

BAB II

JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN MENENGAH

2. 1. Proses Penyaluran Tenaga Listrik

Karena berbagai persoalan teknis, tenaga listrik hanya dibangkitkan pada tempat-tempat tertentu. Sedangkan pemakai tenaga listrik atau pelanggan tenaga listrik tersebar di berbagai tempat, maka penyampaian tenaga listrik dari tempat dibangkitkan sampai ke tempat pelanggan memerlukan sistem penyaluran tenaga listrik.

Sistem penyaluran tegangan listrik secara garis besar dibagi menjadi dua:

1. Saluran tegangan tinggi / saluran tegangan ekstra tinggi yang disebut saluran Transmisi.
2. Saluran tegangan menengah dan tegangan rendah disebut saluran Distribusi.

Sistem distribusi tenaga listrik adalah sistem tenaga listrik yang dibatasi dari rel tegangan menengah pada sisi sekunder trafo Tegangan Tinggi / Tegangan Menengah, sampai titik saluran pelayanan sambungan rumah (Tegangan Menengah / Tegangan Rendah).

Sistem distribusi terdiri dari tiga bagian, yaitu :

1. *Jaringan* distribusi tegangan menengah yang disebut *jaringan* distribusi primer, *Jaringan* distribusi primer yang digunakan pada *jaringan* PLN diarahkan ke tegangan 20 kV, meskipun beberapa daerah masih menggunakan 12 kV atau 6 kV.

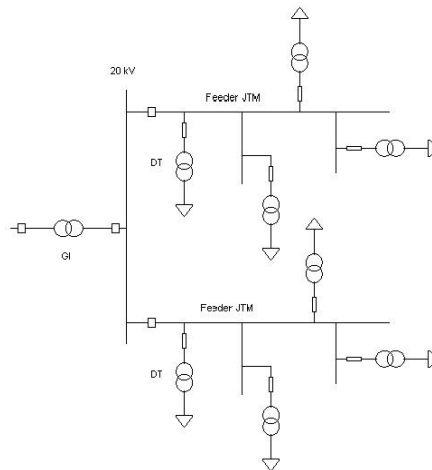
2. Gardu Distribusi, yang berfungsi menurunkan tegangan menengah menjadi tegangan rendah. Peralatan utama dari gardu distribusi adalah trafo distribusi yaitu trafo tenaga yang berfungsi menurunkan tegangan dari tegangan menengah ke tegangan rendah.
3. *Jaringan* distribusi tegangan rendah yang disebut juga *jaringan* distribusi sekunder, *jaringan* distribusi sekunder yang digunakan pada *jaringan* PLN adalah 220 V / 380 V.

2. 2. Konfigurasi Sistem Distribusi Tegangan Menengah

Ada beberapa jenis konfigurasi sistem distribusi dan setiap jenisnya mempunyai tingkat keandalan operasi yang berbeda. Berikut ini dijelaskan mengenai jenis konfigurasi sistem distribusi.

2. 2. 1. Sistem Radial

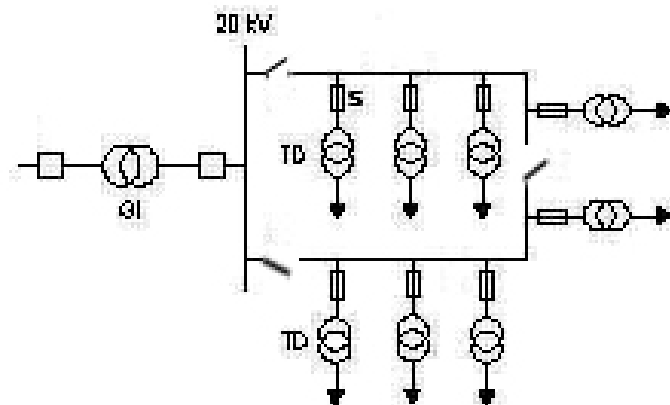
Sistem Radial adalah suatu sistem distribusi dimana pada setiap gardu distribusi pada sistem tersebut hanya dapat disuplai dari satu penyulang. Untuk menyuplai beban tegangan, maka tegangan menengah diturunkan menjadi tegangan rendah melalui transformator distribusi. Sistem *jaringan* radial ini dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1. Contoh konfigurasi sistem radial

2. 2. 2. Sistem *Ring*

Sistem *ring* adalah sistem distribusi dimana pada setiap gardu distribusi pada sistem tersebut dapat dimungkinkan disuplai dari 2 penyulang (pada operasinya *tetap* disuplai dari satu penyulang), namun *tetap* disuplai dari satu GI. Sistem jaringan *ring* ini dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini.

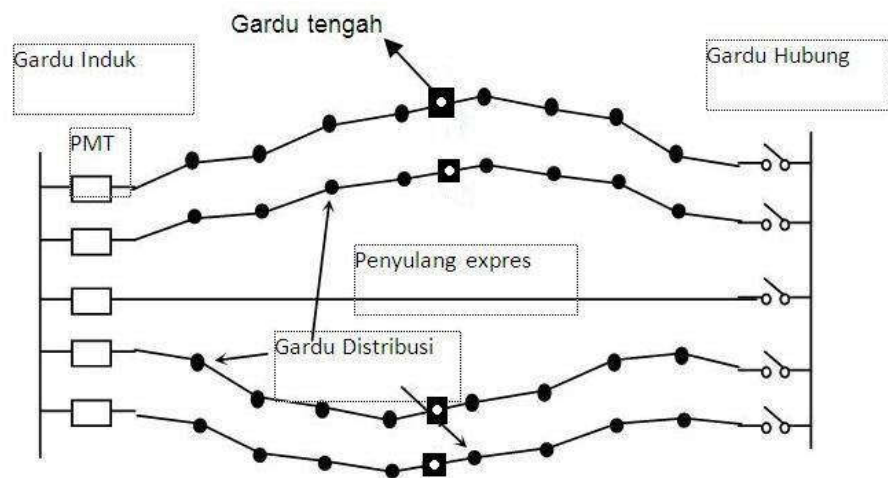


Gambar 2.2. Contoh konfigurasi sistem *ring*

2. 2. 3. Sistem Spindle

Sistem *spindel* adalah sistem distribusi dimana beberapa penyulangannya terhubung antara rel tegangan menengah disisi sekunder trafo tenaga Tegangan Tinggi / Tegangan Menengah di GI dengan gardu hubung, dimana salah satu penyulangannya merupakan penyulang *express* dan pada penyulang *express* tersebut tidak ada gardu distribusi, penyulang ini berfungsi sebagai penyulang cadangan bila pada satu penyulang lainnya terjadi gangguan.

Pada sistem *spindel* semua penyulang menggunakan penghantar kabel bawah tanah, dan gardu distribusi tersebar di penyulang yang bukan penyulang *express*. Sistem jaringan *Spindel* ini dapat dilihat pada gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3. Sistem Jaringan Spindle

2. 3. Kinerja Sistem Distribusi

Dalam operasinya sistem distribusi harus memenuhi syarat yang telah ditentukan, antara lain menyangkut masalah :

1. Mutu tenaga listrik yang disalurkan
2. Keandalan sistem tenaga listrik
3. Rugi-rugi daya
4. Ketidak seimbangan tegangan

2. 3. 1. Mutu Tenaga Listrik yang Disalurkan

Mutu tenaga listrik yang disalurkan menyangkut pada masalah:

1. Nilai Frekuensi

Nilai frekuensi pada sistem tenaga listrik tidak bisa diatur oleh sistem distribusi, *tetapi* dilakukan oleh sistem pembangkit sehingga nilai frekuensi tidak dimasukkan sebagai kinerja sistem distribusi.

2. Tegangan pada sistem distribusi

Tegangan pada sistem distribusi menyangkut beberapa hal:

a) Nilai tegangan

Tegangan operasi sistem distribusi dinyatakan baik apabila nilainya memenuhi syarat (SPLN No.72 1987) yaitu : $90\% V_{nom} \leq V_{op} \leq 105\% V_{nom}$.

b) Kedip tegangan

Kedip tegangan adalah gangguan terhadap tegangan yang berupa impuls atau perubahan tegangan yang besar (penurunan/kenaikan tegangan) dalam waktu yang sangat singkat. Berdasarkan SPLN Nomor 001-1978, bahwa besarnya kedip tegangan yang diperbolehkan dibatasi nilainya antara +5% sampai dengan -10% dari tegangan nominal dengan selang waktu antara 0,5 *cycles* (0,01 detik) sampai dengan satu menit (berdasarkan standar IEEE 1159-1995).

c) Fluktuasi Tegangan (*Flicker*)

Fluktuasi tegangan adalah suatu fenomena perubahan tegangan terhadap harga nominalnya dengan laju perubahan yang cukup cepat yaitu berkisar ± 10 Hz, atau dengan kata lain batas yang diijinkan berkisar antara 0,95 – 1,05 dari tegangan normal. Penyebab dari fluktuasi tegangan ini biasanya adalah akibat perubahan beban listrik secara tiba-tiba pada *jaringan* tenaga listrik.

2. 3. 2. Keandalan Sistem Tenaga Listrik

Keandalan sistem tenaga listrik adalah merupakan ukuran dari kontinuitas dari penyaluran tenaga listrik yang menyangkut *sering* dan lamanya padam pada sistem distribusi untuk periode tertentu yang disebabkan gangguan.

Indikator untuk kontinuitas dari penyaluran tenaga listrik ini dinyatakan dalam SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dan SAIFI (*system Average Interruption Frequency Index*).

SAIDI adalah besaran yang menyatakan perbandingan antara durasi terputusnya pasokan listrik yang dialami oleh konsumen di suatu daerah untuk periode waktu tertentu dengan jumlah total konsumen yang dilayani di daerah tersebut, dan dinyatakan dalam :

$$SAIDI = \frac{\text{jumlah semua durasi putusmya pasakon listrik yang dialami konsumen}}{\text{Jumlah konsumen yang dilayani}}$$

SAIDI *sering* dinyatakan dalam menit per tahun atau jam per tahun. Semakin kecil harga SAIDI menunjukkan kontinuitas pelayan daya yang semakin baik.

SAIFI merupakan perbandingan antara jumlah interupsi pasokan listrik yang dialami konsumen di suatu daerah untuk periode waktu tertentu terhadap jumlah total konsumen yang dilayani di daerah tersebut. SAIFI dinyatakan dalam :

$$SAIFI = \frac{\text{jumlah semua interupsi yang dialami konsumen}}{\text{Jumlah konsumen yang dilayani}}$$

Semakin kecil harga SAIFI menunjukkan kinerja sistem yang semakin baik.

2. 3. 3. Rugi-rugi daya

Pada sistem distribusi yang menyangkut efisiensi tenaga listrik, semakin besar rugi-rugi dayanya maka semakin rendah efisiensinya. Rugi –rugi daya pada saluran berkaitan jatuh tegangan pada sistem tenaga listrik serta nilai impedansi salura, dimana rugi-rugi daya dapat dinyatakan dengan rumus:

- Rugi-rugi daya aktif : $|I|^2 R$ atau $\frac{|\Delta V|^2}{R} \cos^2 \varphi = \frac{|\Delta V|^2}{Z} \cos \varphi$ (2.1)

- Rugi-rugi daya reaktif : $|I|^2 X$ atau $\frac{|\Delta V|^2}{X} \sin^2 \varphi = \frac{|\Delta V|^2}{Z} \sin \varphi$ (2.2)

$$\Rightarrow \varphi = \arctg \frac{X}{R}, Z = R + jx \text{(2.3)}$$

2. 3. 4. Ketidakseimbangan Tegangan

Ketidakseimbangan tegangan adalah perbedaan tegangan pada ketiga fasa R, S dan T yang disebabkan oleh impedansi dan beban pada ketiga pasanya tidak simetris. Ketidakseimbangan tegangan ini dapat diuraikan dengan menggunakan komponen simetris untuk sistem fasa tiga yang tidak seimbang, dimana tegangan/arus-nya dapat diuraikan menjadi sistem fasa tiga simetris yang mempunyai urutan positif, urutan negatif dan urutan nol.

Ketidakseimbangan tegangan dapat mengakibatkan dampak-dampak berikut :

- A. Menyebabkan pembebanan *thermis* lebih pada motor-motor yang dapat mempengaruhi momen dan umurnya, ini terjadi karena timbulnya komponen negatif yang menyebabkan pemanasan tambahan di dalam motor.
- B. Arus urutan negatif umumnya membahayakan generator-generator. Menurut kontruksi, lamanya pembebanan arus urutan negatif ini 3 sampai 15% masih diperbolehkan pada generator. Arus urutan negatif dapat mencapai 3 sampai 6% pada JTT dan 10% pada JTR.
- C. Menghasilkan arus urutan nol yang akan menyebabkan rele gangguan tanah pada pentanahan tidak efektif atau tidak bekerja sebagaimana mestinya. Pada pentanahan titik bintang yang efektif besarnya arus nol tidak boleh melebihi 5%.

2. 4. Generator Distribusi (GD)

Generator Distribusi (GD) adalah generator skala kecil yang di *tap* (dihubungkan) pada *jaringan* distribusi. Untuk pembangkit skala mini dengan kapasitas antara 250 kVA s/d 2,5 MVA generator dihubungkan ke *jaringan* tegangan menengah (JTM) melalui trafo penaik tegangan, sedangkan untuk pembangkit skala mikro dihubungkan ke *jaringan* tegangan rendah (JTR) dengan tegangan *output* harus sesuai dengan tegangan *jaringannya*.

Untuk men-*tap* generator ke *jaringan* distribusi harus memperhatikan tegangan *output* generator. Biasanya pembangkit dengan kapasitas menengah

tegangan *output* generatornya adalah tegangan rendah, jika tegangannya lebih besar dari tegangan JTR yang ada, maka untuk di-*tap* ke JTM diperlukan trafo penaik tegangan.

GD yang merupakan PLTMH (mikrohidro) merupakan generator asinkron, sedang generator skala menengah merupakan generator sinkron. Pada pembahasan skripsi ini, yang akan dibahas adalah sistem distribusi 20kV dengan GD yang merupakan PLT Mini Hidro.

Pemasangan GD pada *jaringan* distribusi akan mempengaruhi operasi sistem distribusi, ada beberapa dampak positif dan ada dampak negatifnya.

Beberapa dampak tersebut antara lain :

A. Dampak positifnya antara lain :

- a. Mengurangi nilai jatuh tegangan
- b. Mengurangi rugi-rugi daya

B. Sedang dampak negatifnya adalah kemungkinan terjadinya simpatetik trip pada salah satu penyulang, jika penyulang lainnya mengalami gangguan. Hal ini biasanya terjadi pada penyulang tegangan menengah dimana koordinasi rele gangguan tanah (GFR) antar penyulang tidak terkoordinasi dengan baik

2.4.1 Manfaat Generator Distribusi (GD)

Memiliki biaya modal yang lebih rendah karena ukuran kecil GD (meskipun biaya investasi per kVA dari GD bisa menjadi jauh lebih tinggi daripada daya besar pembangkit).

1. Dapat mengurangi kebutuhan untuk pembangunan infrastruktur besar atau upgrade karena GD bisa dibangun di lokasi beban.
2. Jika GD memberikan daya untuk penggunaan lokal, dapat mengurangi tekanan pada distribusi dan jalur transmisi.
3. Dengan beberapa teknologi, GD tidak menghasilkan emisi pencemaran polusi pada lingkungan hidup.
4. Dapat meningkatkan keandalan daya sebagai *back-up* atau *stand-by* daya untuk pelanggan.

2.4.2 Berbagai Perspektif Keuntungan GD

a) Perspektif Pelanggan.

Pelanggan khusus yang berlangganan dengan daya tinggi secara umum bisa mendapatkan keuntungan besar dengan memiliki pembangkit cadangan untuk memberikan peningkatan keandalan. Pelanggan juga mungkin dapat menerima kompensasi sehingga kapasitas pembangkit mereka tersedia untuk sistem tenaga listrik di daerah dimana terdapat kekurangan potensial daya.

b) Perspektif Kegunaan Terhadap Jaringan Distribusi

Kegunaan GD pada jaringan distribusi yaitu dapat memperbaiki aliran daya, memperkecil rugi-rugi daya, memperkecil *drop* tegangan, dan memperbaiki keandalan sistem distribusi tersebut.

c) Perspektif Komersial Produsen Listrik

Mereka yang melihat GD dari pandangan ini terutama tertarik pada daya jual atau tambahan layanan dalam bisnis kelistrikan. Dalam

pengertian bahwa unit GD kebanyakan terlalu kecil untuk tawaran secara individual dalam pasar listrik. Produsen listrik akan menawarkan kemampuan beberapa unit. GD mungkin saling berhubungan langsung ke *jaringan* listrik atau hanya melayani beban *off-grid*. Yang terakhir menghindari banyak masalah yang terkait dengan interkoneksi tetapi tidak memungkinkan kapasitas penuh dari GD untuk digunakan.