



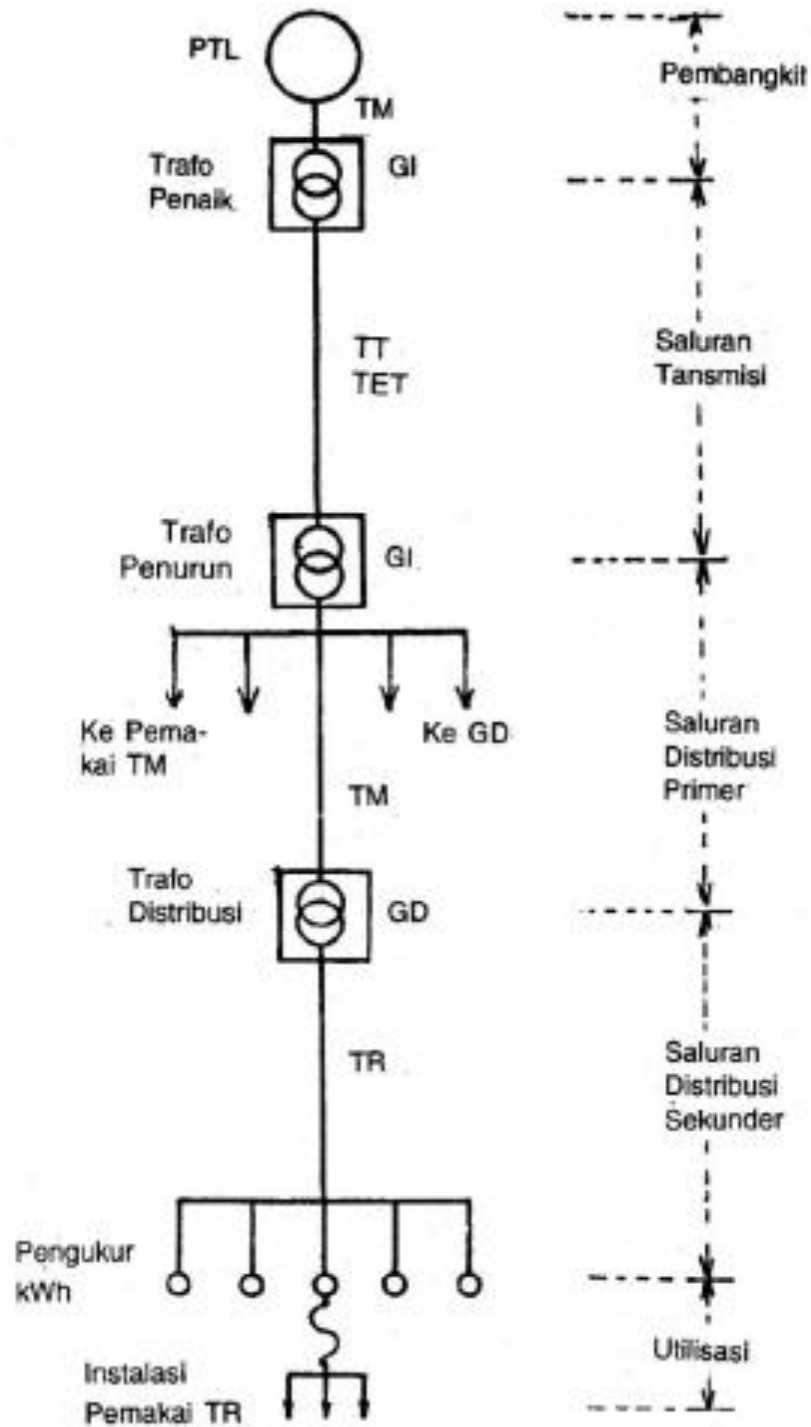
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Deskripsi Sistem Tenaga Listrik

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 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 yang utilisasi, yang terdiri atas instalasi pemakaian tenaga listrik. Instalasi rumah tangga biasanya memakai tegangan rendah, sedangkan pemakaian besar seperti industri mempergunakan tegangan menengah ataupun tegangan tinggi. Gambar 2.1 memperlihatkan skema suatu system tenaga listrik. Perlu dikemukakan bahwa suatu system dapat terdiri atas beberapa subsistem yang saling berhubungan, atau yang biasa disebut sebagai sistem terinterkoneksi.

Kiranya jelas bahwa arah mengalirnya energy listrik berawal dari pusat tenaga listrik melalui saluran-saluran transmisi dan distribusi dan sampai pada instalasi pemakai yang merupakan unsur utilisasi.



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik



Catatan:

PTL = Pembangkit Tenaga Listrik

GI = Gardu Induk

TT = Tegangan Tinggi

TET = Tegangan Ekstra Tinggi

TM = Tegangan Menengah

GD = Gardu Distribusi

TR = Tegangan Rendah

(Abdul kadir 2006 hal.3 dan5)

## 2.2 Definisi Saluran Distribusi

Jaringan distribusi tenaga listrik merupakan semua bagian dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan sumber daya besar (*big power source*) dengan rangkaian pelayanan pada konsumen. Sumber daya besar tersebut dapat berupa :

- a. Pusat pembangkit tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan jaringan distribusi.
- b. Gardu induk, yaitu gardu yang di *supply* dari pusat pembangkit tenaga listrik melalui jaringan – jaringan transmisi dan sub transmisi. Salah satu fungsi dari gardu induk adalah untuk mensupply tenaga listrik ke gardu distribusi melalui jaringan distribusi.
- c. Gardu distribusi, yaitu gardu yang di *supply* dari gardu induk melalui jaringan distribusi. Salah satu fungsi dari gardu distribusi adalah sebagai sarana *supply* tenaga listrik kekonsumen yang lataknya jauh dari gardu induk maupun pusat pembangkit tenaga listrik.

Adapun fungsi utama dari sistem distribusi adalah menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya (pembangkit) ke pemakai atau konsumen, baik buruk suatu jaringan distribusi dapat dinilai dari bermacam-macam factor, antara lain mengenai hal-hal sebagai berikut :

- a. Regulasi tegangan
- b. Kontinuitas pelayanan



- c. Efisiensi
- d. Fleksibilitas
- e. Harga system

Dari 5 faktor diatas, masalah-masalah yang dihadapi dalam suatu system jaringan distribusi adalah bagaimana menyalurkan tenaga listrik ke konsumen dengan cara sebaik-baiknya untuk saat tertentu dan juga untuk masa yang akan datang. System distribusi tenaga listrik harus memenuhi beberapa syarat sebagai berikut :

- a. Gangguan terhadap pelayanan pada suatu daerah tidak boleh terlalu lama.
- b. Gangguan terhadap pelayanan (*interruption*) tidak boleh terlalu sering.
- c. Harus fleksibel (mudah menyesuaikan diri dengan keadaan yang terjadi, seperti perubahan-perubahan pada sistem perubahan beban yang tidak menelan biaya yang tinggi).
- d. Regulasi tegangan tidak terlampau besar .
- e. Biaya sistem operasional harus serendah mungkin.

Bagian – bagian dari system jaringan distribusi tenaga listrik secara garis besar. Untuk jaringan distribusi pada umumnya terdiri dari dua bagian besar, yaitu sebagai berikut :

- a. Jaringan Distribusi Primer

Jaringan distribusi primer yaitu jaringan tenaga listrik yang menyalurkan daya listrik dari gardu induk sub transmisi ke gardu distribusi. Jaringan ini merupakan jaringan tegangan menengah atau jaringan tegangan primer. Biasanya jaringan ini menggunakan 6 jenis jaringan yaitu sistem radial dan sistem lup (loop), sistem ring, sistem network, sistem spindel dan system cluster.

*(Abdul Kadir, 2006, Hal 21)*

- b. Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder mempergunakan tegangan rendah.



Sebagaimana halnya dengan distribusi primer, terdapat pula pertimbangan-pertimbangan perihal keadaan pelayanan dan regulasi tegangan, distribusi sekunder Yaitu jaringan tenaga listrik yang menyalurkan daya listrik dari gardu distribusi ke konsumen. Jaringan ini sering disebut jaringan tegangan rendah.

*(Abdul Kadir, 2006, Hal 27)*

### **2.3 Bentuk-bentuk Konfigurasi Distribusi**

Bentuk jaringan distribusi primer mempunyai konfigurasi bermacam-macam di antaranya adalah :

1. Konfigurasi Primer Radial
2. Konfigurasi Primer Loop
3. Konfigurasi Primer Grid/Network
4. Konfigurasi Primer Spindle
5. Konfigurasi Primer Cluster

Jaringan Distribusi Primer adalah bagian dari sistem distribusi yang menghubungkan gardu induk ke beberapa gardu hubung dan gardu distribusi pada suatu tegangan primer.

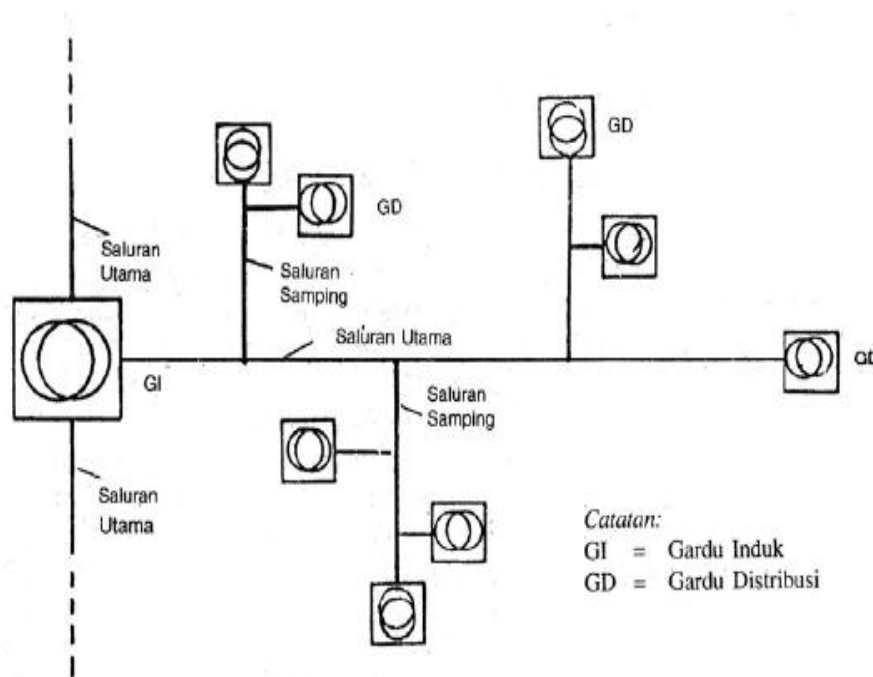
#### **2.3.1 Konfigurasi primer radial**

Jaringan primer bentuk radial ini merupakan bentuk jaringan yang paling banyak dan umum dipakai terutama digunakan pada daerah tingkat kerapatan bebannya rendah.

Jaringan ini mempunyai satu jalur daya ke beban sehingga bila saluran tersebut mendapat gangguan maka semua beban pada saluran itu akan kehilangan daya. Salah satu kelemahan sistem ini adalah kontinuitas pelayanannya kurang baik dan keandalannya rendah serta jatuh tegangan terjadi besar terutama untuk beban yang terdapat pada ujung saluran, kerapatan arus yang besar pada jaringan tipe radial ini terdapat pada saluran antara sumber daya dan gardu distribusi terdekat

dan arus semakin kecil untuk gardu distribusi berikutnya dan terkecil pada bagian ujung saluran.

Sesuai dengan tingkat kerapatan arusnya maka besar penampang penghantar tersebut dapat berbeda-beda. Pada gambar 2.2 diperlihatkan bentuk jaringan distribusi radial.



Gambar 2.2 Sistem Jaringan Distribusi Primer Tipe Radial<sup>2</sup>

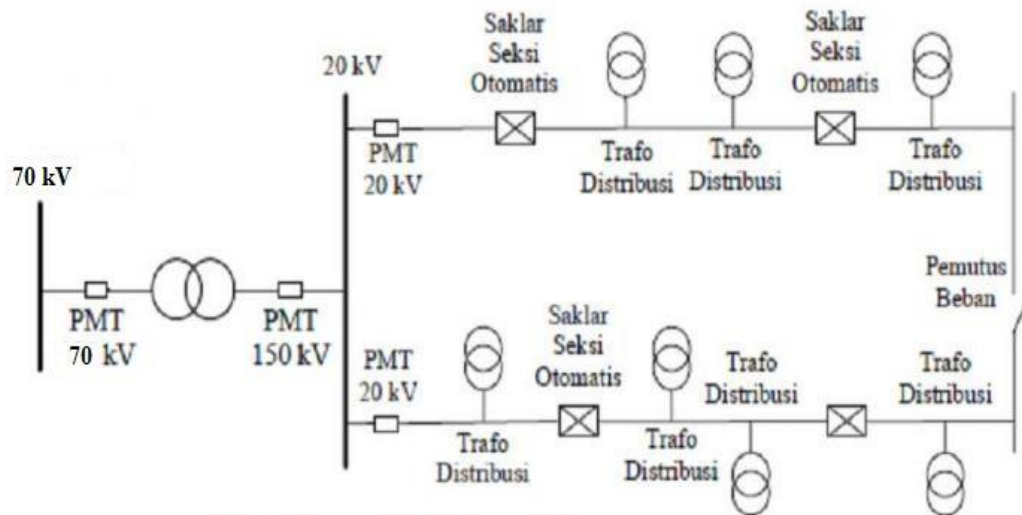
### 2.3.2 Konfigurasi primer loop

Sistem jaringan tipe ini adalah sistem jaringan distribusi primer yang dimulai dari rel gardu induk atau sumber daya yang melalui daerah beban dan kemudian kembali lagi ke rel gardu induk atau sumber daya yang sama.

Sistem jaringan primer tipe loop merupakan pengembangan dari sistem radial yang pada operasinya dapat bekerja sebagai sistem dengan tipe radial biasa. Kelemahan dari sistem jaringan distribusi primer tipe ini adalah besarnya penampang semua penghantar harus sama serta sanggup memikul beban saluran

<sup>2</sup>Distribusi dan utilisasi tenaga listrik Abdul Kadir hal : 26)

seluruhnya. Kelebihan dari sistem jaringan dengan bentuk loop apabila terjadi gangguan maka seksi yang mengalami dapat dipisahkan tanpa adanya pemutusan pelayanan pada beban. Diagram satu garis dari kedua bentuk jaringan tersebut diperlihatkan pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Sistem jaringan distribusi primer tipe loop<sup>3</sup>

### 2.3.3 Konfigurasi primer grid/network

Sistem jaringan grid/network ini terjadi bila ada beberapa gardu induk atau sumber daya saling berinterkoneksi sehingga setiap titik beban mempunyai beberapa kemungkinan menerima daya dari berbagai arah.

Sistem jaringan ini mempunyai kualitas pelayanan cukup baik dibandingkan dengan bentuk jaringan sistem radial ataupun bentuk loop/ring. Sistem bentuk ini mampu melayani beban kerapatan yang cukup tinggi serta

---

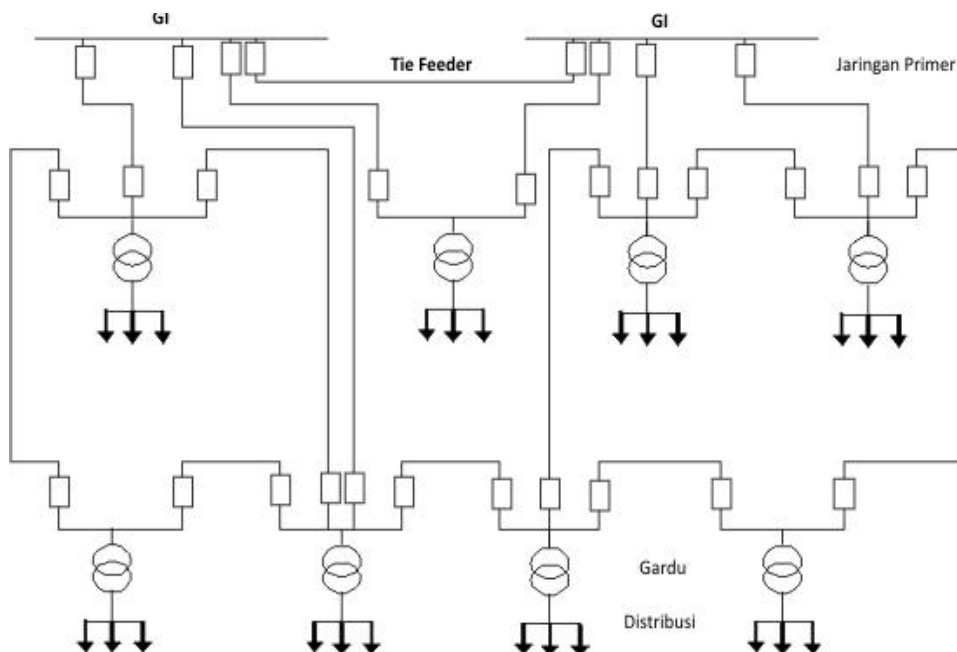
(Distribusi dan utilisasi tenaga listrik Abdul Kadir hal : 22)

memerlukan pelayanan terus menerus, tetapi kelemahannya sistem ini pada biaya investasi cukup tinggi.

Pada sistem bentuk ini jika salah satu feeder mendapat gangguan maka konsumen masih bisa mensuplai melalui feeder yang lainnya. Disamping itu pada sistem ini dipergunakan primary network unit sebagai pengamanannya yang terdiri dari :

1. Main Circuit Breaker
2. Network Protector
3. Breaker Feeder
4. Perlengkapan-perlengkapan lainnya.

Diagram satu garis sistem jaringan distribusi primer grid/network ini dapat dilihat pada gambar 2.4



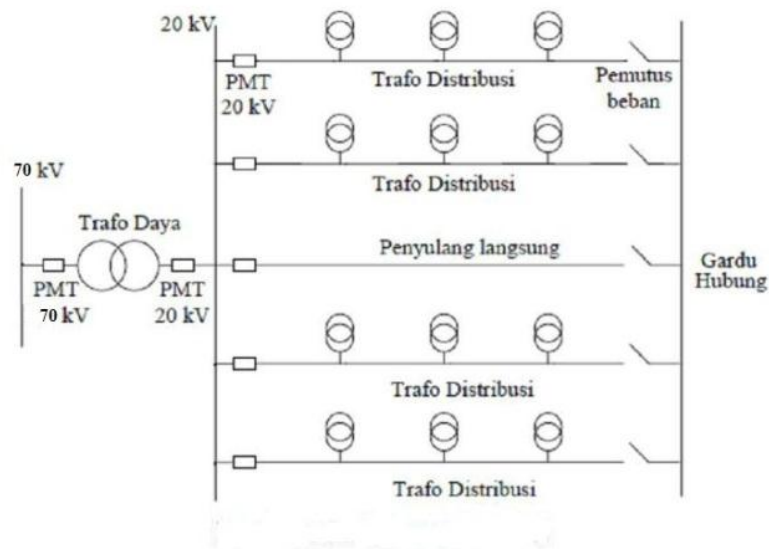
Gambar 2.4 Sistem jaringan distribusi primer tipe grid/network<sup>4</sup>

(<sup>2</sup><http://www.scribd.com/doc/229553924/BAB-II>)

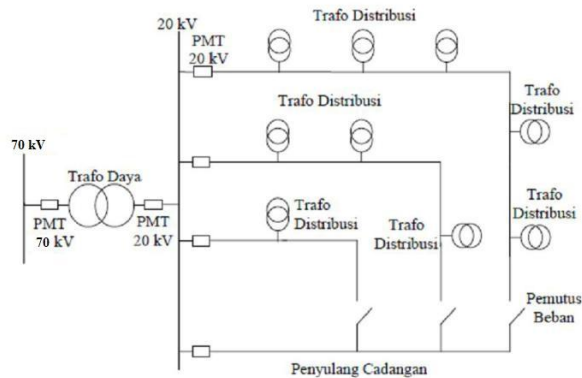


### 2.3.4 Konfigurasi primer spindle dan cluster

Sebagai perluasan dan perbaikan atau pengembangan dari sistem tipe radial, sebagai dasar maka diperoleh suatu bentuk jaringan distribusi primer yang dinamakan jaringan distribusi tipe Spindle dan Cluster. Sistem distribusi tipe spindle dan cluster adalah sistem dimana daya listrik disalurkan dari gardu induk atau sumber daya besar melalui gardu-gardu distribusi yang diakhiri pada gardu refleksi atau disebut switching melalui jalur pendek. Selain itu adapula saluran bebas yang disebut sebagai stand by line yang langsung menuju jalan pendek, beban-beban dihubungkan pada suatu beban penuh. Diagram satu garis dari kedua bentuk jaringan tersebut diperlihatkan pada gambar 2.5 dan 2.6.



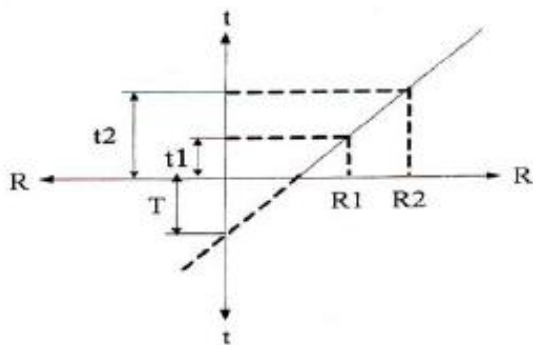
Gambar 2.5 Sistem jaringan distribusi primer tipe spindle



Gambar 2.6 Sistem jaringan distribusi primer tipe cluster <sup>5</sup>

## 2.4 Resistansi Saluran

Resistansi (tahanan) dari suatu penghantar berubah untuk setiap perubahan temperatur, untuk perhitungan-perhitungan teknis, tahanan dapat dianggap linier untuk perubahan temperatur tertentu. Jika suhu dilukiskan pada sumbu tegak dan resistansi pada sumbu mendatar seperti pada gambar 2.7 dibawah ini :



Gambar 2.7

Resistansi Suatu Penghantar Logam Sebagai fungsi Dari Suhu

Jika tahanan searah suatu penghantar pada suatu temperatur tertentu diketahui, maka tahanan searahnya dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{T+t_2}{T+t_1} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana :

$R_1$  = resistansi penghantar pada temperature  $t_1$  dalam derajat Celsius.

$R_2$  = resistansi penghantar pada temperature  $t_2$  dalam derajat Celsius.

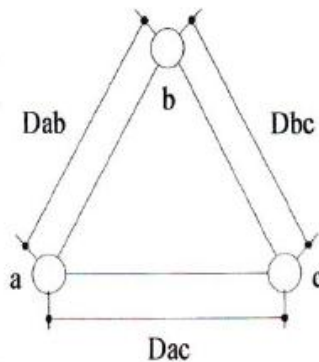
$T$  = konstanta untuk suatu penghantar tertentu yang ditentukan dari grafik.

### 2.5 Induktansi

Induk tansi kawat tiga fasa pada umumnya berlainan untuk masing-masing kawat.namun karna perbedaannya kecil, nilai induktansi dari penghantar yang ditranposisikan yang di ambil, bila ketidak keseimbangannya tidak terlampau besar.

Besar induktansi saluran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$L = \left( l + 0,4605 \cdot \text{Log} \frac{S}{r} \right) \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots 2.2$$



Gambar 2.8

Penampang Penghantar yang Berjarak Sama Pada Suatu Saluran Tiga Fasa

Besarnya GMD ( geometri mean distance) dapat dihitung berdasarkan konfigurasi saluran pada tiang dan spesifikasi penghantar yang digunakan adalah



sebagai berikut :

$$GMD = \sqrt[3]{D_{ab} \cdot D_{ac} \cdot D_{bc}}$$

Dimana :

- L = Induktansi saluran ( henry / km)
- I = Induktansi karena flux magnet dalam kawat sebesar 0,05 untuk kawat penampang bulat ( $\mu = 1$ )
- r = Radius masing-masing penghantar (mm)
- D = Jarak antara masing-masing penghantar (cm)
- S = Geometri Mean Distance (GMD)

Untuk menentukan besarnya nilai reaktansi induktif dapat menggunakan persamaan berikut ini :

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana :

- $X_L$  = reaktansi kawat penghantar (  $\Omega$  )
- $\pi$  = sudut arus bolak balik
- f = frekuensi arus bolak-balik ( Hz )
- L = induktansi kawat penghantar ( Henry )<sup>6</sup>

## 2.6 Daya Listrik

### 2.6.1 Daya semu

Daya Semu adalah daya yang melewati pada suatu saluran penghantar yang ada pada jaringan transmisi maupun jaringan distribusi. Dimana untuk daya semu ini dibentuk oleh besaran tegangan yang dikalikan dengan besaran arus.

Untuk satu fasa yaitu :

$$S_1 \varphi = V \cdot I \dots\dots\dots (2.1)$$

Untuk tiga phasa yaitu :

<sup>6</sup>Stevenson, William D. 1993. Analisa Sistem Tenaga Listrik edisi keempat. Jakarta : Erlangga, hal. 54 - 57.



$$S_3 \phi = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

$S_1 \phi$  = Daya semu satu phasa (MVA)

$S_3 \phi$  = Daya semu tiga phasa (MVA)

V = Tegangan antar phasa (KV)

I = Arus Konjugate (A)

**2.6.2 Daya aktif (daya nyata)**

Daya aktif adalah daya yang dipakai untuk keperluan menggerakkan mesin atau mekanik, dimana daya tersebut dapat diubah menjadi panas. Daya aktif ini merupakan pembentukan dari tegangan yang kemudian dikalikan dengan besaran arus dan factor dayanya. Daya aktif adalah tegangan dikali arus dikali  $\text{Cos}\phi$ , dinyatakan dalam watt.

Daya aktif untuk satu Phasa :

$$P1 \phi = V \cdot I \cdot \text{Cos}\phi \dots\dots\dots (2.3)$$

Daya aktif untuk tiga phasa :

$$P3 \phi = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos}\phi \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

$\text{Cos}\phi$  = Faktor daya

P = Daya aktif ( watt )

( Abdul Kadir, 1998. Hal 6 )

### 2.6.3 Daya reaktif

Daya reaktif adalah merupakan selisih antara daya semu yang masuk pada saluran dengan daya aktif yang terpakai atau disebut juga daya buta. Untuk daya reaktif ini adalah merupakan pembentukan dari suatu besaran tegangan dengan besaran arus serta  $\sin \phi$

Untuk satu fasa yaitu :

$$Q_1 \phi = V \cdot I \cdot \sin \phi \dots\dots\dots(2.5)$$

Untuk tiga fasa yaitu :

$$Q_3 \phi = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \phi \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

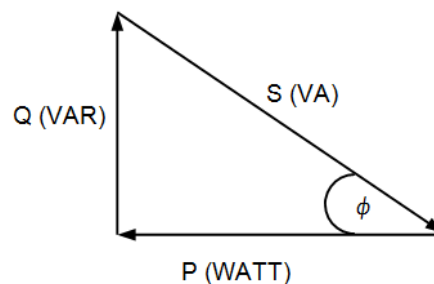
$Q_1 \phi$  = Daya reaktif satu fasa (MVAR)

$Q_3 \phi$  = Daya reaktif tiga fasa (MVAR)

$\sin \phi$  = Faktor Daya

( Abdul Kadir.1998.hal.8 )

Dari ketiga daya diatas yaitu daya semu (S), daya aktif (P), serta daya reaktif (Q)maka hubungan untuk daya-daya tersebut dapat digambarkan dalam bentuk segitiga daya kompleks yang dapat dilihat pada gambar 2.9 untuk beban kapasitif.

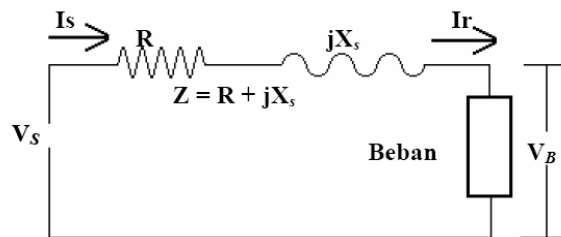


Gambar 2.9 Segitiga daya kompleks

Gambar diatas merupakan gambar segitiga daya kompleks yang artinya menyatakan hubungan dari ketiga jenis daya tersebut yaitu : Daya semu, daya aktif dan daya reaktif.

### 2.7 Rugi-rugi Tegangan Dalam Jaringan

Setiap penyaluran energi listrik dari sumber tenaga listrik kekonsumen yang letaknya berjauhan selalu terjadi rugi-rugi. Adapun salah satu kerugian-kerugian tersebut adalah rugi tegangan. Hal ini disebabkan setiap saluran distribusi mempunyai hambatan, induksi, dan kapasitansi. Untuk nilai kapasitansi saluran distribusi biasanya kecil sehingga diabaikan. Dengan demikian berdasarkan dari penjelasan diatas maka dapat dibuat ekivalen seperti gambar 2.10 adalah sebagai berikut :



Gambar 2.10 Rangkaian Ekivalen Saluran Distribusi

Berdasarkan gambar rangkaian Ekivalen diatas, jika ada arus yang mengalir melalui saluran distribusi maka akan terjadi penurunan tegangan sepanjang saluran. Dengan demikian tegangan pada pusat beban tidak sama besar dengan tegangan pengiriman.

Penurunan tegangan terjadi dari dua komponen :

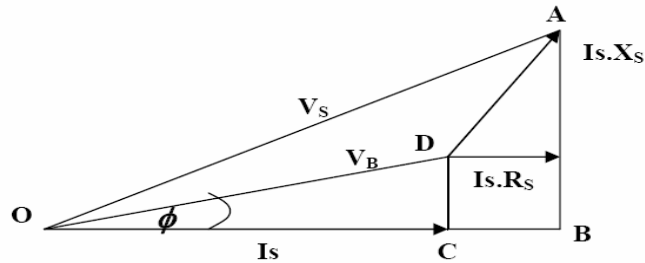
- a.  $I.R_s$  yaitu rugi-rugi tegangan akibat tahanan saluran.
- b.  $I.X_s$  yaitu rugi-rugi tegangan akibat reaktansi saluran.

Sehingga kerugian tegangan pada saluran distribusi dapat dinyatakan :

$$\Delta V = V_S - V_R \dots\dots\dots(2.7)$$

$$= I_s.R_s + j. I_s.X_s$$

$$= I_s (R_s + j X_s) \dots\dots\dots(2.8)$$



Gambar 2.11 Diagram Phasor Tegangan

Berdasarkan segitiga COD diatas, maka :

$$OA = V_s$$

$$OC = OD . Cos \theta$$

$$= V_r . Sin \theta$$

$$CD = OD . Sin \theta$$

$$= V_r . Sin \theta$$

$$V_s = \sqrt{(OB)^2 + (BA)^2}$$

$$= \sqrt{(V_r . Cos \theta + I . R_s)^2 + (V_r . Sin \theta + I . X_s)^2}$$

$$OD = V_r$$

$$V_r = V_s - (I . R_s . Cos \theta + I . X_s . Sin \theta)$$

$$V_s - V_r = I . (R_s . Cos \theta + X_s . Sin \theta)$$

$$\Delta V = I . (R_s . Cos \theta + X_s . Sin \theta) \dots\dots\dots 2.9$$

Untuk sistem tiga fasa dengan panjang saluran l, maka persamaannya menjadi sebagai berikut:

$$\Delta V = \sqrt{3} I . l . (R_s . Cos \theta + X_s . Sin \theta) \dots\dots\dots 2.10$$

Karena besar arus tiga fasa yaitu:





$$I_{3\Phi} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \theta}$$

Maka besarnya rugi-rugi tegangan dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta V = \frac{P \cdot l}{V \cdot \cos \theta} (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \dots\dots\dots 2.11$$

Dimana :

$$S = \frac{P}{\cos \theta}$$

Berdasarkan persamaan ( 2.16 ) maka besar rugi –rugi tegangan dapat juga ditulis sebagai berikut :

$$\Delta V = \frac{S \cdot l}{V} (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \dots\dots\dots 2.12$$

Berdasarkan persamaan (2.16) maka besar rugi-rugi tegangan dapat juga ditulis sebagai berikut:

$$\% \Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot l}{V} (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \times 100 \% \dots\dots\dots 2.13$$

Karena besar arus tiga fasa yaitu:

$$I_{3\Phi} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \theta}$$

Maka besar persentase rugi-rugi tegangan dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\% \Delta V = \frac{P \cdot l}{V^2 \cos \theta} (R \cdot \cos \theta + X \sin \theta) \times 100 \% \dots\dots\dots 2.14$$

Berdasarkan persamaan (2.19), maka besar persentase rugi-rugi tegangan dapat juga ditulis sebagai berikut:

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \dots\dots\dots 2.15$$



(<sup>4</sup><http://stdelaboratory.blogspot.com/2013/11/tegangan-jatuh-drop-voltege.html>)

Dimana :

- $\Delta V$  = Rugi tegangan (V, KV, MV)
- $V_s$  = Besar tegangan pengiriman (V, KV, MV)
- $V_R$  = Besar tegangan beban (V, KV, MV)
- $R_s$  = Nilai resistansi pada saluran ( $\Omega$ )
- $X_s$  = Nilai reaktansi pada saluran ( $\Omega$ )
- $I_s$  = Besar arus pada beban (A)
- $\text{Cos}\phi$  = Besar faktor daya

### 2.8 Rugi-rugi Daya Dalam Jaringan

Dalam suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu diusahakan agar rugi – rugi daya yang terjadi pada jaringan distribusi diusahakan dapat sekecil mungkin, hal ini dimaksudkan agar dapat membesarkan daya yang bdisalurkan ke konsumen. Tahanan yang terdapat pada penghantar dapat menyebabkan kerugian pada jaringan. Disamping itu juga ada kehilangan daya karena kebocoran isolator. Kehilangan daya ini dapat berupa panas. Untuk dapat mencari kerugian daya tersebut kita dapat menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut:

Besarnya rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran untuk sistem tiga fasa dengan panjang saluran L adalah sebagai berikut:

$$P_{loss} = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot l \dots\dots\dots 2.16$$

Dimana besar arus tiga fasa adalah:

$$I_{3\Phi} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \text{Cos } \theta}$$



Maka besar rugi-rugi daya dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_{loss} = 3 \cdot \left( \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V^2 \cdot \cos \theta^2} \right)^2 \cdot R \cdot l$$

$$P_{loss} = 3 \cdot \left( \frac{P^2}{\sqrt{3}^2 \cdot V^2 \cdot \cos \theta^2} \right) \cdot R \cdot l$$

$$P_{loss} = 3 \cdot \frac{P^2}{3 \cdot V^2 \cdot \cos \theta^2} \cdot R \cdot l$$

$$P_{loss} = \frac{P^2 \cdot R \cdot l}{V^2 \cdot \cos \theta^2} \dots\dots\dots 2.17$$

Dimana :

$$S = \frac{P}{\cos \theta}$$

Berdasarkan persamaan 2.19 maka besar rugi – rugi daya dapat ditulis sebagai berikut :

$$P_{loss} = \frac{S^2 \cdot R \cdot l}{V^2} \dots\dots\dots 2.18$$

Maka besarnya persentase rugi – rugi daya pada suatu aliran distribusi primer dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\%P_{loss} = \frac{S \cdot R \cdot l}{V^2} \times 100\% \dots\dots\dots 2.19$$

(<http://dunia-listrik.blogspot.com/2009/03/tegangan-transmisi-dan-rugi-rugi-daya.html>)

Dimana :

- $P_{loss}$  = Rugi – rugi daya (Watt)
- $\%P_{loss}$  = Persentase rugi –rugi daya ( % )
- P = Daya yang disalurkan / daya nyata ( Watt )
- S = Daya yang disalurkan / daya semu ( VA )
- V = Tegangan Kerja
- I = Arus yang mengalir ( Ampere )
- R = Resistansi saluran (Ω/km)



L = Panjang Saluran (Km)

Cos θ = Faktor kerja <sup>7</sup>

Jika besar kerugian daya sudah diperoleh, maka besar daya yang diterima

$$P_r = P - P_{loss} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

$P_{loss}$  = Rugi daya pada saluran (W, KW, MW)

$P_r$  = Besar daya yang diterima (W, KW, MW)

### 2.9 Efisiensi Penyaluran

Efisiensi penyaluran adalah perbandingan antara daya nyata yang diterima dengan daya nyata yang disalurkan atau dengan kata lain perhitungan efisiensi ini berguna untuk mengetahui seberapa persenkah energi listrik tersebut diterima setelah didalam penyalurannya terdapat rugi-rugi. Adapun untuk mendapatkan nilai efisiensi itu adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_r}{P_r + P_{loss}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.21)$$

Atau :

$$\eta = \frac{P_r}{P} \times 100\% \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

$P_r$  = Daya yang diterima (MW)

$P_s$  = Daya yang disalurkan (kW)

---

<sup>6</sup>Harsanto, Dwi. 2004. Penentuan Besar Kerugian Tegangan Pada Jaringan Distribusi Primer 12 KV di Gardu Induk Bungaran, Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya