

BAB II

SISTEM DISTRIBUSI

2.1 Umum

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

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik kapasitas besar bekerja pada kondisi TM, 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 menaikkan 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 sistem TR, sistem distribusi TR untuk PT.PLN (Persero) adalah 220V/380V. Selanjutnya tenaga listrik oleh saluran distribusi TR disalurkan ke konsumen-konsumen.

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 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 diudara 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, tetapi tingkat keandalan penyaluran relatif rendah dan tingkat perawatanya tinggi. Jaringan SUTM dapat dibangun dengan sistem fasa tiga atau fasa tunggal. Saluran pada SUTM sendiri terbagi menjadi dua jenis yaitu:

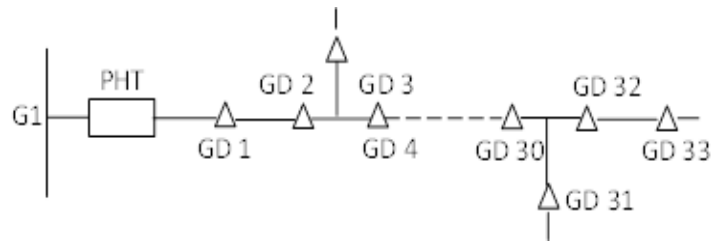
1. Saluran kawat udara, yaitu SUTM yang konduktornya tanpa isolasi pembungkus.
 2. Saluran kabel udara, yaitu SUTM yang konduktornya terbungkus isolasi.
- b. Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) merupakan jaringan kabel yang berisolasi yang ditanam didalam tanah sepanjang jaringan. Secara umum, SKTM 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 Distribusi Tegangan Menengah

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

2.2.2.1 Sistem Jaringan Distribusi Radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk yang paling sederhana, banyak digunakan dan murah. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban yang dilayani, seperti terlihat pada Gambar. 2.1



Gambar 2.1 Jaringan distribusi radial

Catu daya berasal dari satu titik sumber dan karena adanya pencabangan-pencabangan tersebut, maka arus beban yang mengalir disepanjang saluran menjadi tidak sama sehingga luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini ukurannya tidak sama karena arus yang paling besar mengalir pada jaringan yang paling dekat dengan gardu induk. Sehingga saluran yang paling dekat dengan gardu induk ini ukuran penampangnya relatif besar dan saluran cabang-cabangnya makin keujung dengan arus beban yang lebih kecil mempunyai ukuran konduktornya lebih kecil pula. Spesifikasi dari jaringan bentuk radial ini adalah :

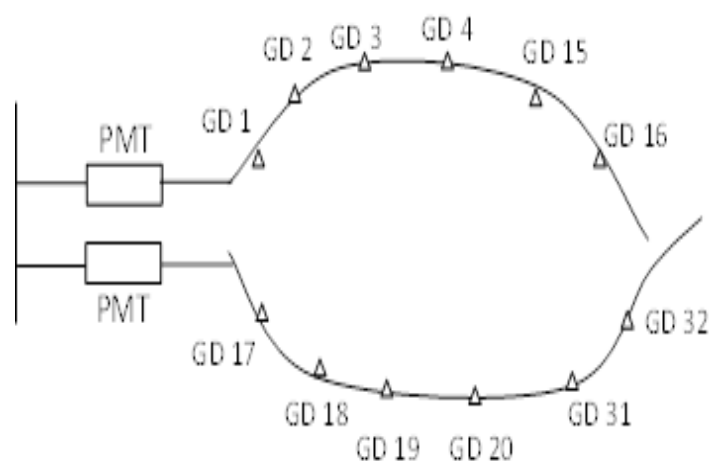
1. Bentuknya sederhana.
2. Biaya investasinya murah.
3. Kualitas pelayanan dayanya relatif jelek, karena rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar.
4. Kontinuitas pelayanan daya kurang terjamin sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif saluran sehingga

bila saluran tersebut mengalami gangguan maka akan mengalami “*black out*” secara total.

Untuk melokalisir gangguan pada bentuk radial ini biasanya dilengkapi dengan peralatan pengaman, fungsinya untuk membatasi daerah yang mengalami pemdaman total, yaitu daerah saluran sesudah atau dibelakang titik gangguan selama gangguan belum teratasi.

2.2.2.2 Sistem Jaringan Distribusi *Loop*

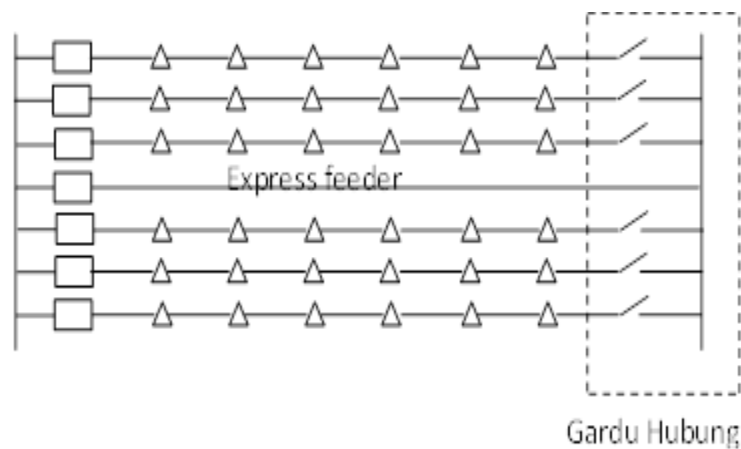
Jaringan ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan ring. Susunan rangkaian saluran membentuk ring, seperti terlihat pada Gambar 2.2 yang memungkinkan titik beban terlayani dari dua arah saluran, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, karena *drop* tegangan dan rugi daya pada saluran menjadi lebih kecil.



Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Loop

2.2.2.3 Sistem Jaringan Distribusi Spindel

Jaringan distribusi spindel (seperti gambar 2.3) merupakan saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM) yang penerapannya sangat cocok di kota-kota besar.



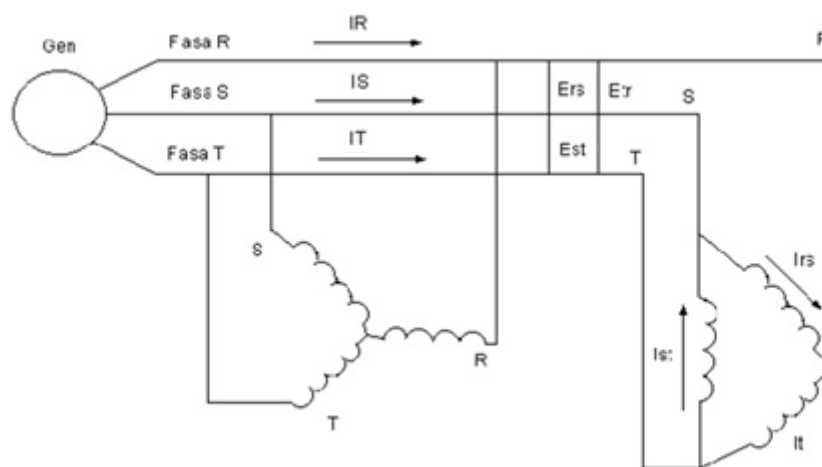
Gambar 2.3 Jaringan Distribusi Spindel

Sistem jaringan distribusi spindel sangat cocok untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan antara lain :

1. Peningkatan keandalan atau kontinuitas pelayanan sistem.
2. Menurunkan atau menekan rugi-rugi akibat gangguan.
3. Sangat baik untuk mensuplai daerah beban yang memiliki kerapatan beban yang cukup tinggi.
4. Perluasan jaringan mudah dilakukan.
5. Sistem ini cocok untuk melayani kota-kota besar dimana beban tersebar dimana-mana.

2.2.3 Sistem Saluran Distribusi Tegangan Menengah

Pada umumnya dalam saluran distribusi menggunakan arus bolak balik (ABB) tiga fasa. Saluran Distribusi primer yaitu Jaringan Tegangan Menengah, biasanya menggunakan sistem tiga fasa tiga kawat, sedangkan saluran distribusi sekunder, yaitu Jaringan Tegangan Rendah menggunakan sistem tiga fasa empat kawat.



Gambar 2.4 Sistem Arus Bolak Balik Tiga Fasa Tiga Kawat

Sistem tiga fasa tiga kawat banyak dipakai pada saluran distribusi primer, yaitu pada penggunaan Tegangan Menengah (TM) bahkan sistem ini sering digunakan untuk saluran Tegangan Tinggi (TT) dan Tegangan Extra Tinggi (TET). Gambar 2.4 memperlihatkan sistem tiga fasa tiga kawat sederhana.

Beban dapat berbentuk bintang ataupun delta dengan masing-masing fasa diberi tanda, yaitu R,S,T. Beban dapat juga dipasang antar fasa dan fasa, akan tetapi hal ini akan banyak berpengaruh pada keseimbangan sistem secara menyeluruh. Pada beban seimbang maka jumlah seluruh daya adalah

sama dengan tiga kali daya tiap fasa. begitu pula rugi-rugi keseluruhan adalah tiga kali rugi-rugi tiap fasa.

2.3 Gardu Distribusi

Gardu Distribusi pada dasarnya adalah transformator atau trafo yang berfungsi sebagai pengubah tegangan. Trafo ini dapat berupa trafo satu fasa atau tiga fasa dengan kapasitas antara 400 – 5000 KVA. Selain trafo terdapat juga peralatan penunjang lainnya., yaitu arrester, fuse (pelebur) serta panel tegangan rendah. Ada tiga jenis Gardu Distribusi, yaitu :

2.3.1 Gardu Beton

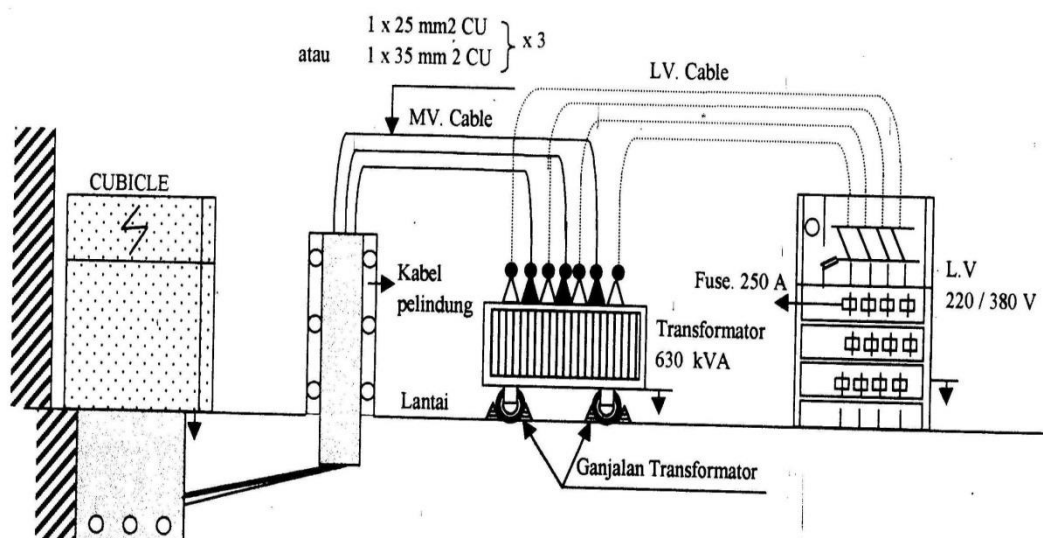
Gardu beton adalah gardu yang bangunannya secara keseluruhan terbuat dari beton. Kapasitas trafo yang dipasang lebih besar bila dibandingkan dengan gardu jenis lainnya. Jumlah trafo yang dapat ditampung pada gardu ini dapat lebih dari satu buah dimana hal ini tergantung pada kebutuhan dan lokasi yang ada.

Kapasitas trafo yang paling besar untuk gardu ini adalah 630KVA. Ada beberapa gardu beton yang dibangun, disesuaikan dengan konsumen yang dilayani diantaranya :

a) Gardu distribusi jenis beton untuk konsumen umum dapat dilengkapi dengan fasilitas :

1. Sebuah cubicle pemisah (disconnection switch). Cubicle ini digunakan untuk melayani kabel masuk dari arah gardu induk (GI).

2. Sebuah cubicle pemutus bean (load break switch) atau pemutus tenaga (PMT) dengan kode cubicle IS. Cubicle ini digunakan untuk melayani kabel keluar.
 3. Sebuah cubicle pengaman transformator. Cubicle ini terdiri dari beberapa pemutus arus yang dilengkapi dengan pengaman lebur.
 4. Dua buah transformator atau lebih dengan kapasitas maksimum 2 X 630 KVA.
 5. Rel tegangan rendah dengan fasilitas feeder 4 atau 8 feeder TR.
- b) Gardu distribusi untuk konsumen tegangan menengah dapat dilengkapi dengan fasilitas :
1. Satu cubicle pemisah.
 2. Satu cubicle pemutus beban.
 3. Satu cubicle trafo tegangan.
 4. Satu cubicle untuk pengaman trafo dan pengukuran.



Gambar 2.5 Digram Instalasi Gardu Beton

2.3.2 Gardu Kios

Gardu kios adalah gardu distribusi yang dibangun untuk kepentingan yang mendeak sehingga dapat dianggap sebagai gardu sementara sampai ada gardu yang permanen misalnya gardu beton. Bangunannya terbuat dari bahan metal dengan bentuk menyerupai kios dan fasilitas yang dapat dipasang adalah :

1. Sebuah pemisah untuk kabel masuk dari gardu induk.
2. Sebuah pemutus arus untuk kabel keluar.
3. Sebuah pengaman trafo
4. Sebuah transformator.
5. Satu set perlengkapan tegangan rendah.

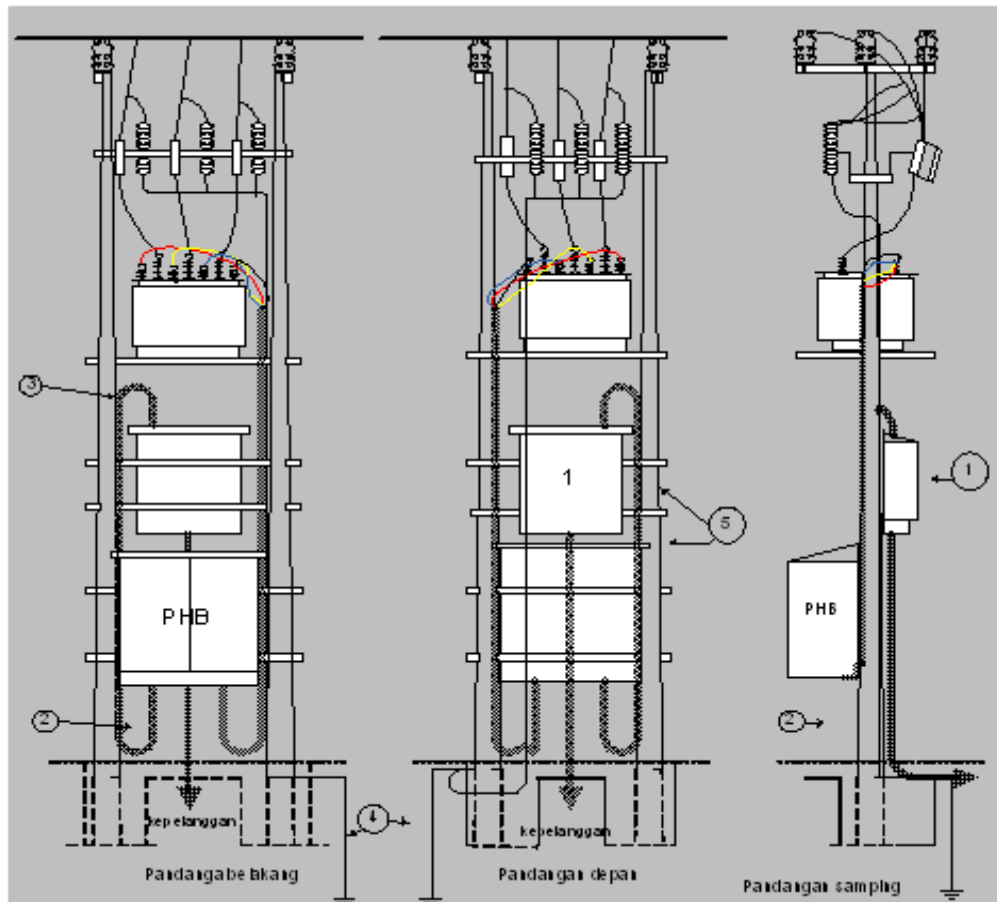
2.3.3 Gardu Tiang

Gardu ini merupakan gardu distribusi yang dipasang di tiang pada jaringan distribusi. Gardu tiang ini ada dua macam, yaitu :

1. Gardu Cantol yang dicantolkan pada tiang
2. Gardu yang menggunakan Platform Trafo pada Gardu Cantol dapat berupa trafo satu fasa atau 1 buah trafo 3 fasa.

Pada gardu distribusi yang menggunakan trafo satu fasa, gardu jenis ini telah dilengkapi pengaman yang berupa pelebur (fuse) TM dan pemutus (circuit Breaker) TR. Gardu Tiang sangat cocok digunakan untuk beban-beban daerah yang sangat padat seperti perumahan-perumahan, pertokoan, dan lain-lain. Kapasitas Gardu Tiang lebih kecil dibandingkan dengan Gardu Beton maupun Gardu kios. Kapasitas Gardu Tiang biasanya dibatasi sampai 250-400 kVA. Dan fasilitas yang terdapat pada gardu ini adalah :

1. Satu atau dua set fuse cut out.
2. Satu atau dua set arrester.
3. Satu buah trafo distribusi 250-400 KVA.
4. Satu set box rak untuk fasilitas 4 feeder TR.
5. Satu atau dua set pemutus beban TR.



Gambar 2.6 Konstruksi Gardu Tipe Portal

2.4 Jaringan Tegangan Rendah

Jaringan Tegangan rendah adalah suatu jaringan yang digunakan untuk penyaluran daya dari gardu distribusi menuju pelanggan tegangan rendah. Pada Penyalurannya dilakukan dengan menggunakan sistem tiga fasa empat kawat yang dilengkapi netral. PT PLN (Persero) sendiri menggunakan tegangan rendah 380/220 V dimana tegangan 380 V merupakan besar tegangan antar fasa dan tegangan 220 V merupakan tegangan fasa-netral.

2.4.1 Konstruksi Jaringan Tegangan Rendah

Berdasarkan konstruksinya jaringan distribusi tegangan rendah (JTR) terbagi dalam dua jenis yaitu :

a) Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR)

Saluran Udara Tegangan Rendah(SUTR)

Saluran ini merupakan penghantar yang ditempatkan di atas tiang(di udara). Ada dua jenis penghantar yang digunakan, yaitu penghantar tak berisolasi(kawat) dan penghantar berisolasi(kabel). Penghantar tak berisolasi mempunyai berbagai kelemahan, seperti rawan pencurian dan rawan terjadi gangguan phase-phase maupun phase-netral. Tetapi memiliki keunggulan harga yang relatif murah dan mudah dalam hal pengusutan gangguan. Bagian utama dari SUTR kawat tak berisolasi adalah tiang listrik (besi,beton),Cross Arm, Isolator dan penghantar Aluminium / Tembaga (Cu). Sedang penghantar berisolasi memiliki keuntungan dan kerugian yang saling berlawanan dengan penghantar tak berisolasi.

b) Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR)

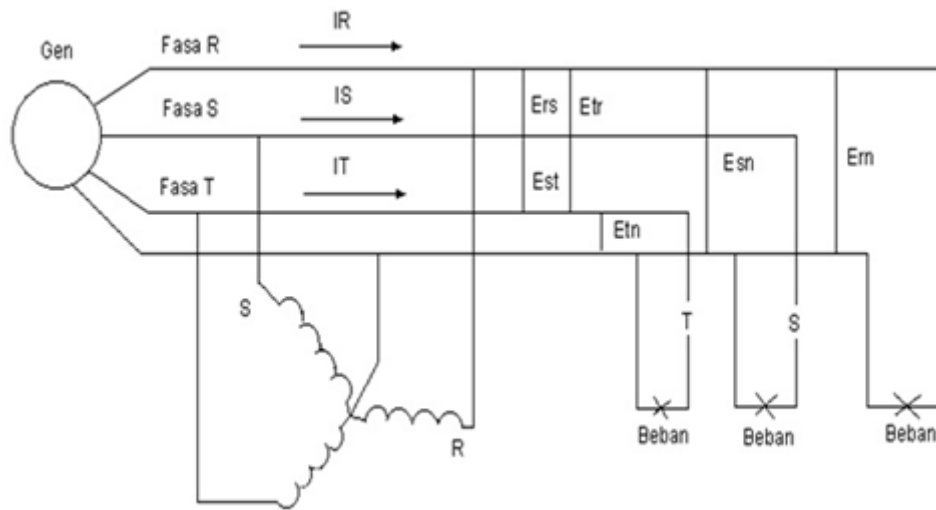
Saluran ini menempatkan kabel di bawah tanah. Tujuan utama penempatan di bawah tanah pada umumnya karena alasan estetika, sehingga penggunaan SKTR umumnya adalah kompleks perumahan dan daerah perindustrian. Keuntungan penggunaan kabel ini adalah estetika yang lebih indah, tidak terganggu oleh pengaruh-pengaruh cuaca. Kelemahan kabel ini adalah jika terjadi gangguan sulit menemukan lokasinya dan jika terjadi pencurian dengan suntikan di bawah tanah petugas P2TL kesulitan menemukannya.

2.4.2 Sistem Saluran Distribusi Tegangan Rendah

Sistem tiga fasa empat kawat biasa dipakai pada saluran distribusi sekunder, yaitu pada tegangan rendah, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.7 Selain fasa-fasa R, S, T, terdapat pula kawat netral atau fasa nol. Karena langsung berhubungan dengan konsumen, yaitu masyarakat, maka keamanan sistem ini dibumikan pada fasa netral.

Beban pada konsumen skala kecil biasanya menggunakan satu fasa, yaitu antara fasa dan netral, beban dapat pula dihubungkan antara dua fasa ataupun tiga fasa.

Pada Gambar 2.7 memperlihatkan tiga fasa berbentuk bintang dengan titik nol atau dibumikan.



Gambar 2.7 Sistem Arus Bolak Balik Tiga Fasa Empat Kawat

Pada sistem tiga fasa empat kawat, bila beban seimbang, maka daya seluruh sistem merupakan tiga kali daya per fasa. Karena pada jaringan distribusi primer pelanggan terbanyak adalah pelanggan satu fasa, maka beban biasanya tidak begitu seimbang, sehingga perusahaan listrik harus secara berkala menyesuaikan penyambungan para pelanggan agar mendekati seimbang.

2.4.3 Rak TR

Merupakan Perangkat Hubung Bagi (PHB) tegangan rendah gardu distribusi. Rak TR terpasang pada gardu distribusi pada sisi tegangan rendah atau sisi hulu dari instalasi tenaga listrik. Fungsinya adalah sebagai alat penghubung sekaligus sebagai pembagi tenaga listrik ke instalasi pengguna tenaga listrik (konsumen). Kapasitas Rak TR yang digunakan harus disesuaikan dengan besarnya trafo distribusi yang digunakan. Rak TR terdiri dari beberapa jurusan yang akan dibagi-bagi ke pelanggan. RAK TR

terhubung dengan trafo pada sisi sekunder menggunakan kabel single core TR dengan diameter 240 mm².

2.5 Operasi Sistem Jaringan Distribusi

Suatu Sistem distribusi tenaga listrik dituntut dapat memenuhi syarat dasar kebutuhan layanan (service requirement) kepada konsumennya yaitu :

1. Menjamin kualitas tegangan listrik yang disalurkan kekonsumen.
2. Memberikan suplai daya dengan keandalan tinggi dengan prosentase waktu layanan yang tinggi dimana sistem dapat melayani beban secara efektif.

Beberapa parameter yang harus diperhatikan dalam suatu sistem distribusi antara lain adalah :

a. Kualitas tegangan

Suatu sistem sistem distribusi tenaga listrik, khususnya yang memiliki konfigurasi radial, pembagian beban cenderung tidak seimbang, sehingga pada ujung-ujung saluran distribusi sering terjadi drop tegangan. Pada PT PLN (Persero) besarnya drop tegangan tidak boleh lebih dari 5% dari tegangan normal. Rekonfigurasi jaringan adalah salah satu cara untuk meminimumkan drop tegangan pada saluran. Dimana pembebanan pada suatu sistem akan diatur ulang, guna menjaga kualitas tegangan pada masing-masing saluran.

b. Rugi-rugi daya pada sistem

Beban di setiap gardu distribusi selalu berubah terhadap waktu, maka rugi-rugi daya dalam jaringan juga berubah setiap waktu. Ada gardu distribusi yang beban siang rendah tetapi pada saat malam hari tinggi yaitu gardu distribusi yang

bebannya meliputi daerah perumahan. Sebaliknya gardu distribusi yang melayani pelanggan bisnis dan industri bebannya tinggi saat siang hari dan rendah saat malam hari. Mengingat hal itu maka rekonfigurasi jaringan dapat dilakukan untuk mengurangi rugi-rugi daya dan juga dapat dimanfaatkan untuk manuver beban. Pada kondisi gangguan rekonfigurasi jaringan dapat berfungsi untuk meminimalisir daerah yang padam atau mengisolasi daerah yang terkena gangguan.

c. Keandalan

Kualitas energi listrik yang diterima konsumen sangat dipengaruhi oleh keandalan sistem pendistribusiannya. Keandalan menggambarkan suatu ukuran tingkat ketersediaan/pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem ke pemakai/pelanggan. Keandalan sistem distribusi tenaga listrik sangat dipengaruhi oleh konfigurasi sistem, alat pengaman yang dipasang, dan sistem proteksinya. Oleh sebab itu Konfigurasi yang tepat, peralatan yang handal serta pengoperasian sistem yang otomatis akan memberikan unjuk kerja sistem distribusi yang baik.