

BAB II

LANDASAN TEORI DAN KERANGKA BERPIKIR

2.1. Kerangka Teori

2.1.1 Pengertian Pemetaan

Dalam kamus bahasa Indonesia pemetaan atau visualisasi adalah pengungkapan suatu gagasan atau perasaan dengan menggunakan gambar, tulisan, peta, dan grafik. Sementara itu Spasser mengatakan bahwa “peta adalah alat relasi (*relational tools*) yang menyediakan informasi antar hubungan entitas yang dipetakan¹,”

Didefinisi sebagai proses penggambaran masyarakat yang sistematis serta melibatkan pengumpulan data dan informasi mengenai masyarakat termasuk di dalamnya profil dan masalah sosial yang ada pada masyarakat tersebut, pemetaan yang dirumuskan dalam kamus bahasa Indonesia menekankan ungkapan perasaan dalam bentuk gambar, tulisan, peta, dan grafik. Definisi ini menekankan produk atau *output* dari peta.

Sehingga dapat dinyatakan bahwa pemetaan merupakan sebuah proses yang memungkinkan seseorang mengenali elemen pengetahuan serta konfigurasi, dinamika, ketergantungan timbal balik dan interaksinya. Pemetaan pengetahuan digunakan untuk

¹Universitas Sumatra Utara, “Chaper II Tinjauan Literatur”,
<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/37713/4/Chapter%20II.pdf>, Pada tanggal 25 Juli 2014 pukul 20.07

Keperluan manajemen teknologi, mencakup definisi program penelitian, keputusan menyangkut aktivitas yang berkaitan dengan teknologi, disain, struktur berbasis pengetahuan serta pemrograman pendidikan dan pelatihan. Output dari kegiatan pemetaan adalah gambar, tulisan, peta, dan grafik yang menunjukkan hubungan antar elemen pengetahuan.

Fungsi pemetaan secara umum dapat di kaitkan dengan berbagai macam kepentingan antara lain: Bidang Pemerintahan, Bidang Hankam, Bidang Politik, Bidang Ekonomi, Bidang Sosial, Bidang Budaya dan lain-lainnya. Dalam hal pembuatan peta yang standar sesuai dengan kebutuhan harus memperhatikan sebagai berikut:

1. Menetapkan kebijakan teknis dan langkah-langkah pemetaan batas wilayah/areal yang bersebelahan.
2. Melaksanakan pemetaan sesuai metodologi pemetaan yang standar dan menggambarkan peta sesuai teknis pemetaan.

2.1.2. Pengertian Analisa

Pengertian analisa Analisis bisa di artikan sebagai kajian yang dilaksanakan terhadap sebuah bahasa guna meneliti struktur bahasa tersebut secara mendalam. Sedangkan pada kegiatan laboratorium, kata analisa atau analisis dapat juga berarti kegiatan yang dilakukan di laboratorium untuk memeriksa kandungan suatu zat dalam cuplikan.

Sedangkan dalam kamus besar Ekonomi Pengertian Analisis yaitu melakukan evaluasi terhadap kondisi dari pos-pos atau ayat-ayat yang berkaitan dengan akuntansi dan alasan-alasan yang memungkinkan tentang perbedaan yang muncul, Berikut ini adalah Pengertian Analisis Menurut para Ahli:²

Menurut Dwi Prastowo Darminto dan Rifka Julianty kata analisis diartikan sebagai penguraian suatu pokok atas berbagai bagiannya dan penelaahan bagian itu sendiri, serta hubungan antara bagian untuk memperoleh pengertian yang tepat dan pemahaman arti keseluruhan.

Sedangkan Wiradi Analisis adalah aktivitas yang memuat sejumlah kegiatan seperti mengurai, membedakan, memilah sesuatu untuk di golongankan dan di kelompokkan kembali menurut kriteria tertentu kemudian dicari kaitannya dan ditaksir maknanya.

Menurut Komaruddin Analisis adalah kegiatan berfikir untuk menguraikan suatu keseluruhan menjadi komponen sehingga dapat mengenal tanda-tanda komponen, hubungannya satu sama lain dan fungsi masing-masing dalam satu keseluruhan yang terpadu

Bedasarkan pengertian di atas disimpulkan bahwa analisis merupakan kegiatan memperhatikan, mengamati dan memecahkan sesuatu (mencari jalan keluar) yang dilakukan seseorang.

²LestariCitra,"Pengertian Analisis",di akses dari<http://pengertianbahasa.blogspot.com/2013/02/pengertian-analisis.html>, pada tanggal 21 juni 2013 pukul 19.46

Definisi analisis pemetaan adalah kegiatan pengumpulan data dan informasi mengenai penelitian yang dilakukan dengan memperhatikan, mengamati dan memecahkan suatu objek yang di teliti.

2.1.3 Pengertian Gardu Distribusi

Gardu distribusi tenaga listrik adalah suatu bangunan gardu listrik yang dipasok dengan tegangan menengah 20 KV dari saluran kabel tegangan menengah atau saluran udara tegangan menengah, 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 220/380 V)³. Konstruksi gardu dirancang berdasarkan optimalisasi biaya terhadap maksud dan tujuan penggunaannya harus disesuaikan dengan peraturan PEMDA setempat.

Transformator distribusi digunakan untuk menurunkan tegangan listrik dari jaringan distribusi tegangan menengah menjadi tegangan rendah (*step down* transformator); misalkan tegangan 20 KV menjadi tegangan 380 volt atau 220 volt.

Secara garis besar gardu distribusi dibedakan atas :

Jenis pemasangannya :

³Wahyudi Sairumun , *Buku Saku Pelayanan Teknik Edisi kedua*,(Jakarta; Garamond) h.40

1. Gardu pasangan luar : (Gardu Portal, Gardu Cantol)
2. Gardu pasangan dalam : (Gardu Beton, Gardu Kios)

Jenis Konstruksinya :

1. Gardu Beton (bangunan sipil : batu, beton)
2. Gardu Tiang : Gardu Portal dan Gardu Cantol
3. Gardu Kios

Jenis Penggunaannya :

1. Gardu Pelanggan Umum (daya < 200 Kva) dengan kapasitas trafo distribusi/tenaga yang terpasang di gardu distribusi 50 kVA sampai dengan 1000 kVA
2. Gardu Pelanggan Khusus (daya > 200 kVA) dengan langganan TM/TM/TM atau TM/TM/TR atau TM/TR/TR yang dilengkapi trafo industri.

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.⁴

⁴ Buku 4, *Standar Kontruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*. (Jakarta; Standar PT. PLN Persero, 2007) h.1

2.1.4 Macam-macam Gardu Distribusi

1. Gardu Beton



Gambar 2.1 gardu beton

Sumber : PT PLN (Persero)

Sesuai dengan namanya maka gardu ini terbuat dari beton. *Type* dari bangunan ini bermacam-macam sesuai dengan lokasi dan kebutuhan. Kapasitas transformator yang dipasang pada gardu ini dapat lebih besar dibandingkan dengan gardu-gardu lainnya.

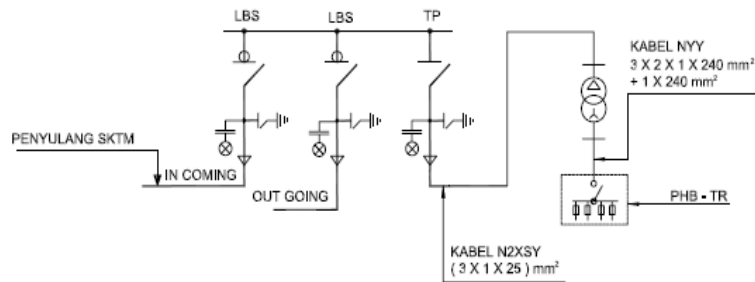
Jumlah Trafo yang dapat ditampung dalam gardu ini dapat lebih dari 1 buah, dimana hal ini bergantung dari kebutuhan dan lokasi yang ada. Kapasitas trafo yang paling besar untuk gardu ini adalah 400 kVA s/d 630 kVA tetapi ada pula tempat-tempat tertentu trafo mencapai 1000 kVA. Oleh karena kemampuannya yang cukup besar maka pembangunan gardu ini biasanya dilaksanakan pada daerah-daerah yang mempunyai kepadatan lebih besar/daerah kawasan industri.

Pada gardu beton jenis yang lama biasanya ruangan tegangan menengah, ruangan trafo dan ruangan tegangan rendah dipisahkan oleh tembok atau teralis kawat. Jenis gardu ini biasanya disebut jenis *Open Type*. Sedangkan bangunan beton yang baru sekat-sekat tak ada di mungkinkan karena instalasi tegangan menengah ada dalam kontak yang tertutup yang biasanya disebut cubikel sehingga lebih aman dan mudah dalam pengoprasian dan hemat tempat.

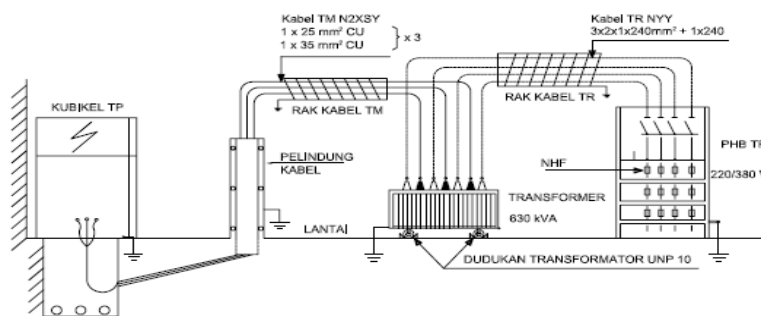
Karena peralatan tegangan menengah berada didalam *cubikel* maka gardu beton ini gardu beton *Close type*.

Perlengkapan yang ada pada gardu ini antara lain :

1. *Cubikel*
2. Trafo (transformator)
3. Rak tegangan tendah (PHB-TR)
4. Dan lain-lain



Gambar 2.2 Diaram garis tunggal gardu beton



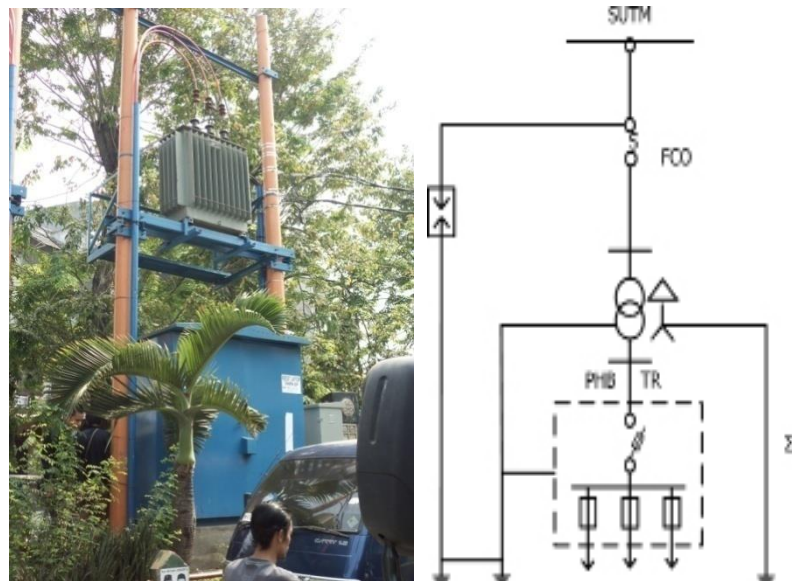
Gambar 2.3 Konstruksi gardu beton

Sumber : Buku 4 PLN

Dari gambar 2.1 ; 2.2 dan 2.3 dapat dijabarkan sistem kerjanya adalah sebagai berikut:

- Terlihat dari *single* diagram pada Gardu GI Marunda bahwa penyulang SKTM pada *incoming* atau masukan pada Gardu A masuk ke Gardu B dan penyulang SKTM *outgoing* atau keluaran ke Gardu C.
- Ketika terjadi gangguan pada Gardu A, maka *incoming* atau LBS Gardu A dikeluarkan atau terputus. Sehingga masuk melalui Gardu C.
- Kubikel sisi konsumen atau TP masukan dari kubikel *incoming* ke trafo *step down* sisi primer melalui sisi sekunder ke PHB TR arah konsumen.

2. Gardu Portal



Gambar 2.4 Gardu Tiang Tipe portal dan diagram 1 garis
Sumber ; PT PLN (Persero) area Cempaka Putih

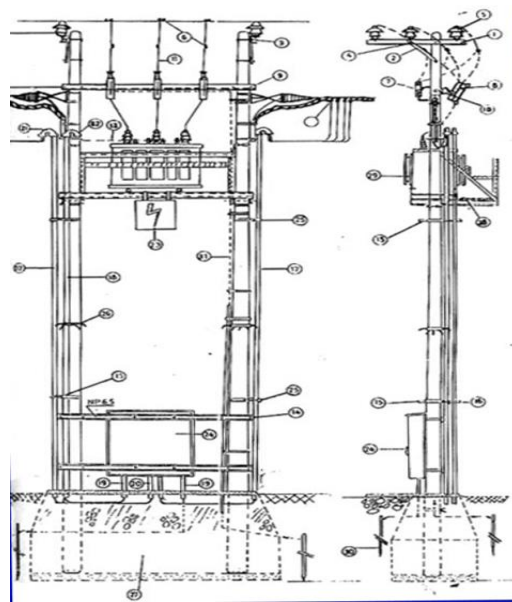
Gardu portal adalah gardu trafo yang secara keseluruhan instalasinya dipasang pada 2 buah tiang atau lebih. Umumnya gardu portal dipergunakan dengan penghantar saluran udara tegangan menengah (SUTM). Kapasitas trafo ; 100, 250, 315, dan 400 kVA kead air. Pemasangan gardu ini harus dilengkapi *fuse* (pengaman trafo sisi TM), arrester = 24 KV, 5 Ka atau 10 kA dan pembumian ($<3 \Omega$)⁵.

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.

⁵ Log.cit.

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.



Gambar 2.5 Konstruksi Gardu Portal

Sumber ; buku 4 PLN

Pada gambar 2.5 adalah sebuah gambar konstruksi gardu portal, pada umumnya gardu portal dipergunakan dengan penghantar saluran udara tegangan menengah (SUTM). Trafo yang dipergunakan pun terbatas yaitu dengan kapasitas daya 100, 250, 315 dan 400 KVA Kedap air.⁶ Penggunaan trafo yang terbatas dikarenakan kapasitas berat trafo yang relatif tinggi sehingga tidak memungkinkan menempatkan trafo berkapasitas besar diatas tiang berketinggian ± 5 meter di atas tanah, sehingga gardu ini tidak dapat melayani konsumen sebanyak gardu beton.

Terbatasnya ruang menjadi faktor utama pihak PLN membuat gardu portal ini, Sebuah gardu distribusi tiang tipe portal perlu dilengkapi *fuse* (pengaman trafo sisi TM) dan

⁶Ibid., hlm 38

panel distribusi tegangan rendah yang terletak di bagian bawah tiang (tengah). Gardu portal adalah gardu listrik tipe terbuka (*outdoor*) yang memakai konstruksi tiang/menara kedudukan transformator minimal 3 meter diatas *platform*.

3. Gardu Cantol

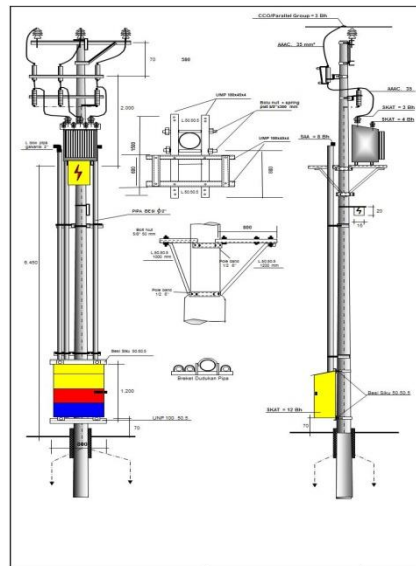


Gambar 2.6 Gardu cantol

Sumber : Buku 4 PLN

Gardu Cantol adalah Gardu Distribusi dengan konstruksi transformator dicantolkan pada tiang tunggal. Kapasitas transformator sebesar-besarnya 50 kVA dengan jenis CSP (*Completely Self Protected*) transformator. Namun transformator tetap harus dilengkapi dengan *Lightning Arrester*. Terdapat 2 macam transformator cantol yaitu Transformator fasa dua Transformator fasa satu⁷.

⁷Buku 1 PLN, *Kriteria Disain Enjinerig Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*, (Jakarta Selatan; standar PT PLN persero. 2010) h.7.9



Gambar 2.7 Konstruksi Gardu cantol⁸

Gardu cantol merupakan gardu distribusi yang secara keseluruhan instalasinya dipasang pada satu tiang. 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 dihubung langsung dengan badan transformator. Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) maksimum 2 jurusan dengan saklar pemisah pada sisi

⁸Sumber : <http://cvaristonkupang.com/2013/03/09/gardu-cantol.html>, pada tanggal 17 juni 2014 pukul 09.45

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.

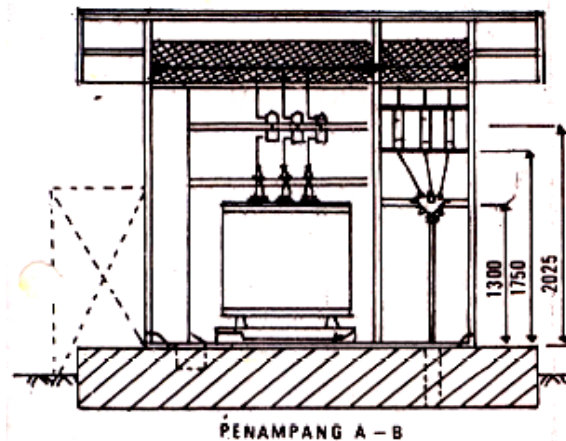
Kapasitas Gardu Tiang lebih kecil dibandingkan dengan Gardu Beton maupun Gardu *Metal Clad*. Kapasitas Gardu Tiang biasanya dibatasi sampai 250 kVA. Pembangunan Gardu Tiang lebih cepat, mudah dan biayanya lebih murah dibandingkan Gardu Beton dan Gardu *Metal Clad*.

4. Gardu *Metal Clad* (Gardu Besi)

Gardu kios adalah gardu yang bangunan keseluruhannya terbuat dari plat besi dengan konstruksi seperti 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 selengkapnya di pabrik, sehingga dapat langsung di

angkut kelokasi dan di sambungkan pada sistem distribusi yang sudah ada untuk di fungsikan sesuai tujuannya.



Gambar 2.8 Gardu Besi

Sumber : Buku 4 PLN

Konstruksi gardu *metal clad* atau yang sering disebut gardu kios/gardu besi sama dengan yang sering disebut gardu tembok atau yang lebih dikenal dengan nama gardu beton, namun dengan dimensi yang lebih *compact*, termasuk sistem pembumiannya. Pada gardu jenis ini kubikel yang dipakai adalah jenis *Ring Main Unit* (RMU), dengan kapasitas transformator tidak lebih dari 400 kVA dan dengan 4 buah jurusan (*outlet*) tegangan rendah.

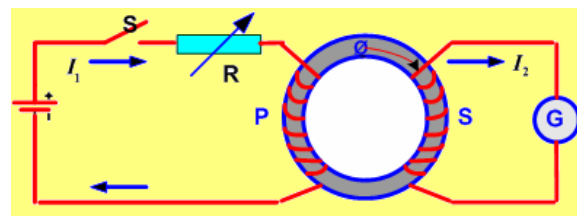
2.1.5. Komponen Utama Konstruksi Gardu Distribusi

1 Transformator Satu fase

Dalam suatu eksperimennya Michael Faraday dengan menggunakan bahan-bahan berupa sebuah coil, magnet batang dan galvanometer dapat membuktikan bahwa bila kita mendorong medan magnet batang ke dalam coil tersebut, dengan kutub utaranya menghadap coil tersebut, ketika batang magnet sedang bergerak, jarum galvanometer memperlihatkan penyimpangan yang menunjukkan bahwa sebuah arus telah dihasilkan dalam coil tersebut.

Bila batang magnet tersebut digerakkan dengan arah sebaliknya maka arah penunjukkan pada galvanometer arahnya pun berlawanan yang menunjukkan bahwa arus yang terjadi berlawanan juga. Jadi yang terjadi adalah apa yang disebut arus imbas yang dihasilkan oleh tegangan gerak listrik imbas.

Dalam percobaan lainnya Michael Faraday menggunakan sebuah cincin yang terbuat dari besi lunak tersebut dililit dengan kawat tembaga berisolasi.



Gambar 2.9 Percobaan Induksi

Sumber : Buku Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3

Bila saklar (S) ditutup, maka akan terjadi rangkaian

tertutup pada sisi primer demikian arus I_1 akan mengalir pada rangkaian sisi primer tersebut, sedangkan pada lilitan sekunder tidak ada arus yang mengalir. Tetapi bila saklar (S) ditutup dan dibuka secara bergantian maka jarum galvanometer akan memperlihatkan adanya penyimpangan yang arahnya berubah-ubah ke kiri dan ke kanan. Perubahan arah penunjukan jarum galvanometer ini disebabkan adanya tegangan induksi pada lilitan sekunder, sehingga I_2 mengalir melalui galvanometer.

2. Transformator Distribusi Fase 3



Gambar 2.10 Transformator Distribusi Fase 3

Sumber : PT PLN (Persero)

Sebuah transformator tiga fasa secara prinsip sama dengan sebuah transformator satu fasa, perbedaan yang paling mendasar adalah pada sistem kelistrikannya yaitu sistem satu fasa dan tiga fasa. Sehingga sebuah transformator tiga fasa bisa dihubung bintang, segitiga atau zig-zag.

Transformator tiga fasa banyak digunakan pada sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik karena pertimbangan

ekonomis. Transformator tiga fasa banyak sekali mengurangi berat dan lebar kerangka, sehingga harganya dapat dikurangi bila dibandingkan dengan penggabungan tiga buah transformator satu fasa dengan “*rating*” daya yang sama.

Tetapi transformator tiga fasa juga mempunyai kekurangan, diantaranya bila salah satu fasa mengalami kerusakan, maka seluruh transformator harus dipindahkan (diganti), tetapi bila transformator terdiri dari tiga buah transformator satu fasa, bila salah satu fasa mengalami kerusakan. Sistem masih bisa dioperasikan dengan sistem “*open delta*”.

Trafo distribusi yang digunakan di Indonesia saat ini pada umumnya adalah trafo produksi dalam negeri. Ada lima pabrik trafo di Indonesia yaitu: PT. UNINDO, PT. TRAFINDO dan PT. ASATA di Jakarta; PT. MURAWA di Medan : PT. Bambang Djaja di Surabaya. Ditinjau dari jumlah fasanya trafo distribusi ada dua macam, yaitu trafo satu fasa dan trafo tiga fasa. Trafo tiga fasa mempunyai dua tipe yaitu tipe tegangan sekunder ganda dan tipe tegangan sekunder tunggal. Sedang trafo satu fasa juga mempunyai dua tipe yaitu tipe satu kumparan sekunder dan tipe dua kumparan sekunder saling bergantung, yang di kenal dengan trafo tipe "NEW JEC".

Transformator gardu pasangan luar dilengkapi *bushing* Tegangan Menengah isolator keramik. Sedangkan Transformator gardu pasangan dalam dilengkapi *bushing* Tegangan Menengah isolator keramik atau menggunakan isolator *plug-in premoulded*.

3. Konstruksi Transformator



Gambar 2.11 bagian-bagian Transformator
Sumber : Buku Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3

Secara umum sebuah transformator tiga fasa mempunyai konstruksi hampir sama, yang membedakannya adalah alat bantu dan sistem pengamanannya tergantung pada letak pemasangan, sistem pendinginan, pengoprasian, fungsi dan pemakaiannya.⁹ Bagian utama pada sebuah transformator daya adalah:

⁹Sumardjati. prih, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3*, (Jakarta; Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan) hlm. 369

a. Bushing



Gambar 2.12 Bushing transformator
Sumber : PT PLN (Persero)

Bushing merupakan salah satu komponen pada transformator sebagai tempat penghubung antara transformator dengan jaringan luar. Bushing terbuat dari porselin, dimana porselin ini berfungsi sebagai penyekat antara konduktor (penghantar yang bertegangan) dengan tangki transformator, Isolator juga berfungsi sebagai penyekat antara konduktor dengan tangki transformator.

Menurut standar yang dikeluarkan oleh ANSI dan IEEE tidak terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara temperatur yang diperbolehkan dalam operasi bushing maupun transformator. Standar *bushing* C57.1900 menyatakan bahwa minyak transformator tidak boleh melebihi rata-rata 95°C dalam waktu 24 jam. Sedangkan untuk standar transformator C57.1200 menyatakan bahwa suhu rata-rata lingkungan 30°C dan rata-rata kenaikan suhu belitan transformator tidak lebih dari 65°C . Hal ini berarti bahwa suhu minyak transformator bagian atas hanya

diperbolehkan rata-rata mencapai suhu 95°C dan dapat mencapai maksimum pada suhu 105°C.

1. Suhu ambient udara tidak di atas 40°C atau dibawah -30°C.
2. Suhu isolasi minyak transformator di mana ujung bawah bushing terbenam dan permukaan mounting bushing tidak melebihi rata-rata 95°C selama periode 24 jam.¹⁰
3. Pendingin suhu udara terbatas ketika berpendingin udara, suhu udara pendingin (suhu ruang) tidak boleh melebihi 40°C, dan suhu udara rata-rata pendinginan untuk setiap periode 24 jam tidak boleh melebihi 30°C.
4. Rata-rata kenaikan suhu belitan bagian atas tidak boleh melebihi 65°C ketika diuji sesuai dengan C57.12.90-1999.
5. Batas atas suhu isolasi cair pada transformator harus cocok beroperasi pada rentang temperatur dari -20°C sampai 105°C, asalkan tingkat cair telah benar disesuaikan dengan tingkat 25°C.

Tentunya ada beberapa jenis *bushing* yang memiliki standard kemampuan tahanan terhadap suhu yang lebih tinggi sesuai dengan spesifikasi yang diberikan.

¹⁰Farouq Ramadhan, *Monitoring Partial Discharge Pada Bushing Transformator*, Depok, 2011, hlm. 39.

b. Sistem Pendinginan/sirip-sirip pendingin

Dalam memilih transformator kita harus mengetahui system pendinginan yang digunakan transformator tersebut. Berfungsi untuk memperluas daerah pendinginan, yaitu daerah berhubungan langsung dengan udara luar dan sebagai tempat terjadinya sirkulasi panas.

c. Peralatan Proteksi

Transformator Distribusi yang digunakan harus memiliki peralatan proteksi.

d. Indikator

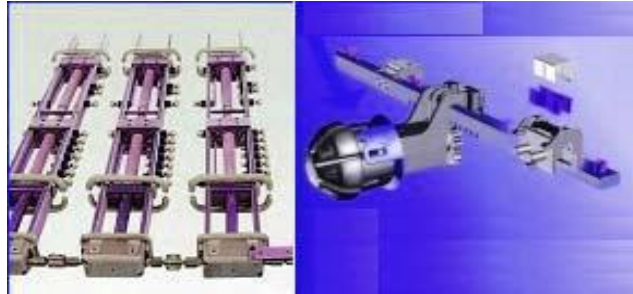


Gambar 2.13 Indikator Temperatur

Sumber : Buku Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3

Indikator dalam transformator digunakan untuk mengetahui tinggi dari permukaan minyak dan *temperature* / suhu minyak.

e. *Tap Changer*



Gambar 2.14 *Tap Changer*

Sumber : Buku Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3

Tap Changer adalah perubahan tegangan dari satu tegangan ke tegangan lain dilakukan dalam keadaan tanpa beban (tegangan off) dan dilakukan secara manual melalui sebuah tuas.

f. Plat nama

Plat nama yang terdapat pada bagian luar transformator sebagai pedoman saat pemasangan maupun perbaikan. Data-data yang dicantumkan seperti : fasa dan frekuensi, daya nominal, tegangan primer/sekunder, kelompok hubungan, arus nominal, % arus hubung.

g. Spesifikasi Teknis Transformator

Untuk pemilihan transformator perlu melihat spesifikasi teknisnya, apakah transformator tersebut *Step Up* atau transformator *Step Down* Dari spesifikasi tersebut kita akan mengetahui:

1. *Type*

2. Standar menurut IEC dan SPLN

3. *Rating*

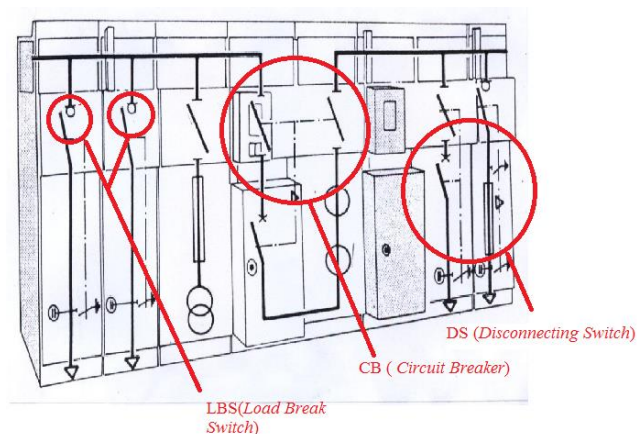
4. Vektor grup

5. Sifat kelistrikan

6. Berat dan dimensi

4 PHB sisi Tegangan Menengah (PHB-TM)

Berikut ini adalah Komponen Utama PHB-TM yang sudah terpasang/terangkai secara lengkap yang lazim disebut dengan Kubikel-TM, yaitu :



Gambar : 2.15 kubikel TM

Sumber : Buku Saku Yantek

1. Pemisah – *Disconnecting Switch* (DS)

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

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

Berfungsi sebagai pemutus atau 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. Untuk pengoperasian jarak jauh (*remote control*), *Remote Terminal Unit* (RTU) harus dilengkapi catu daya penggerak.

3. 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 diatas sudah terakit dalam kompartemen kompak (lengkap), yang sering disebut Kubikel Pembatas Beban Pelanggan.

4. LBS - TP (*Transformer Protection*)



Gambar 2.16 Kubikel *Ring Main Unit* (RMU)

Sumber : Buku 4 PLN

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. Untuk gardu kompak, komponen proteksi dan LBS dapat saja sudah terangkai sebagai satu kesatuan, dan disebut *Ring Main Unit (RMU)*.

5. PHB sisi Tegangan Rendah (PHB-TR)



Gambar 2.17 Papan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR)
Sumber: PT. PLN (Persero)

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.

PHB-TR Berfungsi sebagai pembagi aliran listrik ke pelanggan dan di proteksi oleh *Fuse HRC*. *LV Board / Rak*

Tegangan Rendah adalah kontak panel pembagi arus pemakaian untuk pelanggan di sisi SUTR¹¹.

Secara umum PHB TR sesuai SPLN 118-3-1-1996, untuk pasangan dalam adalah jenis terbuka. Rak TR pasangan dalam untuk gardu distribusi beton¹². PHB jenis terbuka adalah suatu rakitan PHB yang terdiri dari susunan penyangga peralatan proteksi dan peralatan Hubung Bagi dengan seluruh bagian-bagian yang bertegangan, terpasang tanpa isolasi. Jumlah jurusan per transformator atau gardu distribusi sebanyak-banyaknya 8 jurusan, disesuaikan dengan besar daya transformator dan Kemampuan Hantar Arus (KHA) Penghantar JTR yang digunakan. Pada PHB-TR harus dicantumkan diagram satu garis, arus pengenal gawai proteksi dan kendali serta nama jurusan JTR.

Sebagai peralatan sakelar utama saluran masuk PHB-TR, dipasangkan Pemutus Beban (LBS) atau NFB (*No Fused Breaker*). Pengaman arus lebih (*Over Current*) jurusan disisi Tegangan Rendah pada PHB-TR dibedakan atas:

a. *No Fused Breaker* (NFB)

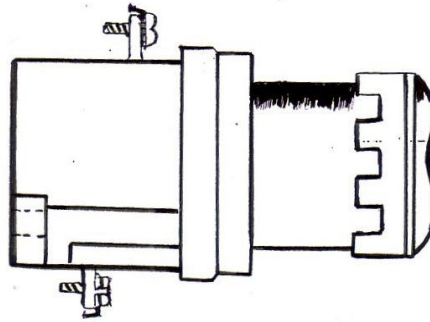
No Fused Breaker adalah breaker/pemutus dengan sensor arus, apabila ada arus yang melewati peralatan tersebut melebihi kapasitas breaker, maka sistem magnetik dan *bimetalic* pada

¹¹*Perbaikan Sambungan dengan metode pengepresan untuk menurunkan gangguan, (Rayon Tanah Grogot PT PLN (Persero), 2013, Hal. 7*

¹²*SPLN 118-3-1-1996, Spesifikasi Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah Gardu Distribusi Bag. 3-1, (Jakarta; Standart PT. PLN (Persero), 1996)*

peralatan tersebut akan bekerja dan memerintahkan breaker melepas beban.

b. Pengaman Lebur (Sekering)



Gambar 2.18 Sekering

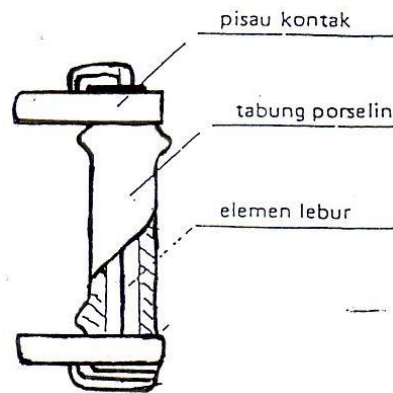
Sumber: Proteksi Distribusi

Pengaman lebur adalah suatu alat pemutus yang dengan meleburnya bagian dari komponennya yang telah dirancang dan disesuaikan ukurannya untuk membuka rangkaian dimana sekering tersebut dipasang dan memutuskan arus bila arus tersebut melebihi suatu nilai tertentu dalam jangka waktu yang cukup.

Fungsi pengaman lebur dalam suatu rangkaian listrik adalah untuk setiap saat menjaga atau mengamankan rangkaian berikut peralatan atau perlengkapan yang tersambung dari kerusakan, dalam batas nilai pengenalnya.

Berdasarkan konstruksinya Pengaman Lebur untuk Tegangan Rendah dapat digolongkan menjadi:

1. Pelebur Tabung Semi Terbuka

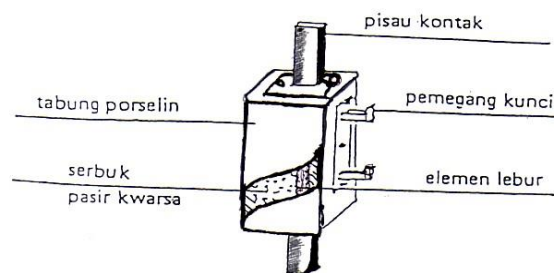


Gambar 2.19: Pelebur Tabung Terbuka

Sumber ; Proteksi Distribusi

Pelebur ini mempunyai harga nominal sampai 1000 Ampere. Penggunaannya sebagai pengaman pada saluran induk Jaringan Tegangan Rendah, saluran induk Instalasi Penerangan maupun Instalasi Tenaga. Apabila elemen lebur dari pelebur ini putus dapat dengan mudah diganti.

2. Pelebur Tabung Tertutup (tipe NH atau NT)



Gambar :2.20 Pelebur Tabung Tertutup

Sumber ; Proteksi Distribusi

Pelebur ini mempunyai harga nominal sampai sebesar 1000 amp. Penggunaannya sama seperti pelebur pita yaitu sebagai pengaman pada panel-panel Gardu distribusi untuk

pengaman utama maupun untuk pengaman cabang dan juga untuk pengaman saluran cabang untuk instalasi penerangan maupun instalasi tenaga listrik.

Di lihat dari bentuknya yang sederhana ini, pemakaiannya sangat mudah dan tinggal melepas dan memasang yang baru tinggal menyesuaikan besarnya nominal yang putus sebelumnya.

Penghantar konduktor yang biasanya digunakan pada jaringan Transmisi TT dan Distribusi TM adalah:

1. AAC (All Aluminium Conductor)

Merupakan kawat penghantar 100% aluminium asli / tanpa campuran bahan lain.

2. AAAC (All Aluminium Alloy Conductor)

Merupakan kawat penghantar yang bahannya merupakan campuran aluminium.

3. ACAR (All Aluminium Steel Reinforced)

Merupakan kawat aluminium yang berintikan kawat baja dengan ketahanan terhadap suhu maksimum 90°C.

4. TASCAR (Thermal All Aluminium Steel Reinforced)

Merupakan kawat aluminium yang berintikan kawat baja dengan ketahanan terhadap suhu 150°C.¹³

¹³<http://electricdot.wordpress.com/page/2/.html>, tanggal 4 Agustus 2014 pukul 01.11

2.1.6. ALAT UKUR

1. *Thermal imaging* tipe FLIR i3



Gambar 2.21 *Thermal imaging* Merek FLIR i3¹⁴

Thermal Imaging adalah alat yang digunakan untuk melihat suhu panas pada titik objek tertentu yang tak terlihat oleh mata manusia yang memancarkan energi dan mengkonversikan gambar ke dalam suhu. Prinsip kerja alat ini adalah pencitraan warna dari gambar yang di hasilkan *Thermal Imaging* menjadi satuan suhu.

2. *Thermometer laser infrared*



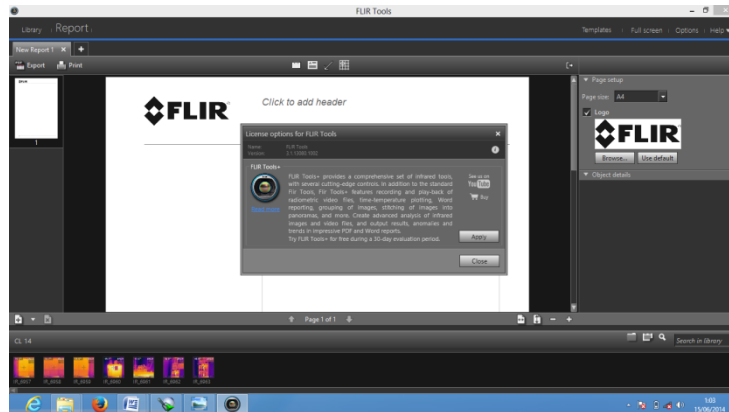
Gambar 2.22 *Thermometer laser infrared* Merek SANFIX
Sumber : PT PLN (Persero)

Thermometer Laser infrared adalah alat yang digunakan untuk melihat suhu panas yang timbul dari suatu material. Cara

¹⁴Sumber : <http://indo-digital.com/flir-i5-thermal-imaging-cameras.html>, pada tanggal 25 juni 2014 pukul 20.24

kerja alat ini adalah menggunakan sensor suhu berupa laser infrared yang di tembakan ke titik material yang akan di ukur tingkat suhunya.

3. FLIR Tools



Gambar 2.23 FLIR Tools

FLIR Tools adalah aplikasi *thermal imagery* yang sistem kerjanya dengan cara pencitraan warna gambar yang dihasilkan dari thermalvision FLIR i3, pencitraan warna yang di dapat dari kontras warna yang terang akan menghasilkan suhu yang tinggi begitupun jika kontras warnanya redup atau gelap akan menghasilkan suhu yang rendah.

2.1.7 Kerangka Berpikir

Penelitian analisis pemetaan suhu material gardu distribusi di PT. PLN (Persero) Area Marunda yang didasari seringnya terjadi kerusakan material gardu distribusi PT. PLN (Persero) Area Marunda yang banyak disebabkan karena faktor suhu yang tinggi.

Faktor suhu yang tinggi sering kali menjadi penyebab gangguan kelistrikan yang terjadi, hal itu terjadi akibat berbagai faktor yang

menyebabkan terjadinya suhu yang tinggi di beberapa material gardu distribusi diantaranya pada *bushing* transformator primer, *bushing* transformator sekunder dan NH *fuse* pada papan hubung bagi tegangan rendah (PHB-TR).

Langkah penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metodologi obeservasi lapangan. Penelitian diawali pada awal bulan Maret tahun 2014 turun kelapangan dengan di dampingi oleh petugas PT. PLN (Persero) Area Marunda.

Pengambilan data yang dilakukan pada gardu distribusi PT PLN (Persero) areal marunda dilakukan dengan pengukuran pada material gardu distribusi pada *bushing* transformator primer, *busing* transformator sekunder dan NH *fuse* pada papan hubung bagi tegangan rendah (PHB-TR) dengan menggunakan alat pengukur suhu Thermavision (Thermacam FLIR i3).

Setelah dilakukan pengukuran foto suhu pada *bushing* transformator primer, *bushing* transformator sekunder dan NH *fuse* pada papan hubung bagi tegangan rendah (PHB-TR) pada gardu distribusi PT. PLN (Persero) Area Marunda, lalu data di olah untuk mendapatkan suhu panas pada titik material seperti *bushing* transformator primer (U,V,W), *bushing* transformator sekunder (R,S,T,N) dan NH *fuse* pada papan hubung bagi tegangan rendah (PHB-TR) dengan menggunakan aplikasi FLIR.

Setelah semua data didapat maka akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus presentase dan dimasukkan ke dalam metode *rating scale* yaitu Baik Sekali (0%-20%), Baik (20%-40%), Cukup (40%-60%), Kurang (60%-80%) dan Kurang Baik (80%-100%).