

BAB II

LANDASAN TEORI

PEMBAHASAN TEORI

2.1. Umum

Sistem distribusi merupakan subsistem dari tenaga listrik dimana tugasnya adalah untuk menyalurkan tenaga listrik dari subsistem transmisi (tegangan tinggi ke tegangan rendah). Saluran tegangan menengah (6kV dan 20kV, yang juga biasa disebut tegangan distribusi primer) yang merupakan saluran udara atau kabel tanah, gardu distribusi tegangan menengah yang terdiri dari panel-panel pengatur tegangan menengah dan trafo sampai dengan panel-panel distribusi tegangan rendah (380V, 220V) yang menghasilkan tegangan kerja atau tegangan jala-jala untuk industri dan konsumen.

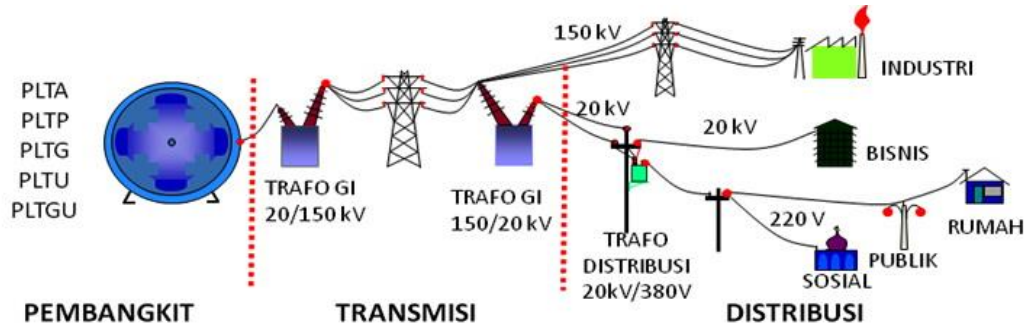
Tenaga listrik dibangkitkan pada pusat-pusat pembangkit listrik (*power plant*) seperti PLTA, PLTP, PLTU, PLTG, dan PLTGU lalu disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator *step-up* yang ada dipusat pembangkit listrik. Saluran transmisi tegangan tinggi mempunyai tegangan 70kV, 150kV, atau 500kV. Khusus untuk tegangan 500kV dalam praktek saat ini disebut sebagai tegangan ekstra tinggi. Setelah tenaga listrik disalurkan, maka sampailah tegangan listrik ke gardu induk (GI), lalu diturunkan

tegangannya menggunakan transformator *step-down* menjadi tegangan menengah yang juga disebut sebagai tegangan distribusi primer. Kecenderungan saat ini menunjukkan bahwa tegangan distribusi primer PLN yang berkembang adalah tegangan 20kV.

Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer atau jaringan Tegangan Menengah (JTM), maka tenaga listrik kemudian diturunkan lagi tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah, yaitu tegangan 400/231 volt, lalu disalurkan melalui jaringan Tegangan Rendah (JTR) ke rumah-rumah pemanfaat (konsumen) PLN. Pemanfaat- pemanfaat dengan daya tersambung besar tidak dapat dihubungkan pada Jaringan Tegangan Rendah, melainkan dihubungkan langsung pada jaringan tegangan menengah, bahkan ada pula pemanfaat yang terhubung pada jaringan transmisi, tergantung dari besarnya daya tersambung.

Setelah melalui jaringan Tegangan menengah, jaringan tegangan rendah dan sambungan Rumah (SR), maka tenaga listrik selanjutnya melalui alat pembatas daya dan kWh meter. Rekening listrik pemanfaat tergantung pada besarnya daya tersambung serta pemakaian kWh nya. Setelah melalui kWh meter, tenaga listrik lalu memasuki instalasi rumah, yaitu instalasi milik pemanfaat. Instalasi PLN umumnya hanya sampai pada kWh meter, sesudah kWh meter instalasi listrik adalah instalasi milik pemanfaat. Dalam instalasi pemanfaat, tenaga

listrik langsung masuk ke alat-alat listrik milik pemanfaat seperti lampu, kulkas, televisi, dan lain-lain.



Gambar 2.1. Sistem Tenaga Listrik

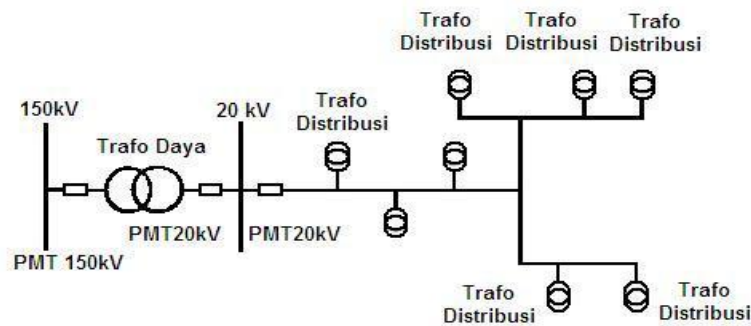
2.2. Konfigurasi Sistem Distribusi

Berdasarkan konfigurasinya sistem distribusi dapat dikelompokkan menjadi dua macam konsep konfigurasi yaitu jaringan radial dan jaringan lingkaran (loop).

2.2.1. Jaringan Radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk yang paling sederhana yang menghubungkan beban-beban ke titik sumber, biaya relatif murah. Pada struktur radial ini hanya mempunyai satu pasokan tenaga listrik, oleh sebab itu tingkat keandalannya relatif rendah sehingga jika terjadi gangguan akan terjadi padam pada bagian yang tidak dapat dipasok. Dinamakan radial karena jaringan ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan

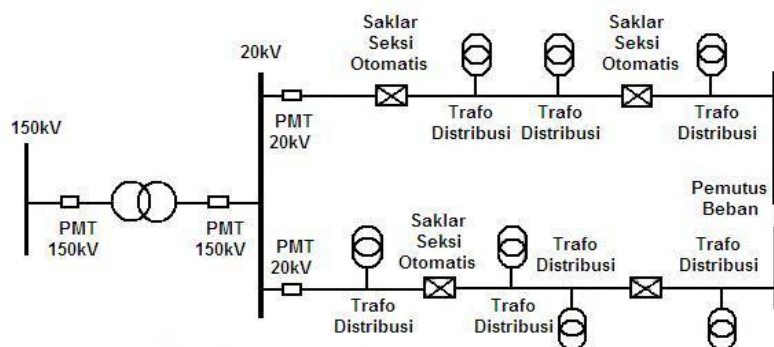
itu dan dicabangkan ketitik-titik beban yang dilayani, seperti terlihat pada **gambar 2.2**.



Gambar 2.2. Konfigurasi Jaringan Radial

2.2.2. Jaringan Lingkar (*Loop*)

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk tertutup, seperti terlihat pada **gambar 2.3**. yang memungkinkan pemasokannya dari beberapa gardu induk, sehingga dengan demikian tingkat keandalannya relatif lebih baik.



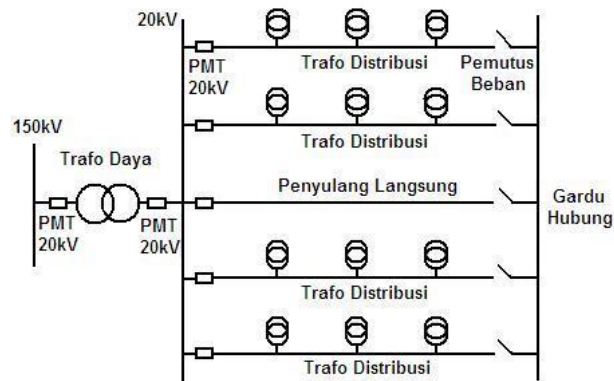
Gambar 2.3. Konfigurasi Jaringan Lingkar (*Loop*)

2.3 Bentuk Jaringan Alternatif

Bentuk-bentuk jaringan alternatif lain yang disesuaikan dengan tingkat keandalan yang dirancang terbagi menjadi dua bagian yaitu :

2.3.1 Jaringan Gelung (*Spindle*)

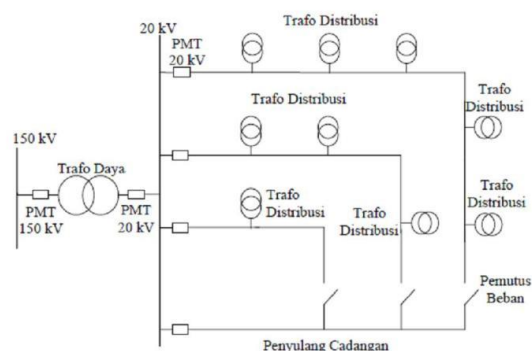
Pada Jaringan gelung (*spindle*) biasanya terdiri dari tujuh buah penyulang (*feeder*), salah satu diantaranya yaitu penyulang langsung. Penyulang langsung adalah penyulang yang beroperasi tanpa beban yang atau biasa disebut penyulang *express*. Penyulang langsung ini tidak mencatu gardu-gardu distribusi, tetapi untuk menjaga kelangsungan pemasokan tenaga listrik pada pelanggan-pelanggan bila terjadi gangguan pada suatu penyulang yang memasok gardu-gardu distribusi. Jadi penyulang langsung ini dalam keadaan normal merupakan kabel yang bertegangan sampai di Gardu Hubung (tanpa beban). Pola spindel biasanya digunakan pada jaringan Tegangan Menengah (TM) yang menggunakan kabel tanahatausaluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM). 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).



Gambar 2.4. Konfigurasi Jaringan Gelung (*Spindle*)

2.3.2 Jaringan Kluster

Jaringan kluster seperti pada Gambar di bawah ini banyak digunakan untuk kota besar yang mempunyai kerapatan beban yang tinggi. Dalam sistem ini terdapat Saklar Pemutus Beban, dan penyulang cadangan. Dimana penyulang ini berfungsi bila ada gangguan yang terjadi pada salah satu penyulang konsumen maka penyulang cadangan inilah yang menggantikan fungsi suplai kekonsumen.



Konfigurasi Jaringan Kluster

Gambar 2.5 jaringan Kluster

2.4. Jaringan Distribusi Primer

Jaringan distribusi primer adalah jaringan tegangan menengah yang berfungsi untuk menghubungkan gardu induk (GI) sebagai suplay tenaga listrik dengan gardu-gardu distribusi. Pada jaringan distribusi primer terdapat 3 macam konstruksi, yaitu :

2.4.1. Saluran Udara Tegangan menengah (SUTM)

Konstruksi SUTM merupakan jaringan kawat tidak berisolasi (AAAC) dan berisolasi (AAAC-S). bagian utamanya adalah tiang (beton, besi), Cross Arm dan konduktor. Konduktor yang digunakan adalah Alumunium (AAAC) berukuran 240 mm^2 , 150 mm^2 , 70 mm^2 , dan 35 mm^2 .



Gambar 2.6. SUTM

2.4.2. Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM)

Kabel ditanam langsung di tanah pada kedalam tertentu tergantung lokasinya, pada umumnya 1,2 meter. Kabel yang dgunakan berisolasi XLPE.



Gambar 2.7. SKTM

2.4.3. Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah dengan Isolasi

Penghantar SKUTM sering disebut MVTIC (Medium Voltage Twisted Insulated Conductor) yang menggunakan isolasi XLPE. Konstruksinya tidak jauh beda dengan SUTM. Gambar untuk kabel udara berisolasi hampir sama seperti **Gambar 2.6. SUTM**.

2.5. Sistem Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder yang lazim 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 (400atau230 Volt, 380atau220 Volt).

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 perbuatan manusia. Untuk kabel sambungan rumah (SR) ke pelanggan saat ini telah digunakan *twisted* kabel dengan inti penghantar ada dari material aluminium dan tembaga.

Sistem jaringan sekunder yang baik pada saat ini harus memberikan taraf keandalan pada jaringan tegangan rendah di daerah dengan kepadatan beban yang tinggi, dengan menjamin bahwa energi listrik yang sampai ke pelanggan mempunyai mutu yang baik, sehingga biayanya yang tinggi dapat dipertanggung jawabkan dan tingkat keandalan ini dipandang perlu.

Jaringan sekunder tegangan rendah harus didesain sedemikian rupa hingga terdapat pembagian beban dan pengaturan tegangan (*voltage regulation*) yang baik.

2.5. Gardu Distribusi

Gardu distribusi tenaga listrik merupakan salah satu komponen dari sistem distribusi tenaga listrik berupa bangunan gardu listrik berisi atau terdiri dari instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM), Transformator Distribusi (TD) dan Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan tenaga listrik bagi

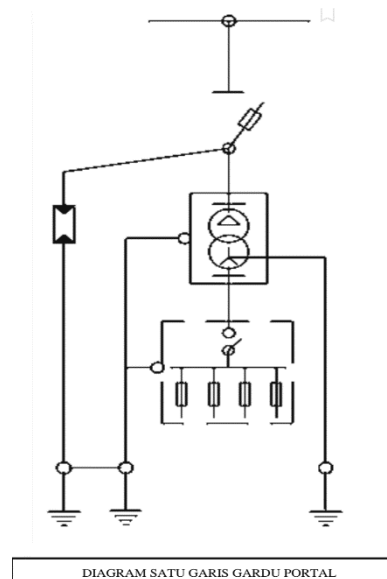
para pelanggan baik dengan Tegangan Menengah (TM 20 kV) maupun Tegangan Rendah (TR 220 atau 380 volt). Jenis perlengkapan hubung bagi tegangan menengah pada gardu distribusi berbeda sesuai dengan jenis konstruksi gardunya. Gardu distribusi berdasarkan konstruksinya dibedakan menjadi dua, yaitu gardu distribusi pasangan luar dan gardu distribusi pasangan dalam.

2.5.1. Gardu Distribusi Pasangan Luar

Gardu distribusi pasangan luar umumnya disebut Gardu Portal (Konstruksi 2 tiang atau lebih) dan Gardu Cantol (Konstruksi 1 tiang) dengan kapasitas transformator terbatas.

1. Gardu Portal

Gardu portal adalah gardu trafo yang secara keseluruhan instalasinya dipasang pada 2 buah tiang atau lebih. Tempat kedudukan transformator sekurang-kurangnya 3 m di atas tanah dan ditambahkan platform sebagai fasilitas kemudahan kerja teknisi operasi dan pemeliharaan. Transformator dipasang pada bagian atas dari lemari panel atau PHB Tegangan Rendah.



Gambar a



Gambar b

Gambar 2.8. Bagan Satu Garis Gardu Distribusi Portal (gambar a),
foto gardu portal (gambar b)

2. Gardu Cantol

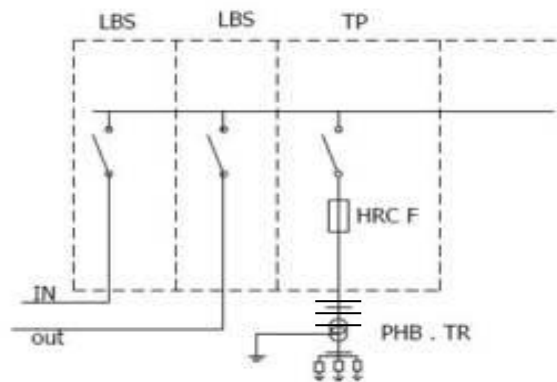
Gardu distribusi tipe cantol adalah gardu distribusi dengan konstruksi transformator dicantolkan pada tiang tunggal. Kapasitas transformator dengan daya 50 kVA fase dua atau fase satu dengan jenis transformator terpasang adalah *Completely Self Protected Transformer* (CSP). Perlengkapan perlindungan transformator tambahan adalah *Lightning Arrester* (LA) dipasang terpisah dengan penghantar pembumiannya yang dihubungkan langsung dengan badan transformator.

2.5.2. Gardu Distribusi Pasangan Dalam

Gardu distribusi pasangan dalam adalah gardu konstruksi beton yang seluruh komponen utama instalasi yaitu transformator dan peralatan proteksi, terangkai di dalam bangunan sipil yang dirancang, dibangun, dan difungsikan dengan konstruksi pasangan batu dan beton dengan kapasitas transformator besar yang dipakai untuk daerah padat beban tinggi. Gardu ini dipasok baik dari jaringan saluran udara ataupun saluran kabel tanah. Gardu distribusi pasangan dalam terbagi atas dua jenis, yaitu gardu tembok (gardu beton) dan gardu kios (gardu besi).

1. Gardu Beton (Gardu Tembok)

Gardu beton adalah gardu trafo yang secara keseluruhan konstruksinya tersebut dari beton atau tembok. Gardu beton atau tembok sesuai dengan namanya maka gardu ini terbuat dari beton. Tipe dari bangunan ini bermacam-macam sesuai dengan lokasi dan kebutuhan. Kapasitas transformator yang dipasang pada gardu ini dapat lebih besar dibandingkan dengan gardu-gardu sebelumnya yang sudah dijelaskan. Jumlah transformator yang dapat ditampung dalam gardu ini dapat lebih dari satu buah, dimana hal ini bergantung dari kebutuhan dan lokasi yang ada.



Gambar 2.9. Bagan Satu Garis Gardu Distribusi tipe Beton

a. Sambungan Tee – Off (TO) dari Saluran Udara

Instalasi gardu dilindungi oleh *Lightning arrester*, untuk fungsi pemutus dilengkapi kubikel *Load Breaker Switch* (LBS). Transformator dilindungi dengan kubikel LBS yang dilengkapi dengan pengaman lebur (*HRC fuse*). *Tee-off* (TO) dari saluran udara dapat dilengkapi dengan *Fused Cut-Out* (FCO). Kemampuan elektrik dan mekanisataspesifikasi teknis kubikel sesuai dengan spesifikasi teknis Gardu Induk (GI) dan kapasitas transformator terpasang.

Perlengkapan hubung bagi sisi Tegangan Rendah (TR) dengan pemisah pada sisi masuk sebelum rel dan pengaman lebur (tipe NH, NT) pada tiap-tiap jurusan keluar, maksimum 6 jurusan jaringan Tegangan Rendah. Spesifikasi teknis PHB-TR ini sesuai dengan kapasitas transformatornya.

Pada instalasi gardu, titik netral sisi sekunder transformator Bagian Konduktif Terbuka dan Bagian Konduktif Ekstra dibumikan. Nilai tahanan pembumian tidak melebihi 1 Ohm

b. Sambungan Saluran Kabel Tanah

Perlengkapan hubung bagi TM dilengkapi dengan satu buah kubikel *Load Breaker Switch* pada sisi masuk dan satu buah kubikel *Load Breaker Switch* (LBS) pada sisi keluar, satu buah kubikel pengaman transformator dengan saklar LBS yang dilengkapi pengaman lebur jenis HRC – Fuse.

Perlengkapan Hubung Bagi sisi Tegangan Rendah sama dengan instalasi gardu pada butir-a diatas. Konstruksi instalasi pembumian pada gardu beton dapat berupa elektroda grid (kawat BC digelar dibawah pondasi) atau elektroda grid (kawat BC digelar dibawah pondasi) atau elektroda batang atau kombinasi keduanya.

c. Sambungan Pemanfaat Tegangan Menengah

Untuk pemanfaatan dengan sambungan Tegangan Menengah tanpa tranformator. Perlengkapan hubung bagi Tegangan Menengah dilengkapi dengan kibikel trafo tegangan dan kubikel pembatas beban (*Circuit breaker* = CB). Seluruh konstruksi pembumian sama dengan instalasi pembumian gardu butir-a dan butir-b. Pada pelanggan *spot load* dengan pasokan

SKTM lebih dari 1 kabel yang dioperasikan paralel dapat ditambahkan rele diferensial atau rele searah (*directional relay*).

2. Gardu Kios (Gardu Besi)

Gardu kios adalah gardu yang bangunan keseluruhannya terbuat dari plat besi dengan konstruksi seperti kios. Gardu distribusi yang pembangunannya bersifat untuk sementara saja selama ada rehabilitasi gardu. Bangunannya terdiri dari rangka besi dan dindingnya dari seng serta lantainya terbuat dari kayu atau beton.

Ruangan pada gardu ini terdiri dari tiga bagian, yaitu:

- a. Instalasi Tegangan Menengah.
- b. Instalasi Transformator.
- c. Instalasi Tegangan Rendah.
- d. Instalasi Kabel TM/TR
- e. Instalasi Penumian