

BAB II

SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

2.1 Umum

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang beroperasi pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR). Sistem distribusi berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber tenaga listrik JTM/JTR sampai ke konsumen, pada sistem tenaga listrik yang kapasitasnya cukup besar dan terdapat saluran Tegangan Tinggi (Transmisi), sisi sumber tenaga listrik dari sistem distribusi adalah Rel TM yang terhubung dengan sisi sekunder trafo tenaga JTM/JTR di Gardu Induk.

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik kapasitas besar bekerja pada kondisi Tegangan Menengah, kemudian dinaikkan tegangannya oleh trafo tenaga di gardu Induk dekat pusat listrik menjadi Tegangan Tinggi (TT) atau Tegangan Extra Tinggi (TET) yang disalurkan melalui saluran transmisi ke Gardu Induk. Tujuan dinaikkannya tegangan adalah agar daya yang disalurkan bisa lebih besar, jarak penyaluran lebih jauh, dan untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir. Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan semakin kecil.

Tegangan pada saluran transmisi, diturunkan menjadi tegangan menengah oleh transformator penurun tegangan di Gardu Induk, yang kemudian disalurkan melalui saluran distribusi primer atau Jaringan Tegangan Menengah (JTM). JTM untuk sistem jaringan distribusi PT.PLN (Persero) adalah 20 kV, kemudian diturunkan melalui trafo distribusi menjadi TR , sistem distribusi TR untuk PT.PLN (Persero) adalah 230/400 Volt . Selanjutnya tenaga listrik oleh saluran distribusi TR disalurkan ke pelanggan.

Secara umum sistem distribusi dapat dibagi menjadi 3 sistem (Subsistem) , yaitu :

1. Jaringan Tegangan Menengah (JTM)
2. Gardu Distribusi
3. Jaringan Tegangan Rendah (JTR)

2.2. Jaringan Distribusi Tegangan Menengah

2.2.1 Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah

Berdasarkan konstruksinya, jaringan distribusi primer terbagi kedalam dua jenis, yaitu Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM).

- a. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) merupakan jaringan kawat tanpa isolasi yang terentang di udara yang disangga oleh tiang penyangga. Secara umum , SUTM digunakan pada daerah dengan kepadatan beban rendah seperti pedesaan dan kota-kota kecil. SUTM

memiliki jangkauan pelayanan yang luas, murah dan mudah dibangun, akan tetapi tingkat keandalan penyaluran yang relatif rendah dan tingkat perawatannya lumayan tinggi. Jaringan SUTM dapat dibangun dengan sistem fasa tiga atau fasa tunggal Saluran pada SUTM sendiri terbagi menjadi dua jenis saluran yaitu :

1. Saluran kawat udara . yaitu SUTM yang konduktornya tanpa isolasi
 2. Saluran kabel udara , yaitu SUTM yang konduktornya dilindungi oleh isolasi.
- b. Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) merupakan jaringan kabel yang berisolasi yang ditanam dalam tanah sepanjang jaringan. Secara umum, SKTM digunakan pada daerah dengan kepadatan beban tinggi seperti perkotaan. Jaringan penghantar SKTM menggunakan kabel berinti tunggal atau berinti tiga, dan memiliki tingkat keandalan penyaluran yang tinggi.

2.2.2 Konfigurasi Jaringan Tegangan Menengah

Berdasarkan konfigurasi jaringan, maka sistem distribusi dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) macam , yaitu sistem jaringan distribusi radial, loop dan spindel.

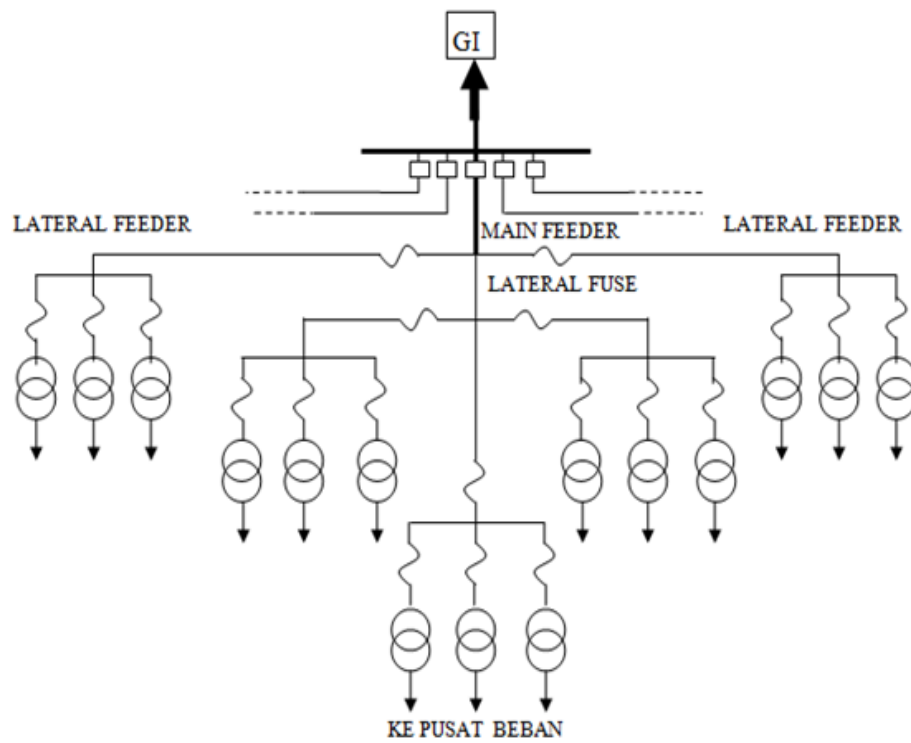
2.2.2.1 Sistem Distribusi Bentuk Radial (Pohon)

Tipe ini merupakan bentuk yang paling sederhana dan banyak digunakan, tetapi hanya memiliki satu sumber dan tidak ada alternatif sumber lain (*alternate source*). Kondisi demikian menyebabkan terjadinya pemadaman total pada seluruh beban apabila terjadi gangguan pada sumber, karena tidak adanya sumber lain yang berfungsi sebagai back-up. Oleh karena itu, tipe ini cocok diterapkan pada beban – beban kelas rumah tangga dan listrik pedesaan pada umumnya yang tidak menuntut kontinuitas penyaluran daya dengan tingkat keandalan yang tinggi. Secara umum jaringan distribusi primer dengan bentuk radial memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- 1) Bentuknya paling sederhana dibandingkan dengan bentuk lain.
- 2) Biaya investasinya paling murah, karena saluran yang menuju ke tiap beban hanya tersedia satu jalur.
- 3) Kualitas pelayanan (penyaluran daya) paling jelek apabila dibandingkan dengan tipe-tipe lain, dikarenakan drop tegangan dan rugi-rugi daya pada saluran distribusi relatif besar.
- 4) Kontinuitas penyaluran daya tidak terjamin, karena hanya memiliki satu sumber dan tidak ada sumber lain berfungsi sebagai back-up.

Peralatan pendukung terutama pemutus tenaga pada bentuk radial ini biasanya berupa *fuse*, *recloser*, *sectionalizer*, atau alat pemutus beban lainnya, yang berfungsi melokalisasi daerah pemadaman pada saat terjadi gangguan.

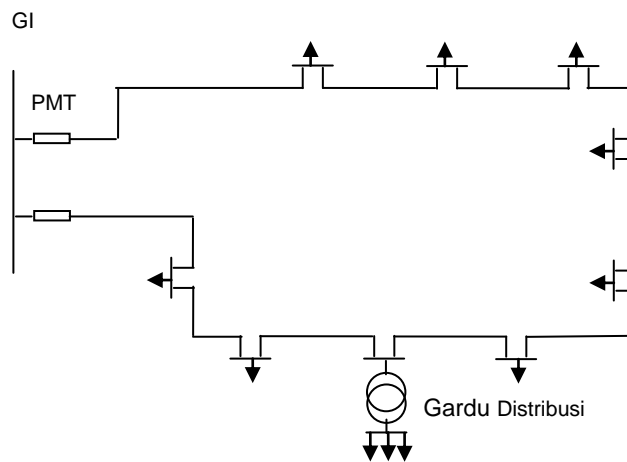
Bentuk sistem distribusi radial dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.1 Sistem Distribusi Radial

2.2.2.2 Sistem Distribusi Bentuk Loop

Seiring dengan perkembangan jaringan dalam mengikuti perkembangan beban maka jaringan yang dulunya berbentuk radial akhirnya diubah menjadi bentuk loop/ ring.



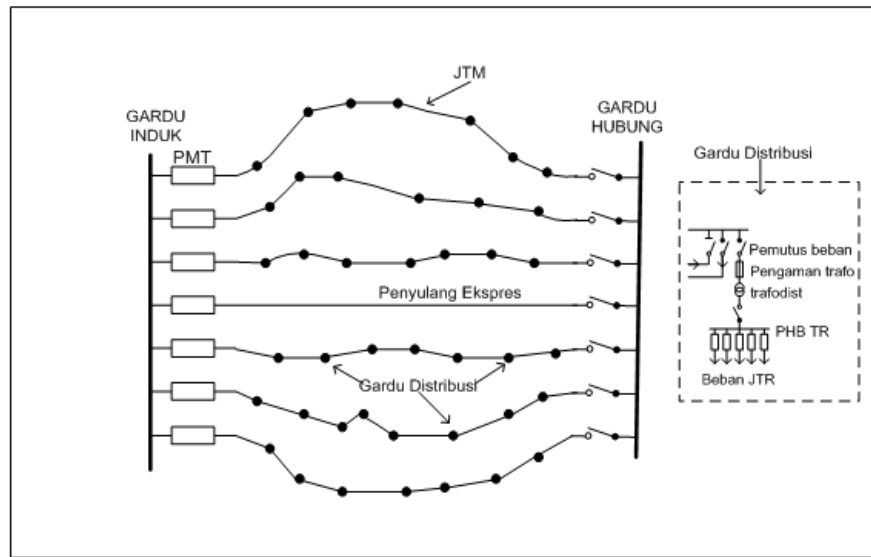
Gambar 2.2 JTM dengan sistem Loop/Ring yang dipasang dari satu sumber

Saluran distribusi primer tipe loop/ring dikenal juga dengan sistem gelang. Struktur jaringan distribusi gelang ini merupakan jaringan tertutup yang dimulai dari sumber, kemudian melewati beberapa pusat beban (gardu distribusi) dan pada akhirnya kembali ke sumber semula, meskipun dalam operasinya tetap secara radial. Hal ini mengakibatkan pelanggan dapat memperoleh pasokan energi dari dua arah. Jika pasokan dari salah satu arah terganggu, pelanggan tersebut disambung pada pasokan arah lain.

Pada sistem jaringan loop/ring ini tingkat keandalannya lebih tinggi, sehingga penyaluran daya ke konsumen tidak akan terputus selama daerah yang terganggu diperbaiki. Hal ini dimungkinkan karena sistem ini mempunyai dua titik pengisian.

2.2.2.3 Sistem Distribusi Bentuk Spindle

Tipe ini memanfaatkan dua komponen pendukung utama, yaitu gardu induk dan gardu hubung, merupakan pola khusus yang ditandai dengan ciri adanya sejumlah kabel keluar dari suatu gardu induk yang disebut dengan *outgoing* menuju suatu arah suatu titik temu yang disebut gardu hubung. Pada tipe spindle tidak terdapat percabangan, sehingga semua saluran dipasang sedemikian rupa agar dapat mencapai gadu hubung secara langsung. Selain saluran utama, juga terdapat sebuah saluran cadangan yang biasa disebut saluran *express*, yang berfungsi sebagai cadangan apabila terjadi gangguan pada saluran utama.



Gambar 2.3 Sistem Distribusi *Spindle*

Jaringan Tegangan Menengah dengan konfigurasi spindel dapat dilihat pada gambar di atas. Dalam keadaan normal semua PMT dan PMS dari setiap penyulang yang keluar dari GI dalam keadaan masuk kecuali PMT dan PMS penyulang yang ada di Gardu Hubung (GH).

Sistem ini biasanya menggunakan kabel tanah dan mempunyai kontinuitas pelayanan yang baik, karena gangguan yang terjadi dapat dilokalisasi dan beban dari yang terganggu dapat dipindahkan ke *express feeder* yang selalu dalam keadaan *stand by*. Di samping itu mutu tegangan cukup baik, karena panjang kabel dan jumlah gardu sudah ditentukan sehingga jatuh tegangan tidak akan melampaui batas-batas yang bisa diterima oleh pelanggan. Jaringan Distribusi Sistem Spindel ini banyak

dipakai di kota-kota besar yang kerapatan bebannya mencapai beberapa MW/km².

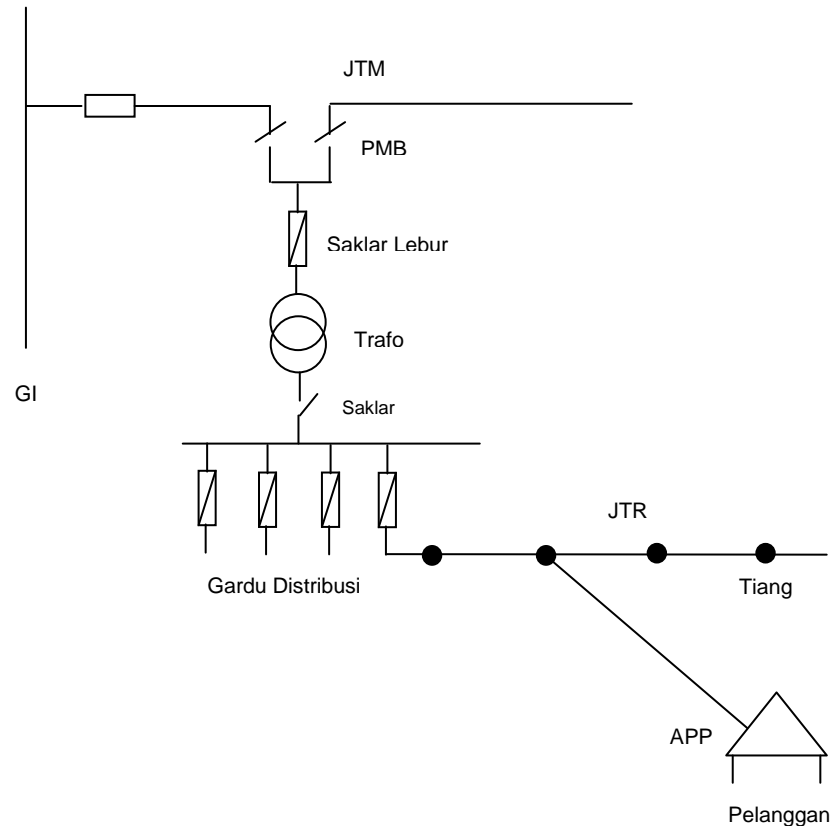
2.2.3 Sistem Distribusi Sekunder (Tegangan Rendah)

Sistem distribusi sekunder yang biasa disebut jaringan tegangan rendah (JTR) dimulai dari sisi sekunder trafo distribusi sampai dengan sambungan rumah (SR) pada pelanggan yang berfungsi untuk mendistribusikan energi listrik dari gardu distribusi ke pelanggan dengan tegangan operasi yakni tegangan rendah (400/230 Volt, 380/220 Volt).

Pada JTR, jenis saluran yang digunakan ada dua yakni:

1. Saluran udara tegangan rendah (SUTR) dengan penghantar dari kawat Bare Copper, AAC maupun AAAC serta saluran kabel udara yang dipilin.
2. Saluran kabel tegangan rendah (SKTR) dengan menggunakan penghantar berupa kabel dengan inti penghantar dari tembaga maupun aluminium dengan bahan isolasi dari PVC atau XLPE.

Pada saat ini SUTR yang menggunakan kabel telah banyak digunakan oleh PLN untuk mengurangi gangguan yang disebabkan oleh gangguan pohon dan gangguan lain yang disebabkan oleh ulah manusia.



Gambar 2.4 JTM, JTR dan Sambungan Rumah ke Pelanggan

Kriteria Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 380/220 V SKUTR dan SUTR sebagai berikut :

- Jarak tiang maksimum 40 sampai dengan 50 meter
- Tiang yang digunakan adalah Tiang besi, dan tiang beton atau bahan lain yang lebih ekonomis, dibandingkan dengan tiang besi dan tiang beton yang mempunyai umur pemakaian hingga 10 tahun. Panjang tiang besi dan tiang beton yaitu 9 meter dengan beban kerja tarik 200 daN sampai 350 daN.

Jaringan tegangan adalah jaringan dari rak TR sampai sambungan teganganrendah, jaringan yang termasuk JTR adalah :

- Rak TR
- Kabel TR
- Jaringan tegangan Rendah
- Sambungan Rumah
- Peralatan Meteran dan pembatas pelanggan

- Rak TR

Rak TR berfungsi untuk menghubungkan sisi sekunder transformator distribusi dengan hantaran-hantaran TR. Dari rak TR tersebut tenaga listrik salurkan ke setiap jurusan kelompok pelanggan melalui penghantar. Antara papan pembagi dengan penghantar TR dipasang pembatas arus (NH-fuse).

- Penghantar TR

Penghantar TR berfungsi menyalurkan daya dari papan pembagi (Rak TR) sampai tiang terakhir. Yang perlu diperhatikan pada penghantar TR ini adalah kemampuan penyaluran daya dan rugi-rugi tegangan dan energy pada hantaran tersebut, penghantar TR dapat menggunakan kabel tanah, kabel udara, atau kawat udara.

- Sambungan Rumah

Sambungan rumah mempunyai peran untuk menyalurkan daya dari penghantar tegangan rendah kepada pelanggan. Hantaran ini dapat berupa, kabel udara atau kabel tanah. Untuk langganan yang cukup besar sambungan biasanya 3 fasa , sedangkan untuk pelanggan perumahan biasa memakai sambungan 1 fasa.

- Alat Ukur dan Pembatas (APP)

Peralatan meter pada langganan diantaranya adalah: Kwh meter, mini circuit breaker (MCB) atau NH Fuse , kWH meter berfungsi sebagai pengukur pemakaian tenaga listrik pada pelanggan (Daya nyata) .

2.3 Jenis Penghantar Jaringan Tegangan Rendah

Ditinjau dari jenis penghantar yang digunakan , JTR menggunakan tiga jenis penghantar sebagai berikut

2.3.1 Saluran Kabel Tegangan Rendah (Kabel Tanah)

SKTR adalah jaringan tegangan rendah bawah tanah menggunakan kabel isolasi berselubung PVC, perisai pita baja dengan penghantar tembaga (Cu) ukuraun $4 \times 95 \text{ mm}^2$, Aluminium (Al) ukuran $4 \times 120 \text{ mm}^2$ atau disebut kabel optik untuk sekunder Transformator.

2.3.2. Saluran Kabel Udara Tegangan Rendah

SKUTR adalah jaringan tegangan rendah menggunakan kabel berisolasi PVC (Kabel Pilin Udara), penghantar Alumunium (Al) ukuran $3 \times 70 \text{ mm}^2 + N$, $3 \times 50 \text{ mm}^2 + N$ atau disebut kabel Twisted (Twisted Cable).

2.3.3 Saluran Udara Tegangan Rendah (Bare Conductor)

SUTR adalah Jaringan Tegangan Rendah menggunakan penghantar tanpa isolai, dari bahan tembaga , Alumunium, alumunium campuran, ukuran 35 mm^2 , 50 mm^2 , 70 mm^2 .

2.4 Gardu Distribusi

Gardu distribusi adalah seperangkat peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menurunkan tegangan menengah pada sisi input sesuai dengan tegangan JTMnya ke tegangan rendah pada sisi outputnya.

Gardu distribusi dapat dibedakan menjadi beberapa jenis sesuai dengan konstruksinya yaitu :

- Gardu tiang atau cantol
- Gardu tiang portal
- Gardu Kios
- Gardu beton atau tembok

2.4.1 Gardu Tiang / Cantol

Tipe gardu distribusi tenaga listrik dengan transformator, proteksi, dan Papan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHBTR) . Gardu tersebut dipasang langsung pada tiang sesuai dengan kebutuhan lokasinya.

2.4.2 Gardu Portal

Yaitu Gardu Distribusi Tenaga Listrik Tipe Terbuka (Out-door), dengan memakai konstruksi dua tiang atau lebih. Tempat kedudukan Transformator sekurang kurangnya 3 meter di atas permukaan tanah. Dengan sistem proteksi di bagian atas dan Papan Hubung Bagi Tegangan di bagian bawah untuk memudahkan kerja teknis dan pemeliharaan.

2.4.3 Gardu Kios

Gardu Distribusi Tenaga Listrik yang konstruksinya pembuatannya terbuat dari bahan konstruksi baja, fiberglass atau kombinasinya. Gardu ini dibangun di lokasi yang tidak memungkinkan didirikan Gardu Beton atau Gardu tembok. Karena Sifatnya Mobilitas, maka kapasitas Transformator yang terpasang terbatas yakni maksimum 400 Kva. Ada beberapa jenis Gardu Kios ini, seperti Gardu Kios Kompak, Gardu Kios Modular dan Gardu Kios Bertingkat. Khusus untuk Gardu Kompak, Seluruh Komponen Utama Gardu sudah dirangkai selengkapanya di pabrik, sehingga pembuatan gardu ini lebih cepat dibanding pembuatan Gardu Beton.

2.4.4 Gardu Hubung / Beton

Yaitu sebuah Gardu yang seluruh komponen utama instalasinya seperti Transformator dan Peralatan Proteksi terangkai di dalam sebuah bangunan sipil yang dirancang dibangun dan difungsikan dengan konstruksi pasangan Batu Dan Beton. Konstruksi Bangunan Gardu ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan terbaik bagi sistem keamanan Ketenagalistrikan. Cara mudah membedakannya yaitu Gardu ini lebih cenderung seperti bangunan sipil dan memiliki Halaman cukup luas.