



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemanfaatan Tenaga Listrik¹¹

Selain memberikan manfaat, tenaga listrik mempunyai potensi membahayakan bagi manusia dan berpotensi merusak lingkungan. Beberapa permasalahan di bidang ketenagalistrikan bila dilihat dari sisi pemanfaatan tenaga listrik banyak ditemukan instalasi tenaga listrik yang digunakan masih banyak yang belum memenuhi standar dan peralatan listrik yang beredar di masyarakat banyak yang belum memenuhi standar. Di samping itu, untuk menjamin keselamatan manusia di sekitar instalasi, keselamatan pekerja, keamanan instalansi dan kelestarian fungsi lingkungan, usaha penyediaan tenaga listrik dan pemanfaatan tenaga listrik harus memenuhi ketentuan mengenai keselamatan ketenaga-listrikan.

Tenaga listrik sebagai bagian dari bentuk energi dan cabang produksi yang penting bagi negara sangat menunjang upaya dalam memajukan dan mencerdaskan bangsa. Sebagai salah satu hasil pemanfaatan kekayaan alam yang menguasai hajat hidup orang banyak, tenaga listrik perlu dipergunakan untuk kesejahteraan dan kemakmuran rakyat. Sistem tenaga listrik adalah sekumpulan pusat listrik dan gardu induk (pusat beban) yang satu dengan yang lain dihubungkan oleh jaringan transmisi dan distribusi sehingga merupakan satu kesatuan yang terinterkoneksi. Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama, yaitu: pusat pembangkit listrik, saluran transmisi, dan sistem distribusi.

Beberapa tantangan besar yang dihadapi dunia pada masa kini, antara lain, bagaimana menemukan sumber energi baru, mendapatkan sumber energi yang pada dasarnya tidak akan pernah habis untuk masa mendatang, menyediakan energi di mana saja diperlukan, dan mengubah energi dari satu bentuk ke bentuk lain, serta memanfaatkannya tanpa menimbulkan pencemaran yang dapat merusak lingkungan hidup kita.

¹¹ Suhadi dkk. (2008). *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

2.2 Sistem Tenaga Listrik

Dalam beberapa tahun terakhir ini, masalah listrik menjadi polemic yang berkepanjangan dan telah memunculkan multi implikasi yang sangat kompleks di berbagai aspek kehidupan, antara lain : keuangan, ekonomi, sosial, budaya, politik, dan lain-lain. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa listrik telah menjadi bagian yang sangat penting bagi umat manusia. Oleh karenanya tak berlebihan bahwa listrik bisa dikatakan sebagai salah satu kebutuhan utama bagi penunjang dan pemenuhan kebutuhan hidup umat manusia. Beberapa tantangan besar yang dihadapi dunia pada masa kini, antara lain, bagaimana menemukan sumber energi baru, mendapatkan sumber energi yang pada dasarnya tidak akan pernah habis untuk masa mendatang, menyediakan energi di mana saja diperlukan, dan mengubah energi dari satu ke lain bentuk, serta memanfaatkannya tanpa menimbulkan pencemaran yang dapat merusak lingkungan hidup kita. Dibanding dengan bentuk energi yang lain, listrik merupakan salah satu bentuk energi yang praktis dan sederhana. Di samping itu listrik juga mudah disalurkan dari dan pada jarak yang berjauhan, mudah didistribusikan untuk area yang luas, mudah diubah ke dalam bentuk energi lain, dan bersih (ramah lingkungan).

Oleh karena itu, manfaat listrik telah dirasakan oleh masyarakat, baik pada kelompok perumahan, sosial, bisnis atau perdagangan, industri dan publik. Tenaga listrik sebagai bagian dari bentuk energi dan cabang produksi yang penting bagi negara sangat menunjang upaya dalam memajukan dan mencerdaskan bangsa. Sebagai salah satu hasil pemanfaatan kekayaan alam yang menguasai hajat hidup orang banyak, tenaga listrik perlu dipergunakan untuk kesejahteraan dan kemakmuran rakyat. Yang dimaksud dengan sistem tenaga listrik adalah sekumpulan pusat listrik dan gardu induk (pusat beban) yang satu dengan yang lain dihubungkan oleh jaringan transmisi dan distribusi sehingga merupakan sebuah kesatuan yang terinterkoneksi. Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama, yaitu: pusat pembangkit listrik, saluran transmisi, dan sistem distribusi. Suatu sistem distribusi menghubungkan semua beban yang terpisah satu dengan yang lain kepada saluran transmisi. Hal ini terjadi pada gardu-gardu

induk (*substation*) di mana juga dilakukan transformasi tegangan dan fungsifungsi pemutusan (*breaker*) dan penghubung beban (*switching*). Gambar 2.1 memperlihatkan sistem tenaga listrik mulai dari pembangkit sampai ke pengguna/pelanggan.



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Tegangan pada generator besar biasanya berkisar di antara 13,8 kV dan 24 kV. Tetapi generator besar yang modern dibuat dengan tegangan bervariasi antara 18kV dan 24 kV. Tegangan generator dinaikkan ke tingkat yang dipakai untuk transmisi, yaitu 115 kV dan 765 kV. Tegangan tinggi standar (*high voltage, HV standard*) di luar negeri adalah 70 kV, 150 kV, dan 220 kV. Tegangan tinggi-ekstra standar (*extra high voltage, HV standard*) adalah 500 kV dan 700 kV. Keuntungan transmisi (*transmission capability*) dengan tegangan lebih tinggi akan menjadi jelas jika kita melihat pada kemampuan transmisi (*transmission capability*) suatu saluran transmisi. Kemampuan ini biasanya dinyatakan dalam Mega-Volt-Ampere (MVA). Tetapi kemampuan transmisi dari suatu saluran dengan tegangan tertentu tidak dapat diterapkan dengan pasti, karena kemampuan ini masih tergantung lagi pada

batasan-batasan termal dari penghantar, jatuh tegangan (*drop voltage*) yang diperbolehkan, keandalan, dan persyaratan kestabilan sistem.

Penurunan tegangan dari tingkat transmisi pertama-tama terjadi pada gardu induk bertenaga besar, di mana tegangan diturunkan ke daerah antara 70 kV dan 150 kV, sesuai dengan tegangan saluran transmisinya. Beberapa pelanggan yang memakai tenaga untuk keperluan industri sudah dapat dicatu dengan tegangan ini.

Penurunan tegangan berikutnya terjadi pada gardu distribusi primer, di mana tegangan diturunkan lagi menjadi 1 sampai 30 kV. Tegangan yang lazim digunakan pada gardu-distribusi adalah 20.000 V antar-fasa atau 11.500 V antara fasa ke tanah. Tegangan ini biasanya dinyatakan sebagai 20.000 V/11.500 V. Sebagian besar beban untuk industri dicatu dengan sistem distribusi primer, yang mencatu transformator distribusi. Transformator-transformator ini menyediakan tegangan sekunder pada jaringan tegangan rendah tiga-fasa empat-kawat untuk pemakaian di rumah-rumah tempat tinggal. Standar tegangan rendah yang digunakan adalah 380 V antara antar fasa dan 220V di antara masing-masing fasa dengan tanah, yang dinyatakan dengan 220/380 V.

2.3 Pengertian Distribusi Tenaga Listrik¹¹

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah; 1) pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan), dan 2) merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154kV, 220kV atau 500kV

¹¹ Suhadi dkk. (2008). *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ($I^2.R$). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula. Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen.

Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam system tenaga listrik secara keseluruhan. Pada sistem penyaluran daya jarak jauh, selalu digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan trafo-trafo step-up. Nilai tegangan yang sangat tinggi ini (HV,UHV,EHV) menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain: berbahaya bagi lingkungan dan mahal harganya perlengkapan-perengkapannya, selain menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada sisi beban. Maka, pada daerah-daerah pusat beban tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan trafo-trafo step-down. Akibatnya, bila ditinjau nilai tegangannya, maka mulai dari titik sumber hingga di titik beban, terdapat bagian-bagian saluran yang memiliki nilai tegangan berbeda-beda.

2.4 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

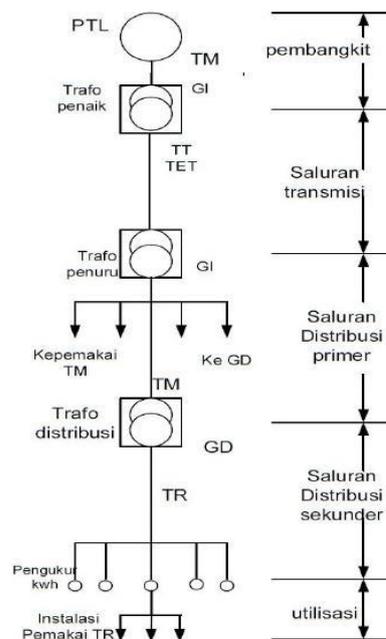
Untuk kemudahan dan penyederhanaan, lalu diadakan pembagian serta pembatasan-pembatasan seperti pada Gambar 2.2:

- Daerah I : Bagian pembangkitan (*Generation*)
- Daerah II : Bagian penyaluran (*Transmission*) , bertegangan tinggi (HV,UHV,EHV)

- Daerah III : Bagian Distribusi Primer, bertegangan menengah (6 atau 20kV).
- Daerah IV : (Di dalam bangunan pada beban/konsumen), Instalasi, bertegangan rendah.

Berdasarkan pembatasan-pembatasan tersebut, maka diketahui bahwa porsi materi Sistem Distribusi adalah Daerah III dan IV, yang pada dasarnya dapat diklasifikasikan menurut beberapa cara, bergantung dari segi apa klasifikasi itu dibuat. Dengan demikian ruang lingkup Jaringan Distribusi adalah:

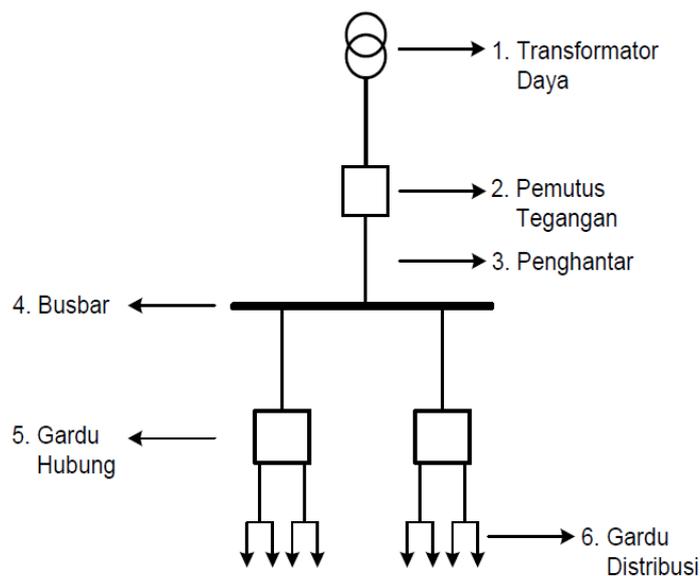
- SUTM**, terdiri dari : Tiang dan peralatan kelengkapannya, konduktor dan peralatan per-lengkapannya, serta peralatan pengaman dan pemutus.
- SKTM**, terdiri dari : Kabel tanah, indoor dan outdoor termination, batu bata, pasir dan lain-lain.
- Gardu trafo**, terdiri dari : Transformator, tiang, pondasi tiang, rangka tempat trafo, LV panel, pipa-pipa pelindung, Arrester, kabel-kabel, transformer band, peralatan grounding, dan lain-lain.
- SUTR dan SKTR** terdiri dari: sama dengan perlengkapan/ material pada SUTM dan SKTM. Yang membedakan hanya dimensinya.



Gambar 2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

2.4.1 Jaringan Sistem Distribusi Primer¹

Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat-pusat beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan disuplai tenaga listrik sampai ke pusat beban. Terdapat bermacam-macam bentuk rangkaian jaringan distribusi primer yaitu Jaringan Radial, Jaringan hantaran penghubung (*Tie Line*), Jaringan Lingkaran (*Loop*), Jaringan Spindel dan Sistem Gugus atau Kluster.



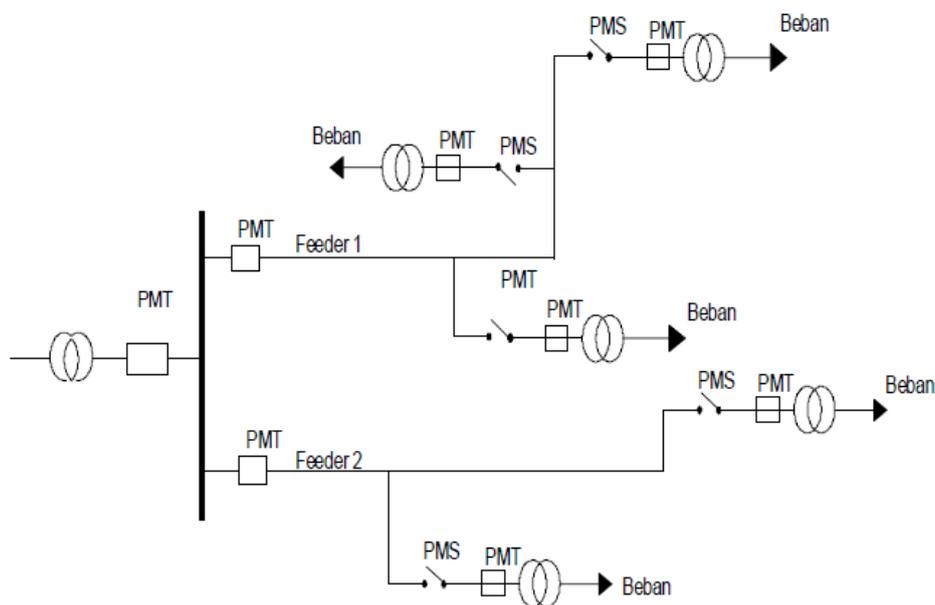
Gambar 2.3 Diagram Distribusi Primer

2.4.1.1 Sistem Radial

Merupakan jaringan sistem distribusi primer yang sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.

¹ Ahmad Ardiansyah, 2010, *Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Udara 20 kV*, Medan, Hal 7

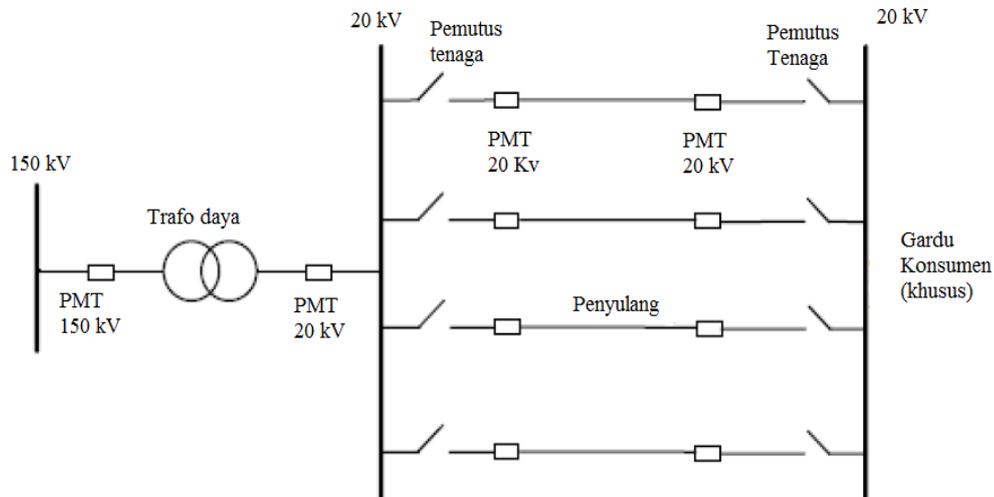
Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding sistem lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam. Kerugian lain yaitu mutu tegangan pada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



Gambar 2.4 Konfigurasi Sistem Radial

2.4.1.2 Sistem Hantaran Penghubung (*Tie Line*)

Sistem distribusi Tie Line seperti Gambar 2.5 digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam (Bandar Udara, Rumah Sakit, dan lain-lain.)



Gambar 2.5 Konfigurasi Sistem Tie Line

2.4.1.3 Sistem Loop

Sistem jaringan distribusi loop adalah suatu sistem jaringan distribusi primer yang dimulai dari rel gardu induk atau sumber daya, melalui daerah beban dan kemudian kembali lagi ke rel gardu induk atau sumber daya yang sama. Susunan rangkaian saluran 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 saluran menjadi lebih kecil.

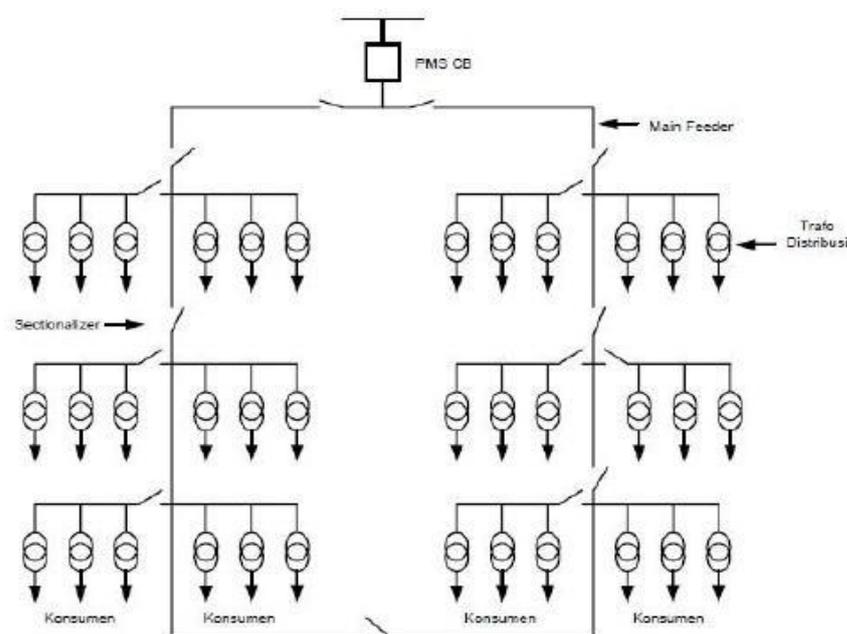
Bentuk sistem jaringan distribusi loop ada dua macam, yaitu :

- Bentuk open loop (loop terbuka), bila dilengkapi dengan normally open switch yang terletak pada salah satu bagian gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka.
- Bentuk close loop (loop tertutup), bila dilengkapi dengan normally close switch yang terletak pada salah satu bagian antara gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu tertutup.

Struktur jaringan ini merupakan gabungan dari dua buah jaringan distribusi radial, dimana pada ujung dua buah jaringan ini dipasang sebuah pemutus (PMT) atau pemisah (PMS). Pada saat terjadi gangguan, setelah gangguan dapat diisolir,

maka PMT atau PMS ditutup sehingga aliran listrik yang mengalir ke tempat terjadinya gangguan tidak terhenti. Pada umumnya penghantar dari struktur ini mempunyai struktur yang sama.

Kelebihan dari jaringan distribusi loop adalah kualitas dan kontinuitas pelayanan daya lebih baik, sedangkan kekurangannya terletak pada biaya investasi yang mahal. Jaringan distribusi loop cocok digunakan pada daerah yang padat dan memerlukan keandalan tinggi.



Gambar 2.6 Konfigurasi Sistem Loop

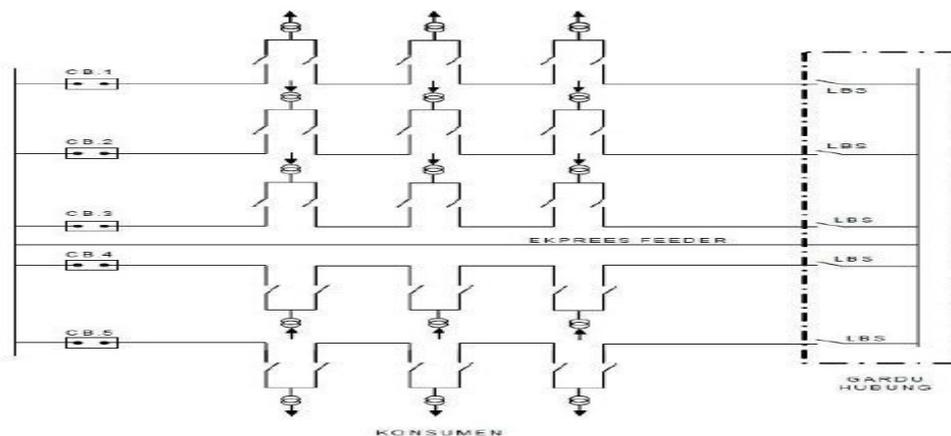
2.4.1.4 Sistem Spindle

Jaringan distribusi spindel merupakan saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM). Jaringan distribusi jenis ini biasanya banyak diterapkan di kota-kota besar.

Pada spindle, terdapat sebuah penyulang khusus yang disebut dengan penyulang express. Penyulang express ini tidak mencatu gardu-gardu distribusi, tetapi merupakan penyulang penghubung antara gardu induk dengan gardu yang dimaksudkan untuk menjaga kelangsungan pasokan tenaga listrik ke

konsumen jika terjadi gangguan pada salah satu penyulang yang memasok gardu-gardu distribusi. Jika terjadi gangguan pada salah satu penyulang, maka penyulang lain tidak mengalami pemadaman karena dapat disuplai dari tempat lain melalui sebuah penyulang express. Jenis kawat yang digunakan untuk penyulang express ini sebaiknya kawat yang berpenampang lebih besar dari penyulang lain yang sedang beroperasi.

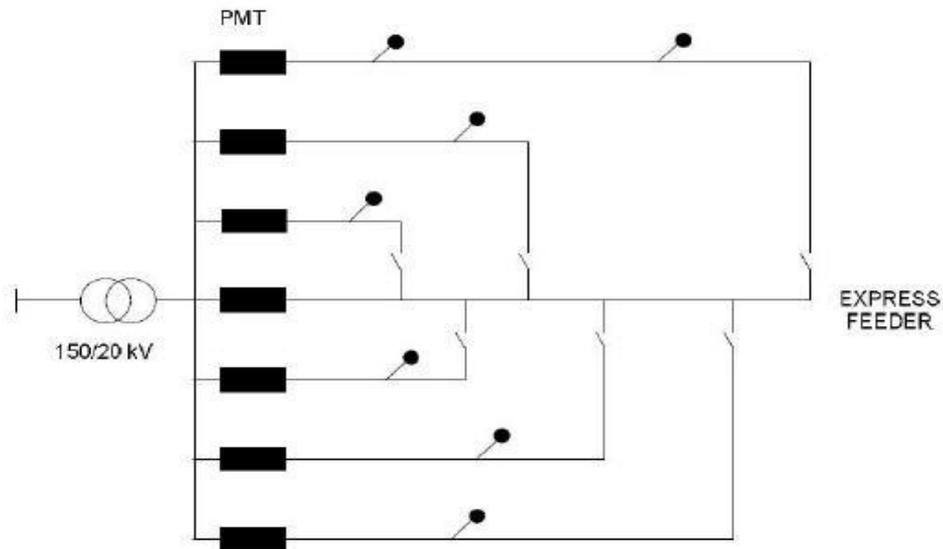
Sistem ini relatif mahal karena biasanya dalam pembangunannya sekaligus untuk mengatasi perkembangan beban dimasa yang akan datang. Proteksinya relative sederhana hampir sama dengan sistem open loop. Biasanya di tiap – tiap penyulang dalam sistem spindle disediakan gardu tengah (middle point) yang berfungsi untuk titik manuver apabila terjadi gangguan pada jaringan tersebut.



Gambar 2.7 Konfigurasi Sistem Spindle

2.4.1.5 Sistem Cluster

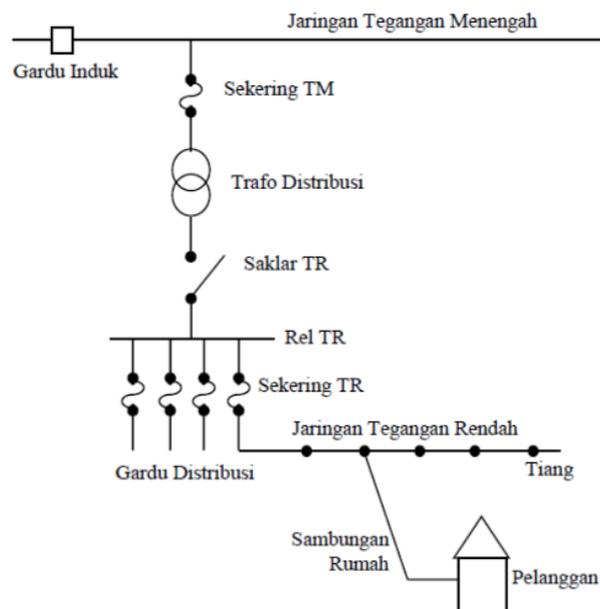
Sistem cluster hampir sama dengan sistem spindle, karena dalam sistem cluster juga tersedia satu penyulang express yang merupakan penyulang tanpa beban yang digunakan sebagai titik manuver beban oleh penyulang dalam sistem ini. Proteksi yang digunakan untuk sistem cluster juga relatif sama dengan proteksi yang digunakan pada sistem spindle.



Gambar 2.8 Konfigurasi Sistem Cluster

2.4.2 Jaringan Sistem Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder seperti pada Gambar 2.9 merupakan salah satu bagian dalam sistem distribusi, yaitu mulai dari gardu trafo sampai pada pemakai akhir atau konsumen.



Gambar 2.9 Diagram Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di konsumen. Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial. Sistem ini dapat menggunakan kabel yang berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi.

Melihat letaknya, sistem distribusi ini merupakan bagian yang langsung berhubungan dengan konsumen, jadi sistem ini berfungsi menerima daya listrik dari sumber daya (trafo distribusi), juga akan mengirimkan serta mendistribusikan daya tersebut ke konsumen. mengingat bagian ini berhubungan langsung dengan konsumen, maka kualitas listrik selayaknya harus sangat diperhatikan.

Sistem penyaluran daya listrik pada Jaringan Tegangan Rendah dapat dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut :

1. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel telanjang (tanpa isolasi) seperti kabel AAAC, kabel ACSR.
2. Saluran Kabel Udara Tegangan Rendah (SKUTR) Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel berisolasi seperti kabel LVTC (*Low Voltage Twisted Cable*). ukuran kabel LVTC adalah : $2 \times 10 \text{mm}^2$, $2 \times 16 \text{mm}^2$, $4 \times 25 \text{mm}^2$, $3 \times 35 \text{mm}^2$, $3 \times 50 \text{mm}^2$, $3 \times 70 \text{mm}^2$.

Menurut SPLN No.3 Tahun 1987, jaringan tegangan rendah adalah jaringan tegangan rendah yang mencakup seluruh bagian jaringan beserta perlengkapannya, dari sumber penyaluran tegangan rendah sampai dengan alat pembatas/pengukur. Sedangkan STR (Saluran Tegangan Rendah) ialah bagian JTR tidak termasuk sambungan pelayanan (bagian yang menghubungkan STR dengan alat pembatas/pengukur).

2.5 Gardu Distribusi⁸

Pengertian umum Gardu Distribusi tenaga listrik yang paling dikenal adalah suatu 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

⁸ PT. PLN (Persero). (2010). *Buku 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*. Jakarta.

kebutuhan tenaga listrik bagi para pelanggan baik dengan Tegangan Menengah (TM 20 kV) maupun Tegangan Rendah (TR 220/380V). .

Konstruksi Gardu distribusi dirancang berdasarkan optimalisasi biaya terhadap maksud dan tujuan penggunaannya.

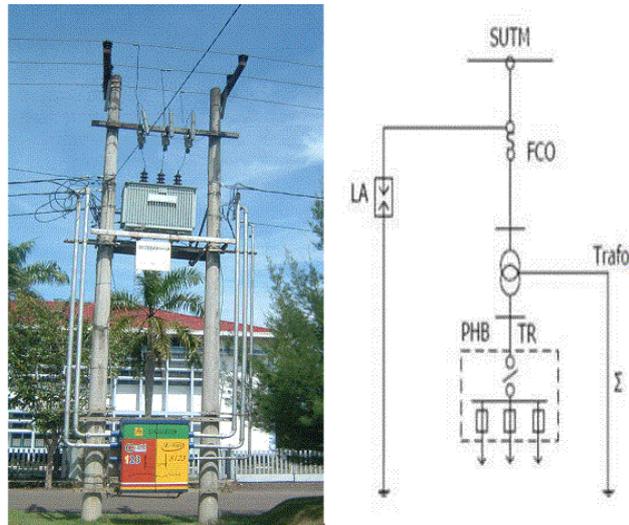
Secara garis besar gardu distribusi dibedakan atas :

1. Jenis pemasangannya :
 - Gardu pemasangan luar : Gardu Portal, Gardu Cantol
 - Gardu pemasangan dalam : Gardu Beton, Gardu Kios
2. Jenis Konstruksinya :.
 - Gardu Beton (bangunan sipil : batu, beton)
 - Gardu Tiang : Gardu Portal dan Gardu Cantol
 - Gardu Kios
3. Jenis Penggunaannya :
 - Gardu Pelanggan Umum
 - Gardu Pelanggan Khusus

Khusus pengertian Gardu Hubung adalah gardu yang ditujukan untuk memudahkan manuver pembebanan dari satu penyulang ke penyulang lain yang dapat dilengkapi/tidak dilengkapi RTU (*Remote Terminal Unit*). Untuk fasilitas ini lazimnya dilengkapi fasilitas DC Supply dari Trafo Distribusi pemakaian sendiri atau Trafo distribusi untuk umum yang diletakkan dalam satu kesatuan.

2.5.1 Gardu Portal

Umumnya konfigurasi Gardu Tiang yang dicatu dari SUTM adalah T section dengan peralatan pengaman Pengaman Lebur Cut-Out (FCO) sebagai pengaman hubung singkat transformator dengan elemen pelebur (*pengaman lebur link type expulsion*) dan *Lightning Arrester* (LA) sebagai sarana pencegah naiknya tegangan pada transformator akibat surja petir.



Gambar 2.10 Gardu Portal dan Bagan Satu Garis

Untuk Gardu Tiang pada sistem jaringan lingkaran terbuka (open-loop), seperti pada sistem distribusi dengan saluran kabel bawah tanah, konfigurasi peralatan adalah π section dimana transformator distribusi dapat di catu dari arah berbeda yaitu posisi Incoming – Outgoing atau dapat sebaliknya.

Guna mengatasi faktor keterbatasan ruang pada Gardu Portal, maka digunakan konfigurasi switching/proteksi yang sudah terakit ringkas sebagai RMU (Ring Main Unit). Peralatan switching incoming-outgoing berupa Pemutus Beban atau LBS (Load Break Switch) atau Pemutus Beban Otomatis (PBO) atau CB (Circuit Breaker) yang bekerja secara manual (atau digerakkan dengan remote control).

Fault Indicator (dalam hal ini PMFD : Pole Mounted Fault Detector) perlu dipasang pada section jaringan dan percabangan untuk memudahkan pencarian titik gangguan, sehingga jaringan yang tidak mengalami gangguan dapat dipulihkan lebih cepat.

2.5.2 Gardu Cantol

Pada Gardu Distribusi tipe cantol, transformator yang terpasang adalah transformator dengan daya ≤ 100 kVA Fase 3 atau Fase 1. Transformator terpasang

adalah jenis CSP (Completely Self Protected Transformer) yaitu peralatan switching dan proteksinya sudah terpasang lengkap dalam tangki transformator.

Perlengkapan perlindungan transformator tambahan LA (Lightning Arrester) dipasang terpisah dengan Penghantar pembumiannya yang dihubungkan langsung dengan badan transformator. Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) maksimum 2 jurusan dengan saklar pemisah pada sisi masuk dan pengaman lebur (type NH, NT) sebagai pengaman jurusan. Semua Bagian Konduktif Terbuka (BKT) dan Bagian Konduktif Ekstra (BKE) dihubungkan dengan pembumian sisi Tegangan Rendah.



Gambar 2.11 Gardu Tipe Cantol.

2.5.3 Gardu Beton

Seluruh komponen utama instalasi yaitu transformator dan peralatan switching/proteksi, terangkai didalam bangunan sipil yang dirancang, dibangun dan difungsikan dengan konstruksi pasangan batu dan beton (masonry wall building).

Konstruksi ini dimaksudkan untuk pemenuhan persyaratan terbaik bagi keselamatan ketenagalistrikan.



Gambar 2.12 Gardu Tipe Beton

2.5.4 Gardu Kios

Gardu tipe ini adalah bangunan *prefabricated* terbuat dari konstruksi baja, fiberglass atau kombinasinya, yang dapat dirangkai di lokasi rencana pembangunan gardu distribusi. Terdapat beberapa jenis konstruksi, yaitu Kios Kompak, Kios Modular dan Kios Bertingkat.

Gardu ini dibangun pada tempat-tempat yang tidak diperbolehkan membangun Gardu Beton. Karena sifat mobilitasnya, maka kapasitas transformator distribusi yang terpasang terbatas. Kapasitas maksimum adalah 400 kVA, dengan 4 jurusan Tegangan Rendah. Khusus untuk Kios Kompak, seluruh instalasi komponen utama gardu sudah dirangkai selengkapnyanya di pabrik, sehingga dapat langsung di angkut kelokasi dan disambungkan pada sistem distribusi yang sudah ada untuk difungsikan sesuai tujuannya.



Gambar 2.13 Gardu Tipe Kios



Gambar 2.14 Gardu Tipe Kios Bertingkat

2.6 Transformator⁷

Transformator merupakan suatu alat listrik suatu alat listrik yang termasuk ke dalam klasifikasi mesin listrik statis yang berfungsi menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah dan sebaliknya atau dapat juga diartikan mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksi elektromagnet.

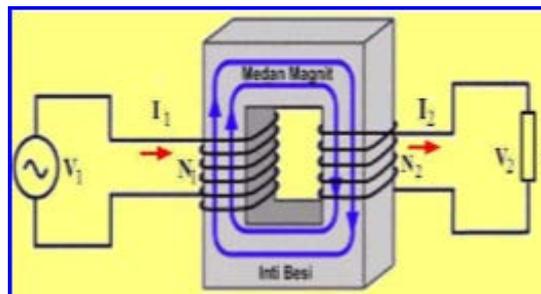
Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga listrik kemungkinan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan, misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Dalam bidang teknik listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi:

⁷ Prih Sumardjati dkk. (2008). *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

1. Transformator daya, yaitu transformator yang biasa digunakan untuk menaikkan tegangan pembangkit menjadi tegangan transmisi
2. Transformator distribusi, yaitu transformator yang biasa digunakan untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi
3. Transformator pengukuran, yaitu transformator yang terdiri dari transformator arus dan transformator tegangan.

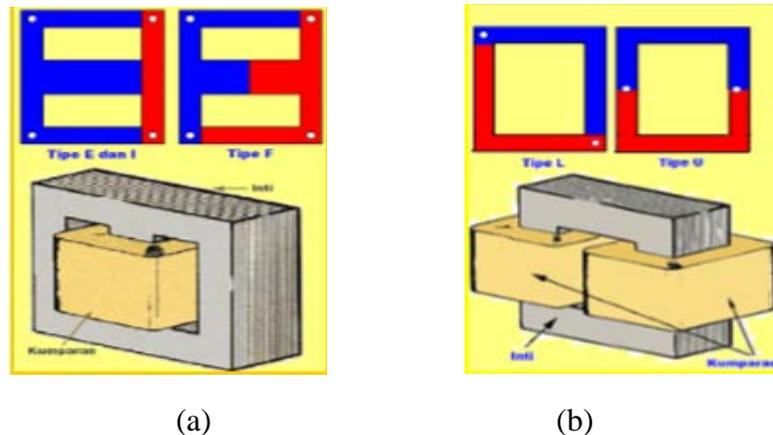
Secara konstruksinya transformator terdiri atas dua kumparan yaitu primer dan sekunder. Bila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, maka fluks bolak-balik akan terjadi pada kumparan sisi primer, kemudian fluks tersebut akan mengalir pada inti transformator, dan selanjutnya fluks ini akan mengimbas pada kumparan yang ada pada sisi sekunder yang mengakibatkan timbulnya fluks magnet di sisi sekunder, sehingga pada sisi sekunder akan timbul tegangan.



Gambar 2.15 Gambar fluks magnet transformator

Berdasarkan cara melilitkan kumparan pada inti, dikenal dua jenis transformator, yaitu tipe inti (*core type*) dan tipe cangkang (*shell type*). Pada transformator tipe inti Gambar 2.16(a), kumparan mengelilingi inti, dan pada umumnya inti transformator L atau U. Peletakkan kumparan pada inti diatur secara berhimpitan antara kumparan primer dengan sekunder. Dengan pertimbangan kompleksitas cara isolasi tegangan pada kumparan, biasanya sisi kumparan tinggi diletakkan di sebelah luar sedangkan pada transformator tipe cangkang Gambar 2.16(b) kumparan dikelilingi oleh inti, dan pada umumnya intinya berbentuk huruf E dan huruf I, atau huruf F. Untuk membentuk sebuah transformator tipe Inti

maupun Cangkang, inti dari transformator yang berbentuk huruf tersebut disusun secara berlapis-lapis (laminasi), jadi bukan berupa besi pejal.



Gambar 2.16 (a) Transformator tipe inti dan (b) Tipe cangkang

Tujuan utama penyusunan inti secara berlapis ini adalah untuk mengurangi kerugian energi akibat “*Eddy Current*” (arus pusar), dengan cara laminasi seperti ini maka ukuran jerat induksi yang berakibat terjadinya rugi energi di dalam inti bisa dikurangi. Proses penyusunan inti transformator biasanya dilakukan setelah proses pembuatan lilitan kumparan transformator pada rangka (koker) selesai dilakukan.

2.7 Penyebab Gangguan Transformator¹²

Pemeliharaan trafo distribusi bertujuan untuk mencegah kerusakan dan mengembalikan kepada keadaan yang normal dengan tetap memperhatikan faktor-faktor ekonomis. Ada beberapa gangguan/kegagalan pada trafo yang dapat menurunkan kinerja trafo sehingga perlu dilakukan pemeliharaan preventif untuk mencegah kerusakan pada trafo bahkan kemungkinan terburuk untuk mencegah supaya trafo tidak meledak.

¹² Thamrin, F. (2012). *Studi Inferensi Fuzzy Tsukamoto untuk Penentuan Faktor Pembebanan Trafo PLN*. Semarang: Universitas Diponegoro diterbitkan.

2.7.1. Kelebihan Beban (*Overload*) dan Beban Tidak Seimbang

Overload terjadi karena beban yang terpasang pada trafo melebihi kapasitas maksimum yang dapat dipikul trafo dimana arus beban melebihi arus beban penuh (*full load*) dari trafo. *Overload* akan menyebabkan trafo menjadi panas dan kawat tidak sanggup lagi menahan beban, sehingga timbul panas yang menyebabkan naiknya suhu lilitan tersebut. Kenaikan ini menyebabkan rusaknya isolasi lilitan pada kumparan trafo.

Ketidakseimbangan beban pada trafo distribusi selalu terjadi dan penyebab ketidakseimbangan tersebut adalah pada beban-beban satu fasa pada pelanggan jaringan tegangan rendah. Akibat ketidakseimbangan beban tersebut muncul arus di netral trafo. Arus yang mengalir di netral trafo ini menyebabkan terjadinya *losses* (rugi-rugi), yaitu *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah. Semakin besar ketidakseimbangan beban pada trafo tiang maka arus netral yang mengalir ke tanah (IG) dan *losses* trafo tiang semakin besar. Salah satu cara mengatasi *losses* arus netral adalah dengan membuat sama ukuran kawat netral dan fasa.

2.7.2. *Loss Contact* Pada Terminal Bushing

Gangguan ini terjadi pada *bushing* trafo yang disebabkan terdapat kelonggaran pada hubungan kawat fasa (kabel schoen) dengan terminal bushing. Hal ini mengakibatkan tidak stabilnya aliran listrik yang diterima oleh trafo distribusi dan dapat juga menimbulkan panas yang dapat menyebabkan kerusakan belitan trafo.

2.7.3 Isolator Bocor/*Bushing* Pecah

Gangguan akibat isolator bocor/*bushing* pecah dapat disebabkan oleh :

a) *Flash Over*

Flash Over dapat terjadi apabila muncul tegangan lebih pada jaringan distribusi seperti pada saat terjadi sambaran petir/surja hubung. Bila besar surja tegangan yang timbul menyamai atau melebihi ketahanan impuls isolator, maka kemungkinan akan terjadi *flash over* pada *bushing*. Pada sistem 20 KV, ketahanan

impuls isolator adalah 160 kV. *Flash over* menyebabkan loncatan busur api antara konduktor dengan bodi trafo sehingga mengakibatkan hubungan singkat fasa ke tanah.

b) Bushing Kotor

Kotoran pada permukaan *bushing* dapat menyebabkan terbentuknya lapisan penghantar di permukaan *bushing*. Kotoran ini dapat mengakibatkan jalannya arus melalui permukaan *bushing* sehingga mencapai body trafo. Umumnya kotoran ini tidak menjadi penghantar sampai endapan kotoran tersebut basah karena hujan/embun.

2.7.4 Faktor Daya Rendah

Faktor daya bisa dikatakan sebagai besaran yang menunjukkan seberapa efisien jaringan yang kita miliki dalam menyalurkan daya yang bisa kita manfaatkan. Faktor daya dibatasi dari 0 hingga 1, semakin tinggi faktor daya (mendekati 1) artinya semakin banyak daya tampak yang diberikan sumber bisa kita manfaatkan, sebaliknya semakin rendah faktor daya (mendekati 0) maka semakin sedikit daya yang bisa kita manfaatkan dari sejumlah daya tampak yang sama. semua peralatan listrik memiliki kapasitas maksimum penyaluran arus, apabila faktor daya rendah artinya walaupun arus yang mengalir di jaringan sudah maksimum namun kenyataan hanya porsi kecil saja yang bermanfaat bagi pemilik jaringan.

2.7.5 Jatuh Tegangan Pada Trafo

Susut tegangan atau yang biasa disebut jatuh tegangan adalah besarnya tegangan yang diakibatkan oleh arus yang mengalir pada suatu media yang mempunyai impedansi. Untuk sistem arus searah, besarnya susut tegangan sama dengan arus dikalikan resistansi hantaran tersebut, sedangkan pada saluran arus bolak-balik besarnya susut tegangan merupakan fungsi dari arus beban dan cosinus sudut impedansi dari beban. Pada jaring distribusi primer, susut tegangan dan rugi daya sebagian besar terjadi di saluran dan trafo.

Kapasitor pada sistem daya listrik menimbulkan daya reaktif, sehingga pemasangannya pada sistem distribusi menjadikan losses akibat aliran daya reaktif pada saluran dapat dikurangi sehingga kebutuhan arus menurun dan tegangan mengalami kenaikan. Beberapa faktor penyebab susut tegangan dan rugi daya pada trafo antara lain adalah tegangan sistem, faktor daya, pembebanan.

2.8 Transformator sisipan

Transformator Sisipan adalah transformator distribusi yang dipasang oleh PT PLN (Persero) guna membantu transformator distribusi yang sudah ada, yang mengalami pembebanan berlebih atau untuk memperbaiki keadaan dimana jaringan mengalami *drop* tegangan yang tinggi. Hal ini dengan cara memindahkan beban dari satu saluran kepada satu saluran yang berbeda dari transformator yang sudah ada ke transformator sisipan.

Beberapa faktor yang dipertimbangkan oleh PT.PLN untuk menambah transformator atau gardu sisipan adalah :

2.8.1 Trafo sebelumnya sudah overload¹²

Over load terjadi karena beban yang terpasang pada trafo melebihi kapasitas maksimum yang dapat dipikul trafo dimana arus beban melebihi arus beban penuh (*full load*) dari trafo. *Over load* akan menyebabkan trafo menjadi panas dan kawat tidak sanggup lagi menahan beban, sehingga timbul panas yang menyebabkan besarnya drop tegangan pada JTR

2.8.2 Beban trafo tidak seimbang

Selain karna beban trafo yang sudah overload, ketidak seimbangan beban antara fasa R,S,T juga mempengaruhi pertimbangan untuk pemasangan gardu sisipan. Hal tersebut dikarenakan beban yang tidak seimbang bisa mengakibatkan arus yang timbul pada penghantar netral. Dengan adanya arus pada penghantar netral maka akan mengakibatkan rugi-rugi (losses) pada trafo tersebut.

¹² Thamrin, F. (2012). *Studi Inferensi Fuzzy Tsukamoto untuk Penentuan Faktor Pembebanan Trafo PLN*. Semarang: Universitas Diponegoro diterbitkan.

2.8.3 Besarnya *drop* tegangan pada JTR

Menurut SPLN No. 72 tahun 1987 pasal 4 ayat 19 tentang Pengaturan tegangan dan turun tegangan, bahwa jatuh tegangan yang diperbolehkan pada transformator distribusi dibolehkan 3% dari tegangan kerja. Turun tegangan pada STR dibolehkan sampai 4% dari tegangan kerja.

2.9 Pembebanan transformator³

Untuk menghitung arus beban penuh (*full load*) dapat menggunakan rumus:

$$\bullet \text{ IFL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_{L-N}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

IFL = Arus beban penuh (A)

S = Daya transformator (kVA)

V_{L-N} = tegangan sisi sekunder transformator (V)

Menurut PT.PLN (Persero), transformator distribusi diusahakan agar tidak dibebani lebih dari 80 % atau dibawah 40 %. Jika melebihi atau kurang dari nilai tersebut transformator bisa dikatakan *overload* atau *underload*. Diusahakan agar trafo tidak dibebani keluar dari range tersebut. Bila beban trafo terlalu besar maka dilakukan penggantian trafo atau penyisipan trafo atau mutasi trafo. Rumus berikut dapat digunakan untuk melihat besar kapasitas trafo yang ada.

$$\bullet \text{ kVA beban terukur} = \frac{(I_R \times V_{R-N}) + (I_S \times V_{S-N}) + I_T \times V_{T-N}}{1000} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\bullet \text{ Persentase beban Transformator (\%)} = \frac{\text{kVA beban terukur}}{\text{kVA Trafo}} \times 100 \% \dots\dots(2.3)$$

³ Gassing, & Jaya, I. (2013). *Optimalisasi Pembebanan Transformator Distribusi dengan Penyeimbangan Beban*. Makassar.

Untuk menghitung seberapa besar ketidak seimbangan beban antar fasa dapat menggunakan rumus¹⁰ :

$$\bullet \text{ \%Ketidakseimbangan} = \frac{(|a-1|+|b-1|+|c-1|)}{3} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Apabila beban antar fasa seimbang maka besaran daya dapat dinyatakan sebagai berikut : $S = 3 \cdot [V_{L-N}] \cdot [I]$. atau $S = (a + b + c) \cdot [V_{L-N}] \cdot [I]$ karena $(a+b+c) = 3$

Dimana apabila beban antara fasa R, S dan T seimbang maka besaran arus fasa akan sama dengan rata-rata beban ketiga fasa. Maka, koefisien a, b dan c bisa didapatkan melalui persamaan berikut :

$$a = \frac{I_R}{I_{Rata-rata}} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$b = \frac{I_S}{I_{Rata-rata}} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$c = \frac{I_T}{I_{Rata-rata}} \dots\dots\dots(2.5)$$

2.10 Daya Listrik²

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Dalam sistem listrik AC atau arus bolak-balik ada tiga jenis daya yang dikenal, yaitu :

2.10.1 Daya Semu

Daya semu merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus yang melalui penghantar.

$$\text{Untuk 1 fasa : } S = V \times I \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\text{Untuk 3 fasa : } S = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

S = Daya semu (VA)

V = Tegangan antar saluran (Volt)

I = Arus saluran (Ampere)

¹⁰ Setiadji, J. S., Machmudsyah, T., & Isnanto, Y. (2008). *Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi*. Surabaya.

² Cekdin, C., & Barlian, T. (2013). *Transmisi Daya Listrik*. Yogyakarta: Andi Offset.

2.10.2 Daya Aktif

Daya aktif (daya nyata) merupakan daya listrik yang digunakan untuk keperluan menggerakkan mesin-mesin listrik atau peralatan lainnya. Daya aktif ini merupakan pembentukan dari besar tegangan yang kemudian dikalikan dengan besaran arus dan faktor dayanya.

$$\text{Untuk 1 fasa : } P = V \times I \times \cos \theta \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\text{Untuk 3 fasa : } P = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos \theta \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

P = Daya nyata (Watt)

V = Tegangan antar saluran (Volt)

I = Arus saluran (Ampere)

$\cos \theta$ = Faktor daya (standar PLN 0,85)

2.10.3 Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan hasil kali antara besarnya arus dan tegangan yang dipengaruhi oleh faktor daya.

$$\text{Untuk 1 fasa : } Q = V \times I \times \sin \theta \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\text{Untuk 3 fasa : } Q = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \sin \theta \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

Q = Daya reaktif (VAR)

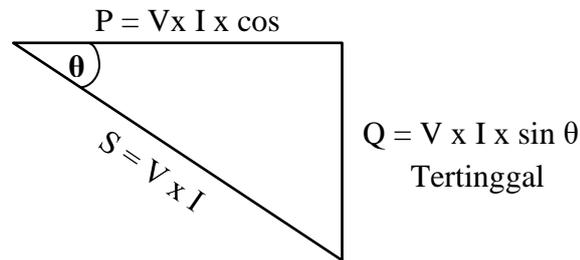
V = Tegangan antar saluran (Volt)

I = Arus saluran (Ampere)

$\sin \theta$ = Faktor daya (tergantung nilai θ)

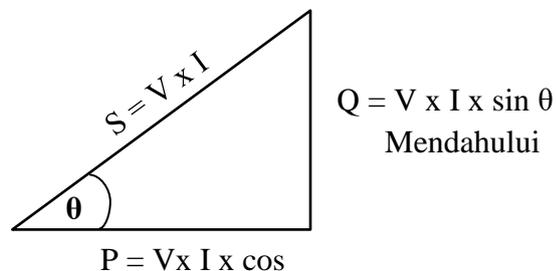
2.10.4 Segitiga Daya

Segitiga daya adalah sketsa dari daya semu, daya reaktif dan daya aktif. Gambar 2.12 adalah sketsa dari segitiga daya yang bersifat induktif dengan sudut antara daya semu dan daya aktif adalah θ .



Gambar 2.17 Segitiga daya yang bersifat Induktif

Gambar 2.13 sketsa dari segitiga daya yang bersifat kapasitif dengan sudut antara daya semu dan daya aktif adalah θ .



Gambar 2.18 Segitiga daya yang bersifat Kapasitif

2.11 Faktor Daya⁶

Faktor daya atau faktor kerja adalah perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu/daya total (VA), atau cosinus sudut antara daya aktif dan daya semu/daya total. Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah. Faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu.

Secara teoritis, jika seluruh beban daya yang dipasok oleh perusahaan listrik memiliki faktor daya satu, maka daya maksimum yang ditransfer setara dengan kapasitas sistem pendistribusian. Sehingga, dengan beban yang terinduksi dan jika faktor daya berkisar dari 0,2 hingga 0,5 maka kapasitas jaringan distribusi listrik menjadi tertekan. Jadi, daya reaktif (VAR) harus serendah mungkin untuk keluaran kW yang sama dalam rangka meminimalkan kebutuhan daya total (VA).

⁶ Kadir, A. (2000). *Distribusi dan Utilitas Tenaga Listrik*. Jakarta: UIP.

Faktor daya menggambarkan sudut fasa antara daya aktif dan daya semu. Faktor daya yang rendah merugikan karena mengakibatkan arus beban tinggi. Perbaikan faktor daya ini menggunakan kapasitor.

Dalam sistem tenaga listrik dikenal 3 jenis faktor daya yaitu faktor daya unity, faktor daya terbelakang (*lagging*) dan faktor daya terdahulu (*leading*) yang ditentukan oleh jenis beban yang ada pada sistem.

2.12 Resistansi Penghantar⁵

Resistansi adalah tahanan suatu penghantar baik itu pada saluran transmisi maupun distribusi yang menyebabkan kerugian daya. Maka besarnya resistansi pada jaringan listrik dapat dicari dengan menggunakan rumus persamaan berikut :

$$R = \rho \frac{l}{A} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana :

R = Resistansi (Ω)

l = Panjang kawat penghantar (m)

A = Luas penampang kawat (m^2)

ρ = Tahanan jenis (Ωm)

Tahanan penghantar mempunyai suhu maksimum yang telah distandarkan oleh pabrik pembuatnya (maksimum 30°C untuk Indonesia), perubahan suhu sebesar 1°C dapat menaikkan tahanan penghantar. Perubahan tahanan nilai tahanan ini disebut koefisien temperatur dari tahanan yang diberi simbol α , nilai α dapat dilihat pada tabel dibawah ini. Perubahan nilai tahanan terhadap suhu, dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$R_{t_2} = R_{t_1} [1 + \alpha t(t_2 - t_1)] \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana T_0 = Temperatur pada penghantar aluminium (°C)

$$R_{t_2} = R_{t_1} \cdot \frac{T_0 + t_2}{T_0 + t_1} \dots \dots \dots (2.14)$$

⁵ Hutaeruk, T. S. (1996). *Transmisi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga.

Dimana :

R_{t2} = resistan pada suhu t_2 (Ω / km)

R_{t1} = resistan pada suhu t_1 (Ω / km)

t_1 = suhu normal penghantar ($^{\circ}\text{C}$)

t_2 = suhu yang ditentukan ($^{\circ}\text{C}$)

T_0 = konstanta untuk penghantar tertentu

Nilai – nilai konstanta T_0 adalah sebagai berikut :

T_0 = 234,5 untuk tembaga 100% Cu

T_0 = 241 untuk tembaga 97% Cu

T_0 = 228 untuk aluminium 61% Al

2.13 Rugi Daya (*Power Losses*)⁹

Rugi daya saluran timbul karena adanya komponen resistansi dan reaktansi saluran dalam bentuk rugi daya aktif dan reaktif. Rugi daya aktif yang timbul pada komponen resistansi saluran distribusi akan terdisipasi dalam bentuk energi. Sedangkan rugi daya reaktif akan dikembalikan ke sistem dalam bentuk medan magnet atau medan listrik.

Besar rugi daya satu fasa dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\Delta P = I^2 \times R \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan :

ΔP = Rugi daya pada saluran (Watt)

I = Arus beban pada saluran (Ampere)

R = Resistansi saluran (Ohm)

Untuk rugi-rugi daya pada saluran tiga fasa dinyatakan dengan persamaan :

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times R \dots \dots \dots (2.16)$$

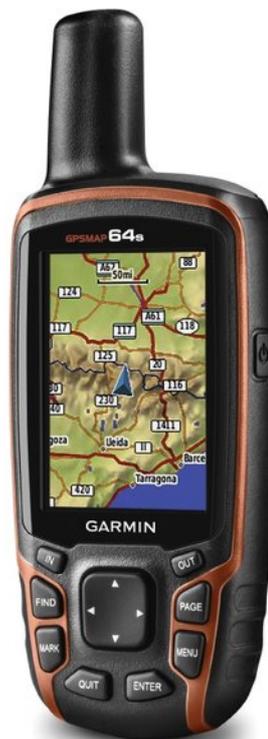
⁹ Sarimun, W. (2014). *Buku Saku Pelayanan Teknik*. Depok: Garamond.

2.14 Global Positioning System (GPS)

Pengertian GPS adalah sistem untuk menentukan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyelarasan sinyal satelit.

Pengertian GPS adalah sistem navigasi yang menggunakan satelit yang didesain agar dapat menyediakan posisi secara instan, kecepatan dan informasi waktu di hampir semua tempat di muka bumi, setiap saat dan dalam kondisi cuaca apapun.

Sedangkan alat untuk menerima sinyal satelit yang dapat digunakan oleh pengguna secara umum dinamakan GPS Tracker atau GPS Tracking, dengan menggunakan alat ini maka dimungkinkan user dapat melacak posisi kendaraan, armada ataupun mobil dalam keadaan Real-Time.



Gambar 2.19 GPS Garmin 64s

2.14.1 Cara Kerja GPS

Bagian yang paling penting dalam sistem navigasi GPS adalah beberapa satelit yang berada di orbit bumi atau yang sering kita sebut di ruang angkasa. Satelit GPS saat ini berjumlah 24 unit yang semuanya dapat memancarkan sinyal

ke bumi yang lalu dapat ditangkap oleh alat penerima sinyal tersebut atau GPS Tracker. Selain satelit terdapat 2 sistem lain yang saling berhubungan, sehingga jadilah 3 bagian penting dalam sistem GPS. Ketiga bagian tersebut terdiri dari: GPS Control Segment (bagian kontrol), GPS Space Segment (bagian angkasa), dan GPS User Segment (bagian pengguna).

2.14.2 Fungsi dan Kegunaan GPS

Untuk apa tujuan Amerika Serikat membuat sistem GPS yang notabene telah memakan biaya sangat besar untuk biasa pembuatan, pengoperasian dan perawatan. Tentunya bukan tanpa manfaat, ada banyak manfaat yang bisa didapatkan dari sistem navigasi GPS bagi masyarakat seluruh dunia dan khususnya bagi pemerintah Amerika Serikat itu sendiri. Beberapa fungsi dan kegunaan GPS tersebut bisa dibagi kepada 5 poin, yaitu:

1. GPS untuk Militer

GPS dapat dimanfaatkan untuk mendukung sistem pertahanan militer. Lebih jauh dari itu bisa memantau pergerakan musuh saat terjadi peperangan, juga bisa menjadi penuntun arah jatuhnya bom sehingga bisa lebih tertarget.

2. GPS untuk Navigasi

Dalam kebutuhan berkendara sistem GPS pun sangat membantu, dengan adanya GPS Tracker terpasang pada kendaraan maka akan membuat perjalanan semakin nyaman karena arah dan tujuan jalan bisa diketahui setelah GPS mengirim posisi kendaraan kita yang diterjemahkan ke dalam bentuk peta digital.

3. GPS untuk Sistem Informasi Geografis

GPS sering juga digunakan untuk keperluan sistem informasi geografis, seperti untuk pembuatan peta, mengukur jarak perbatasan, atau bisa dijadikan sebagai referensi pengukuran suatu wilayah.

4. GPS untuk Sistem Pelacakan Kendaraan

Fungsi ini hampir sama dengan navigasi, jika dalam navigasi menggunakan perangkat penerima sinyal GPS berikut penampil titik koordinatnya dalam satu perangkat, sedangkan untuk kebutuhan sistem pelacakan adalah alat penampil dan penerima sinyal berbeda lokasi. Contohnya kita bisa mengetahui lokasi kendaraan yang hilang dengan melihat titik kordinat yang dihasilkan dari alat yang terpasang dalam kendaraan tersebut, untuk melihatnya bisa melalui media smartphone atau alat khusus lainnya.

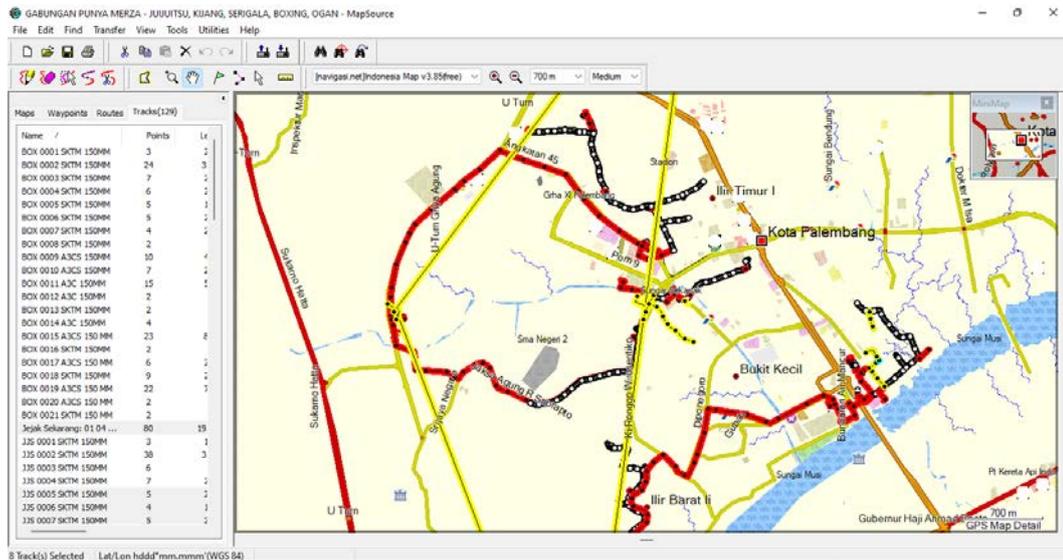
5. GPS untuk Pemantau Gempa

Saat ini teknologi GPS yang terus ditingkatkan menghasilkan tingkat ketelitian dan keakuratan yang sangat tinggi sehingga GPS dapat dimanfaatkan untuk memantau pergerakan tanah di bumi. Dengan hal itu maka para pakar Geologi dapat memperkirakan kemungkinan terjadinya gempa di suatu wilayah.

2.15 Aplikasi GPS *Mapsource*⁴

MapSource adalah perangkat lunak Sistem Informasi Geografi (SIG) yang diproduksi oleh Garmin Corp. *MapSource* umumnya sepaket dengan pembelian produk GPS dari Garmin. *MapSource* digunakan untuk mengolah data dari alat receiver satelit GPS merk Garmin untuk diintegrasikan ke perangkat lunak atau perangkat keras lainnya.

⁴ Guntara. (2018). *MapSource: Aplikasi SIG untuk GPS*. Retrieved from <https://www.guntara.com/2014/07/mapsorce-aplikasi-sig-untuk-gps.html>



Gambar 2.20 Tampilan Aplikasi Mapsource

MapSource sangat mendukung kinerja dari GPS, yaitu sebagai media transfer data sehingga data dari GPS dapat diolah lebih lanjut. Data dari GPS tersebut ditransfer atau diunduh dari GPS dengan menggunakan USB yang dihubungkan dengan komputer. Terdapat empat macam data yang dapat diunduh dari GPS yaitu waypoint, track, routes dan map.

GPS menghasilkan data spasial berupa titik, garis dan poligon. Data-data menyangkut lokasi seperti lokasi infrastruktur seperti jembatan, gardu listrik, lokasi pusat pemerintahan mulai dari desa sampai ke provinsi, lokasi pusat pelayanan seperti puskesmas. Pada survei untuk fitur garis dilakukan pada survei jalan, sungai atau juga perencanaan untuk saluran air dan batas wilayah dengan menggunakan GPS. Sementara data poligon atau area dapat dilakukan pada survei untuk landuse, survei untuk perencanaan wilayah lindung dan banyak lagi.

Kemudahan teknologi menjadi faktor penunjang lainnya sehingga penggunaan GPS menjadi pilihan yang paling mudah dalam mengambil data GPS. Saat ini GPS terkoneksi dengan software GIS sehingga bisa mempermudah pengolahan data dari GPS untuk langsung menjadi data digital peta dalam software GIS. Setelah data GPS dikonversi dalam peta digital, langkah selanjutnya adalah menambahkan database sebanyak mungkin yang dilakukan dengan menggunakan survei. Fitur-fitur MapSource sebagai berikut:



1. Back up data yang penting dari perangkat GPS Garmin.
2. Merencanakan rute dari komputer, bukan pada perangkat.
3. Membuat, melihat, dan mengubah titik arah, rute, dan trek.
4. Transfer titik arah, rute dan trek antara komputer dan perangkat.
5. Mentransfer peta yang dipilih dari komputer ke perangkat.
6. Mencari item, alamat, dan tempat menarik dalam data peta.
7. Dapat melihat peta secara rinci dan detail pada layar komputer.