

BAB II

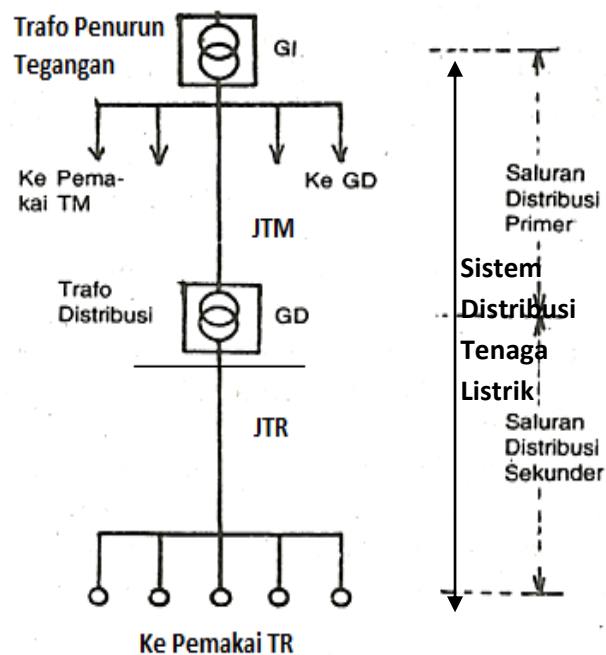
SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Sistem distribusi tenaga listrik berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari pusat suplai atau Gardu Induk (GI) ke pusat-pusat beban yang berupa gardu-gardu distribusi atau secara langsung mensuplai tenaga listrik ke konsumen dengan mutu yang memadai. 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.

Ditinjau dari tegangannya sistem distribusi dapat dibedakan dalam 2 macam yaitu :

- a. Sistem Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dengan tegangan operasi nominal 20 kV, yang sering disebut Distribusi Primer
- b. Sistem Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dengan tegangan operasi nominal 380 / 220 volt, yang sering disebut Distribusi Sekunder

Gambar 2.1. Mengilustrasikan proses penyaluran tenaga listrik pada sistem distribusi dari Gardu Induk (GI) sampai ke pelanggan jaringan tegangan rendah.



Dimana : GI = Gardu Induk

JTM = Tegangan Menengah

JTR = Tegangan Tinggi

GD = Gardu Distribusi

TR = Tegangan Rendah

Gambar 2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

2.1. Konfigurasi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah

Di Indonesia konfigurasi jaringan tegangan menengah yang digunakan, adalah :

1. Jaringan Distribusi Konfigurasi Radial
2. Jaringan Distribusi Konfigurasi Loop
3. Jaringan Distribusi Konfigurasi Spindel

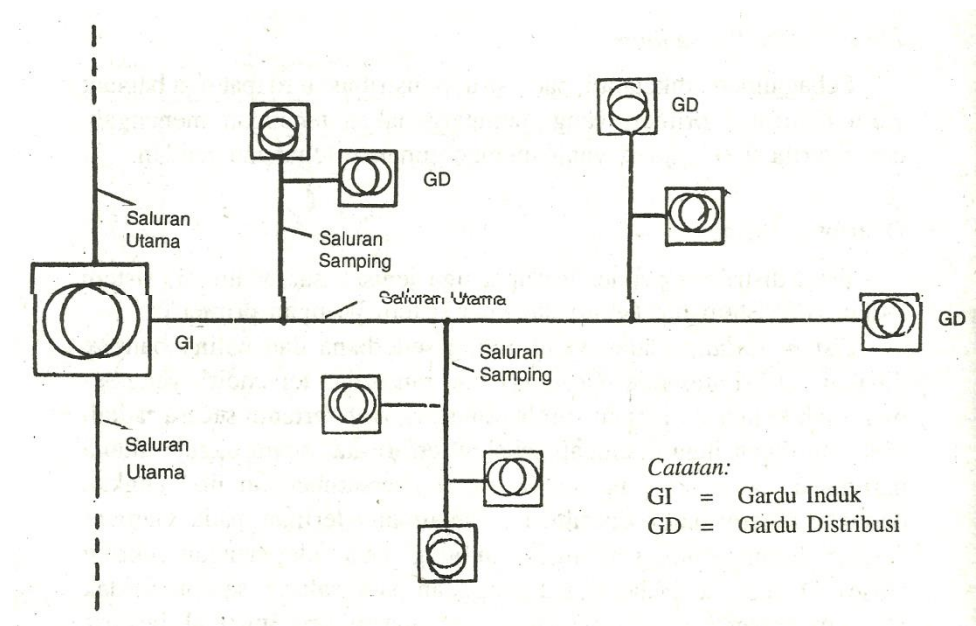
Jaringan distribusi konfigurasi radial dan loop tersebar di sebagian besar wilayah Indonesia seperti wilayah luar perkotaan. Sedangkan jaringan distribusi konfigurasi spindel dibangun terutama untuk wilayah perkotaan. Meskipun ada beberapa konfigurasi jaringan tegangan menengah yang digunakan tetapi dalam operasinya selalu dalam operasi secara radial.

2.1.1. Jaringan Distribusi Konfigurasi Radial

Pada gambar 2.2 menunjukkan jaringan distribusi tegangan menengah berupa konfigurasi radial. Konfigurasi radial merupakan konfigurasi jaringan distribusi yang paling sederhana, metode pengoperasiannya mudah, adanya hubungan langsung dari titik pemasok tenaga listrik ke konsumen tenaga listrik.

Ciri-ciri sistem jaringan ini adalah :

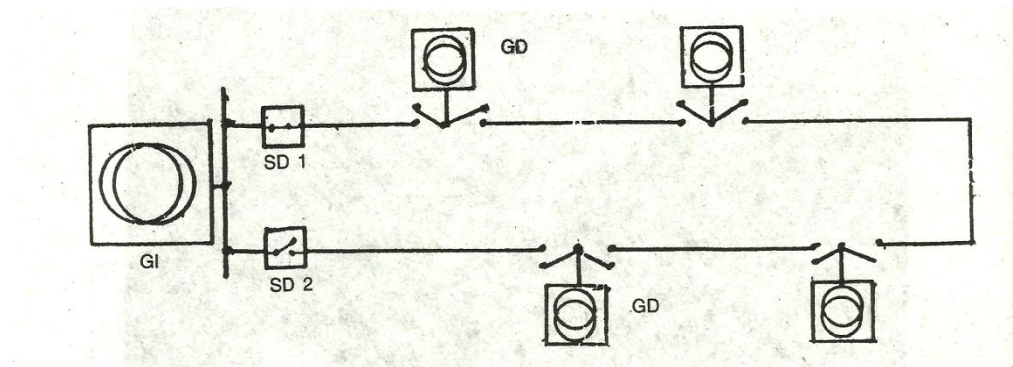
- a. Bentuk sederhana, mudah dalam pelaksanaannya, sistem paling murah,
- b. Pengoperasian dan perawatan sistem radial murah,
- c. Karena saluran sekunder pendek, pengaturan tegangan lebih mudah dilakukan,
- d. Aliran pada jaringan berasal hanya dari satu arah sumber pemasok tenaga listrik,
- e. Bila saluran utama terganggu maka saluran sekunder akan terganggu sehingga keandalan sistem rendah.



Gambar 2.2. Jaringan Distribusi Konfigurasi Radial

2.1.2. Jaringan Distribusi Konfigurasi Loop

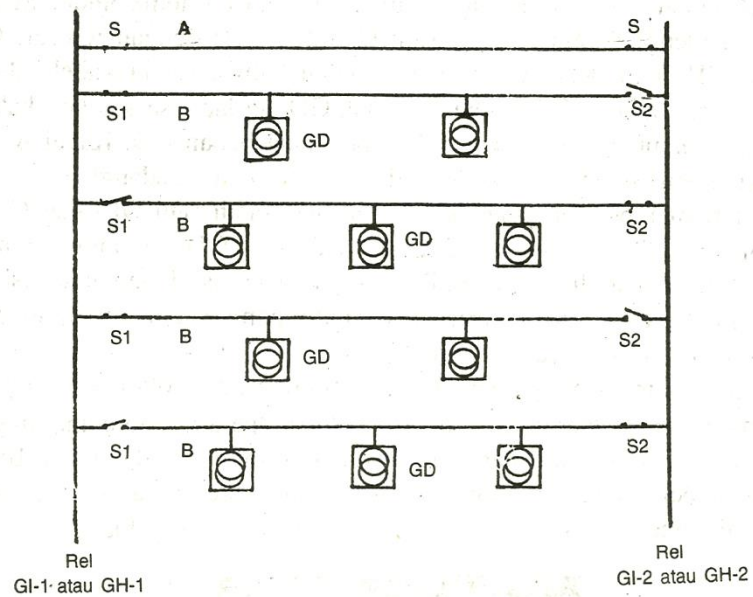
Konfigurasi loop merupakan interkoneksi secara konstruksi antar gardu distribusi melalui jaringan tegangan menengah yang membentuk suatu lingkaran tertutup (loop). Pada konfigurasi ini bisa terdapat lebih dari satu busbar gardu induk, dan masing-masing penyulangnya membentuk suatu rangkaian tertutup dengan gardu induk. Keuntungan dari konfigurasi loop ini adalah pasokan daya listrik dari gardu induk lebih terjamin. Sebab, bila salah satu gardu induk mengalami gangguan maka penyulang akan tetap mendapatkan pasokan dari gardu induk lain. Dan gardu induk yang mengalami gangguan dapat diperbaiki tanpa takut dapat mengganggu pasokan daya ke gardu distribusi. Gambar 2.3 adalah konfigurasi tipe loop.



Gambar 2.3. Jaringan Distribusi Konfigurasi Loop

2.1.3. Jaringan Distribusi Konfigurasi Spindel

Konfigurasi spindel pada dasarnya strukturnya merupakan struktur radial dimana spindle adalah kelompok penyulang yang pola jaringannya ditandai dengan ciri adanya sejumlah kabel yang keluar dari gardu induk ke arah suatu titik temu yang disebut gardu hubung. Kumpulan kabel dalam satu spindle dimaksudkan untuk menyalurkan tenaga listrik ke suatu daerah konsumen, yang terdiri dari beberapa penyulang kerja yang disepanjang penyulang tersebut terdapat gardu-gardu distribusi serta satu penyulang cadangan yang tidak terdapat gardu distribusi atau sering disebut *express feeder*. Penyulang cadangan ini ditujukan untuk menormalkan kembali penyaluran tenaga listrik ke seluruh bagian penyulang yang mengalami gangguan setelah bagian yang terganggu diketahui dan dipisahkan dari penyulang lain yang sedang beroperasi. Sistem jaringan spindle ini memiliki keandalan yang tinggi. Gambar 2.4 adalah jaringan distribusi konfigurasi spindel.



Gambar 2.4. Jaringan distribusi konfigurasi spindel

2.2. Konstruksi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah

Konstruksi jaringan tegangan menengah yang dimaksud dalam hal ini adalah penempatan dan jenis penghantar saluran yang digunakan. Konstruksi jaringan tegangan menengah dapat dikelompokkan menjadi 3 macam, yaitu :

2.2.1. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) adalah konstruksi termurah untuk penyaluran tenaga listrik pada daya yang sama. Konstruksi jenis ini banyak digunakan untuk konsumen jaringan tegangan menengah yang digunakan di Indonesia.

Ciri utama konstruksi jaringan ini adalah penggunaan penghantar telanjang yang ditopang dengan isolator pada tiang besi atau beton. Penggunaan penghantar telanjang ini harus memperhatikan beberapa hal yang terkait dengan keselamatan ketenagalistrikan seperti jarak aman minimum yang harus dipenuhi penghantar bertegangan 20 kV tersebut antar fase, jarak dengan bangunan, jarak dengan tanaman, dan jarak jangkauan manusia. Jenis penghantar yang biasa digunakan SUTM adalah penghantar berisolasi setengah AAAC-S (*half insulated single core*). Penggunaan penghantar ini tidak menjamin keamanan terhadap tegangan sentuh tetapi dapat mengurangi resiko gangguan sesaat khususnya akibat sentuhan tanaman.

2.2.2. Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM)

Untuk lebih meningkatkan keamanan dan keandalan penyaluran tenaga listrik, penggunaan penghantar telanjang atau penghantar berisolasi setengah pada konstruksi jaringan saluran udara tegangan menengah 20 kV, juga dapat digantikan dengan konstruksi penghantar berisolasi penuh yang dipilin. Isolasi penghantar tiap fase tidak perlu dilindungi dengan pelindung mekanis. Berat kabel pilin menjadi pertimbangan terhadap pemilihan kekuatan beban kerja tiang beton penopangnya.

2.2.3. Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM)

Konstruksi Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) ini adalah konstruksi yang aman dan andal untuk mendistribusikan tenaga listrik tegangan menengah, tetapi relatif lebih mahal untuk penyaluran daya yang sama karena konstruksi isolasi penghantar tiap fase dan pelindung mekanis yang digunakan. Pada rentang biaya yang diperlukan, konstruksi tanam langsung adalah termurah bila dibandingkan dengan penggunaan tunneling (terowongan beton).

Penggunaan SKTM sebagai jaringan utama pendistribusian tenaga listrik adalah sebagai upaya utama peningkatan kualitas pendistribusian tenaga listrik. Dibandingkan dengan SUTM, penggunaan SKTM akan memperkecil resiko kegagalan operasi akibat factor eksternal atau meningkatkan keamanan ketenagalistrikan. Selain lebih aman, namun penggunaan SKTM lebih mahal untuk penyaluran daya yang sama, sebagai akibat dari konstruksi isolasi penuh penghantar tiap fase dan pelindung mekanis yang disyaratkan sesuai keamanan ketenagalistrikan.

2.3. Pengoperasian Sistem Jaringan Distribusi

Dalam mengoperasikan sistem jaringan distribusi, ada beberapa hal pokok yang perlu menjadi perhatian, adalah :

a. Keandalan (Reliability)

Keandalan jaringan distribusi adalah besarnya keberhasilan operasi dari suatu jaringan untuk bekerja sesuai dengan fungsinya, untuk periode tertentu selama masa operasinya, pada kondisi operasi tertentu. Indikator reliability suatu sistem distribusi dinyatakan dalam SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) dan SAIDI (*System Interruption Duration Index*).

$$\text{SAIFI} = \frac{\text{Banyak Gangguan} \times \text{Pelanggan Terganggu}}{\text{Total Pelanggan}} \text{ (kali/bulan)}$$

$$\text{SAIDI} = \frac{\text{Banyak Gangguan} \times \text{Lama Gangguan} \times \text{Pelanggan Terganggu}}{\text{Total Pelanggan}} \text{ (jam/bulan)}$$

b. Rugi-rugi Daya (Losses)

Pemilihan jenis penghantar yang digunakan pada saluran tegangan menengah sangat berpengaruh pada nilai rugi-rugi saluran. Pemilihan jenis penghantar dengan nilai resistansi yang kecil dapat menekan nilai rugi-rugi saluran sehingga penyaluran tenaga listrik ke pelanggan menjadi efisien. Pengaruh nilai resistansi terhadap rugi-rugi saluran dapat dilihat dari persamaan berikut :

$$P_{\text{Loss}} = I^2 \times R$$

Dimana : P_{Losses} adalah rugi-rugi saluran (Watt)

I adalah arus saluran (A)

R adalah nilai resistensi saluran (Ω)

c. Kualitas (Quality)

Ada beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam pendistribusian tenaga listrik, yaitu :

Nilai Frekuensi : Pada umumnya peralatan listrik memiliki toleransi perubahan frekuensi yang kecil. Persyaratan ini tidak saja untuk mendapatkan performansi yang maksimum dari alat tersebut tetapi juga untuk menjaga mutu produk alat tersebut. Standar variasi frekuensi adalah $\pm 1 \%$ dari frekuensi nominal 50 Hz.

Kelip Tegangan : Penyebab kelip tegangan adalah susut tegangan yang mendadak dan berulang-ulang yang ditimbulkan tanur busur pada motor dengan asutan langsung. Besarnya susut tegangan diatas adalah 5% sampai 6,5%. Kelip tegangan sangat merugikan pelanggan khususnya pelanggan industri dan juga dapat mengganggu keandalan sistem distribusi tenaga listrik.

Hilang Tegangan Sekejap (Voltage Dip) : Hilang tegangan sekejap adalah hilangnya tegangan atau merosotnya tegangan yang sangat besar (lebih dari 9%) dalam waktu yang sangat pendek. Hilang tegangan sekejap dapat disebabkan oleh adanya hubung singkat pada sebuah saluran, dan beroperasinya Penutup Balik Otomatis (PBO) pada jaringan radial.

THD (Total Harmonic Distortion) : Ada dua masalah harmonik, harmonik tegangan dan harmonik arus. Timbulnya harmonik tegangan tidak saja disebabkan oleh peralatan pemakai yang kurang memenuhi syarat, tetapi juga bisa karena peralatan atau sistem penyuplai listrik. Sedangkan harmonik arus timbul karena adanya beban yang tidak linier. Harmonik arus dapat menyebabkan besarnya nilai arus di penghantar netral dan dapat meningkatkan rugi-rugi jaringan karena energi harmonik tidak dapat terbaca oleh kWh meter standar.