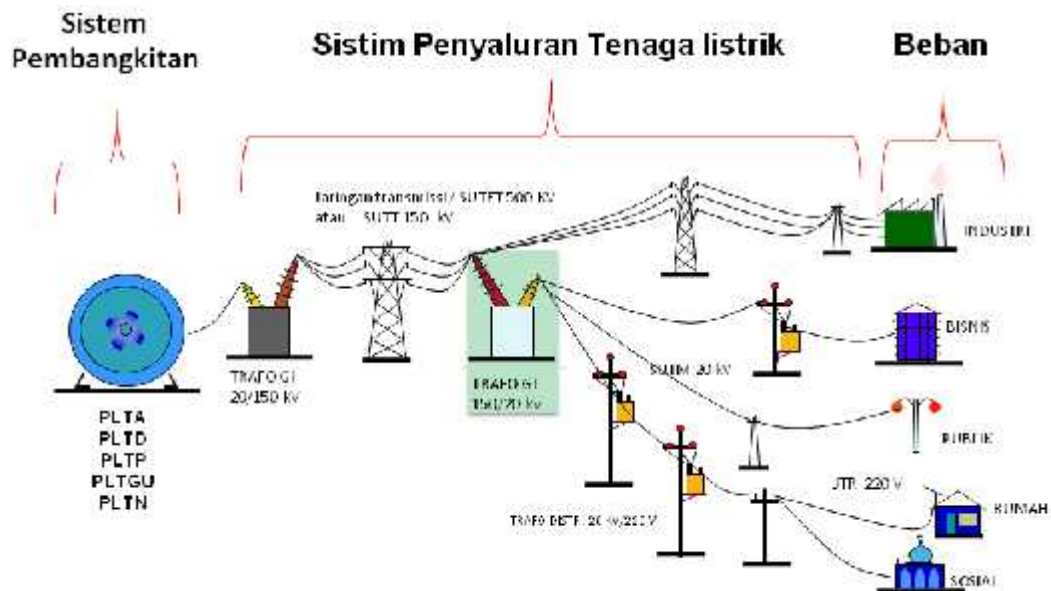


BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya besar (seperti pada gardu induk) sampai pada konsumen tenaga listrik. Dari gardu induk tenaga listrik disalurkan ke jaringan distribusi primer (SUTM), dan melalui gardu distribusi langsung ke jaringan distribusi sekunder (SUTR), tenaga listrik dialirkan ke konsumen. Dengan demikian sistem distribusi tenaga listrik berfungsi membagikan tenaga listrik kepada pihak pemakai melalui jaringan tegangan rendah (SUTR). Berikut adalah skema umum dari distribusi :

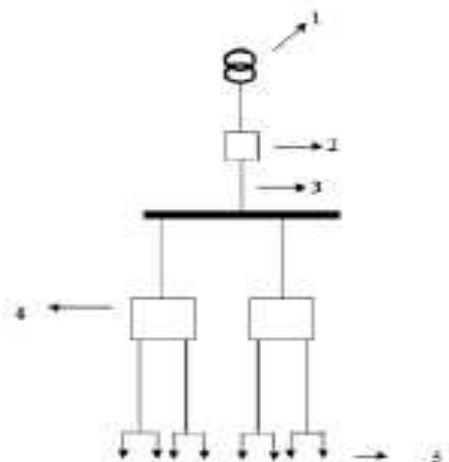


Gambar 2.1. Skema Umum Distribusi Tenaga Listrik

Sistem pendistribusian tenaga listrik dapat dibedakan menjadi dua metode yaitu sistem distribusi langsung dan sistem distribusi tidak langsung. Sistem distribusi langsung merupakan sistem penyaluran listrik yang tidak melalui jaringan transmisi terlebih dahulu, umumnya dilakukan apabila lokasi pembangkit dekat dengan konsumen. Sementara sistem distribusi tidak langsung dilakukan apabila lokasi pembangkit listrik dan konsumen berjauhan, sehingga dibutuhkan saluran transmisi.

2.1.1. Saluran Distribusi Primer

Jaringan distribusi primer merupakan saluran distribusi yang menghubungkan antara gardu induk dengan gardu distribusi. Tegangan nominal yang biasa digunakan dalam saluran distribusi primer ini sebesar 20 kV. Selain itu cukup banyak pelanggan-pelanggan berdaya besar yang langsung berlangganan dari saluran distribusi primer. Berikut adalah gambar bagian-bagian distribusi primer secara umum :



Gambar 2.2 Bagian – Bagian Sistem Distribusi Primer

Keterangan :

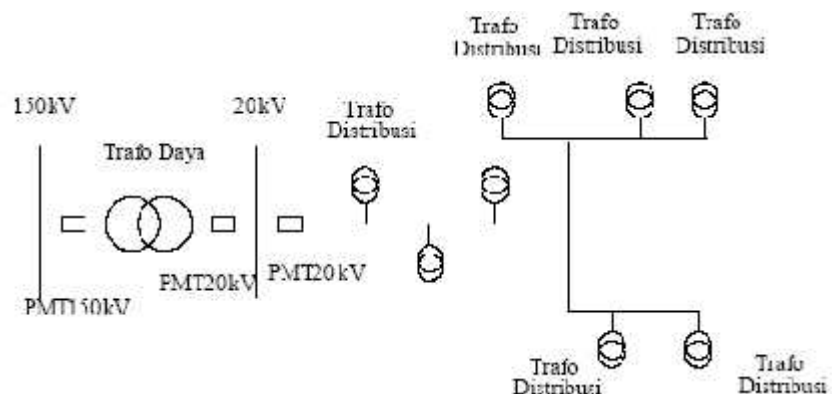
1. Transformator daya
2. Pemutus tenaga
3. Penghantar
4. Gardu hubung
5. Gardu distribusi

2.1.2. Pola Dasar Struktur Jaringan Tegangan Menengah

Gabungan dari beberapa penyulang dapat membentuk tipe sistem jaringan distribusi primer yang dapat terbagi menjadi empat, yaitu:

1. Sistem Jaringan Distribusi Pola Radial

Pola radial adalah jaringan yang setiap saluran primernya hanya mampu menyalurkan daya dalam satu arah aliran daya. Tipe radial memiliki jumlah sumber dan penyulang hanya satu buah saja. Jaringan ini biasanya dipakai untuk melayani daerah dengan kerapatan beban yang rendah. Apabila terjadi gangguan pada salah satunya baik sumber maupun penyulang maka semua beban yang dilayani oleh jaringan ini akan padam.



Gambar 2.3 Sistem konfigurasi Jaringan Pola Radial

Adapun keunggulan dan kelemahan dari sistem saluran tipe radial ini adalah :

a. Keunggulan :

- 1) Bentuknya sederhana
- 2) Biaya investasi relatif murah

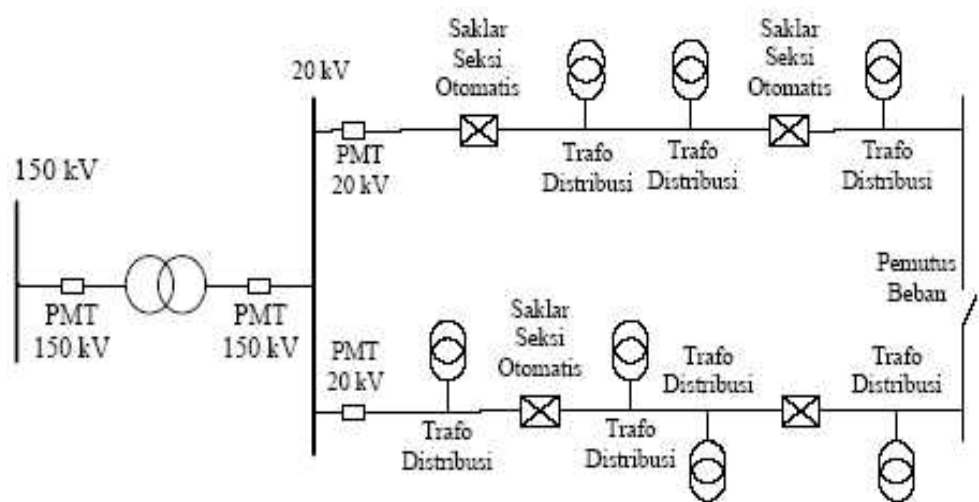
b. Kelemahan :

- 1) Kualitas pelayanan kurang baik
- 2) Kontinuitas pelayanan daya tidak terjamin sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif saluran
- 3) Bila saluran tersebut mengalami gangguan, maka seluruh rangkaian setelah gangguan akan mengalami pemadaman total

2. Sistem Jaringan Distribusi Pola Lingkar (*Loop/Ring*)

Jaringan pola lingkar adalah jaringan yang dimulai dari suatu titik pada rel daya yang berkeliling di daerah beban kemudian kembali ke titik rel daya semula. Pola ini ditandai pula dengan adanya dua sumber pengisian yaitu sumber utama dan sumber cadangan. Jika salah satu sumber pengisian (saluran utama) mengalami gangguan, akan dapat digantikan oleh sumber pengisian yang lain (saluran cadangan). Tipe/ *oop* ini terdiri dari dua macam yaitu:

- a. Bentuk *Open Loop*, bila jaringan dilengkapi dengan sakelar *Normally Open* (NO) yang pada saat kondisi normal rangkaian selalu terbuka
- b. Bentuk *Close Loop*, bila jaringan dilengkapi dengan sakelar *Normally Close* (NC) yang pada saat kondisi normal rangkaian selalu tertutup.



Gambar 2.4 Sistem Konfigurasi Jaringan Pola Lingkaran (*loop/ring*)

Umumnya tipe jenis ini dilengkapi dengan *recloser* yang bekerja secara otomatis sehingga memungkinkan gangguan dapat dilokalisir dengan cepat agar sistem tidak terganggu dan daerah yang mengalami gangguan dapat segera beroperasi kembali dalam waktu yang relatif singkat.

Adapun keuntungan dan kelemahan dari sistem saluran tipe lingkaran (*loop/ring*) ini adalah :

- a. Keuntungan
 - 1) Kontinuitas penyaluran daya listrik cukup tinggi
 - 2) Stabilitas tegangan sistem yang mantap

3) Tingkat keandalan dan keamanan yang cukup tinggi

4) Fleksibilitas tinggi

b. Kelemahan

1) Biaya pemasangan relatif mahal

2) Biaya pemeliharaan tinggi

3) Sistem Jaringan Distribusi Pola Spindel

Jaringan primer pola spindel merupakan pola pengembangan dari sistem radial dan *loop* terpisah. Penyulang tersebut dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

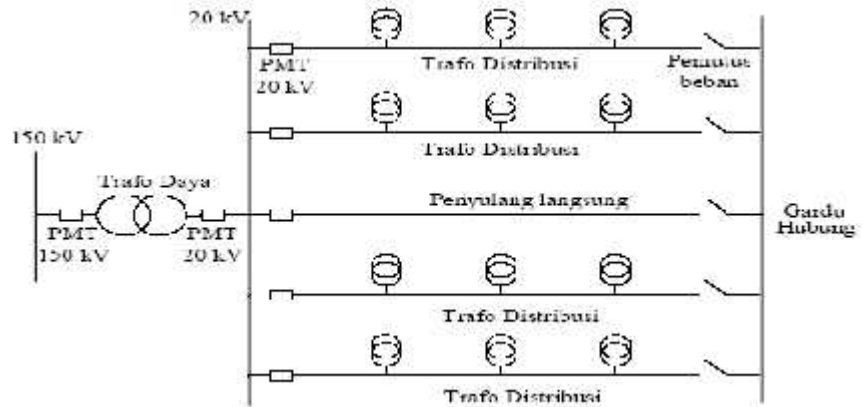
a. Penyulang kerja (*working feeder*)

Adalah penyulang yang dioperasikan untuk mengalirkan daya listrik dari sumber pembangkit sampai pada konsumen, sehingga penyulang ini dioperasikan dalam keadaan bertegangan dan sudah dibebani. Operasi normal penyulang ini hampir sama seperti tipe radial.

b. Penyulang cadangan (*express feeder*)

Adalah penyulang yang menghubungkan gardu induk langsung ke gardu hubung dan tidak dibebani gardu – gardu distribusi. Pada operasi normal penyulang ini tidak berbeban dan hanya berfungsi sebagai penyulang cadangan untuk mensuplai penyulang tertentu yang mengalami gangguan pada gardu hubung. Keunggulan dari sistem spindel ini

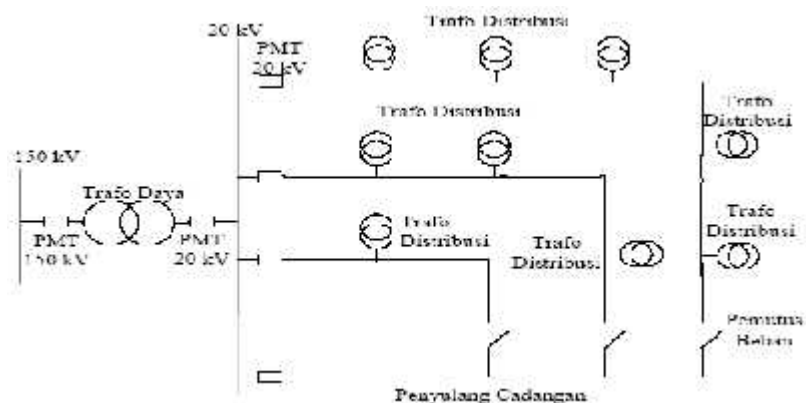
adalah mempunyai keandalan sistem yang lebih tinggi, sedangkan kelemahannya adalah biaya sangat mahal.



Gambar 2.5 Sistem Konfigurasi Jaringan Pola *Spindel*

3. Sistem Jaringan Distribusi Pola Gugus (*grid atau mesh*)

Pola jaringan ini mempunyai beberapa rel daya dan antara rel – rel tersebut dihubungkan oleh saluran penghubung yang disebut dengan *tiefeeder*. Dengan demikian tiap gardu distribusi dapat menerima dan mengirim daya dari atau ke rel lain. Sistem jaringan ini merupakan variasi dari sistem spindel, dimana perbedaannya hanya terlihat pada penyulang cadangan (*expressfeeder*).



Gambar 2.6 Sistem Konfigurasi Jaringan Pola Gugus/Mesh

Pada sistem ini penyulang cadangan dibebani sebagaimana halnya dengan penyulang kerja, sistem ini mempunyai tingkat keandalan dan kontinuitas yang lebih baik dari sistem lingkaran (*loop/ring*) maupun radial. Sistem ini jarang digunakan pada sistem distribusi primer tegangan menengah, yang diterapkan pada sistem transmisi tegangan tinggi yang sering disebut sistem interkoneksi.

Keunggulan dan kelemahan dari sistem ini adalah :

a. Keunggulan

- 1) Kontinuitas pelayanan lebih baik dari pola radial atau *loop*
- 2) Fleksibel dalam menghadapi perkembangan beban
- 3) Sesuai untuk daerah dengan kerapatan beban tinggi

b. Kerugian

- 1) Sistem proteksi gangguan yang rumit dan mahal
- 2) Biaya investasi yang mahal

2.1.3. Saluran Distribusi Sekunder

Saluran distribusi sekunder merupakan saluran antara gardu distribusi dengan pelanggan. Tegangan nominal yang digunakan di saluran distribusi sekunder ini bernilai 231/400 V. Tegangan 231 V adalah tegangan antara fasa dengan netral, sedangkan tegangan 400 V adalah tegangan fasa dengan fasa.

2.1.4 .Persyaratan Sistem Distribusi

Menyalurkan listrik yang berkualitas kepada pemanfaat merupakan kewajiban setiap penyedia layanan listrik. Syarat–syarat yang biasanya dipenuhi untuk memenuhi kualitas pelayanan tersebut adalah :

1. Faktor Keandalan Sistem

Faktor keandalan sistem meliputi :

a. Kontinuitas listrik merupakan salah satu tuntutan dari setiap pelanggan listrik, karena pelayanan yang baik berarti tidak ada gangguan dalam pengiriman yang menyebabkan listrik padam. Untuk memenuhi tuntutan ini diperlukan cadangan–cadangan suplai listrik:

- 1) Cadangan siap merupakan suplai listrik yang didapat dari pembangkit–pembangkit yang tidak dibebani secara penuh namun beroperasi setiap saat.
- 2) Cadangan panas adalah cadangan yang didapat dari pusat–pusat pembangkit yang menggunakan tenaga thermal ataupun PLTA memiliki kapasitas air yang siap bekerja setiap saat.
- 3) Cadangan diam adalah cadangan tenaga dari pusat–pusat pembangkit yang tidak bekerja namun memiliki waktu starting yang cepat sehingga langsung bisa bekerja ketika dibutuhkan, misalnya PLTG.

b. Kemudahan akan identifikasi dan perbaikan kerusakan juga menjadi salah satu faktor keandalan sistem. Salah satu cara untuk

membantu proses ini adalah dengan pemasangan relay–relay dan switch di lokasi–lokasi penting, sehingga bisa mengisolir wilayah yang mengalami gangguan.

- c. Adanya *back–upsupply* pada jaringan distribusi, khususnya pada jaringan distribusi primer.

2. Faktor Kualitas Penyaluran Tenaga Listrik

Kualitas tegangan yang stabil merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas suatu sistem tenaga listrik. Menurut *IEC Publication 38/1967*, tegangan jatuh pada setiap wilayah beban dibatasi sampai 10%, karena itu harus ada *voltage regulator* pada setiap sistem, khususnya pada transformator–transformator di pusat listrik dan di transformator gardu distribusi. Di Indonesia, PLN memiliki ketentuan susut tegangan + 5% - 10% untuk JTR dan $\pm 5\%$ untuk JTM.

3. Faktor Keselamatan

- a. Keselamatan penduduk pada wilayah yang ada peralatan transmisi dan distribusi harus terjamin, seperti contoh dapat diletakkan papan peringatan bahaya listrik, jarak aman (*clearence*) yaitu jarak antara bagian aktif/netral dari jaringan terhadap benda – benda disekelilingnya baik secara mekanis atau elektromagnetis yang tidak memberikan pengaruh membahayakan, ataupun pagar–pagar pembatas pada pusat tenaga listrik.
- b. Keselamatan bagi pekerja instalasi listrik juga harus terjamin dengan baik, selain itu sistem pengaman dan pelindung harus

terpasang di peralatan ataupun di jaringan, serta alat-alat K3 yang mencukupi.

4. Faktor Pemeliharaan

Adanya pemeliharaan secara berkala untuk melihat kondisi terbaru peralatan listrik, untuk menjamin keandalan penyaluran tenaga listrik.

5. Faktor Perencanaan

Perencanaan harus dilakukan sebaik mungkin, sehingga memudahkan untuk perkembangan lebih lanjut.

2.1.4 Jaringan Tegangan Rendah

Jaringan distribusi tegangan rendah merupakan bagian dari sistem distribusi tenaga listrik yang paling dekat dengan pemanfaat. Terdapat dua macam konstruksi jaringan tegangan rendah, yaitu saluran udara tegangan rendah (SUTR) dan saluran kabel bawah tanah tegangan rendah (SKTR). Umumnya radius pelayanan berkisar 350 meter. Di Indonesia (PLN) susut tegangan diizinkan +5% -10% dari tegangan operasi. Radius operasi jaringan distribusi tegangan rendah dibatasi oleh :

1. Susut Tegangan yang disyaratkan
2. Luas penghantar jaringan
3. Distribusi pelanggan sepanjang jalur jaringan distribusi
4. Sifat daerah pelayanan (desa, kota)
5. Kelas pelanggan (pelanggan khusus, pelanggan umum)

2.1.5 Konstruksi Jaringan Tegangan Rendah

Struktur jaringan tegangan rendah pada umumnya adalah radial murni atau radial open loop (bentuk tertutup namun operasi radial). Jarang sekali pelanggan dipasok dengan tingkat keandalan tinggi secara tertutup (*loop*) baik dari satu sumber ataupun dari sumber berlainan. Jenis konstruksi Jaringan Tegangan Rendah terdiri dari :

1. Saluran Udara Tegangan Rendah

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 fasa–fasa maupun fasa-netral.

Jenis konstruksi JTR yang dikembangkan sekarang adalah jenis SUTR dengan kabel pilin (*twisted cable*) atau dengan LVTC (*Low Voltage Twisted Cable*).

2. Saluran Kabel Bawah Tanah Tegangan Rendah

Saluran kabel bawah tanah tegangan rendah ini merupakan kabel yang ditanam di dalam tanah. Tujuan utama penempatan di bawah tanah pada umumnya karena alasan estetika dan kepadatan beban, 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 mengungkapkannya.

2.2 Konduktor

Konduktor adalah salah satu komponen utama pada jaringan distribusi. Konduktor terdapat pada JTM maupun JTR. Secara umum konduktor yang dipergunakan pada jaringan distribusi dibagi menjadi dua jenis, yaitu kawat dan kabel. Konduktor kawat adalah konduktor tanpa selubung isolasi yang membungkusnya. Jenis konduktor ini hanya dipakai pada jaringan tegangan menengah. Pilihan konduktor jenis AAC (*All Aluminium Conductor*) dan AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*).

Ada beberapa jenis bahan konduktor yang dapat menghantarkan arus listrik, namun bahan penghantar yang lazim digunakan untuk kabel listrik adalah tembaga dan aluminium.

1. Tembaga (Cu)

Untuk penghantar tembaga kemurniannya minimal 99,9%. Tahanan jenis yang disyaratkan tidak melebihi $0,017241 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ pada suhu 20^0 C atau sama dengan daya hantar 50 siemen = 100% IACS (*International Annealed Copper Standard*).

2. Aluminium (Al)

Aluminium untuk penghantar kabel berisolasi harus juga aluminium murni umumnya digunakan aluminium dengan kemurnian sekurang-kurangnya 99,9%. Tahanan jenis aluminium lunak untuk hantaran listrik telah dibakukan, yaitu tidak boleh melebihi 0,028264 $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ pada suhu 20° C.

2.2.1 Konduktor Jaringan Tegangan Rendah

Ada banyak macam konduktor yang digunakan dalam distribusi energi listrik. Hal itu dikarenakan beberapa pertimbangan dan syarat yang harus dipenuhi dalam penyaluran energi listrik, misalnya jenis konstruksi, besarnya beban, jarak antara sumber energi dengan titik beban, faktor keamanan dan lain sebagainya.

Begitu juga dengan penghantar yang digunakan untuk jaringan distribusi sekunder (JTR) memakai penghantar jenis kabel pilin (NFAAX-T) dengan penampang berukuran luas penampang 35 mm², 50 mm² dan 70 mm² serta penghantar tak berisolasi AAC, AAAC, BCC dengan penampang 25 mm², 35 mm² dan 50 mm². Namun penghantar tak berisolasi secara umum tidak dikembangkan lagi.

Kabel udara tegangan rendah yang sering digunakan adalah dari jenis kabel pilin (*twisted insulated cable*)

1. Kabel pilin (TIC) NFA2X-T
2. Kabel pilin (TIC) NFA

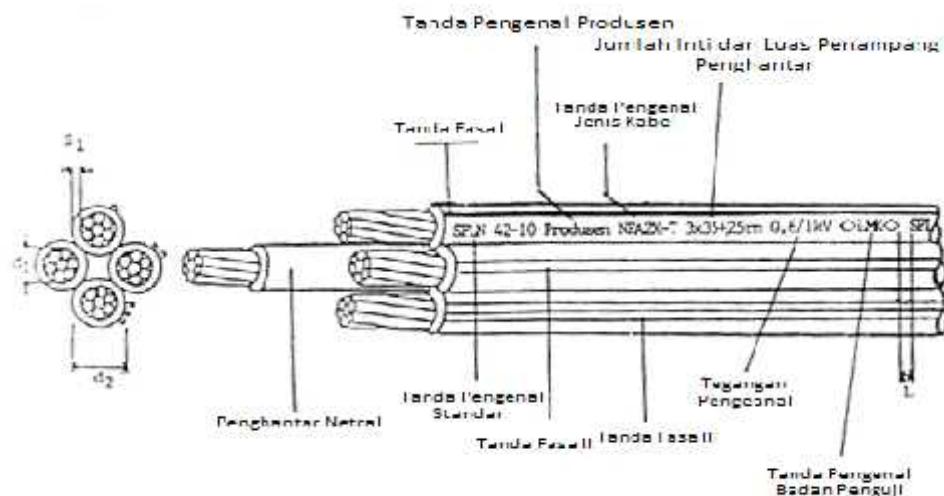
3. Kabel pilin (TIC) NF2X
4. Kabel pilin (TIC) NFY

2.2.3 Penandaan kabel.

1. Penandaan pada kabel
2. Pada permukaan selubung luar kabel diberi tanda dengan cetak tinta atau cetak timbul yang jelas dan tidak mudah terhapus, dengan jarak antara tidak lebih dari 50 cm.

Penandaan sekurang-kurangnya adalah :

- a. Tanda pengenal produsen (logo)
- b. Tanda Standart SPLN 43.
- c. Kode pengenal jenis kabel.
- d. Tegangan pengenal.
- e. Jumlah inti dan penampang penghantar.
- f. Tanda pengenal badan penguji.
- g. Tanda standard nasional Indonesia (SNI)



Gambar 2.7 Penandaan kabel

3. Penandaan pada kemasan.

Pada setiap kemasan harus tercantum keterangan yang jelas, mudah terbaca dan tidak mudah terhapus. Keterangan ini sekurang-kurangnya adalah :

- a. Tanda pengenalan produsen (logo).
- b. Tanda Standar SPLN 43.
- c. Kode pengenalan.
- d. Tegangan pengenalan.
- e. Jumlah inti dan penampang penghantar, panjang kabel dalam meter.

4. Penandaan pengenalan inti

Isolasi dari semua inti harus berwarna hitam dan pada permukaannya diberi tanda sebagai berikut :

- | | |
|-------------|---|
| Inti fasa 1 | : sebuah garis menonjol sepanjang inti |
| Inti fasa 2 | : dua buah garis menonjol sepanjang inti |
| Inti fasa 3 | : tiga buah garis menonjol sepanjang inti |
| Inti netral | : polos tanpa garis menonjol |

2.3. Gardu Distribusi

Gardu distribusi adalah bangunan gardu transformator yang memasok kebutuhan tenaga listrik bagi para pemanfaat baik dengan Tegangan Menengah maupun Tegangan Rendah. Fungsi gardu distribusi menurunkan tegangan pelayanan yang lebih tinggi menjadi tegangan

pelayanan yang lebih rendah. Penyaluran daya dengan menggunakan gardu distribusi menggunakan sistem tiga fasa untuk jaringan tegangan menengah (JTM) dan jaringan tegangan rendah (JTR) dengan transformator tiga fasa dengan kapasitas yang cukup besar. Jaringan tegangan rendah ditarik dari sisi sekunder transformator untuk kemudian disalurkan kepada konsumen. Sistem tiga fasa tersedia untuk seluruh daerah pelayanan distribusi, walaupun sebagian besar konsumen mendapat pelayanan distribusi tenaga listrik satu fasa. Jaringan tegangan menengah berpola radial dengan kawat udara sistem tiga fasa tiga kawat. Semestara jaringan tegangan rendah berpola radial dengan sistem tiga fasa empat kawat dengan netral.

Konstruksi gardu distribusi dirancang berdasarkan optimalisasi biaya terhadap maksud dan tujuan penggunaannya yang kadang kala harus disesuaikan dengan peraturan pemda setempat. Pembangunan gardu distribusi terdiri dari :

1. Gardu pasangan luar dimana semua instalasi listriknya tahan air (gardu portal atau gardu cantol)
2. Gardu pasangan dalam dimana instalasinya tidak kedap air (gardu beton atau gardu kios)

Berdasarkan jenis penggunaannya gardu distribusi dibedakan menjadi :

1. Gardu pelanggan umum (daya <197kVA) dengan kapasitas trafo distribusi / tenaga yang terpasang di gardu distribusi 50 kVA s/d 1000 Kva .

2. Gardu pelanggan khusus (daya > 200 kVA) dengan langganan TM/TM/TM atau TM/TM/TR atau TM/TR/TR

2.3.1. Gardu Beton

Gardu beton adalah gardu distribusi yang terbuat dari tembok dengan atap dicor dari semen. Gardu beton mempunyai persyaratan fisik yang cukup guna memudahkan konstruksi instalasi, operasi dan pemeliharaan. Ruang gardu harus memberikan cukup ventilasi untuk menjaga *ambient temperature* rata – rata 40⁰ C. Terdapat 2 penggunaan gardu, yaitu sebagai gardu distribusi untuk pelayanan umum dan sebagai gardu hubung.



Gambar 2.8 Gardu Distribusi Tipe Beton

2.5.1. Gardu Portal

Gardu portal adalah gardu listrik dengan konstruksi pada dua tiang atau lebih. Transformator dipasang pada bagian atas dan lemari panel/PHB-TR pada bagian bawah. Umumnya gardu portal,

dipergunakan dengan penghantar saluran udara tegangan menengah (SUTM). Kapasitas trafo = 100, 250, 315 dan 400 kVA. Pemasangan gardu portal harus dilengkapi fuse (pengaman trafo sisi TM), arrester = 24 kV, 5 Ka atau 10 Ka dan pembumian ($< 3\Omega$). Gardu portal juga dipakai pada sistem jaringan kabel tanah.



Gambar 2.10 Gardu Distribusi Tipe Portal

2.3.3 Gardu Hubung

Gardu hubung adalah gardu yang ditujukan untuk memudahkan manuver pembebanan dari satu penyulang ke penyulang lain yang dapat dilengkapi/tidak dilengkapi *Ring Terminal Unit* (RTU). Untuk fasilitas ini dilengkapi fasilitas *DC Supply* dari trafo distribusi pemakaian sendiri atau trafo distribusi untuk umum yang diletakkan dalam satu kesatuan.

Pemakaian gardu hubung dipergunakan untuk jaringan kabel tanah yang mempergunakan sistem spindel atau jaringan

udara. Khusus jaringan udara (SUTM) kubikel keluar dilengkapi dengan pengaman OCR dan GFR dan pasokannya dari beberapa pasokan tenaga listrik.

2.3.4 Komponen Utama Gardu Distribusi Tipe Beton

Gardu distribusi merupakan salah satu komponen dari suatu sistem distribusi yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan ke konsumen atau untuk membagikan/mendistribusikan tenaga listrik pada beban/konsumen. Berikut adalah komponen utama dari gardu tipe beton :

1. Transformator distribusi

Transformator distribusi berfungsi untuk menurunkan tegangan 20 kV menjadi tegangan rendah 231/400 volt. Dengan demikian transformator distribusi merupakan suatu penghubung antara jaringan tegangan menengah dan jaringan tegangan rendah. Kapasitas dari sebuah trafo distribusi yang terpasang tergantung dari banyaknya beban yang dilayani oleh gardu yang bersangkutan.

2. PHB sisi Tegangan Menengah (PHB-TM)

Berikut ini adalah komponen utama PHB TM yang sudah terangkai secara lengkap yang biasa disebut dengan kubikel TM, yaitu :

a. Pemisah – *Disconnecting Switch* (DS)

Berfungsi sebagai pemisah atau penghubung instalasi listrik 20 kV. Pemisah hanya dapat dioperasikan dalam keadaan tidak berbeban.

b. Pemutus beban – *Load Break Switch* (LBS)

Berfungsi sebagai pemisah dan penghubung instalasi listrik 20 kV. Pemutus beban dapat dioperasikan dalam keadaan berbeban dan terpasang pada kabel masuk atau keluar gardu distribusi. Kubikel LBS dilengkapi dengan sakelar pembumian yang bekerja secara interlock dengan LBS.

c. Pemutus Tenaga – *Circuit Breaker* (CB)

Berfungsi sebagai pemutus dan penghubung arus listrik dengan cepat dalam keadaan normal maupun gangguan hubung singkat. Peralatan Pemutus Tenaga (PMT) ini sudah dilengkapi dengan rele proteksi arus lebih (*Over Current Relay*) dan dapat difungsikan sebagai alat pembatas beban. Komponen utama PHB-TM tersebut di atas sudah terakit dalam kompartemen kompak (lengkap), yang sering disebut Kubikel Pembatas Beban Pelanggan.

d. LBS – TP (*Transformer Protection*)

Transformator distribusi dengan daya ≤ 630 kVA pada sisi primer dilindungi pembatas arus dengan pengaman lebur jenis HRC (*High Rupturing Capacity*). Peralatan kubikel proteksi

transformator, dilengkapi dengan LBS yang dipasang sebelum pengaman lebur.

3. PHB sisi Tegangan Rendah (PHB-TR)

PHB-TR adalah suatu kombinasi dari satu atau lebih Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah dengan peralatan kontrol, peralatan ukur, pengaman dan kendali yang saling berhubungan. Keseluruhannya dirakit lengkap dengan sistem pengawatan dan mekanis pada bagian-bagian penyangganya. Komponen-komponen yang terdapat dalam PHB TR antara lain:

2.4 Transformator dan Pembenannya

Transformator merupakan peralatan kelistrikan yang dapat memindahkan energi listrik dari suatu rangkaian listrik kerangkaian listrik lainnya melalui belitan dan inti besi dengan memanfaatkan induksi elektromagnetik. Prinsip kerjanya berdasarkan hukum ampere dan hukum faraday, dimana arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan kemudian medan magnet menimbulkan arus listrik. Jika salah satu kumparan diberi arus AC maka jumlah garis gaya magnet berubah-ubah. Sehingga pada sisi primer akan terjadi induksi. Disisi sekunder menerima garis gaya magnet dari sisi primer yang jumlahnya berubah-ubah pula. Maka disisi sekunder juga timbul induksi yang akibatnya antara dua ujung ssekunder terdapat beda tegangan.

Pada umumnya trafo di Indonesia memiliki sistem pendinginan ONAN yang dibebani dengan tipe siklus. Secara umum dengan suhu rata-rata Indonesia sekitar 30°C maka suatu trafo dapat dibebani hingga 80% kapasitasnya.

2.4.1 Karakteristik Beban Tenaga Listrik

Pada sistem distribusi terdapat berbagai macam kelompok beban. Masing-masing kelompok memiliki peralatan dan waktu penggunaan energi yang berbeda-beda diantaranya adalah :

- a. Beban rumah tangga dengan beban lampu penerangan, kipas angin, lemari es, penyejuk udara, peralatan dapur, pompa air dan sebagainya. Waktu puncak penggunaannya menjelang malam hingga pagi hari.
- b. Beban komersial biasanya terdiri dari penerangan reklame, kipas angin, penyejuk udara, BTS dan lainnya. Hotel dan perkantoran merupakan kelompok konsumen komersial. Penggunaan daya listrik akan meningkat mulai pagi hingga puncak di siang hari dan menurun di sore hari.
- c. Beban industri, industri skala besar pada umumnya beroperasi selama 24 jam. Sedangkan skala kecil hanya beroperasi di siang hari.

Pengklasifikasian penting dilakukan untuk melakukan analisa karakteristik beban pada suatu sistem yang besar dan beragam. Tiga beban diatas sangat berpengaruh karena memiliki jenis waktu beban puncak yang berbeda-beda.

2.4.2 Keseimbangan Beban

Kebutuhan pasokan energi listrik sudah menjadi kebutuhan utama bagi masyarakat saat ini. Dengan demikian dibutuhkan cara penyaluran energi listrik yang dilakukan di Indonesia adalah sistem penyaluran dengan 3 fasa (fasa R, fasa S, dan fasa T).

Selain itu Indonesia juga memakai sistem transmisi dan distribusi dimana sistem transmisi adalah sistem penyaluran daya dengan

menaikkan tegangana yang selanjutnya diturunkan lagi pada sistem distribusi. Dalam proses menaikkan dan menurunkan tegangan digunakanlah transformator 3 fasa.

Dalam keadaan ideal, transformator 3 fasa akan mempunyai nilai yang sama pada tiap fasanya, yang berbeda hanyalah sudut fasanya yaitu 120° .

Syarat keadaan seimbang :

1. Ketiga vektor arus/tegangan sama besar,
2. Ketiga vektor saling membentuk sudut 120° satu sama lain

2.4.3 Keadaan Tidak Seimbang

Syarat keadaan tidak seimbang

1. Ketiga vektor sama besar tapi tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.
2. Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut 120° satu sama lain.
3. Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.

Sebagai akibat dari ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S, fasa T) mengalir di arus netral trafo. Arus yang mengalir pada penghantar netral trafo menyebabkan rugi-rugi.

Penyebab ketidakseimbangan beban diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Pasang baru pada bagian kabel yang mudah untuk penyambungan. Banyaknya pemasangan pelanggan baru oleh biro pada bagian kabel yang mudah untuk dipasang *pierching connector* tanpa memperhatikan fasa yang terpasang pada saat itu. Hal ini terjadi sebagian besar pada jaringan SKUTR yang memakai kabel LVTC. Hal ini diakibatkan karena saat pemasangan *pierching connector*

pada LVTC tersebut, pemasangan harus melonggarkan kabel tersebut dari pilinannya.

2. Banyaknya pelanggan pada suatu sambungan deret. Tidak semua pelanggan listrik memiliki rumah tinggal dekat jaringan, untuk mengatasinya maka dibuat suatu SR deret. Peraturannya suatu SR deret dibatasi maksimal 5 pelanggan tiap fasanya, namun pada pelaksanaannya banyak SR deret yang memiliki pelanggan lebih dari pelanggan dalam satu fasa. Hal ini diakibatkan adanya penambahan pelanggan yang tidak selalu terjadi pada pelanggan yang dekat jaringan JTR saja, melainkan ada juga yang agak jauh dari jaringan, sehingga oleh pemasang diambilkan dari jaringan SR yang terdekat. Pemasangan tersebut tidak memperhatikan SR deret yang telah tersambung pada satu fasa tersebut. Sehingga menyebabkan beban pincang pada trafo karena fasa tersebut terlalu banyak menanggung beban. Selain mengakibatkan beban pincang banyaknya pelanggan pada suatu SR deret akan mengakibatkan tegangan ujung pada SR deret tersebut drop (jauh dari tegangan normal).

Kurangnya pengawasan dilapangan. Dalam pelaksanaan pemasangan sambungan baru, pada umumnya pengawas lapangan langsung percaya kepada pelaksana bahwa apa yang dikerjakan sesuai dengan perintahnya. Untuk itu perlu dicek ulang dengan cara melakukan pengukuran kembali, kemudian hasil pengukuran sebelum pelaksanaan pemasangan. Dari data tersebut dapat diketahui adanya penambahan beban pada phasa terdapat sambungan baru