BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik dikatakan sebagai kumpulan/gabungan yang terdiri dari komponen-komponen atau alat-alat listrik seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distrihusi dan beban yang saling berhubungan dan merupakan satu kesatuan sehingga membentuk suatu sistem.[1]

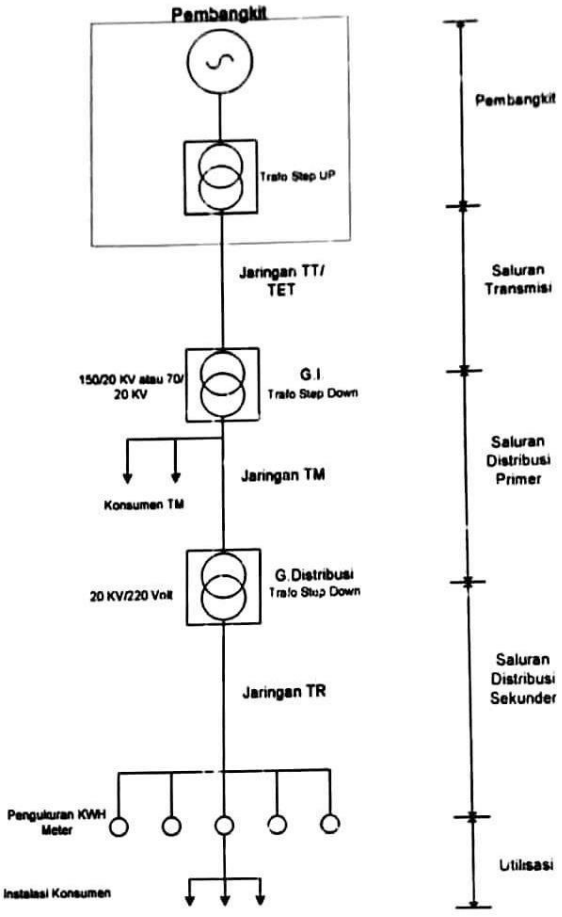
Lebih lanjutnya pada sistem tenaga listrik yang besar, atau bilamana pusat tenaga listrik (PTL) terletak jauh dari pemakai atau konsumen, maka energi listrik itu perlu diangkut melalui saluran transmisi, dan tegangannya harus dinaikkan dari tegangan menengah (TM) nenjadi tegangan tinggi (TT). Pada jarak yang sangat jauh malah diperlukan tegangan ekstra tinggi (TET). Menaikkan tegangan itu dilakukan di gardu induk (GI) dengan menggunakan transformator penaik (step-up transformer). Tegangan tinggi di Indonesia adalah 70 kV, 150 kV dan 275 kV. Sedangkan tegangan ekstra tinggi 500 kV.

Mendekati pusat pemakaian tenaga listrik, yang dapat merupakan suatu industri atau suatu kota, tegangan tinggi diturunkan menjadi tegangan menengah (TM). Hal ini juga dilakukan pada suatu GI dengan menggunakan transformator penurun tegangan (step-down transjormer). Di Indonesia tegangan menengah adalah 20 kV. Bilamana transmisi tenaga listrik dilakukan dengan meinpergunakan saluran - saluran udara dengan menara-menara transmisi, sistem distribusi primer di kota biasanya terdiri atas kabel-kabel tanah yang tertanam di tepi jalan, sehingga tidak terlihat.

[1] Jasa Pendidikan dan Pelatihan, Sistem DistribusinTenaga Listrik. PT PLN (Persero), Hal. 1

Di tepi-tepi jalan biasanya berdekatan dengan persimpangan, terdapat gardu-gardu distribusi (GD), yang mengubah tegangan menengah menjadi tegangan rendah (TR) melalui transformator distribusi (distribution transformer). Melalui tiang-tiang listrik yang terdapat di tepi jalan, energi listrik tegangan rendah disalurkan kepada para pemakai. Di Indonesia tegangan rendah adalah 220/380 volt dan merupakan sistem distribusi sekunder. Pada tiang tiang TR terdapat pula lampu – lampu penerangan jalan umum.

Berikut adalah gambar diagram satu garis sistem tenaga listrik



Gambar 2.1 Diagram satu garis sistem tenaga listrik[2]

[2] Abdul Kadir. Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik. Jakarta: UI Press 2000. Hal. 5

Keterangan Gardu Induk :

PTL : Pembangkit Tenaga Listrik

TET : Tegangan Ekstra Tinggi

TM : Tegangan Menengah

TR : Tegangan Rendah

TT : Tegangan Tinggi

GD : Gardu Distribusi

GI : Tegangan Tinggi

Energi diterima pemakai dari tiang TR melalui konduktor atau kawat yang dinamakan sambungan rumah (SR) dan berakhir pada alat pengukur listrik (KWH) yang sekaligus merupakan titik akhir pemilikan PLN.

2.2 Sistem Jaringan Distribusi[3]

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan salah satu bagian dari suatu sistem tenaga listrik yang dimulai dari PMT incoming di Gardu Induk sampai dengan Alat Penghitung dan Pembatas (APP) di instalasi konsumen yang berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari Gardu Induk sebagai pusat pusat beban ke pelanggan pelanggan secara langsung alau melalui gardu-gardu distribusi (gardu trafo) dengan mutu yang memadai sesuai stándar pelayanan yang berlaku. dengan demikian sistem distribusi ini menjadi suatu sistem tersendiri karena unit distribusi ini memiliki komponen peralatan yang saling berkaitan dalam operasinya untuk menyalurkan tenaga listrik. Dimana sistem adalah perangkat unsur-unsur yang saling ketergantungan yang disusun untuk mencapai suatu tujuan tertentu dengan menampilkan fungsi yang ditetapkan.

[3] PT PN (Persero). Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Jasa Pendidikan dan Pelatihan. Hal. 20

Fungsi distribusi tenaga listrik adalah pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan) dan merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

2.3 Klasifikasi Jaringan Distribusi

Sistem jaringan distribusi tenaga listrik dapat diklasifikasikan dari berbagai segi, antara lain adalah :

1. Berdasarkan ukuran tegangan
2. Berdasarkan ukuran arus
3. Berdasarkan sistem penyaluran
4. Berdasarkan bentuk jaringan

2.3.1. Berdasarkan Ukuran Tegangan[4]

Berdasarkan ukuran tegangan, jaringan distribusi tenaga listrik dapat dibedakan pada dua sistem, yaitu :

1. Sistem jaringan distribusi primer

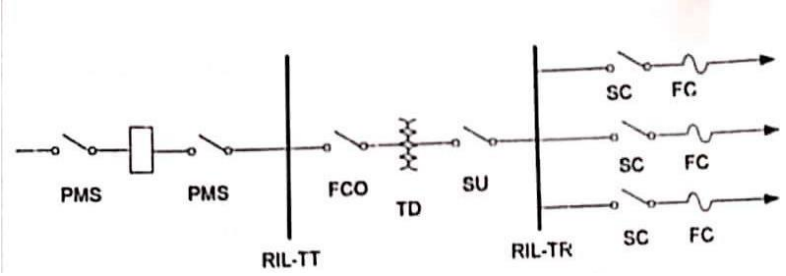
Sistem jaringan distribusi primer atau sering disebut saluran udara tegangan menengah ini terletak antara gardu induk dengan gardu pembagi, yang memiliki tegangan sistem lebih tinggi dari tegangan terpakai untuk konsumen. Standar tegangan untuk jaringan distribusi primer ini adalah 20 kV.

2. Sistem jaringan distribusi sekunder

Sistem jaringan distribusi sekunder atau sering disebut jaringan distribusi tegangan rendah, merupakan jaringan yang berfungsi sebagai penyalur tenaga

[4] Darman Surwanto. Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Edisi Pertama. 2009. UNP

listrik dari gardu-gardu peinbagi (gardu distribusi) ke pusat-pusat beban (konsumen tenaga listrik). Besarnya standar tegangan untuk jaringan distribusi sekunder ini adalah 220/380 V.



Gambar 2.2 Komponen Sistem Distribusi[5]

Keterangan :

PMS : Pemisah

PMT : Pemutus

FCO : Fuse Cut Out

SC : Sakclar Cabang

FC : Fuse Cabang

TD : Trafo Distribusi

SU : Saklar Utama

2.3.2 Berdasarkan Ukuran Arus Listrik[6]

Berdasarkan ukuran arus listr'k maka sistem jaringan distribusi dapat dibedakan dalam dua macam, yaitu :

1. Jaringan Distribusi AC

Pada jaringan distribusi AC digunakan anus bolak balik (Alternating Current).

[5] Wrahatnolo, Tri dan Suhadi. Teknik Distribusi Tenaga Listrik, Jilid 1. Jakarta: Direktorat Penibinaan Sckolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional. 2008. Hal. 26

[6] Daman Suswanto, Sisten Distribusi Tenaga Listrik, Edisi pertama. 2009, UNP

2. Jaringan Distribusi DC

Penggunaan jaringan DC ini dilakukan dengan jalan menyearahkan terlebih dahulu arus bolak-balik ke arus searah dengan alat penyearah Converter, sedangkan untuk mengubah kernbali dari arus bolak-balik ke arus searah digunakan alat Imverter.

2.3.3. Berdarkan Sistem Penyaluran

Berdasarkan sistem penyalurannya, jaringan distribusi dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu dengan :

a. saluran udara (overhead line)

b. saluran bawah tanah (underground cable)

Saluran udara merupakan sistem penyaluran tenaga listrik melalui kawat penghantar yang ditompang pada tiang listrik. Scdangkan saluran bawah tanah merupakan sistem penyaluran tenaga listrik melalui kabel-kabel yang ditanamkan di dalam tanah

1. Saluran Udara (Overhead Lines)

Saluran udara merupaken jaringan distribusi tenaga listrik yang berisolasi maupun tidak berisolasi yang di pasang, direntangkan diatas tiang penyangga dengan isolator penunjang.

2. Saluran Bawah Tanah (Underground Lines)

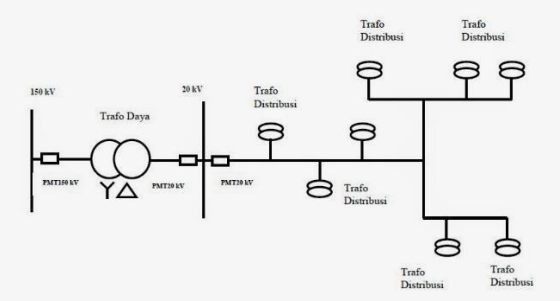
Saluran bawah tanah merupakan jaringan distribusi tenaga listrik yang ditanam di dalam tanah.

2.3.4 Berdasarkan Bentuk Jaringan

Struktur konfigurasi jaringan distribusi primer, secara umum konfigurasi suatu jaringan tenaga listrik hanya nempunyai 2 konsep konfigurasi :

1. Sistem Jaringan Radial [7]

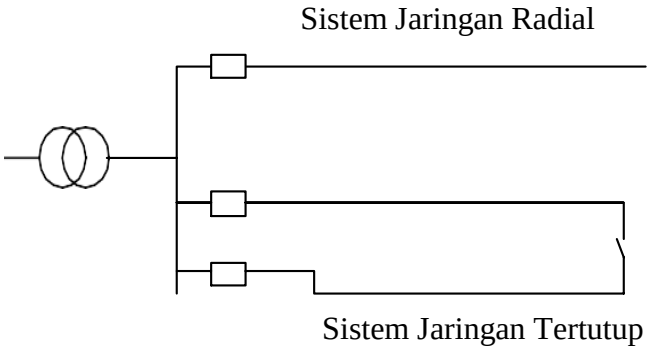
Sistem jaringan radial adalah yang paling sederhana dan paling banyak dipakai, terdiri atas fider (feeders) atau rangkaian tersendiri, yang seolah-olah keluar dari suatu sumber atau wilayah tertentu secara radial. Fider itu dapat juga dianggap sebagai terdiri atas suatu bagian utama dari mana saluran samping atau lateral lain bersumber dan dihubungkan dengan transformator distribusi.



Gambar 2.3 Skema Saluran Radial

2. Sistem Jaringan Tertutup[8]

Jaringan bentuk tertutup yaitu jaringan yang mempunyai alternatif pasokan tenaga listrik jika terjadi gangguan. Sehingga bagian yang mengalami pemadaman (*black-out)* dapat dikurangi atau bahkan dihindari.



Gambar 2.4 Pola Jaringan Distribusi Dasar.

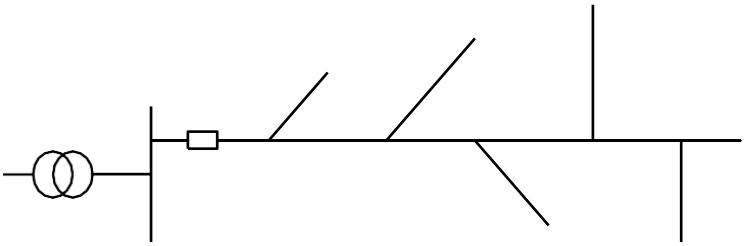
[7] Abdul Kadir. Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik. Jakarta: UI Press 2000. Hal. 5

[8] PT PLN (Persero). Kriteria Desain Enjineering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. Edisi 1. Jakarta : PT PLN (Persero). 2010. Bab 4 Hal. 3

Berdasarkan kedua pola dasar tersebut, dibuat konfigurasi-konfigurasi jarinan sesuai dengan maksud perencanaannya sebagai berikut :

a. Konfigurasi Tulang Ikan (*Fish-Bone*)

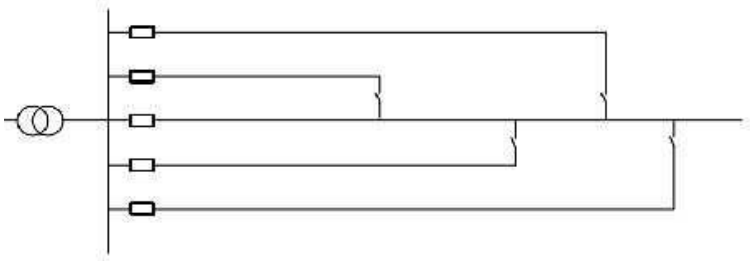
Konfigurasi fishbone ini adalah tipikal konfigurasi dari saluran udara Tegangan Menengah beroperasi radial. Pengurangan luas pemadaman dilakukan dengan mengisolasi bagian yang terkena gangguan dengan memakai pemisah [*Pole Top Switch (PTS), Air Break Switch (ABSW*)] dengan koordinasi relai atau dengan system SCADA. Pemutus balik otomatis PBO (*Automatic Recloser*) dipasang pada saluran utama dan saklar seksi otomatis SSO (*Automatic Sectionalizer*) pada pencabangan.



Gambar 2.5 Konfigurasi Tulang Ikan (*Fishbone*).

b. Konfigurasi Kluster (*Cluster / Leap Frog*)

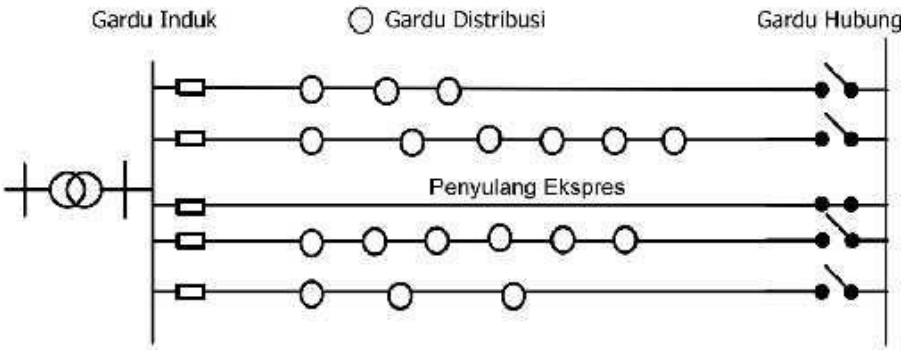
Konfigurasi saluran udara Tegangan Menengah yang sudah bertipikal sistem tertutup, namun beroperasi radial (*Radial Open Loop*). Saluran bagian tengah merupakan penyulang cadangan dengan luas penampang penghantar besar.



Gambar 2.6 Konfigurasi Kluster *(Leap Frog)*

c. Konfigurasi Spindel (*Spindle Configuration*)

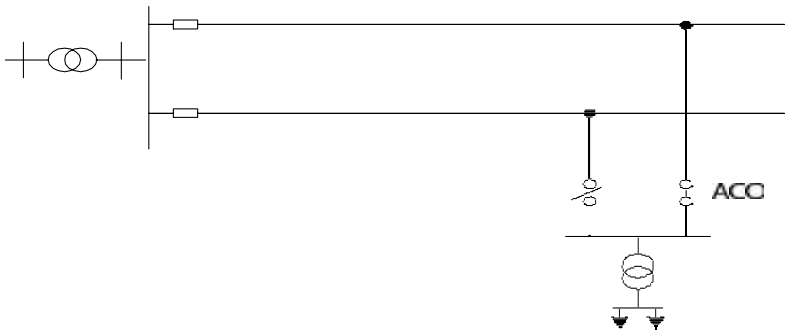
Konfigurasi spindel umumnya dipakai pada saluran kabel bawah tanah. Pada konfigurasi ini dikenal 2 jenis penyulang yaitu pengulang cadangan (*standby* atau *express feeder*) dan penyulang operasi (*working feeder*). Penyulang cadangan tidak dibebani dan berfungsi sebagai back-up supply jika terjadi gangguan pada penyulang operasi. Untuk konfigurasi 2 penyulang, maka faktor pembebanan hanya 50%. Berdasarkan konsep *Spindel* jumlah penyulang pada 1 spindel adalah 6 penyulang operasi dan 1 penyulang cadangan sehingga faktor pembebanan konfigurasi spindel penuh adalah 85 %. Ujung-ujung penyulang berakhir pada gardu yang disebut Gardu Hubung dengan kondisi penyulang operasi "NO" (*Normally Open*), kecuali penyulang cadangan dengan kondisi "NC" (*Normally Close*).



Gambar 2.7. Konfigurasi Spindel (*Spindle Configuration*).

d. Konfigurasi *Fork*

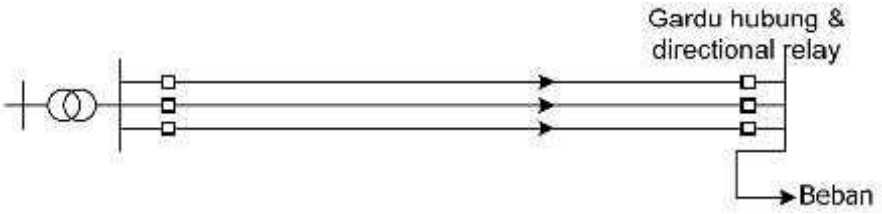
Konfigurasi ini memungkinkan 1(satu) Gardu Distribusi dipasok dari 2 penyulang berbeda dengan selang waktu pemadaman sangat singkat (*Short Break Time*). Jika penyulang operasi mengalami gangguan, dapat dipasok dari penyulang cadangan secara efektif dalam waktu sangat singkat dengan menggunakan fasilitas *Automatic Change Over Switch* (ACOS). Pencabangan dapat dilakukan dengan sadapan *Tee-Off* (TO) dari Saluran Udara atau dari Saluran Kabel tanah melalui Gardu Distribusi



Gambar 2.8 Konfigurasi Fork

e. Konfigurasi Spotload (*Parallel Spot Configuration*)

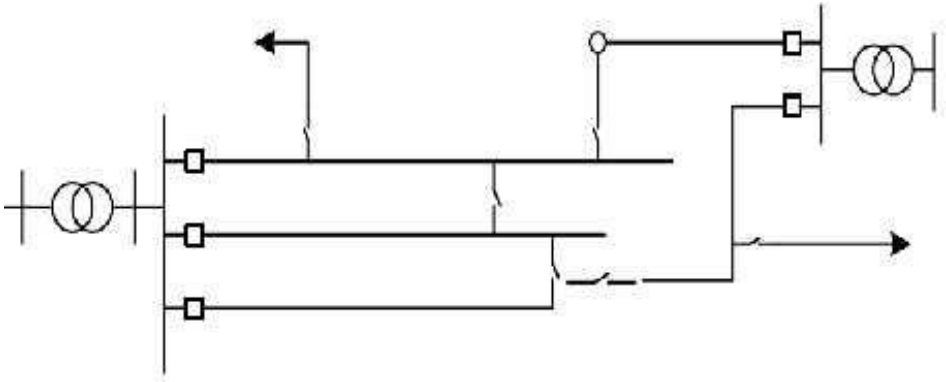
Konfigurasi yang terdiri sejumlah penyulang beroperasi paralel dari sumber atau Gardu Induk yang berakhir pada Gardu Distribusi. Konfigurasi ini dipakai jika beban pelanggan melebihi kemampuan hantar arus penghantar. Salah satu penyulang berfungsi sebagai penyulang cadangan, guna mempertahankan kontinuitas penyaluran. Sistem harus dilengkapi dengan rele arah (*Directional Relay*) pada Gardu Hilir (Gardu Hubung).



Gambar 2.9 Konfigurasi Spotload (*Parallel Spot Configuration*).

f. Konfigurasi Jala-Jala (*Grid, Mesh*)

Konfigurasi jala-jala, memungkinkan pasokan tenaga listrik dar berbagai arah ke titik beban. Rumit dalam proses pengoperasian, umumnya dipakai pada daerah padat beban tinggi dan pelanggan-pelanggan pemakaian khusus



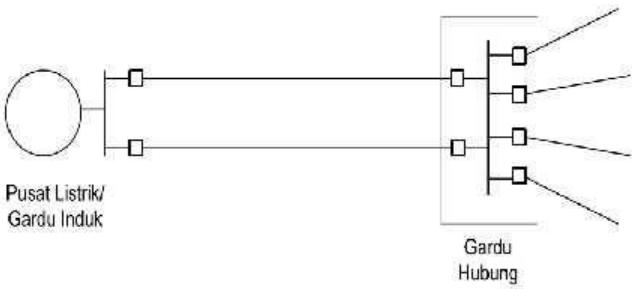
Gambar 2.10 Konfigurasi Jala Jala

g. Konfigurasi lain-lain

Selain dari model konfigurasi jaringan yang umum dikenal sebagaimana diatas, terdapat beberapa model struktur jaringan yang dapat dipergunakan sebagai alternatif model model struktur jaringan.

1. Struktur Garpu dan Bunga

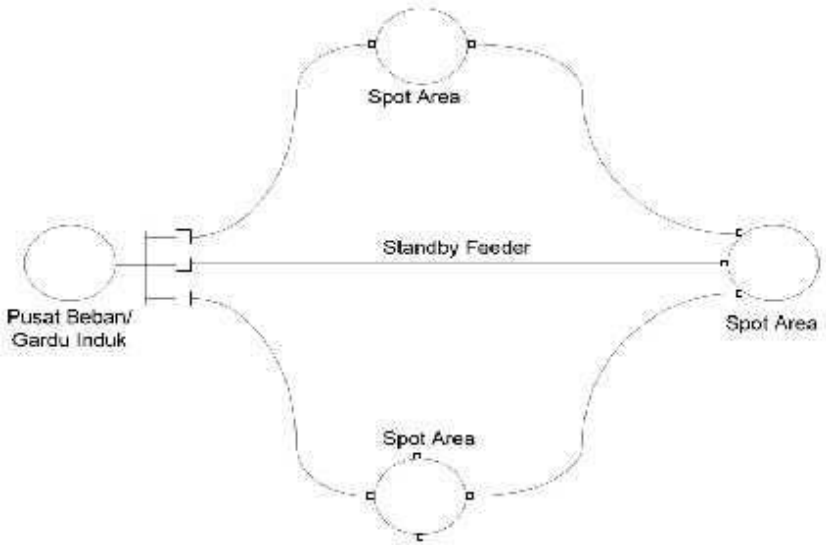
Struktur ini dipakai jika pusat beban berada jauh dari pusat listrik/Gardu Induk. Jaringan Tegangan Menengah (JTM) berfungsi sebagai pemasok, Gardu Hubung sebagai Gardu Pembagi, sebagai pemutus tenaga, sebagai pengaman dengan rele proteksi gangguan fasa-fasa dan fasa-tanah pada JTM yang berawal dari Gardu Hubung.



Gambar 2.11 Konfigurasi Struktur Garpu dan Bunga

2. Struktur Rantai

Struktur ini dipakai pada suatu kawasan yang luas dengan pusat – pusat beban yang berjauhan satu sama lain.



Gambar 2.12 Konfigurasi Struktur Rantai

2.4 Parameter Saluran Distribusi

Seluruh saluran yang menggunakan penghantar dari suatu sistem tenaga listrik memiliki sifat-sifat listrik sebagai parameter saluran seperti resistansi, induktansi, kapasitansi dan konduktansi. Oleh karena saluran distribusi memiliki saluran yang tidak begitu jauh (kurang dari 80 km) dan menggunakan tegangan tidak lebih besar dari 69 kV maka kapasitansi dan konduktansi sangat kecil dan dapat diabaikan.

Resistansi yang timbul pada saluran dihasilkan dari jenis penghantar yang memiliki tahanan jenis dan besar resistansi pada penghantar tergantung dari jenis material, luas penampang dan panjang saluran. Resistansi penghantar sangat penting dalam evaluasi efisiensi distribusi dan studi ekonomis.

Induktansi timbul dari efek medan magnet di sekitar penghantar jika pada penghantar terdapat arus yang mengalir. Parameter ini penting untuk pengembangan model saluran distribusi yang digunakan dalam analisis sistem tenaga.

2.4.1 Resistansi Saluran[9]

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

$$R = \rho \frac{L}{A} \qquad (2.1)$$

Dimana :

ρ : resistivitas penghantar

L : panjang kawat

A : luas penampang

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

[9] Willian D Stevenson, Analisis Sistem Tenaga Listrik. Edisi Keempat. 1994 Hal. 39

$$\frac{R2}{R1} = \frac{T+t2}{T+t1} \qquad (2.2)$$

Dimana :

RI = resistansi penghantar pada suhu tl (temperatur sebelum operasi konduktor)

R2= resistansi penghantar pada suhu t12 (teniperatur operasi konduktor)

t1 = temperatur aval (°C)

t2 = temperarur akhir (°C)

T = konstanta yang ditentukan oleh grafik.

Nilai-nilai konstanta T adalah sebagai berikut:

T = 234,5 untuk tembaga dengan konduktivitas 100%

T = 241 untuk tembaga dengan kenduktivitas 97,3%

T = 228 untuk aluminium dengan konduktivitas 61%

2.4.2 Induktansi Saluran

Untuk menentukan besarnya induktansi saluran pada jaringan distribusi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4

$$L = \{ 0{,}5 + 4{,}6 \log_{10} \frac{D-r}{r} \text{ x } 10^{-7} \text{ H/m} \qquad (2.3)^{10}$$

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

$$D = \sqrt[3]{D_{12}D_{23}D_{31}} \qquad (2.4)$$

[10] Zuhal. Dasar Teknik Listrik dan Elektronika Daya. 1995. Hal 152

Induktansi dihitung dengan konsep Geometric Means Radius (GMR). Karakteristik penghantar dapat dicari dari buku penghantar atau literature pabrik pembuat yang menyediakan nilai induktansi dari suatu penghantar dalam satuan mH/km. Pabrik pembuat penghantar menyediakan karakteristik standard penghantar dengan ukuran penghantar.

Untuk menghitung nilai t penghantar menggunakan persamaan :

$$A = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \qquad (2.5)$$

2.4.3 Reaktansi Saluran

Jika induktansi dalam satuan Henry dikalikan dengan 2. π. f (frekuensi dalam satuan Hz), maka hasilnya dikenal sebagai reaktansi induktif yang diukur dalam satuan ohm. Jadi besarnya nilai satuan reaktansi induktif saluran :

$$X_L = 2 . \pi . f . l \qquad (2.6)^{11}$$

Dimana :

X_L = Reaktansi indul:tif saluran

L. = Induktansi saluran (H)

f = Frekuensi (Hz)

2.4.4 Impedansi Saluran

Impedansi Saluran Impedansi suatu saluran distribusi dapat kita tentukan dengan persamaan dasar sebagai berikut :

[11] B.I Theraja. Worked Examples in Electrical Technology, Techouse.1983. Hal 261

$$Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} \cdot \theta \qquad (2.7)^{12}$$

Dimana :

Z_L : Impedansi Saluran

R_L : Resistansi Saluran

X_L : Reaktansi Induktif

2.4.5 Daya Listrik

Ada beberapa jenis daya listrik yang akan dibahas pada sub-bab ini, yaitu:

1. Daya Semu

Daya semu adalah daya yang melewati 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 I phasa yaitu :

$$S = V \times I \qquad (2.8)^{13}$$

Untuk 3 phasa yaitu :

$$S = \sqrt[3]{3} \times V \times I \qquad (2.9)^{14}$$

Dimana :

S = Daya semu (VA)

V = Tegangan yang ada (V)

I = Besar arus yang mengalir (A)

---

[12] T.S. Hutauruk, Transmisi Daya Listrik, P.T Gelora Aksara Pratama, 1996, Hal.61

[13] Subir Pay, Electrical Power Systeri, Pretince Hall of India Privite Limited. 2007, Hal. 17

[14] Y.othari, D. P dan 1. J. Nagrath, Power System Engineering. Tata MCGraw-Hill Publishing Company Limited, 2008, Hal. 158

2. Daya Aktif

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

Untuk 1 phasa :

$$P = V \times I \times \cos \varphi \qquad (2.10)$$

Untuk 3 phasa :

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \qquad (2.11)$$

Dimana :

P = Daya aktif (watt)

V = Tegangan yang ada (V)

I = Besar arus yang mengalir (A)

cos φ = Faktor daya

3. Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan daya yang hilang atau selisih daya semu yang masuk pada saluran dengan daya aktif yang terpakai pada daya mekanis dan daya panas.

Untuk 1 phasa :

$$Q = V \times I \times \sin \varphi \qquad (2.12)$$

Untuk 3 phasa :

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi \qquad (2.13)$$

Dimana :

P = Daya aktif (watt)

V = Tegangan yang ada (V)

I = Besar arus yang mengalir (A)

sin φ = Faktor daya

2.5 Rugi Daya Dalam Jaringan

Dalam suatu sistem distribusi tenaga listrik, selalu diusahakan agar rugi – rugi daya yang terjadi pada jaringan distribusi sekecil kecilnya. Hal ini dimaksudkan agar daya yang disalurkan ke konsumen tidak telampau berkurang.

Dari penjelasan diatas, maka besar kerugian daya pada saluran tiga phasa :

$$P_{loss} = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot L \cdot LLF \cdot LDF \qquad (2.14)^{15}$$

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

$$P_R = P_s - P_{loss} \qquad (2.15)$$

Dimana :

P_{loss} = Rugi daya pada saluran (MW)

P_R = Besar daya yang diterima (MW)

Ps = Besar daya yang disalurkan (MW)

R = Tahanan jaringan (Q/Km)

L = Panjang jaringan (Km)

I = Besar kuat anus pada beban (A)

LDF = Load Density Factor (0,333)

LLF = Loss Load Factor

[15] Ahmad Rifqi Hadiyanto. Monitoring Sistem Per Penyulang. PT PLN (Persero). Telaah Staf. 2006. Hal 9

LLF merupakan koefisien yang diperhitungkan dalam menghitung susut sebagai perbandingan antara rugi-rugi daya rata-rata terhadap rugi daya beban puncak.

Dimana:

$$LLF = 0{,}3\ LF + 0{,}7\ (LF)^2 \qquad (2.16)^{16}$$

LF = Load Factor sistem region

2.6 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.

$$\eta = \frac{Ps}{Pr} \times 100\ \% \qquad (2.17)$$

Dimana :

P_r = Daya yang diterima (MW)

P_s = Daya yang disalurkan (MW)

2.7 Rugi Tegangan[17]

Panjang sebuah jaringan tegangan menengah (JTM) dapat didesain dengan mempertimbangkan rugi tegangan (Voltage Drop). Rugi tegangan adalah perbedaan tegangan antara tegangan kirim dan tegangan terima karena adanya impedansi pada penghantar. Jatuh tegangan selalu terjadi pada jaringan, baik pada pelanggan maupun pada perusnhaan listrik. Jatuh tegangan pada saluran transmisi adalah selisih antara tegangan pada sisi kirimn (sending end dan tegangan pada sisi terima (receiving end).

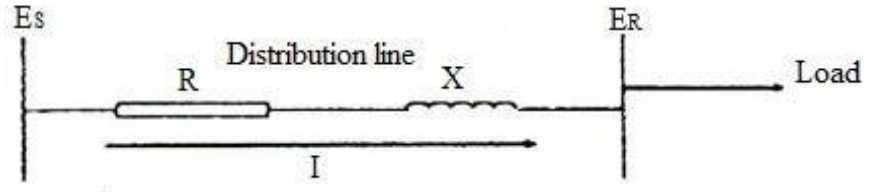
[16] Sabir Ray. Electrical Power System. Pretince Hall of India Privite Limited, New Delhi. 2007. Hal. 100

[17] William D. Stevenson, Jr. 1994. Analisa Sistem Tenaga Listrik. Hal 28

Dengan semankin besar pula perbedaan nilai tegangan yang ada pada sisi kirim dengan yang ada pada sisi terima, Apablla perbedaan nilai tegangan tersebut melebihi standar vang ditentukon, moka mutu penyaluran tersebut rendah. Di dalam salumn tranmisi persoalan tegangan sangat penting, baik dalam keadaan operasi maupun dalam perencancan sehingga harus selalu diperhatikan tegangan pada setiap titik saluran. Maka pemilihan penghantar (penampang penghantar) untuk tegangan menengah harus diperhatikan. Berdasarkan dari standar SPLN 72: 1987, dimana drop tegangan untuk penyulang dengan konfigurasi radial adalah maksimal 5%. Besarnya rugi tegangan pada saluran tranmisi tersebut, diukur pada titik yang paling jauh (ujung).

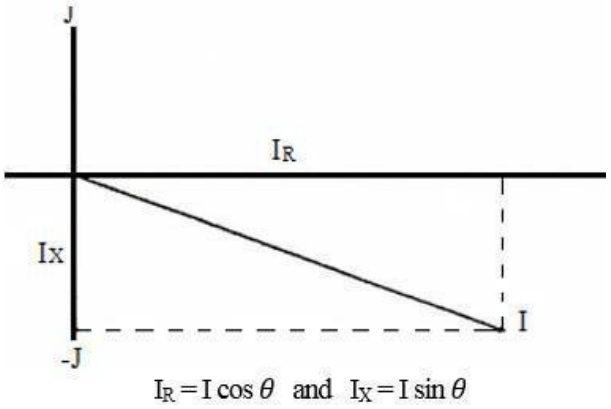
Jika karakteristik beban resistansi (R) dan reaktansi (X) dari saluran distribusi diketahui dan juga power factor (Cos φ) beban diketahui maka dapat langsung dihitung Voltage Drop-nya.

Pada Gambar 2.15 terlihat bahwa beban pada saluran distribusi merupakan beban R (resistif) dan X (reaktif). Contoh beban ini adalah motor yang bersifat reaktif yang mengakibatkan arus lagging terhadap tegangan.



Gambar 2.13 Voltage drop pada saluran distribusi.

Penurunan tegangan sama dengan ES - ER. Jika diproyeksikan pada sumbu axis ER dapat dilihat pada gambar bahwa penurunan tegangan hampir sama dengan IR.R + I_X.X dan komponen penurunan tegangan di luar fasa (-j I_X.R dan j I_R.X) tidak mempengaruhi hasil totalnya. Untuk alasan ini, persamaan berikut ini berlaku untuk hampir seluruh penggunaan:



Gambar 2.14 Hubungan fasadenganbeban induktif.

Formula ini memberikan penurunan tegangan pada satu konduktor, line to netral. Satu fasa penurunan tegangan adalah 2 kali nilai persamaan di atas. Tiga fasa line to line penurunan tegangan adalah √3 kali dari nilai persamaan di atas. Dengan demikian persamaan untuk penurunan tegangan 3 fasa menjadi sebagai berikut:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (2.18)$$

Besar presentasi drop tegangan pada saluran transmisi dapat dihitung dengan :

$$\% \Delta V = \Delta V / V \times 100\% \quad (2.19)$$

Dimana :

ΔV = Rugi tegangan (Volt)

R = Resistansi saluran (**Ω**)

X = Reaktansi saluran (**Ω**)

I = Arus beban (A)

l = Panjang hantaran tegangan menengah (km)

Standart PLN 72 : 1987, dimana ditentukan bahwa drop tegangan untuk penyulang dengan bentuk konfigurasi radial maksimal 5% dari tegangan nominalnya. Salah satu penyebab adanya drop voltage sendiri adalah jauhnya sistem pentransmisian tenaga listrik ke pelanggan khusus vang jauh dari pusat - pusat konsumsi tenaga listrik atau Gardu Induk (G). Jarak pentransmisian 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 nya đibawah 18 kV dan tegangan yang baik berada pada range standart PLN antara 18 kV sampai dengan 21 kV yang dapat diukur tegangannya persection setiap penyulang.