kala harus disesuaikan dengan peraturan Pemerintah daerah (Pemda) setempat.

Secara garis besar gardu distribusi dibedakan atas :

- a. Jenis pemasangannya :
 - Gardu pasangan luar : Gardu Portal, Gardu Cantol
 - Gardu pasangan dalam : Gardu Beton, Gardu Kios
- b. Jenis Konstruksinya :
 - a) Gardu Beton (bangunan sipil : batu, beton)
 - b) Gardu Tiang : Gardu Portal dan Gardu Cantol
 - c) Gardu Kios
- c. Jenis Penggunaannya :
 - a) Gardu Pelanggan Umum
 - b) Gardu Pelanggan Khusus

Khusus pengertian Gardu Hubung adalah gardu yang ditujukan untuk memudahkan manuver pembebanan dari satu penyulang ke penyulang lain yang dapat dilengkapi/tidak dilengkapi RTU (*Remote Terminal Unit*). Untuk fasilitas ini

³ PT.PLN (Persero). 2010. *Buku 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*. Hlm.1

lazimnya dilengkapi fasilitas DC Supply dari Trafo Distribusi pemakaian sendiri atau Trafo distribusi untuk umum yang diletakkan dalam satu kesatuan.

2.4.1 Gardu Portal⁴

Gardu Portal adalah gardu listrik tipe terbuka (out-door) dengan memakai konstruksi dua tiang atau lebih. Tempat kedudukan transformator sekurang-kurangnya 3 meter di atas tanah dan ditambahkan platform sebagai fasilitas kemudahan kerja teknisi operasi dan pemeliharaan. Transformator dipasang pada bagian atas dan lemari panel / PHB-TR pada bagian bawah. Berikut ini adalah jenis-jenis gardu portal.

- Gardu Portal 50 kVA – 100 kVA, 2 jurusan TR
PHB-TR gardu ini dirancang untuk 2 Jurusan Jaringan Tegangan Rendah.
- Gardu Portal 160 – 400 kVA, 4 Jurusan TR
PHB-TR gardu ini dirancang untuk 4 Jurusan Jaringan Tegangan Rendah.
- Gardu Portal Pelanggan Khusus
Gardu Portal untuk pelanggan khusus Tegangan Rendah dan Tegangan Menengah.
- Gardu Portal SKTM
- Gardu Portal SKTM Antenna
Gardu Portal ini lazimnya dibangun pada sistem distribusi Tegangan Menengah dengan kabel bawah tanah yang karena keterbatasan lahan, catu daya TM diperoleh dari Gardu Beton terdekat dengan SKTM bawah tanah dengan panjang tidak melebihi 100 meter. Untuk gardu portal antenna, kubikel pengaman transformator ditempatkan pada gardu pemberi catu daya.
- Gardu Portal RMU/Modular
Gardu Portal ini adalah gardu listrik dengan konstruksi sama dengan gardu Portal, dengan penempatan kubikel jenis RMU/modular dalam lemari panel

⁴PT.PLN (Persero). 2010. *Buku 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*. Hlm.44

(metal clad) yang terhindar dari air hujan dan debu, dan dipasangkan pada jaringan SKTM.

2.5 Transformator⁵

A. Definisi Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya, melalui suatu gandengan magnet dan bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetis. Dimana perbandingan tegangan antara sisi primer dan sisi sekunder berbanding lurus dengan perbandingan jumlah lilitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya. Dalam bidang teknik listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi:

1. Transformator daya, yaitu transformator yang biasa digunakan untuk menaikkan tegangan pembangkit menjadi tegangan transmisi
2. Transformator distribusi, yaitu transformator yang biasa digunakan untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi
3. Transformator pengukuran, yaitu transformator yang terdiri dari transformator arus dan transformator tegangan.

B. Transformator Distribusi

Transformator distribusi merupakan alat yang memegang peran penting dalam sistem distribusi. Transformator distribusi mengubah tegangan menengah menjadi tegangan rendah. Transformator distribusi yang umum digunakan adalah transformator *step-down* 20KV/400V. Tegangan fasa ke fasa sistem jaringan tegangan rendah adalah 380V. Karena terjadi drop tegangan, maka pada rak tegangan rendah dibuat di atas 380V agar tegangan pada ujung penerima tidak lebih kecil dari 380V.

⁵ Zuhail. 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Hlm 43

C. Pembebanan Transformator

Menurut PT.PLN (Persero), transformator distribusi diusahakan agar tidak dibebani lebih dari 80 % atau dibawah 40 %. Jika melebihi atau kurang dari nilai tersebut transformator bisa dikatakan *overload* atau *underload*. Diusahakan agar trafo tidak dibebani keluar dari range tersebut. Bila beban trafo terlalu besar maka dilakukan penggantian trafo atau penyisipan trafo atau mutasi trafo. Rumus berikut dapat digunakan untuk melihat besar kapasitas trafo yang ada.

$$kVA \text{ beban} = (I_R \times V_{R-N}) + (I_S \times V_{S-N}) + (I_T \times V_{T-N}) \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\% \text{ Persentase beban Transformator} = \frac{kVA \text{ beban}}{kVA \text{ Trafo}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.2)$$

2.6 Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam sirkuit listrik. Dalam sistem listrik AC/Arus Bolak-Balik ada tiga jenis daya yang dikenal, yaitu :

A. Daya semu

Daya semu merupakan daya listrik yang melalui suatu penghantar transmisi atau distribusi. Daya ini merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus yang melalui penghantar.

$$\text{Untuk 1 fasa : } S = V \times I \dots\dots\dots (2.3)^6$$

$$\text{Untuk 3 fasa : } S = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \dots\dots\dots (2.4)^7$$

Dimana :

S = Daya semu (VA)

V = Tegangan antar saluran (Volt)

I = Arus saluran (Amper)

B. Daya Aktif

Daya aktif (daya nyata) merupakan daya listrik yang digunakan untuk keperluan menggerakkan mesin-mesin listrik atau peralatan lainnya. Daya aktif ini

⁶ Subir, Ray. 2007. *Electrical Power System*. Hlm 17

⁷ Stevenson, William D. 1994. *Analisis Sistem tenaga Listrik*. Hlm 28

merupakan pembentukan dari besar tegangan yang kemudian dikalikan dengan besaran arus dan faktor dayanya.

$$\text{Untuk 1 fasa : } P = V \times I \times \cos \emptyset \dots \dots \dots (2.5)^5$$

$$\text{Untuk 3 fasa : } P = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos \emptyset \dots \dots \dots (2.6)^6$$

Dimana :

P = Daya Nyata (Watt)

V = Tegangan antar saluran (Volt)

I = Arus saluran (Amper)

$\cos \emptyset$ = Faktor Daya (standar PLN 0,85)

C. 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.

$$\text{Untuk 1 fasa : } Q = V \times I \times \sin \emptyset \dots \dots \dots (2.7)^5$$

$$\text{Untuk 3 fasa : } Q = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \sin \emptyset \dots \dots \dots (2.8)^6$$

Dimana :

Q = Daya reaktif (VAR)

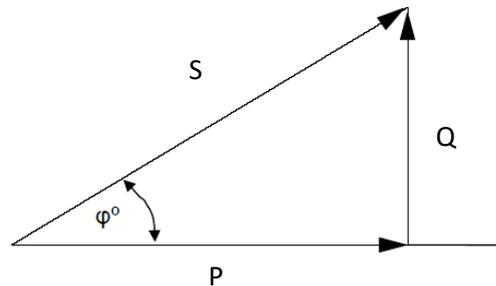
V = Tegangan antar saluran (Volt)

I = Arus saluran (Amper)

$\sin \emptyset$ = Faktor Daya (tergantung nilai \emptyset)

D. Segitiga Daya

Dari bermacam daya diatas maka daya listrik digambarkan sebagai segitiga siku, yang secara vektoris adalah penjumlahan daya aktif dan reaktif dan sebagai resultannya adalah daya semu.



Gambar 2.8 Segitiga daya

E. Faktor daya

Faktor daya atau faktor kerja adalah perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu/daya total (VA), atau cosinus sudut antara daya aktif dan daya semu/daya total. Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah. Faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu.

Secara teoritis, jika seluruh beban daya yang dipasok oleh perusahaan listrik memiliki faktor daya satu, maka daya maksimum yang ditransfer setara dengan kapasitas sistim pendistribusian. Sehingga, dengan beban yang terinduksi dan jika faktor daya berkisar dari 0,2 hingga 0,5, maka kapasitas jaringan distribusi listrik menjadi tertekan. Jadi, daya reaktif (VAR) harus serendah mungkin untuk keluaran kW yang sama dalam rangka meminimalkan kebutuhan daya total (VA).

Faktor Daya / Faktor kerja menggambarkan sudut fasa antara daya aktif dan daya semu. Faktor daya yang rendah merugikan karena mengakibatkan arus beban tinggi. Perbaikan faktor daya ini menggunakan kapasitor.

Dalam sistem tenaga listrik dikenal 3 jenis faktor daya yaitu faktor daya unity, faktor daya terbelakang (*lagging*) dan faktor daya terdahulu (*leading*) yang ditentukan oleh jenis beban yang ada pada sistim.

1. Faktor Daya *Unity*

Faktor daya unity adalah keadaan saat nilai $\cos \phi$ adalah satu dan tegangan sephasa dengan arus. Faktor daya *Unity* akan terjadi bila jenis beban adalah resistif murni.



Gambar 2.9 Arus Sefasa dengan Tegangan

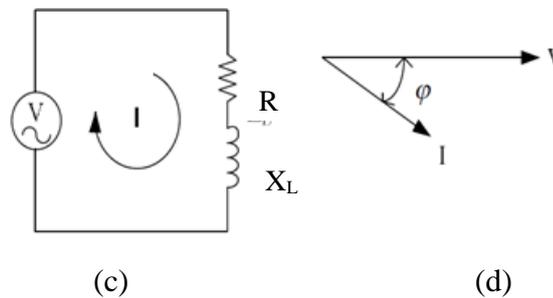
- a. Rangkaian beban R
- b. Diagram vektor I dan V sefasa

Pada Gambar terlihat nilai $\cos \phi$ sama dengan 1, yang menyebabkan jumlah daya nyata yang dikonsumsi beban sama dengan daya semu.

2. Faktor Daya Terbelakang (*Lagging*)

Faktor daya terbelakang (*lagging*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut :

- Beban/ peralatan listrik memerlukan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat induktif.
- Arus (I) terbelakang dari tegangan (V), V mendahului I dengan sudut ϕ



Gambar 2.10 Arus tertinggal dari tegangan sebesar sudut ϕ

- c. Rangkaian R dan L
- d. Diagram vektor I lagging terhadap V

Dari Gambar terlihat bahwa arus tertinggal dari tegangan maka daya reaktif mendahului daya semu, berarti beban membutuhkan atau menerima daya reaktif dari sistem.

Rumus faktor daya tertinggal :

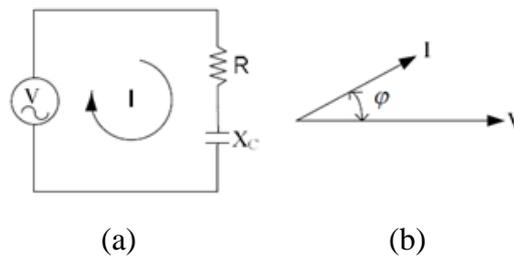
$$\text{Faktor daya (power factor)} = \frac{P}{S} = \frac{V.I.\sin \theta}{V.I} = \sin \theta \dots\dots\dots (2.9)^8$$

⁸ Smith, Ralph. J. 1990. *Rangkaian, Piranti, dan Sistem*. Hlm 170.

3. Faktor Daya Mendahului (*Leading*)

Faktor daya mendahului (*leading*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut :

- a. Beban/ peralatan listrik memberikan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat kapasitif.
- b. Arus mendahului tegangan, V terbelakang dari I dengan sudut ϕ



Gambar 2.11 Arus mendahului dari tegangan sebesar sudut ϕ

- a. Rangkaian R dan C
- b. Diagram vektor I leading terhadap V

Dari Gambar terlihat bahwa arus mendahului tegangan maka daya reaktif tertinggal dari daya semu, berarti beban memberikan daya reaktif kepada sistem.

Rumus faktor daya tertinggal :

$$\text{Faktor daya (power factor)} = \frac{P}{S} = \frac{V.I.\cos\theta}{V.I} = \cos\theta \dots\dots\dots(2.10)^9$$

2.7 Resistansi penghantar

Resistansi adalah tahanan suatu penghantar baik itu pada saluran transmisi maupun distribusi yang menyebabkan kerugian daya. Maka besarnya resistansi pada jaringan listrik dapat dicari dengan rumus persamaan berikut:

$$R = \rho \frac{l}{A} \dots\dots\dots(2.11)^{10}$$

Dimana :

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

⁹ Hutahuruk, T.S. 1996. *Transmisi Daya Listrik*. hlm 6

¹⁰ Ibid, hlm.40

Tahanan penghantar mempunyai suhu maksimum yang telah distandarkan oleh pabrik pembuatnya (maksimum 30°C untuk Indonesia), perubahan suhu sebesar 1°C dapat menaikkan tahanan penghantar. Perubahan tahanan nilai tahanan ini disebut koefisien temperatur dari tahanan yang diberi simbol α , nilai α dapat dilihat pada tabel di bawah ini. Perubahan nilai tahanan terhadap suhu, dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$R_{t2} = R_{t1}[1 + \alpha(t_2 - t_1)] \dots\dots\dots (2.12)^4$$

Dimana T_0 = Temperatur pada penghantar aluminium (°C)

$$R_{t2} = R_{t1} \frac{T_0 + t_2}{T_0 + t_1} \dots\dots\dots (2.13)^4$$

Dimana:

R_{t2} = resistansi pada suhu t_2 (Ω / km)

R_{t1} = resistansi pada suhu t_1 (Ω / km)

α_{t1} = koefisien temperature dari tahanan pada suhu

0,03931 untuk Cu pada suhu 12345°C

0,03931 untuk Al pada suhu 12345°C

t_1 = suhu normal penghantar (°C)

t_2 = suhu yang ditentukan (°C)

T_0 = konstanta untuk penghantar tertentu :

- a. 234,5 untuk tembaga 100% Cu
- b. 241,0 untuk tembaga 97% Cu
- c. 228 untuk aluminium 61 % Al

2.8 Rugi daya

Berdasarkan gambar 2.11 rugi daya saluran timbul karena adanya komponen resistansi dan reaktansi saluran dalam bentuk rugi daya aktif dan reaktif. Rugi daya aktif yang timbul pada komponen resistansi saluran distribusi akan terdisipasi dalam bentuk energi. Sedangkan rugi daya reaktif akan dikembalikan ke sistem dalam bentuk medan magnet atau medan listrik.

Rugi daya yang dapat dicari menggunakan rumus :

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times R \dots\dots\dots (2.14)^{11}$$

Dimana :

P = Rugi daya (kw)

I = Arus yang mengalir (Ampere)

R = Resistansi saluran (ohm)

2.9 E T A P (*Electrical Transient Analysis Program*)

2.9.1 Definisi ETAP¹²

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.

Analisa tenaga listrik yang dapat dilakukan ETAP antara lain :

- a. Analisa aliran daya
- b. Analisa hubung singkat
- c. Arc Flash Analysis
- d. Analisa kestabilan transien, dll.

Dalam menganalisa tenaga listrik, suatu diagram saluran tunggal (single line diagram) merupakan notasi yang disederhanakan untuk sebuah sistem tenaga listrik tiga fasa. Sebagai ganti dari representasi saluran tiga fasa yang terpisah, digunakanlah sebuah konduktor. Hal ini memudahkan dalam pembacaan diagram maupun dalam analisa rangkaian. Elemen elektrik seperti misalnya pemutus rangkaian, transformator, kapasitor, bus bar maupun konduktor lain dapat ditunjukkan dengan menggunakan simbol yang telah distandardisasi untuk diagram

¹¹ PT.PLN Pusat Pendidikan dan Pelatihan. *Teknik Listrik Terapan*. Hlm 13

¹² Firmansyah, Anton. *Modul Praktikum Pemrograman Komputer*. Hlm 12

saluran tunggal. Elemen pada diagram tidak mewakili ukuran fisik atau lokasi dari peralatan listrik, tetapi merupakan konvensi umum untuk mengatur diagram dengan urutan kiri-ke-kanan yang sama, atas-ke-bawah, sebagai saklar atau peralatan lainnya diwakili.

2.9.2 Standar simbol ETAP

ETAP memiliki 2 macam standar yang digunakan untuk melakukan analisa kelistrikan, ANSI dan IEC. Pada dasarnya perbedaan yang terjadi di antara kedua standar tersebut adalah frekuensi yang digunakan, yang berakibat pada perbedaan spesifikasi peralatan yang sesuai dengan frekuensi tersebut. Simbol elemen listrik yang digunakan dalam analisa dengan menggunakan ETAP pun berbeda.

2.9.3 Langkah Menjalankan Program ETAP

- Mempersiapkan Plant

Persiapan yang perlu dilakukan dalam analisa / desain dengan bantuan ETAP PowerStation adalah :

- a. Single Line Diagram
- b. Data peralatan baik elektrik maupun mekanis
- c. Library untuk mempermudah editing data

Single Line Diagram tersebut membutuhkan data peralatan sesuai dengan data peralatan baik elektrik maupun mekanis sebagai berikut :

a.

Power Grid

b. Generator

c. Bus

d. Transformator

e. Circuit Breaker

f. Disconnect Switch

g. Lumped Load

h. Motor Sinkron

i. Motor Induksi

j. High Filter

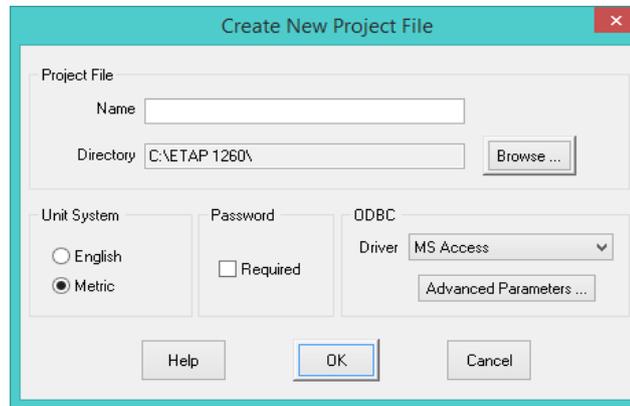
k. Capacitor

l. Over Current Relay

m. Variable Frequency Drive (VFD)

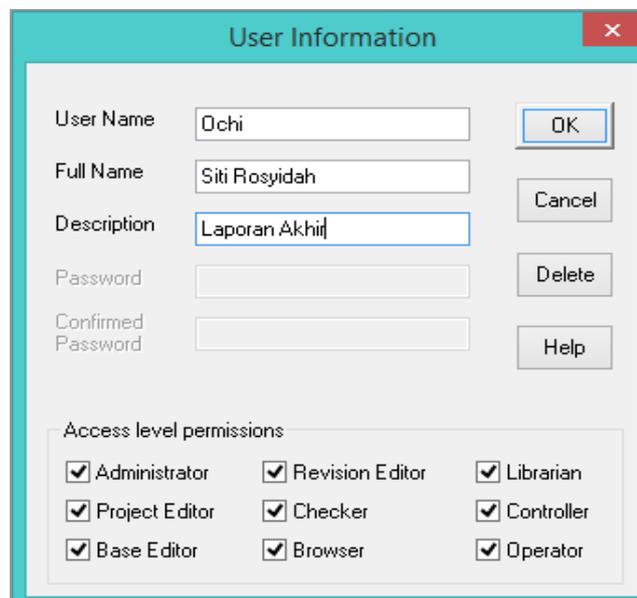
n. Charger

- Membuat Proyek Baru
 - a. Klik tombol New atau klik menu File lalu akan muncul kotak dialog sebagai berikut :



Gambar 2.12 *Create New Project File*

- b. Lalu ketik nama file project . Misalnya : Pelatihan. Lalu klik Ok atau tekan Enter.
- c. Akan muncul kotak dialog User Information yang berisi data pengguna software. Isikan nama anda dan deskripsi proyek anda. Lalu klik Ok atau tekan Enter.



Gambar 2.13 User Information

- d. Anda telah membuat file proyek baru dan siap untuk menggambar one-line diagram di layar. Lalu buat One-line diagram seperti pada gambar dibawah dan isikan data peralatan.

- Menggambar Single Line Diagram

Menggambar single line diagram dilakukan dengan cara memilih simbol peralatan listrik pada menu bar disebelah kanan layar. Klik pada simbol, kemudian arahkan kursor pada media gambar. Untuk menempatkan peralatan pada media gambar, klik kursor pada media gambar.

Untuk mempercepat proses penyusunan single line diagram, semua komponen dapat secara langsung diletakkan pada media gambar. Untuk mengetahui kontinuitas antar komponen dapat di-cek dengan Continuity Check pada menu bar utama.

Pemakaian Continuity Check dapat diketahui hasilnya dengan melihat warna komponen/branch. Warna hitam berarti telah terhubung, warna abu-abu berarti belum terhubung.

- Editing Data Peralatan

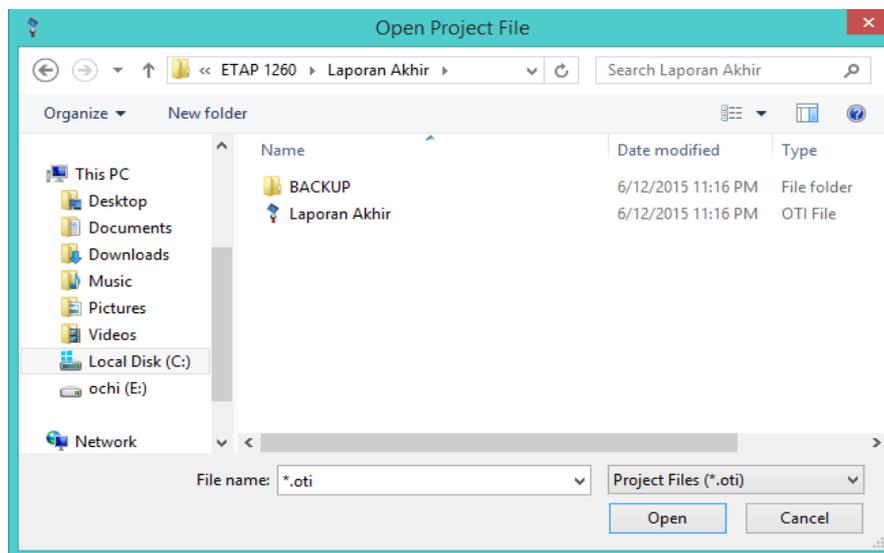
- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| - Bus | - Induction Machine |
| - Generator | - Static Load |
| - Cable | - Circuit Breaker |
| - Two Winding Transformator | - Fuse |

Data Peralatan yang diperlukan oleh PowerStation untuk analisa sangat detail sehingga kadang membuat beberapa pengguna kesulitan dalam memperoleh data tersebut. Untuk mempermudah memasukkan data, maka harus diidentifikasi terlebih dahulu keperluan data. Sebagai contoh, analisa hubung singkat membutuhkan data yang lebih kompleks daripada analisa aliran daya. Jadi tidak perlu memasukkan semua parameter yang diminta pada menu editor komponen oleh ETAP PowerStation.

- Melakukan Studi/Analisa

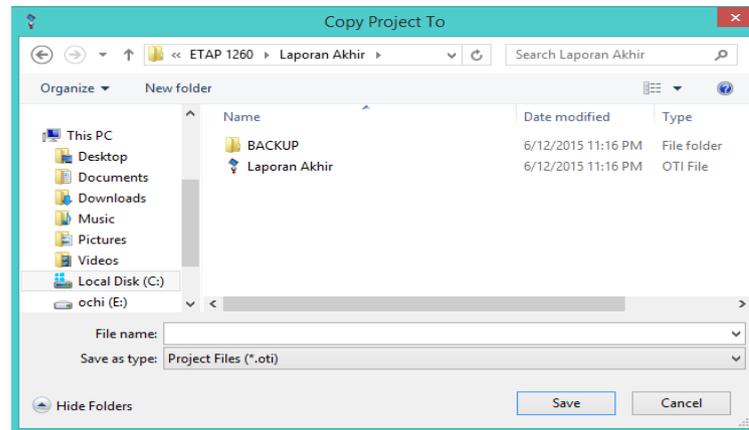
Dengan ETAP PowerStation dapat dilakukan beberapa analisa pada sistem kelistrikan yang telah digambarkan dalam single line diagram. Studi-studi tersebut adalah :

1. Load Flow Analysis (LF)
 2. Short Circuit Analysis (SC)
 3. Motor Starting Analysis (MS)
 4. Transient Stability Analysis (TS)
 5. Cable Ampacity Derating Analysis (CD)
 6. Power Plot Interface
- Menyimpan File Project (Save Project)
 - Masuk menu bar File, pilih Save atau click toolbar
 - Membuka File Project (Open Project)
 - a. Masuk menu bar File, pilih Open File lalu tentukan direktori tempat menyimpan filenya (browse) atau click toolbar
 - b. Pilih file yang dituju kemudian click open



Gambar 2.14 Membuka File Project

- Mengcopy / Menyalin File Project
 - a. Masuk menu bar File, pilih Copy Project To lalu tentukan direktori tempat menyimpan filenya (browse)
 - b. Beri nama File Project yang dicopy kemudian click Save



Gambar 2.15 Mengcopy / Menyalin File Project

- Menutup Project (Close Project)
Klik menu File lalu klik Close Project atau kill toolbar Close
- Keluar dari Program (Exit Program)
Klik menu File lalu klik Exit untuk keluar dari program ETAP.