

BAB II

JARINGAN DISTRIBUSI BAWAH TANAH

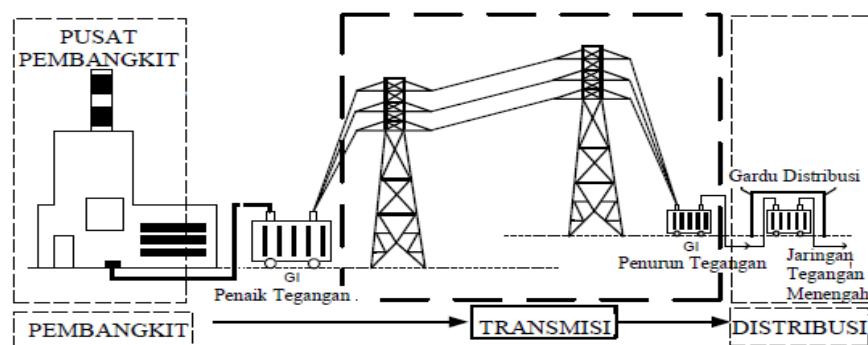
2.1 Umum

Pusat tenaga listrik umumnya terletak jauh dari pusat bebannya. Energi listrik yang dihasilkan pusat pembangkitan disalurkan melalui jaringan transmisi. Tegangan generator pembangkit relatif rendah (6 kV – 24 kV). Maka tegangan ini dinaikin dengan transformator daya ke tegangan yang lebih tinggi antara 150 kV – 500 kV. Tujuan peningkatan tegangan ini, selain memperbesar daya hantar dari saluran (berbanding lurus dengan kwadrat tegangan), juga untuk memperkecil rugi daya dan susut tegangan pada saluran transmisi. Penurunan tegangan dari jaringan tegangan tinggi/ekstra tinggi sebelum ke konsumen dilakukan dua kali. Yang pertama dilakukan di gardu induk (GI), menurunkan tegangan dari 500 kV ke 150 kV atau dari 150 kV ke 70 kV. Yang kedua dilakukan pada gardu induk distribusi dari 150 kV ke 20 kV atau dari 70 kV ke 20kV. Saluran listrik dari sumber pembangkit tenaga listrik sampai transformator terakhir, sering disebut juga sebagai saluran transmisi, sedangkan dari transformator terakhir, sampai konsumen terakhir disebut saluran distribusi atau saluran primer. Ada dua macam saluran transmisi/distribusi PLN yaitu saluran udara (overhead lines) dan saluran kabel bawah tanah (underground cable). Kedua cara penyaluran tersebut masing-masing mempunyai keuntungan dan kerugian. Dari segi estetik, saluran bawah tanah lebih disukai dan juga tidak mudah terganggu oleh cuaca buruk: hujan, petir, angin, dan sebagainya namun saluran bawah tanah

jauh lebih mahal dibanding saluran udara, tetapi saluran bawah tanah tidak cocok untuk daerah rawan banjir karena bila terjadi gangguan akan berbahaya.

2.2. Sistem Jaringan Distribusi

Ada tiga bagian penting dalam proses penyaluran tenaga listrik, yaitu: Pembangkitan, Penyaluran (transmisi) dan distribusi seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.1. Tiga komponen utama dalam Penyaluran Tenaga Listrik

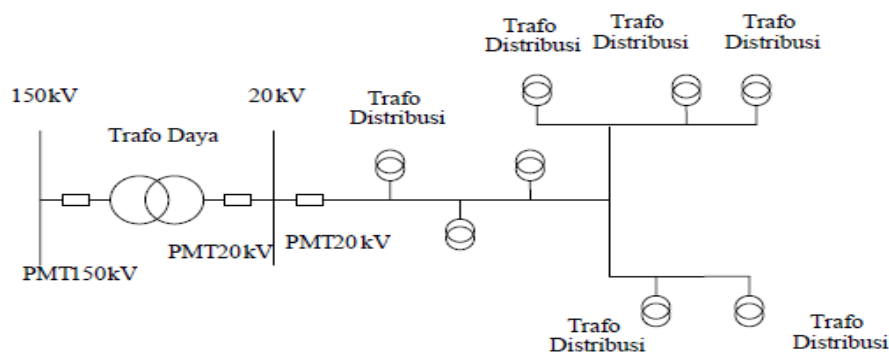
Tegangan sistem distribusi dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian besar, yaitu distribusi primer (20kV) dan distribusi sekunder (220/380V). Jaringan distribusi 20kV sering disebut Sistem Distribusi Tegangan Menengah dan jaringan distribusi 220/380V sering disebut jaringan distribusi sekunder atau disebut Jaringan Tegangan Rendah 220/380V.

2.2.1. Jaringan Pada Sistem Distribusi Primer

Jaringan Pada Sistem Distribusi tegangan menengah (20kV) dapat dikelompokkan menjadi 5 model, yaitu :

1) Jaringan Radial

Sistem distribusi dengan pola Radial seperti Gambar 2.2. Adalah sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.

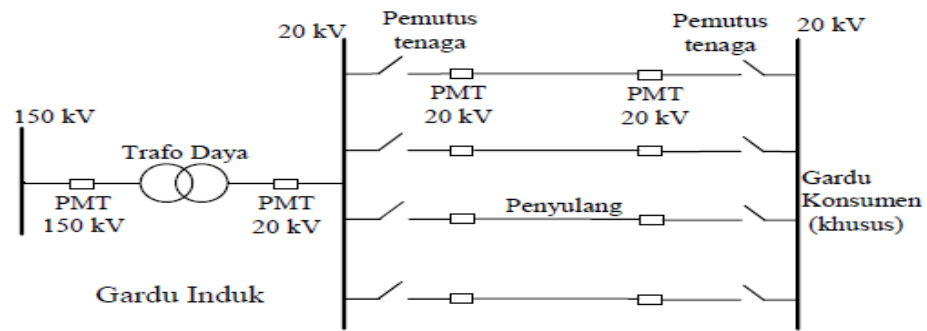


Gambar 2.2. Konfigurasi Jaringan Radial

Dalam penyulang tersebut dipasang gardu-gardu distribusi untuk konsumen. Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding dengan sistem lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam. Kerugian lain yaitu mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik, hal ini dikarenakan jatuh tegangan terbesar ada diujung saluran.

2) Jaringan Hantaran Penghubung

Sistem distribusi hantaran penghubung Tie Line seperti Gambar 2.3. digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam (Bandar Udara, Rumah Sakit, dan lainlain).

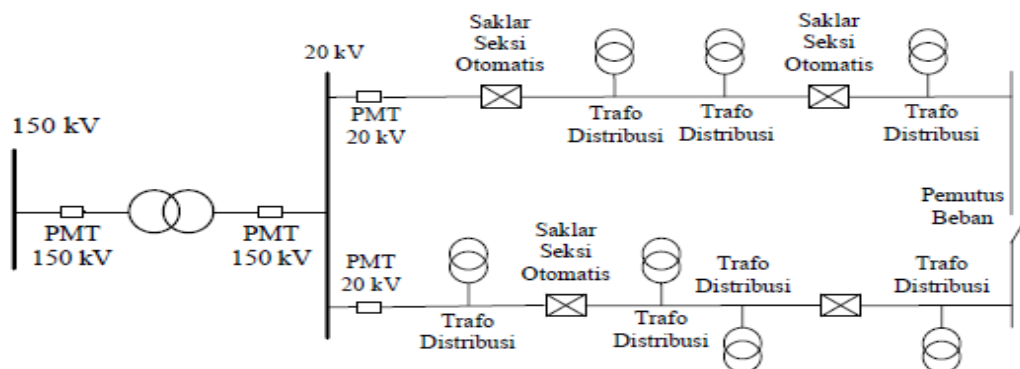


Gambar 2.3. Konfigurasi Jaringan Hantaran Penghubung

Sistem ini memiliki minimal dua penyulang sekaligus dengan tambahan Automatic Change Over Switch / Automatic Transfer Switch, setiap penyulang terkoneksi ke gardu pelanggan khusus tersebut sehingga bila salah satu penyulang mengalami gangguan maka pasokan listrik akan di pindah ke penyulang lain.

3) Jaringan Lingkaran

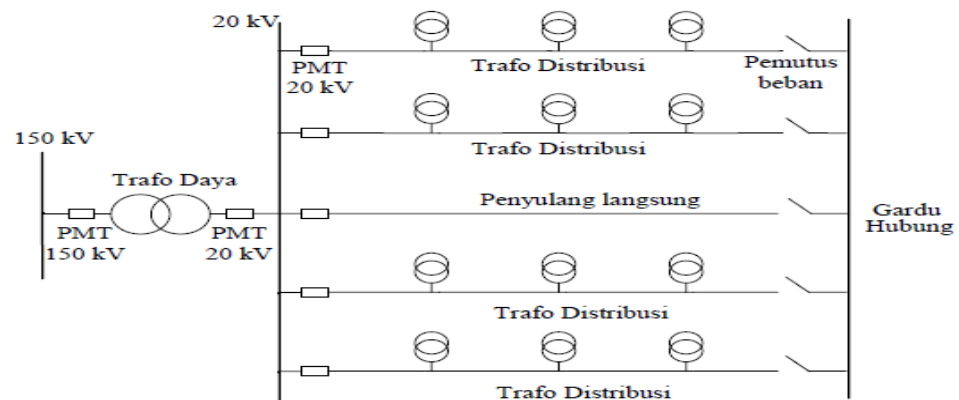
Pada Jaringan Tegangan Menengah Struktur Lingkaran (Loop) seperti Gambar 2.4. dimungkinkan pemasokannya dari beberapa gardu induk, sehingga dengan demikian tingkat keandalannya relatif lebih baik.



Gambar 2.4. Konfigurasi Jaringan Loop

4) Jaringan Spindel

Sistem Spindel seperti pada Gambar 2.5. adalah suatu pola kombinasi jaringan dari pola Radial dan Ring. Spindel terdiri dari beberapa penyulang (feeder) yang tegangannya diberikan dari Gardu Induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah Gardu Hubung (GH).

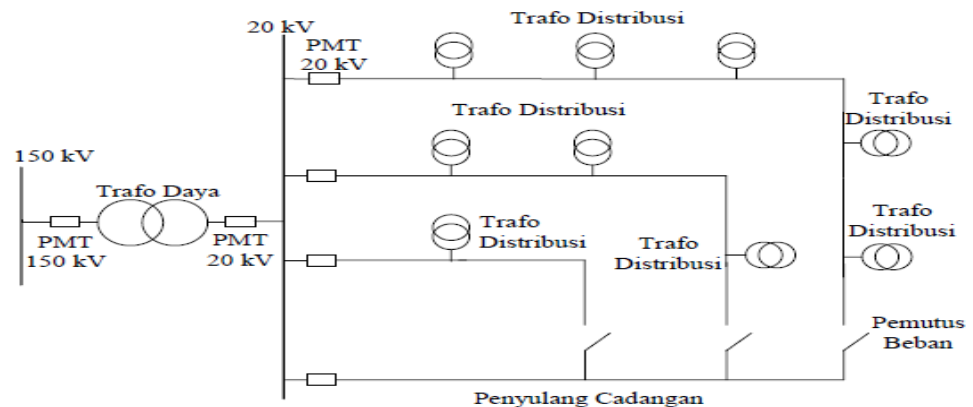


Gambar 2.5. Konfigurasi Jaringan Spindel

Pada sebuah spindel biasanya terdiri dari beberapa penyulang aktif dan sebuah penyulang cadangan (*express*) yang akan dihubungkan melalui gardu hubung. Pola Spindel biasanya digunakan pada jaringan tegangan menengah (JTM) yang menggunakan kabel tanah/saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM). Namun pada pengoperasiannya, sistem Spindel berfungsi sebagai sistem Radial. Di dalam sebuah penyulang aktif terdiri dari gardu distribusi yang berfungsi untuk mendistribusikan tegangan kepada konsumen baik konsumen tegangan rendah (TR) atau tegangan menengah (TM).

5) Sistem Gugus atau Sistem Kluster

Konfigurasi Gugus seperti pada Gambar 2.6. banyak digunakan untuk kota besar yang mempunyai kerapatan beban yang tinggi. Dalam sistem ini terdapat Saklar Pemutus Beban, dan penyulang cadangan.



Gambar 2.6. Konfigurasi Sistem Kluster

Dimana penyulang ini berfungsi bila ada gangguan yang terjadi pada salah satu penyulang konsumen maka penyulang cadangan inilah yang menggantikan fungsi suplai kekonsumen.

2.3. Perbandingan Antara Saluran Bawah Tanah dan Saluran Udara.

Berdasarkan pemasangannya, *saluran distribusi* dibagi menjadi dua kategori, yaitu : saluran udara (*overhead line*) merupakan sistem penyaluran tenaga listrik melalui kawat penghantar yang ditompang pada tiang listrik. Sedangkan saluran bawah tanah (*underground cable*) merupakan sistem penyaluran tenaga listrik melalui kabel-kabel yang ditanamkan di dalam tanah.

2.3.1. Saluran Bawah Tanah

Saluran distribusi yang menyalurkan energi listrik melalui kabel yang ditanam didalam tanah. Kategori saluran distribusi seperti ini adalah yang favorite untuk pemasangan di dalam kota, karena berada didalam tanah, maka tidak mengganggu keindahan kota dan juga tidak mudah terjadi gangguan akibat kondisi cuaca atau kondisi alam. Kedua cara penyaluran memiliki keuntungan dan kerugian masingmasing. Keuntungan yang dapat diperoleh dari suatu jaringan bawah tanah adalah keandalan lebih baik, rugi-rugi daya lebih kecil, bebasnya kabel dari gangguan pohon, sambaran petir maupun dari gangguan manusia. Namun saluran bawah tanah juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu mahalnya biaya investasi, butuh pertimbangan perencanaan yang baik, dan sulitnya menentukan titik gangguan dan perbaikannya. Kabel-kabel bawah tanah yang digunakan pun banyak sekali jenisnya selain disebabkan bahan-bahan isolasi plastik yang terus berkembang maka selalu saja ada tambahan jenis-jenis kabel baru.



Gambar 2.7. Konstruksi Penanaman Kabel Tanah

2.3.2. Saluran Udara

Saluran distribusi yang menyalurkan energi listrik melalui kawat-kawat yang digantung pada isolator antar menara atau tiang distribusi. Keuntungan dari saluran distribusi adalah lebih murah, mudah dalam perawatan, mudah dalam mengetahui letak gangguan, mudah dalam perbaikan, dan lainnya. Namun juga memiliki kerugian, antara lain: karena berada di ruang terbuka, maka cuaca sangat berpengaruh terhadap keandalannya, dengan kata lain mudah terjadi gangguan, seperti gangguan hubung singkat, gangguan tegangan lebih karena tersambar petir, dan gangguan-gangguan lainnya. Dari segi estetika/keindahan juga kurang, sehingga saluran distribusi bukan pilihan yang ideal untuk suatu saluran distribusi didalam kota.

Jaringan saluran udara baik untuk dipergunakan pada daerah dengan kepadatan beban yang rendah, karena disini harga pembelian hak jalan untuk hantaran udara relatif murah, disamping harga materialnya yang murah dibandingkan dengan jaringan kabel bawah tanah.

SUTM merupakan jaringan kawat telanjang (tidak berisolasi) yang terentang diudara. Bagian-bagian utama suatu SUTM adalah :

1. Tiang penyangga
2. Travers atau Cross Arm
3. Isolator (Porselin atau gelas)
4. Penghantar dari alumunium

Ukuran luas penampang yang sering digunakan adalah 240 mm², 150 mm², 70 mm², dan 50 mm².



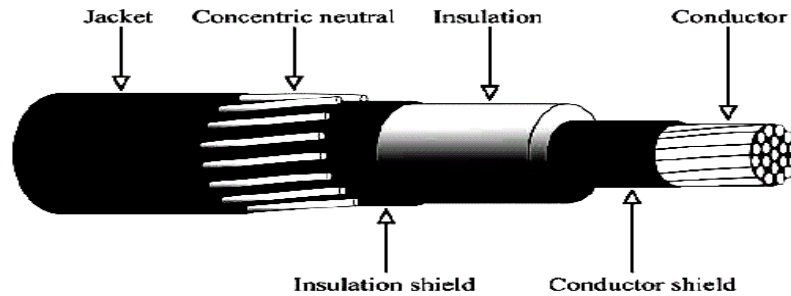
Gambar 2.8. Saluran Udara Tegangan Menengah

2.4. Kabel Saluran Bawah Tanah

Dalam sistem kelistrikan saluran distribusi merupakan rantai penghubung antara pusat-pusat pembangkit tenaga menuju pusat beban melalui gardu induk transmisi dan distribusi. Berdasarkan cara pemasangannya saluran sistem distribusi dapat dibagi dalam tiga kelompok, yaitu: saluran udara (*overhead line*), saluran kabel bawah laut (*submarine cable*) dan saluran kabel tanah.

Pada sistem saluran kabel bawah tanah, penyaluran tenaga listrik melalui kabel-kabel seperti kabel bawah laut dengan berbagai macam isolasi pelindungnya. Saluran kabel bawah tanah ini dibuat untuk menghindari resiko bahaya yang terjadi pada pemukiman padat penduduk tanpa mengurangi keindahan lingkungan. Inti dari suatu kabel adalah penghantar fase, berikutnya pelindung penghantar, isolator kabel, selanjutnya pelindung isolator, netral dan terakhir lapisan pembungkus. Kebanyakan kabel distribusi adalah penghantar tunggal. Jenis kabel yang biasanya digunakan ada dua jenis, yaitu kabel netral konsentris (*concentric neutral cable*) dan kabel daya (*power*

cable). Kabel netral konsentris biasanya mempunyai penghantar aluminium, isolasi dan netral konsentris, gambar 2.10 berikut menunjukkan jenis kabel dengan netral konsentris.



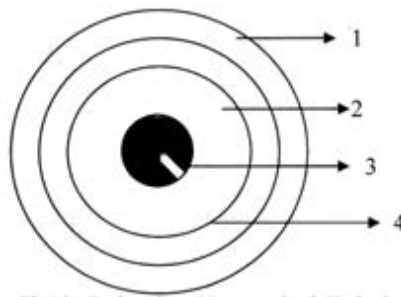
Gambar 2.9. Kabel Netral Konsentris

2.4.1. Konstruksi Kabel Bawah Tanah

Sebagai penghantar, konstruksi kabel ada dua bagian yaitu :

A). Bagian utama yaitu bagian yang harus ada pada setiap kabel antara lain :

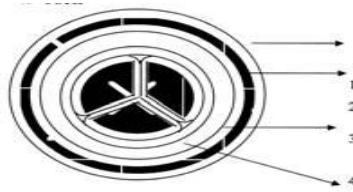
1. Selubung (sheath)
2. Isolasi (Insulation)
3. Penghantar (konduktor)
4. Tabir (screen)



Gambar 2.10. Bahagian Utama dari Kabel

B). Bagian pelengkap yaitu bagian yang hanya di pergunakan untuk memperkuat (memperbaiki) sifat – sifat kabel tenaga atau untuk melindungi kabel tenaga antara lain yaitu :

1. Sarung kabel (serving)
2. Perisai (armour)
3. Bantalan (bedding)
4. Bahan pengisi (filler)



Gambar 2.11. Bahagian pelengkap dari kabel

A). Bagian Utama

1). Penghantar

Konduktor adalah bagian kabel yang berfungsi untuk menghantarkan arus listrik. Unsur-unsur campuran selain mempengaruhi daya hantar arus listrik juga dapat mempengaruhi sifat-sifat mekanik dan fisika lainnya. Logam murni memiliki sifat daya hantar arus listrik yang lebih baik daripada logam yang memiliki kemurnian lebih rendah, tetapi kekuatan mekanis logam murni lebih rendah dibanding logam yang memiliki kemurnian yang lebih rendah.

Konduktor yang lebih banyak digunakan saat ini adalah :

1. Tembaga, dengan kemurnian 99,99%.
2. Alumunium, dengan kemurnian 99,3%.

2). Isolasi

Isolasi adalah sifat atau bahan yang dapat memisahkan secara elektrik beberapa buah penghantar yang berdekatan, sehingga tidak terjadi kebocoran arus. Isolasi pada kabel bertujuan untuk mencegah terjadinya aliran listrik dari penghantar beroperasi ke tanah atau penghantar lainnya yang berdekatan.

Jenis-jenis isolasi yang banyak digunakan adalah :

1. Kertas yang diimpregnasi dengan minyak (oil impregnated paper tapes)
2. XLPE (cross linked poly ethylene)
3. Karet (Rubber)
4. PVC (Poly Vinyl Chloride)
5. PE (Poly Ethylene)

Saat ini isolasi XLPE merupakan jenis isolasi yang sangat luas pemakaiannya karena sifat mekanis yang cukup baik dan tidak menghisap air.

Keuntungan pemakaian XLPE :

1. Tahan panas , sehingga tidak mudah meleleh.
2. Temperatur kerja yang tinggi (90°C).
3. Tahanan isolasi yang tinggi (10^{19} ohm-cm).
4. Umur kabel relatif lebih lama.

Kerugiannya :

1. Bila dipakai pada tegangan tinggi, proses penuaan yang mengurangi umur lebih cepat terjadi.

2. Bila terdapat gelombang udara atau partikel didalam isolasi XLPE, maka akan mengakibatkan gejala treeing, sehingga akan menimbulkan kegagalan isolasi.

3). Tabir

Tabir adalah suatu lapisan yang ada pada kabel yang di pasang sesudah bahan isolasi, dimana tabir ini biasa di jumpai pada kabel tegangan tinggi. Tabir (screen) konduktif adalah lapisan yang terpasang antara lapisan semi konduktif dengan selubung dalam, bila kabel tidak dilengkapi dengan perisai (armor) maka lapisan ini dipasang antara lapisan tabir semi konduktif dan sarung kabel. Tabir (screen) ini dibuat dari bahan penghantar seperti tembaga.

4). Selubung

Selubung (sheath) di gunakan untuk melindungi inti kabel dari pengaruh luar, seperti : pelindung terhadap korosi, penahan gaya mekanis, mencegah keluarnya minyak dan mencegah masuknya uap air (cairan) kedalam kabel. Bahan selubung (sheath) dapat dibagi menjadi tiga golongan diantaranya :

1. selubung logam, misalnya timbel, alumunium.
2. selubung karet (sintetis), misalnya karet silikon (silicone rubber), polychloroprene.
3. Selubung plastic, misalnya PVC.

B). Bagian Pelengkap

1). Bantalan

Bantalan (bedding) adalah lapisan yang terbuat dari serat – serat yang berguna untuk tempat duduk perisai (armour) dan mencegah proses elektrolisa sehingga tidak merusak bagian dalamnya. Bahan bantalan yang sering digunakan adalah pita kapas, pita kertas dan goni.

2). Perisai

Perisai (armour) ini berfungsi untuk melindungi bahan isolasi dari kerusakan mekanis. Secara umum perisai dapat di golongkan atas perisan pita baja dan perisai kawat baja.

3). Bahan Pengisi

Bahan pengisi atau filler biasanya di pakai pada konstruksi kabel yang berinti tiga yaitu di gunakan untuk mengisi ruang (celah) yang kosong sewaktu pemasangan intinya, sehingga dapat bentuk bulat.

4). Sarung kabel

Sarung kabel (serving) adalah suatu lapisan bahan serat yang di resapi dengan campuran kedap air. Sarung kabel ini biasanya dipasang diatas armour, yang berfungsi adalah selain untuk bertahan bagi perisai, juga sebagai kompen yang berhubungan langsung dengan tanah, sarung kabel merupakan bagian pertama yang berhubungan dengan (serkena) pengaruh luar. Sarung kabel (serving) yang sering digunakan adalah jute (goni).