



PERSYARATAN K3 PEMASANGAN INSTALASI, PERLENGKAPAN DAN PERALATAN DISTRIBUSI



<https://bit.ly/2GspCEX>

TUJUAN PEMBELAJARAN

Dalam kegiatan pembelajaran modul ini diharapkan agar Teknisi K3 Listrik :

- Memahami/mengerti Dasar Hukum Persyaratan K3 Pekerjaan pemasangan di Distribusi Tenaga Listrik.
- Mengetahui Ruang Lingkup Instalasi listrik, peralatan dan perlengkapan listrik pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik
- Mempunyai Kompetensi dalam memeriksa dan membaca gambar rencana (diagram garis tunggal/ wiring diagram) yang berkenaan dengan persyaratan K3 Pekerjaan pemasangan di Distribusi Tenaga Listrik.
- Mampu melakukan, pengawasan, dan penanggulangan K3 Listrik melalui keterampilan dalam melakukan pemasangan peralatan dan perlengkapan listrik,sesuai gambar rancangan di Distribusi tenaga listrik.

PEMBAHASAN

Ruang Lingkup Distribusi tenaga Listrik :

Bab I. Gardu Disribusi.

Bab II. Komponen utama, konstruksi dan spesifikasi Material (Perlengkapan listrik dan Peralatan listrik).

Bab III. Konstruksi Gardu Beton

Bab IV. Konstruksi Gardu Tiang

PENERAPAN K3

Permenaker RI. No 12 , th 2015



1. Mengidentifikasi **bahaya**

NORMA & STANDAR

Teknisi K3 Listrik :

- ✓ Pemasangan
- ✓ Perawatan

•ZAT
•ENERGI
•PROSES

- Memeriksa,
- Meneliti,
- Menghitung,
- Mengukur
- Menguji
- Menganalisa

SAFE

DANGER

2. Menilai **Risiko**

3. Kendalikan

- Instalasi Penyalur Petir
- Instalasi Ruang Khusus

- Pembangkit
- Transmisi
- Distribusi
- Pemanfaat

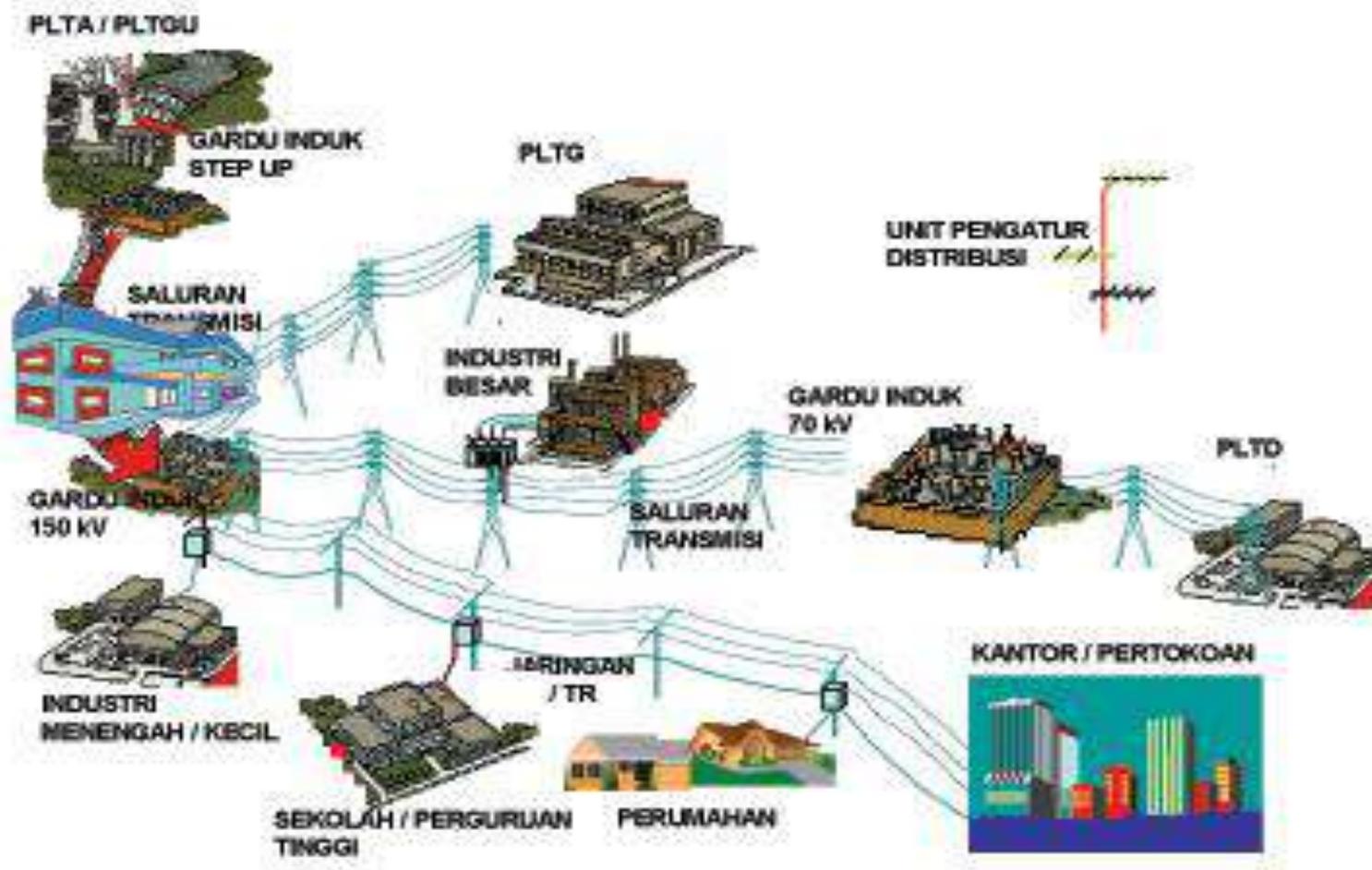
Pendahuluan

Listrik menjadi salah satu kebutuhan utama bagi penunjang dan pemenuhan kebutuhan hidup umat manusia.

Tantangan yang dihadapi pada masa kini, antara lain :

- a. bagaimana menemukan sumber energi baru, mendapatkan sumber energi yang pada dasarnya tidak akan pernah habis untuk masa mendatang;
- b. menyediakan energi dimana saja diperlukan, dan mengubah energi dari satu ke lain bentuk, serta memanfaatkannya tanpa menimbulkan pencemaran yang dapat merusak lingkungan hidup kita.

Listrik merupakan salah satu bentuk energi yang praktis dan sederhana, mudah disalurkan dan mudah diubah kedalam bentuk energi lain, dan bersih (ramah lingkungan).



Gambar 1.1 - Ruang Lingkup Sistem Tenaga Listrik

Pengertian Instalasi Distribusi Tenaga Listrik

- Instalasi Distribusi tenaga listrik adalah saluran tenaga listrik beserta peralatan/kelengkapannya yang terpasang baik didalam maupun diluar bangunan, untuk penyaluran tenaga listrik dari sistem Gardu Induk ke konsumen.
- Menurut Undang Undang No. 30 tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan :
 - 1) Instalasi Penyediaan Tenaga Listrik adalah instalasi tenaga listrik yang digunakan untuk pengadaan tenaga listrik meliputi instalasi pembangkitan, instalasi transmisi, dan instalasi distribusi tenaga listrik.
 - 2) Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik adalah instalasi tenaga listrik yang digunakan untuk pemanfaatan tenaga listrik oleh konsumen akhir.

PUSAT LISTRIK TENAGA
(PLTA, PLTU, PLTG, PLTN, PLTD, PLTPB) dsb.



PLTA



PLTU

INSTALASI PENYEDIA

Instalasi Penyediaan
Tenaga Listrik

Gardu Tiang

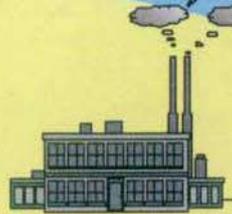
JTR

SR

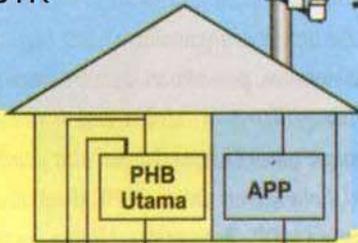
Saluran Transmisi

JTM

Gardu Induk



INDUSTRI

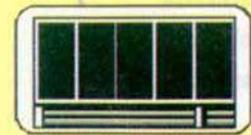
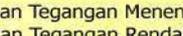


DOMESTIK

Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik

PHB 1

PHB 2



KKB



KKK



KKB



KKB

JTM : Jaringan Tegangan Menengah
JTR : Jaringan Tegangan Rendah
SR : Saluran Rumah

INSTALASI PEMANFAATAN

BAB I. GARDU DISTRIBUSI

Pengertian umum

- Bangunan, berupa Gardu Listrik yang berisi :
 - a). instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM),
 - b). Transformator Distribusi (TD) ,
 - c). Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR).
- Digunakan untuk memasok tenaga listrik bagi pelanggan Tegangan Menengah (TM 20 kV) maupun pelanggan Tegangan Rendah (TR 220/380V).

Konstruksi Gardu Distribusi

- Dirancang berdasarkan optimalisasi biaya terhadap maksud dan tujuan penggunaannya yang kadang kala harus disesuaikan dengan peraturan Pemda setempat.

Jenis Gardu Distribusi

Secara garis besar gardu distribusi dibedakan atas :

- **Jenis pemasangannya**
 - a). Gardu pasangan luar : Gardu Portal, Gardu Cantol
 - b). Gardu pasangan dalam : Gardu Beton, Gardu Kios

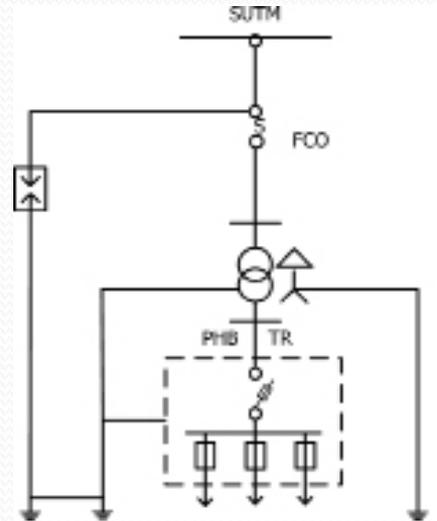
- **Jenis Konstruksinya**
 - a). Gardu Beton (bangunan sipil : batu, beton)
 - b). Gardu Tiang : Gardu Portal dan Gardu Cantol
 - c). Gardu Kios

- **Jenis Penggunaannya**
 - a). Gardu Pelanggan Umum
 - b). Gardu Pelanggan Khusus

Gardu Hubung (GH)

- Adalah gardu yang dimaksudkan untuk memudahkan manuver pemindahan beban dari satu penyulang ke penyulang lain yang dilengkapi/tidak dilengkapi RTU (*Remote Terminal Unit*).
- Untuk GH yang dilengkapi fasilitas RTU, juga dilengkapi fasilitas DC Supply dari Trafo Distribusi pemakaian sendiri atau Trafo distribusi untuk umum yang diletakkan dalam satu kesatuan.

Gardu Tiang & Gardu Portal



- Menggunakan Tiang : beton, besi, kayu
- Gardu Tiang & Gardu Portal yang dicatu dari SUTM, disambung secara T connection dengan peralatan pengaman :
 - a). Pengaman lebur Fuse Cut Out (FCO) sebagai pengaman hubung singkat transformator ,
 - b). Lightning Arrester (LA) sebagai pengaman surja petir, mencegah naiknya tegangan pada transformator.

Gardu Cantol



- Transformator terpasang dengan daya ≤ 100 kVA 3-Fasa atau 1-Fase.
- Transformator terpasang adalah jenis *Completely Self Protected Transformer* (CSP) dengan peralatan switching dan proteksinya sudah terpasang lengkap didalam tangki transformator.
- Perlengkapan perlindungan transformator berupa *Lightning Arrester* (LA) dipasang terpisah dengan kawat pbumian yang dihubung langsung ke tangki 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 pbumian sisi Tegangan Rendah.

Gardu Beton



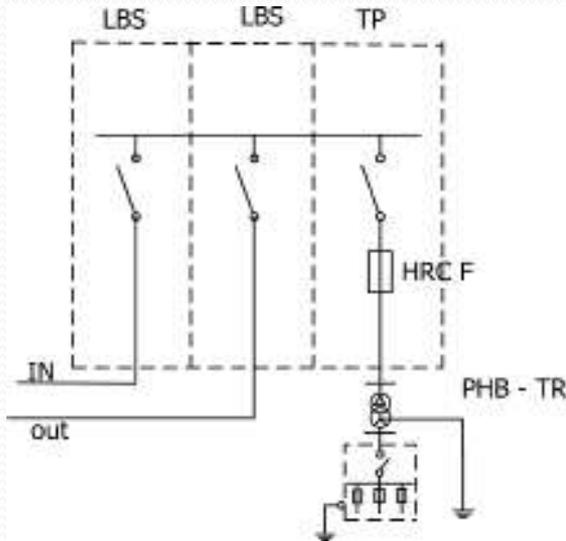
- Seluruh komponen utama instalasi yaitu transformator dan peralatan switching / proteksi, terangkai didalam bangunan sipil yang dirancang, dibangun dan difungsikan dengan konstruksi pasangan batu dan beton (*masonrywall building*).
- Konstruksi ini dimaksudkan untuk pemenuhan persyaratan terbaik bagi keselamatan ketenagalistrikan.

Gardu Kios



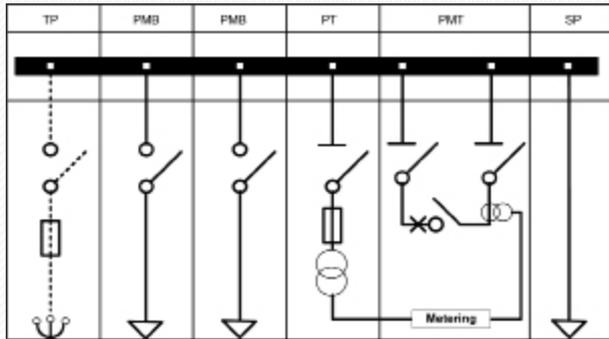
- Gardu Kios adalah bangunan *prefabricated* terbuat dari konstruksi baja, fiberglass atau kombinasinya yang dapat dirangkai di lokasi rencana pembangunan gardu distribusi. Terdapat beberapa jenis Gardu Kios, yaitu Kios Kompak, Kios Modular dan Kios Bertingkat.
- Gardu ini dibangun pada tempat-tempat 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 disambungkan pada sistem distribusi yang sudah ada untuk difungsikan sesuai tujuannya

Gardu Pelanggan Umum



- Umumnya konfigurasi peralatan Gardu Pelanggan Umum adalah π section, sama halnya seperti dengan Gardu Tiang yang dicatu dari SKTM.
- Karena keterbatasan lokasi dan pertimbangan keandalan yang dibutuhkan, dapat saja konfigurasi gardu berupa T section dengan catu daya disuplai PHB-TM gardu terdekat yang sering disebut dengan Gardu Antena.
- Untuk tingkat keandalan yang dituntut lebih dari Gardu Pelanggan Umum biasa, maka gardu dipasang oleh SKTM lebih dari satu penyulang sehingga jumlah saklar hubung lebih dari satu dan dapat digerakan secara Otomatis (ACOS : *Automatic Change Over Switch*) atau secara remote control.

Gardu Pelanggan Khusus



Keterangan :

TP = Pengaman Transformator

PMB = Pemutus Beban - LBS

PT = Trafo Tegangan

PMT = Pembatas Beban Pelanggan

SP = Sambungan Pelanggan

- Gardu ini dirancang dan dibangun untuk sambungan tenaga listrik bagi pelanggan berdaya besar. Selain komponen utama peralatan hubung dan proteksi, gardu ini dilengkapi dengan alat-alat ukur yang dipersyaratkan.
- Untuk pelanggan dengan daya lebih dari 197 kVA, komponen utama gardu distribusi adalah peralatan PHB-TM, proteksi dan pengukuran Tegangan Menengah. Transformator penurun tegangan berada di sisi pelanggan atau diluar area kepemilikan dan tanggung jawab PT PLN (Persero).
- Pada umumnya, Gardu Pelanggan Khusus ini dapat juga dilengkapi dengan transformator untuk melayani pelanggan umum.

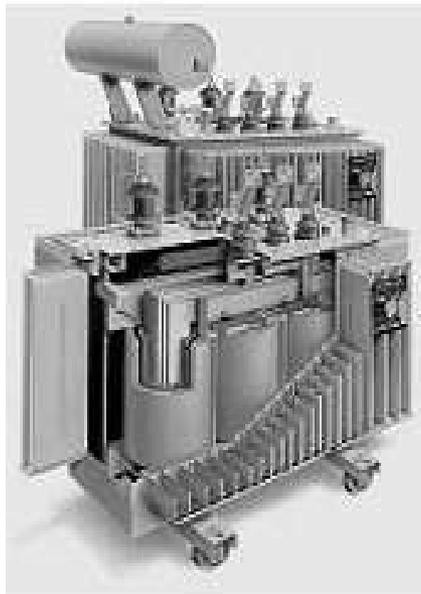
Gardu Hubung

- Gardu Hubung disingkat GH atau Switching Substation adalah gardu yang berfungsi sebagai sarana manuver pengendali beban listrik jika terjadi gangguan aliran listrik, program pelaksanaan pemeliharaan atau untuk maksud mempertahankan kontinuitas pelayanan.
- Isi dari instalasi Gardu Hubung adalah rangkaian saklar beban (Load Break switch – LBS), PT. PLN (PERSERO) Edisi 1 Tahun 2010 Buku 4 : Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik 5
- dan atau pemutus tenaga yang terhubung paralel. Gardu Hubung juga dapat dilengkapi sarana pemutus tenaga pembatas beban pelanggan khusus Tegangan Menengah.
- Konstruksi Gardu Hubung sama dengan Gardu Distribusi tipe beton. Pada ruang dalam Gardu Hubung dapat dilengkapi dengan ruang untuk Gardu Distribusi yang terpisah dan ruang untuk sarana pelayanan kontrol jarak jauh.
- Ruang untuk sarana pelayanan kontrol jarak jauh dapat berada pada ruang yang sama dengan ruang Gardu Hubung, namun terpisah dengan ruang Gardu Distribusinya.
- Berdasarkan kebutuhannya Gardu Hubung dibagi menjadi:
- Gardu Hubung untuk 7 buah sel kubikel.
- Gardu Hubung untuk (7 + 7) buah sel kubikel.
- Gardu Hubung untuk (7 + 7 + 7 + 7) buah sel kubikel. •
- Penggunaan kelompok – kelompok sel tersebut bergantung atas sistem yang digunakan pada suatu daerah operasional, misalnya Spindel, Spotload, Fork, Bunga, dan lain – lain. Spesifikasi teknis sel – sel kubikel Gardu Hubung sama dengan spesifikasi teknis Gardu Distribusi, kecuali kemungkinan kemampuan Arus Nominalnya yang bisa berbeda.

BAB II. KOMPONEN UTAMA KONSTRUKSI DAN SPESIFIKASI MATERIAL

II.1 Komponen Utama Konstruksi Gardu Distribusi

II.1.1 Transformator Distribusi Fase 3



Untuk transformator fase tiga , merujuk pada SPLN, ada tiga tipe vektor grup yang digunakan oleh PLN, yaitu $Yzn5$, $Dyn5$ dan $Ynyn0$. Titik netral langsung dihubungkan dengan tanah. Untuk konstruksi, peralatan transformator distribusi sepenuhnya harus merujuk pada SPLN D3.002-1: 2007.

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*.

Gambar 2.1 Transformator Distribusi Fasa 3 yang dibelah

Perlengkapan pada Transformator

2.1. TRANSFORMATOR

BUSHING PRIMER

BUSHING SEKUNDER

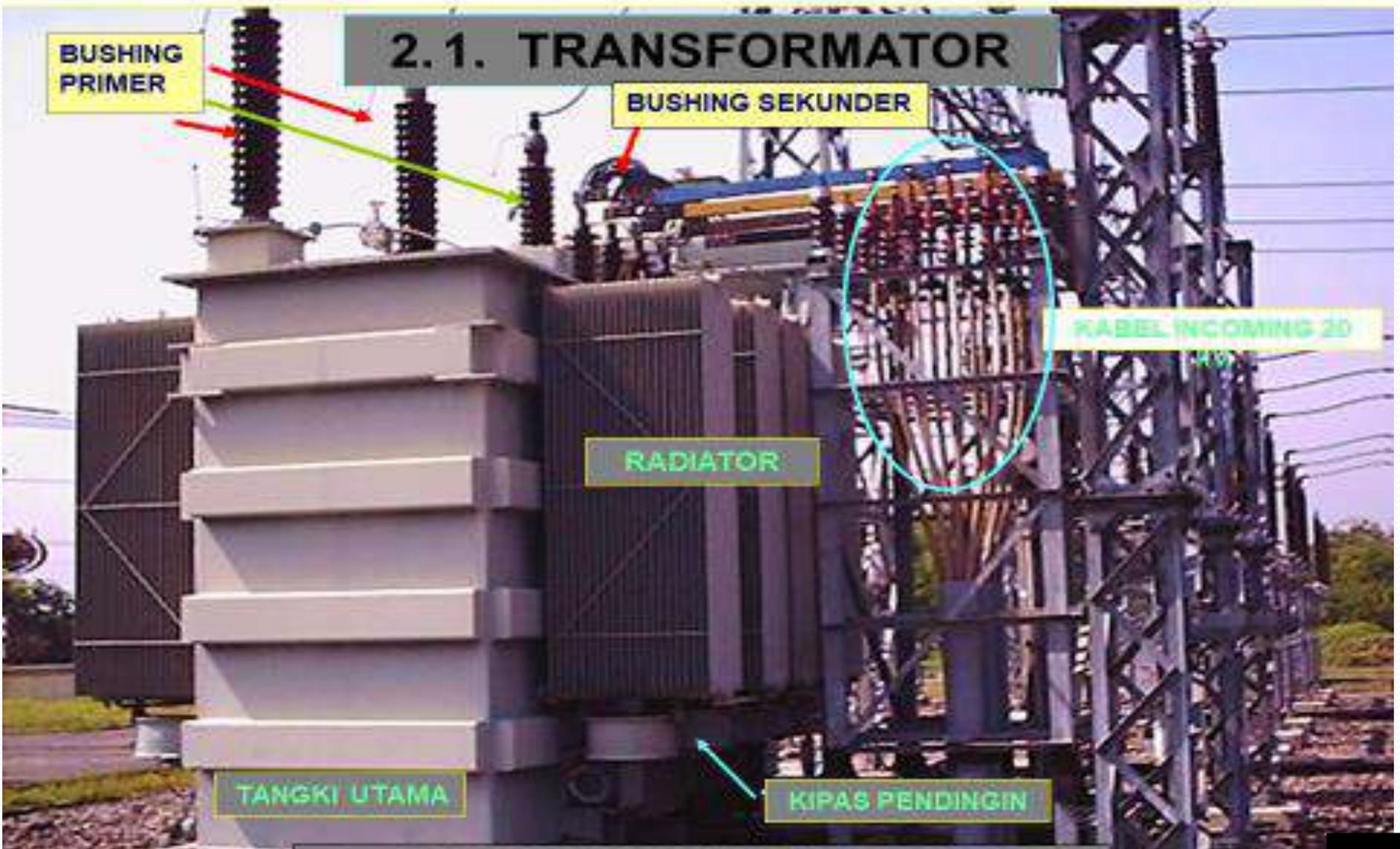
KABEL INCOMING 20 kV

RADIATOR

TANGKI UTAMA

KIPAS PENDINGIN

A. PERLENGKAPAN TRANSFORMATOR



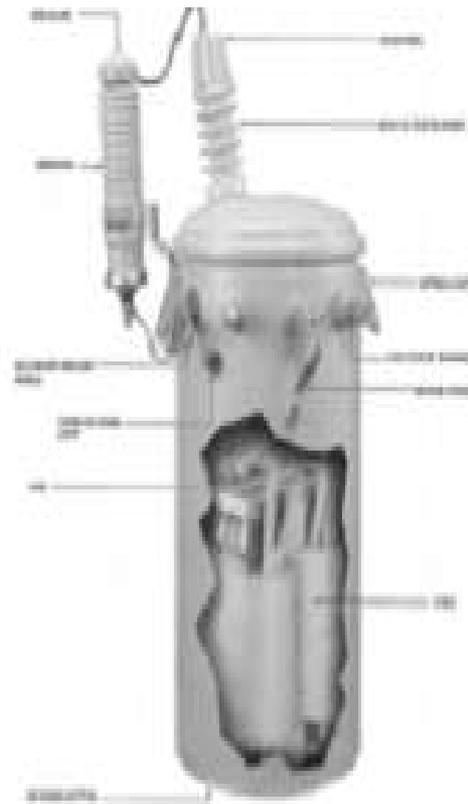
Perlengkapan pada Transformator



Tabel 2.1. Vektor Group dan Daya Transformator

NO	Vektor Group	Daya (kVA)	Keterangan
1	Yzn5	50 100 160	Untuk sistem 3 kawat
2	Dyn5	200 250 315 400 500 630	Untuk sistem 3 kawat
3	Ynyn0	50 100 160 200 250 315 400 500 630	Untuk sistem 4 kawat

II.1.2 Transformers *Completely Self Protected* (CSP)



adalah transformator distribusi yang sudah dilengkapi dengan Pengaman Lebur (*fuse*) pada sisi primer dan LBS (*Load Break Switch*) pada sisi sekunder.

Spesifikasi teknis transformator ini merujuk pada SPLN No 95: 1994 dan SPLN D3.002-1: 2007.

*Gambar 2.2 Transformator CSP (Completely Self Protected)
Terlihat Bagian Dalamnya*

PHB TR Gardu Portal



Gambar 2-37. Gardu tiang tipe portal dan Midel Panel

II.1.3 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 :

II.1.3.1 Pemisah – *Disconnecting Switch (DS)*

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

II.1.3.2 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.

II.1.3.3 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.

II.1.3.4 LBS - TP (*Transformer Protection*)

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

Peralatan kubikel proteksi transformator, dilengkapi dengan LBS yang dipasang sebelum pengaman lebur.

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



Gambar 2.3 Kubikel Ring Main Unit (RMU)

II.1.4 PHB sisi Tegangan Rendah (PHB-TR)

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

Secara umum PHB TR sesuai SPLN 118-3-1-1996, untuk pasangan dalam adalah jenis terbuka. Rak TR pasangan dalam untuk gardu distribusi beton. 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 :

II.1.4.1 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 peralatan tersebut akan bekerja dan memerintahkan breaker melepaskan beban.

II.1.4.2 Pengaman Lebur (Sekering)

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 (SPLN 64:1985:1).

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 (SPLN 64:1985:24). Berdasarkan konstruksinya Pengaman Lebur untuk Tegangan Rendah dapat digolongkan menjadi :

II.1.4.2.1 Pelebur Tabung Semi Terbuka

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.

I.1.4.2.2 Pelebur Tabung Tertutup (tipe NH atau NT)

Jenis pengaman lebur ini paling banyak digunakan. Pemilihan besar rating pengaman pelebur sesuai dengan kapasitas transformator dan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.2 Spesifikasi Teknis PHB-TR

No.	Uraian	Spesifikasi
1.	Arus pengenal saklar pemisah	Sekurang-kurangnya 115 % I_N transformator distribusi
2.	KHA rel PHB	Sekurang-kurangnya 125 % arus pengenal saklar pemisah
3.	Arus pengenal pengaman lebur	Tidak melebihi KHA penghantar sirkit keluar
4.	Short breaking current (Rms)	Fungsi dari kapasitas Transformator dan tegangan impedasinya
5.	Short making current (peak)	Tidak melebihi 2,5 x <i>short breaking current</i>
6.	Impulse voltage	20 kV
7.	Indeks proteksi – IP (International Protection) untuk PHB pasangan luar	Disesuaikan dengan kebutuhan, namun sekurang-kurangnya IP-45

I_N = I nominal sisi sekunder transformator

II.1.5 Peralatan Pengukur

II.1.5.1 Transformator Tegangan - *Potential Transformator* (PT)

Fungsinya adalah mentransformasikan besaran Tegangan Tinggi ke besaran Tegangan Rendah guna pengukuran atau proteksi dan sebagai isolasi antara sisi tegangan yang diukur atau diproteksikan dengan alat ukurnya / proteksinya. Faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan transformator tegangan adalah batas kesalahan transformasi dan pergeseran sesuai tabel dibawah ini :

Tabel 2.3 Batas Kesalahan Transformasi Trafo Tegangan

KELAS	% KESALAHAN RASIO TEGANGAN (+/-)	PERGESERAN SUDUT +/- (MENIT)
0,5	0,5	20
1,0	1,0	40

Burden, yaitu beban sekunder dari transformator tegangan (PT), dalam hal ini sangat terkait dengan kelas ketelitian PT-nya. Untuk instalasi pasangan dalam; lazimnya transformator tegangan sudah terpasang pada kubikel pengukuran.

II.1.5.2 Transformator Arus - *Current Transformer (CT)*



Transformator arus (*Current Transformer- CT*) adalah salah satu peralatan di Gardu Distribusi, fungsinya untuk mengkonversi besaran arus besar ke arus kecil guna pengukuran sesuai batasan alat ukur, juga sebagai proteksi serta isolasi sirkit sekunder dari sisi primernya.

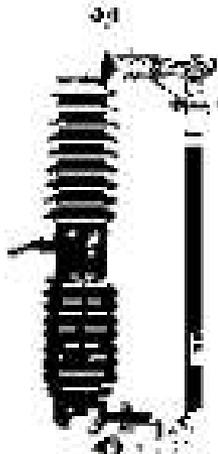
Gambar 2.4 Transformator Arus.

Faktor yang harus diperhatikan pada instalasi transformator arus adalah Beban (Burden) Pengenal dan Kelas ketelitian CT. Disarankan menggunakan jenis CT yang mempunyai tingkat ketelitian yang sama untuk beban 20% - 120% arus nominal. Nilai burden, kelas ketelitian untuk proteksi dan pengukuran harus merujuk pada ketentuan/persyaratan yang berlaku. Konstruksi transformator arus dapat terdiri lebih dari 1 kumparan primer (*double primer*).

Untuk konstruksinya sama halnya dengan transformator tegangan, transformator arus pasangan luar memiliki konstruksi lebih besar/kokoh dibandingkan konstruksi pasangan dalam yang umumnya built in (atau akan dipasangkan) dalam kubikel pengukuran.

II.1.6 Peralatan Switching dan Pengaman sisi Tegangan Menengah

II.1.6.1. *Fused Cut Out (FCO)*



Pengaman lebur untuk gardu distribusi pasangan luar dipasang pada *Fused Cut Out (FCO)* dalam bentuk *Fuse Link*. Terdapat 3 jenis karakteristik *Fuse Link*, tipe-K (cepat), tipe-T (lambat) dan tipe-H yang tahan terhadap arus surja.

Data aplikasi pengaman lebur dan kapasitas transformatornya dapat dilihat pada tabel. Apabila tidak terdapat petunjuk yang lengkap, nilai arus pengenal pengaman lebur sisi primer tidak

Gambar 2.5 Fused Cut Out (FCO)

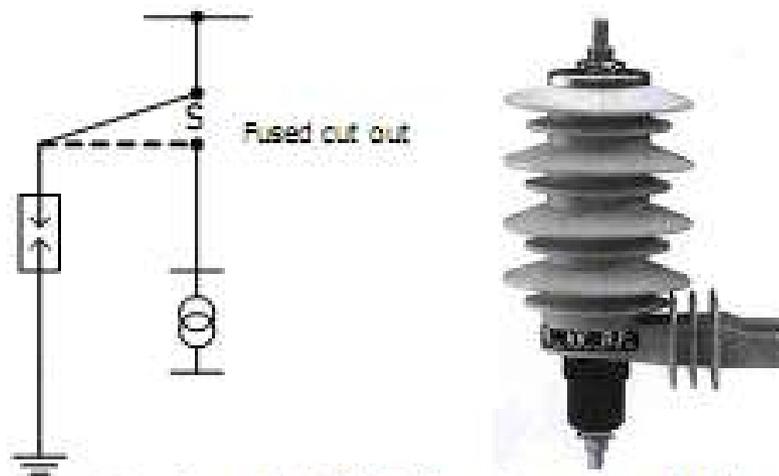
melebihi 2,5 kali arus nominal primer transformator.

Jika sadapan *Lightning Arrester (LA)* sesudah *Fused Cut Out*, dipilih *Fuse Link* tipe-H. Jika sebelum *Fused Cut Out (FCO)* dipilih *Fuse Link* tipe-K.

Sesuai Publikasi IEC 282-2 (1970)/NEMA) di sisi primer berupa pelebur jenis pembatas arus. Arus pengenal pelebur jenis letupan (*expulsion*) tipe-H (tahan surja kilat) tipe-T (lambat) dan tipe-K (cepat) menurut publikasi IEC No. 282-2 (1974) – NEMA untuk pengaman berbagai daya pengenal transformator, dengan atau tanpa koordinasi dengan pengamanan sisi sekunder.

II.1.6.2 *Lightning Arrester (LA)*

Untuk melindungi Transformator distribusi, khususnya pada pasangan luar dari tegangan lebih akibat surja petir. Dengan pertimbangan masalah gangguan pada SUTM, Pemasangan Arrester dapat saja dipasang sebelum atau sesudah FCO



Gambar 2.6 Lightning Arrester (LA)

Nilai arus pengenalan LA : 5 KA – 10 KA – 15 KA

Untuk tingkat IKL diatas 110, sebaiknya tipe 15 KA. Sedang untuk perlindungan Transformator yang dipasang pada tengah-tengah jaringan memakai LA 5 KA, dan di ujung jaringan dipasang LA – 10 KA.

II.1.7 Konektor



Gambar 2.7. Live Line Connector.

Konektor adalah komponen yang dipergunakan untuk menyadap atau mencabangkan kawat penghantar SUTM ke gardu.

Jenis konektor yang digunakan untuk instalasi gardu ini ditetapkan menggunakan *Live Line Connector* (sambungan yang bisa dibuka-pasang) untuk memudahkan membuka/memasang pada keadaan bertegangan.

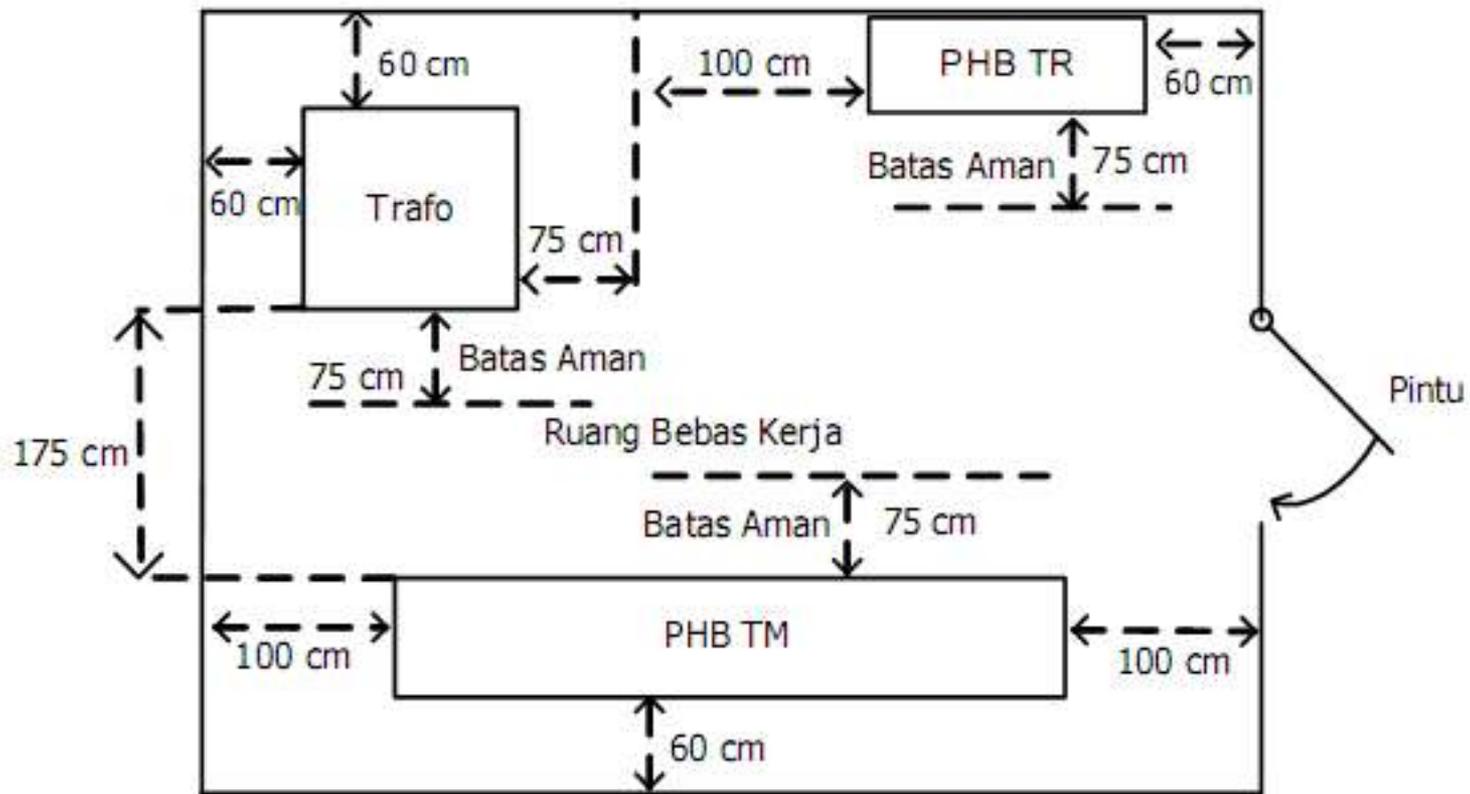
Penyadapan trafo dari SUTM dan pencabangan harus di depan tiang peletakan trafo dari arah Pembangkit Listrik / Gardu Induk.

BAB III. KONSTRUKSI GARDU BETON

III.1 Standar Tata-Letak (lay-out)

Karena seluruh peralatan berada dalam ruang tertutup, bangunan gardu secara keseluruhan tidak dipersyaratkan ruang bebas hambatan atau *Right of Way (ROW)* dari tegangan sentuh. Untuk kondisi di wilayah/perkotaan yang seringkali tidak dapat dikendalikan peruntukan/kepemilikan tanah gardu, maka diperlukan ruang bebas hambatan untuk tujuan perolehan udara yang dipersyaratkan bagi temperatur lingkungan (*ambient temperature*).

Menurut standar, pengaturan tata-letak peralatan pada gardu beton pelanggan umum atau pelanggan khusus adalah : PHB-TR ditempatkan pada sisi masuk sebelah kiri atau sebelah kanan, Jarak antara PHB-TM dengan dinding sebelah kiri kanan tidak kurang dari 1 meter, Jarak bagian belakang PHB atau badan transformator dengan dinding gardu minimal 60 cm. Cukup tersedia ruang untuk petugas berdiri dari depan PHB-TR minimal dari 75 cm, Ruang gardu harus dilengkapi *man-hole*, Tersedia tempat untuk cadangan tambahan kubikel PHB-TM sekurang-kurangnya 1(satu) buah. Berikut ini diberikan gambaran umum tentang tata letak gardu distribusi :



Gambar 3.1. Peletakan (lay-out) Perlengkapan Gardu Distribusi Beton.

Berdasarkan hal-hal tersebut diatas, maka ukuran dan tataletak serta dimensi Gardu Beton disamping mengikuti ketersediaan lahan yang ada, juga harus memenuhi ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

1. Tinggi bangunan minimum 3 meter.
2. PHB-TR ditempatkan pada sisi masuk sebelah kanan.
3. Jarak kiri kanan PHB-TM terhadap tembok minimum 1 meter.
4. Jarak belakang PHB-TM terhadap dinding minimal 60 cm (0,6 meter).
5. Jarak Badan Transformator terhadap dinding minimal 60 cm (0,6 meter)
6. Jarak Ruang Tempat Petugas dengan bagian depan PHB minimal 0,75 meter.
7. Jarak batas antara PHB-TM dengan PHB TR minimal 1 meter.
8. Jarak batas antara PHB-TM dengan transformator minimal 1 meter.
9. Jarak terluar peralatan dengan BKT minimal 20 cm (0,2 meter). Jarak bagian konduktif dan BKT minimal 60 cm (0,6 meter).
10. Lubang kabel naik ke PHB minimal sedalam 1,2 meter dan harus diberikan lobang kerja (manhole) minimal ukuran 0,8 x 0,6 meter.

III.1.1 Ketentuan Ventilasi

Lubang ventilasi diberikan cukup pada dinding dikiri kanan PHB TR/TM dengan luas ventilasi (jumlah) adalah $\frac{1}{5}$ dari luas muka dinding. Karena luasnya, maka perlu diperhatikan konstruksi ventilasi harus bersirip miring tiap 10 cm (mencegah masuknya percikan hujan). Pada keadaan khusus (untuk pencegahan masuknya binatang) dapat saja dilengkapi kasa kawat baja. Pada gardu konsumen khusus yang dibangun sebagai bagian konstruksi bangunan konsumen tersebut, harus diperhatikan ruang bebas dan aliran angin yang diperlukan. Untuk kondisi tertentu dapat digunakan exhaust-fan atau baling-baling ventilasi yang diletakkan di atap gardu.

III.1.2 Ketentuan Ketinggian Muka Lantai

Ketinggian Muka lantai gardu ditentukan minimal 30 cm dari muka air tertinggi yang mungkin terjadi. **Penempatan gardu pada basement bangunan sebaiknya dihindari.**

III.2 Konstruksi Instalasi Gardu Beton

Instalasi Hubung 20 kV.

Instalasi hubung yang terpasang harus sesuai dengan rangkaian yang diperlukan.

Bentuk-bentuk rangkaian yang dijumpai :

Pada perlengkapan hubung tegangan menengah 20 kV gardu distribusi pasangan dalam umum terdiri atas beberapa jenis kubikel :

1. Kubikel Pemutus Beban – *Load Break Switch* (LBS)
2. Kubikel Pemisah – *Disconnecting Switch* (DS). Jenis ini direkomendasikan tidak dipergunakan lagi.
3. Kubikel Pengaman Transformator – *Transformer Protection* (TP) dengan saklar *Load Break Switch* (LBS) dan Proteksi Arus Lebih jenis pengaman lebur.
4. Kubikel sambungan pelanggan.

Pilihan penggunaan LBS, TP tergantung pada kebutuhan kelengkapan gardu distribusi tersebut. Sebagai peralatan proteksi dan switching gardu distribusi yang dicatu dari loop sistem Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM), lazimnya harus dilengkapi dengan PHB-TM dengan susunan rangkaian sebagai berikut :

1. LBS – LBS – TP
2. LBS – TP
3. LBS – LBS – PMT – SP
4. TP – LBS – LBS – PMT – SP

Pada **Gardu Pelanggan Umum**, peralatan switching SKTM **sistem phi (π)** dilengkapi 2 LBS. Sedang pada **sistem Antena**, cukup dengan 1 LBS saja.

Jumlah pengaman transformator (TP) harus disesuaikan dengan jumlah transformator yang akan dipasangkan dalam gardu.

III.2.1. Konstruksi Penunjang (konstruksi mekanis)

Beberapa peralatan konstruksi penunjang diperlukan dengan jumlah di sesuaikan dengan kebutuhan setempat, yaitu berupa.

- Kabel Tray harus terbuat dari bahan anti korosif galvanis untuk keperluan tiap-tiap 3 meter jalur kabel.
- Klem kabel untuk memperkuat dudukan kabel pada ikatan statis atau kabel tray terbuat dari kayu (Support cable).
- U- bolt clamp
- Spice plate (plate bar)
- Collar (penjepit kabel) pada Rak TR/TM yang terbuat dari kayu.
- Dyna Bolt ukuran 10 mm² panjang 60 mm, 120 mm
- Insulating bolt, baut dilapisi nilon, makrolon.
- Insulating slim, bahan bakelit, nilon, makrolon.
- Terminal hubung, plat dibawah sel TM.
- Clamping connector ϕ 9 mm, 13 mm, 17 mm.
- T- Connector (kuku macan) , unimog-clamp terbuat dari tembaga.
- Angle clamp connector (knee-konektor)
- Connecting blok terbuat dari tembaga
- Straight clamp connector

III.2.2 Gardu Beton Pelanggan Khusus

Instalasi untuk pelanggan tegangan menengah, selain peralatan switching SKTM, umumnya peralatan gardu dilengkapi :

- 1) Satu sel kubikel transformator tegangan
- 2) Satu sel kubikel sambungan pelanggan dengan fasilitas :
 - a) *Circuit Breaker* (CB) yang bekerja sebagai pembatas arus nominal daya tersambung pelanggan.
 - b) Transformator Arus (CT)
- 3) Satu sel kubikel untuk sambungan kabel milik pelanggan.
- 4) Satu set relai pembatas beban.
- 5) Satu set alat ukur (KWH meter, KVARH meter).

Butir 1 s/d 4 diatas dapat berada dalam satu kubikel. Spesifikasi teknis dan ketentuan instalasinya sama dengan ketentuan instalasi sel kubikel lainnya.

Dalam hal transformator distribusi konsumen khusus tersebut dipasangkan dalam gardu, rangkaian kubikel harus dilengkapi dengan kubikel proteksi transformator baik berupa pengaman lebur atau *Circuit Breaker* (sambungan Tegangan Rendah, pengukuran pada sisi Tegangan Menengah)

III.3 Pemasangan Instalasi

III.3.1 Transportasi

Pengangkutan kubikel dari gudang penyimpanan ke lokasi gardu dipersyaratkan/ tidak diperbolehkan adanya guncangan-guncangan pada saat dibawa dengan kendaraan. Guncangan-guncangan yang terjadi dikuatirkan akan menimbulkan kerusakan elektrik pada

Penurunan kubikel dari alat transportasi harus menggunakan menggunakan forklift, atau sekurang-kurangnya Tripod/kaki tiga dengan tackle sedang penggeseran ke gardu, harus menggunakan lori dengan rel dari pipa besi kanal dengan Φ 3 inci. Saat pengangkutan, kubikel harus ditutup untuk menjamin terlindungnya kubikel dari cahaya matahari langsung atau curah hujan.

III.3.2 Pemasangan kubikel diatas saluran kabel gardu

Setelah komposisi kubikel sesuai, masing-masing kubikel dipasang satu dengan lainnya dengan mur-baut yang telah terpasang dengan erat, momen Torsi 25 NM atau sesuai spesifikasi pabrik bersangkutan. Untuk ini hindarkan penggabungan kubikel lain merk. Ikatkan erat kubikel dengan menggunakan mur-baut, pada besi siku LNP.8 melintang diatas saluran kabel yang telah tersedia. Dalam hal lubang pada kubikel dan besi siku tidak sesuai, harus lubang baru yang tepat pada besi siku. Besi siku harus dibaut pada lantai dengan Dyna Bolt.

III.3.3 Pemasangan Penghantar Pembumian

Seluruh badan kubikel harus dibumikan dengan konduktor tembaga berpenampang minimal 16 mm^2 . Nilai tahanan pembumian tidak boleh melebihi 1 Ohm. Bila gardu terpadu (*integrated*) dengan bangunan, elektroda bumi gedung agar dipisah dengan pembumian gardu.

III.3.4 Instalasi Listrik

Seluruh rangkaian semua peralatan listrik kubikel harus dipasang/dirangkai dengan baik dan benar sesuai petunjuk yang diberikan pabrikan kubikel dengan torsi yang dipersyaratkan. Sebagai contoh umumnya rangkaian busbar, transformator pengukuran dan kabel kontrol peralatan switchgear yang disuplai terlepas atau belum terakit (jadi perlu dirangkai).

III.3.5 Heater dan Instalasi Penerangan Gardu

Catu daya listrik untuk *heater* kubikel dan *catu fault indicator* yang diperlukan harus diperoleh dan terpasang. Bila perlu catu daya tersebut didapatkan dari Jaringan Tegangan Rendah diluar lokasi. Bila semua telah terpasang pastikan ulang bahwa *heater* dan *fault indicator* tersebut telah berfungsi dengan baik.

III.3.6 Ground Fault Detector (GFD)

Ground Fault Detector (GFD) dipasang di atas pintu Gardu Distribusi guna mempercepat pencarian dan pengisolasian bagian saluran kabel yang mengalami gangguan, sehingga lama padam bagian yang tidak mengalami gangguan dapat dipersingkat.

III.3.7 Penggabungan Instalasi SKTM dengan Kubikel

III.3.7.1 Tahanan Isolasi dan Urutan Fase

Sebelum kabel tegangan menengah dipasang pada kubikel, harus diperhatikan urutan fase kabel tersebut dengan terminal kubikel. Periksa pula tahanan isolasi kabel tersebut minimal dengan menggunakan megger 5 kV.

III.3.7.2 Instalasi Terminal Kabel.

Terminasi kabel pada kubikel memakai 2 teknik konstruksi

- a. Konstruksi Precasting Full Insulated Heatshrink atau Coldshrink.
- b. Konstruksi Plug-In baik Straight through terminating atau Elbow terminating.

Pelaksanaan pekerjaan terminasi hanya boleh dilakukan oleh teknisi bersertifikat kompetensi teknik terminasi kabel.

Secara keseluruhan instalasi terminal harus memenuhi urutan kerja instalasi sesuai yang dipersyaratkan oleh pabrikan terminal kabel tersebut.

Khusus pemasangan dan penggabungan sepatu kabel pada bushing-terminal kubikel harap diperhatikan :

- 1) Metode pengepresan sepatu kabel.
- 2) Pengikatan baut sepatu kabel pada bushing gunakan torsi meter dengan perolehan nilai 15 -25 Nm.
- 3) Umumnya konduktor pada bushing/terminal kubikel adalah dengan bahan tembaga; sebaliknya konduktor pada kabel tegangan menengah adalah dengan bahan Aluminium. Untuk keadaan ini gunakan jenis sepatu kabel-bimetallic connector atau setidaknya dengan tambahan ring bimetallic connector.

III.3.7.3 Instalasi Transformator Distribusi

Spesifikasi transformator distribusi :

Transformator pasangan dalam (indoor) 20 kV / 230 / 400 V dengan daya :

- 250 kVA
- 400 kVA
- 630 kVA

- a) Penempatan transformator dalam gardu harus sesuai rencana tata ruang disain sipil gardu bersangkutan; dengan sisi tegangan rendah menghadap/pada dinding gardu.
- b) Pada saat penempatan transformator dalam gardu; harus menggunakan alas besi kanal U, atau plat bordes 5 mm, untuk menjamin tidak rusaknya lantai kerja gardu.
- c) Seluruh rangkaian listrik harus terhubung dengan terminal transformator melalui sepatu kabel yang memenuhi syarat. Bilamana konduktor kabel yang dipergunakan berbeda dengan terminal transformator, harus menggunakan sepatu kabel bimetal.
- d) Sama halnya dengan persyaratan instalasi switchgear, badan transformator harus terhubung dengan elektroda pembumian. Elektroda pembumian badan transformator ini harus berbeda dengan elektroda pembuminan netral sisi Tegangan Rendah transformator.

III.3.8 Instalasi rak PHB-TR

Instalasi rak PHB TR terdiri sebanyak-banyaknya 8 jurusan dengan kapasitas transformator maksimum 60 kVA.

III.3.9 Instalasi Kabel Tenaga dan Kabel Kontrol

Kabel TM antara kubikel PT dan Transformator Tenaga menggunakan kabel inti tunggal jenis N2XS_Y, sekurang-kurangnya harus dengan luas penampang 25 mm².

Sementara kabel TR antara transformator dan PHB TR memakai kabel inti tunggal jenis NYY, dimana digunakan 2 kabel paralel untuk penghantar Fase dan 1 kabel untuk penghantar netral dan sekurang-kurangnya memakai kabel ukuran 240 mm².

III.3.10 Instalasi Terminal Kabel 20 kV pada RMU

Pelaksanaan terminasi kabel dengan jenis terminal kabel yang lazim digunakan adalah plug-in premoulded yang harus sesuai dengan jenis RMU baik jenis straight through atau jenis elbow connector. Apabila terdapat sambungan berbeda material – misalnya kawat CU dan kawat konduktor Al – harus menggunakan konektor jenis bimetal.

III.3.11 Instalasi Elektroda Pembumian

Bagian-bagian yang harus dibumikan pada gardu beton adalah :

- a) Titik netral sisi sekunder transformator
- b) Bagian konduktif terbuka (BKT) instalasi gardu
- c) Bagian konduktif ekstra (BKE)

Elektroda pembumian pada Gardu Beton memakai sistem mesh, dengan penghantar Cu (tembaga) berpenampang 50 mm^2 yang digelar di bawah pondasi bangunan gardu.

Pada titik tertentu elektroda pembumian ini dikeluarkan dan dihubungkan pada instalasi ikatan ekui potensial (equipotential coupling) yang dipasang setinggi 20 cm di atas lantai, mengelilingi bagian dalam dinding gardu. Material ikatan ekui potensial memakai pelat tembaga sekurang-kurangnya dengan penampang berukuran $20 \times 4 \text{ mm}$.

Seluruh bagian konduktif terbuka (BKT) dan bagian konduktif ekstra (BKE) gardu dihubungkan ke ikatan ekui potensial tersebut.

Nilai tahanan pembumian tidak melebihi 1 ohm. Apabila konstruksi pembumian tersebut tidak mencapai 1 ohm, harus ditambahkan sistem elektroda pembumian lainnya, antara lain dengan elektroda batang, sehingga tercapai nilai tahanan pembumiaaan sebesar 1 ohm.

Khusus titik netral transformator distribusi dibumikan terpisah (tersendiri) dengan pembumian BKT dan BKE. Penghantar pembumian menggunakan BC 50 mm^2 , elektroda bumi memakai elektroda jenis batang.

Tabel 3.1 Instalasi Pembumian pada Gardu Distribusi Beton.

No.	Uraian	Ukuran minimal pengantar pembumian
1.	Panel PHB TM (kubikel)	BC solid 16 mm ²
2.	Rak kabel TM-TR	BC 50 mm ²
3.	Pintu gardu/pintu besi/pagar besi	BC pita 50 mm ² (NYAF)
4.	Rak PHB TR	BC 50 mm ²
5.	Badan transformator	BC 50 mm ²
6.	Titik netral sekunder transformator	BC 50 mm ²
7.	Ikatan ekipotential pada gardu konstruksi dalam	Pelat tembaga 2 mm x 20 mm
8.	Semua BKT dan BKE gardu	BC solid 16 mm ²
9.	Elektroda pembumian gardu beton	BC 50 mm ² di bawah pondasi

III.4 Penyelenggaraan Konstruksi Gardu Beton

III.4.1 Persiapan Konstruksi

Perancangan konstruksi Gardu Beton lazimnya harus sudah menjadi satu kesatuan dengan perencanaan jaringan TM-nya.

Seluruh komponen utama dan kelengkapan instalasi gardu harus dipersiapkan dengan baik dan benar di lokasi.

Khusus transformator, periksa fisik transformator distribusi yang meliputi :

- 1 Packing transformator.
- 2 Periksa assesoris transformator, apakah sudah sesuai dengan syarat kontrak yang disepakati, misalnya Termometer, Oil Level, Buchholz Relay, Breather (silica gel)
- 3 Periksa volume minyak pada gelas duga (oil Level) dan kebocoran pada transformator.
- 4 Periksa Name Plate serta Sertifikat Transformator, apakah telah sesuai dengan permintaan, pemeriksaan antara lain :
 - Daya/ Kapasitas : kVA
 - Tegangan Sisi Teg. Tinggi : Volt
 - Tegangan Sisi Teg. Rendah : Volt
 - Vektor Group :
 - Tingkat Pengaturan Tegangan :
- 5 Pengujian Ketahanan Isolasi antara :
 - sisi Tegangan Rendah (TR) dengan sisi Tegangan Menengah (TM).
 - sisi Tegangan Rendah (TR) dengan bodi (E).
 - sisi Tegangan Menengah (TM) dengan bodi (E).

III.4.2 Handling Transportasi

Kondisi kritis adalah saat memindahkan transformator, dari gudang ke lokasi pemasangan misalnya, juga saat penaikan/penurunan transformator dari/ke atas truk. Untuk menaikan dan menurunkan transformator distribusi dari truk di haruskan menggunakan alat bantu forklift, mobile crane / lifter (truk yang sudah dilengkapi lifter) atau minimal Tripod.

Menaikan dan menurunkan ke/dari truk harus diperhatikan dengan seksama untuk memastikan tidak terjadinya kerusakan pada tangki transformator (bila menggunakan forklift) atau kerusakan isolator (umumnya bila menggunakan crane atau tripod). Pengangkutan transformator dari gudang penyimpanan ke lokasi gardu dipersyaratkan/ tidak diperbolehkan adanya guncangan-guncangan pada saat dibawa dengan kendaraan.

Tabel 3.2 Besarnya Torsi Pengencangan Mur-Baut

Diameter Ulir (mm)	TORSI (Nm)
2.5	0.37
3	0.65
4	1.53
5	3
6	5.2
7	12
10	24
12	42
14	66
16	98
20	190
24	330
30	650

III.4.3 Penandaan dan Prasasti Gardu

Setiap gardu harus diberi identitas yang meliputi :

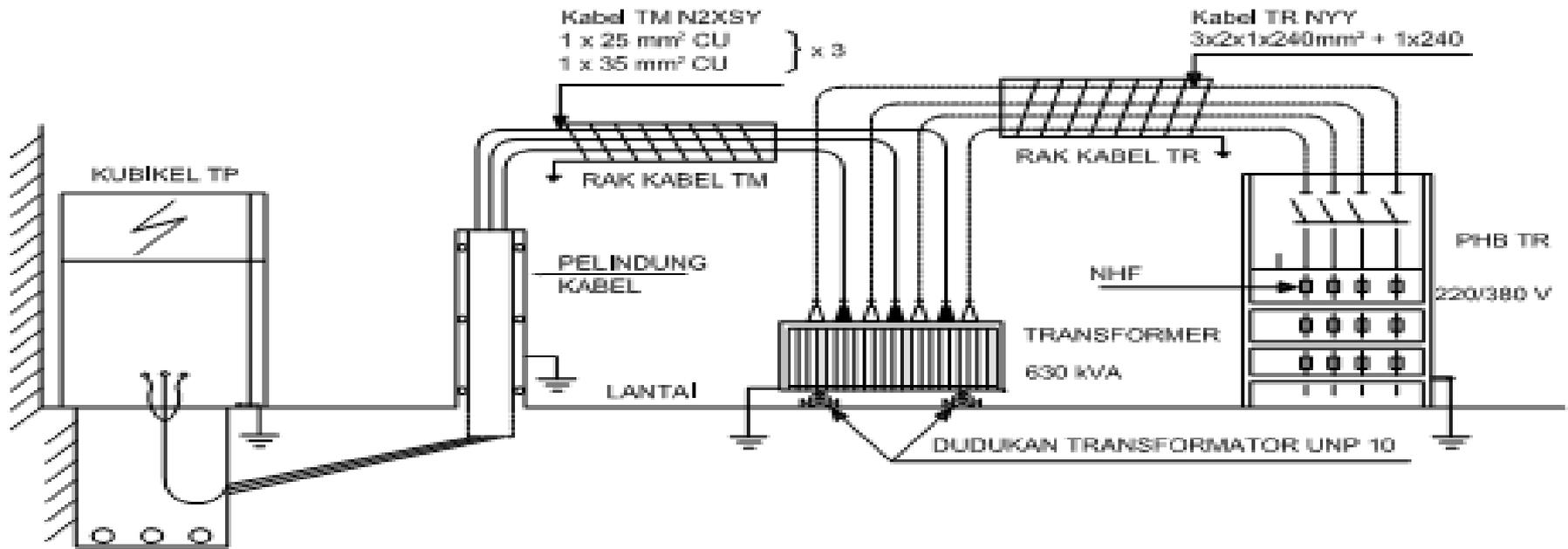
- Nomor Gardu
- Tanda peringatan (antara lain lambang kilat, tulisan tanda bahaya, dll)
- Data Historis Gardu yang berisi tanggal dibangun, No.SPK, dan nama pelaksana pekerjaan dalam bentuk prasasti (terbuat dari batu marmer).

Dinding bagian dalam gardu diberi warna dengan cat berwarna putih, dan dinding bagian luar gardu diberi warna dengan cat berwarna abu-abu (*silver-stone*). Jenis cat yang digunakan untuk bagian luar harus tahan perubahan cuaca.

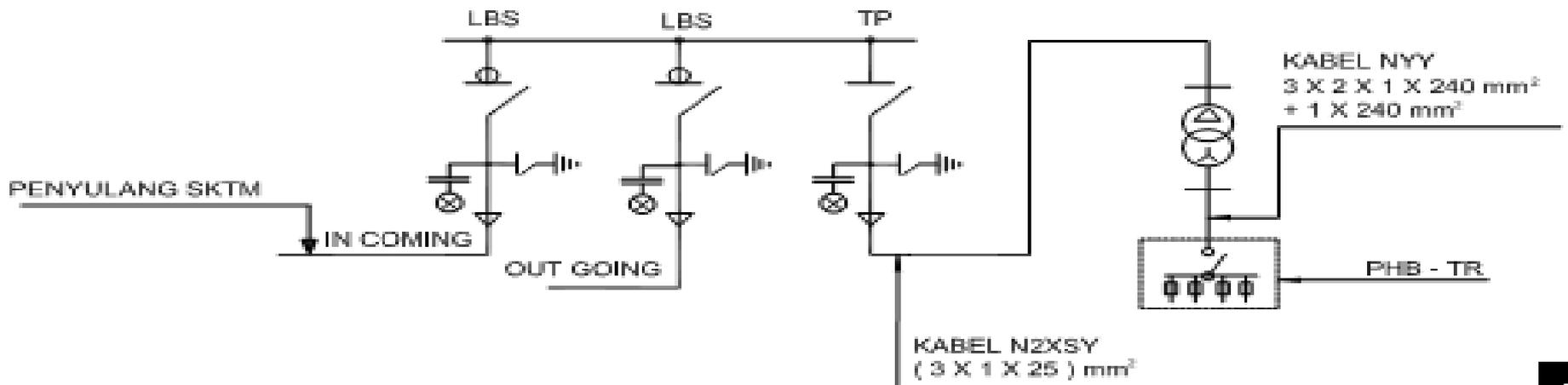
III.4.4 Penyelesaian Akhir (*finishing*)

Setelah tahapan konstruksi pemasangan gardu selesai, maka dilanjutkan dengan uji teknis dan komisioning sesuai dengan ketentuan yang berlaku, untuk kemudian diterbitkan Sertifikat Laik Operasi (SLO) oleh Badan yang berwenang.

INSTALASI KABEL TM DAN KABEL TR PADA GARDU BETON



BAGAN 1 GARIS



BAB IV. KONSTRUKSI GARDU TIANG

IV.1 Ruang Bebas Hambatan (*Right of Way*) dan Jarak Aman (*Safety Distance*)

Ruang bebas hambatan atau *right of way* pada Gardu Tiang adalah daerah bebas dimana gardu tersebut berlokasi. Pada ruang bebas tersebut tidak ada penghalang yang menyebabkan komponen gardu beserta kelengkapannya bersentuhan dengan pohon atau bangunan. Tersedia akses jalan masuk-keluar gardu untuk keperluan kegiatan operasi dan pemeliharaan/perbaikan gardu.

Jarak aman bagian Gardu Tiang di sisi 20 kV sesuai dengan ketentuan Saluran Udara Tegangan Menengah adalah 2,5 meter dari sisi terluar konstruksi gardu.

IV.2 Spesifikasi Peralatan Gardu Tiang

IV.2.1 Tiang

Tiang yang dipergunakan untuk Gardu Distribusi jenis ini dapat berupa tiang besi ataupun tiang beton berkekuatan beban kerja sekurang-kurangnya 500 daN, dengan panjang 11 atau 12 meter.

IV.2.2 Peralatan Hubung dan Proteksi

Karakteristik listrik komponen utama instalasi Gardu Tiang yang harus dipenuhi pada sisi Tegangan Menengah (TM), adalah :

- Tegangan pengenalan : 24 kV
- Frekuensi pengenalan : 50 Hz
- Ketahanan isolasi terhadap tegangan impuls kering standar (puncak) : 125 kV
- Impulse DC test selama 1 menit : 50 kV
- Ketahanan tegangan jarak isolasi (*isolating distance*) di udara :
 - a. Tegangan impuls, kering (puncak) : 145 kV
 - b. Impulse DC voltage selama 1 menit : 50 kV
 - c. Ketahanan terhadap arus hubung singkat (1 detik) : 12.5kV
 - d. Ams maksimum gangguan ke bumi selama 1 detik : 1 kA
 - e. Tegangan uji terhadap sirkuit bantu : 2 kV
 - f. Tegangan surja hubung dan Pemutus Tenaga hampa udara harus cocok untuk transformator terendam minyak (tanpa penangkap petir) dengan tingkat isolasi dasar (BIL) : 125 kV

Karakteristik listrik komponen utama instalasi Gardu Tiang yang harus dipenuhi pada sisi Tegangan Rendah (TR), adalah :

- a. Tegangan pengenalan : 230/400 V
- b. Frekuensi pengenalan : 50 Hz
- c. Tingkat isolasi dasar (puncak) : 6 kV
- d. Arus ketahanan waktu singkat selama 1 detik,
 - PHB 250/500/630 A : 0.5 kA
 - PHB 800 A : 0.5 kA
 - PHB 1200 A : 0.5 kA
- e. KHA busbar : 250/400/630
800/1200 A
- f. Kapasitas pengaman lebur HRC : 25 kA/400 V
- g. Tegangan ketahanan frekuensi daya selama 1 menit : 2,5 kV

IV.3 Jenis Konstruksi Gardu Tiang

IV.3.1 Gardu Portal

Gardu Portal adalah gardu listrik tipe terbuka (out-door) dengan memakai konstruksi dua tiang atau lebih. Tempat kedudukan transformator sekurang –kurangnya 3 meter di atas tanah dan ditambahkan platform sebagai fasilitas kemudahan kerja teknisi operasi dan pemeliharaan. Transformator dipasang pada bagian atas dan lemari panel / PHB-TR pada bagian bawah.

IV.3.1.1 Gardu Portal 50 kVA – 100 kVA, 2 jurusan TR

PHB-TR gardu ini dirancang untuk 2 Jurusan Jaringan Tegangan Rendah.

IV.3.1.2 Gardu Portal 160 – 400 kVA, 4 Jurusan TR

PHB-TR gardu ini dirancang untuk 4 Jurusan Jaringan Tegangan Rendah.

IV.3.1.3 Gardu Portal Pelanggan Khusus

Gardu Portal untuk pelanggan khusus Tegangan Rendah dan Tegangan Menengah.

IV.3.1.3.1 Gardu Portal SKTM

IV.3.1.3.1.1 Gardu Portal SKTM Antenna



Gambar 4.1 Gardu Portal

Gardu Portal ini lazimnya dibangun pada sistem distribusi Tegangan Menengah dengan kabel bawah tanah yang karena keterbatasan lahan, catu daya TM diperoleh dari Gardu Beton terdekat dengan SKTM bawah tanah dengan panjang tidak melebihi 100 meter. Untuk gardu portal antenna, kubikel pengaman transformator ditempatkan pada gardu pemberi catu daya.

IV.3.1.3.1.2 Gardu Portal RMU/Modular

Gardu Portal ini adalah gardu listrik dengan konstruksi sama dengan gardu Portal, dengan penempatan kubikel jenis RMU/modular dalam lemari panel (metal clad) yang terhindar dari air hujan dan debu, dan dipasangkan pada jaringan SKTM.

IV.3.2 Gardu Cantol

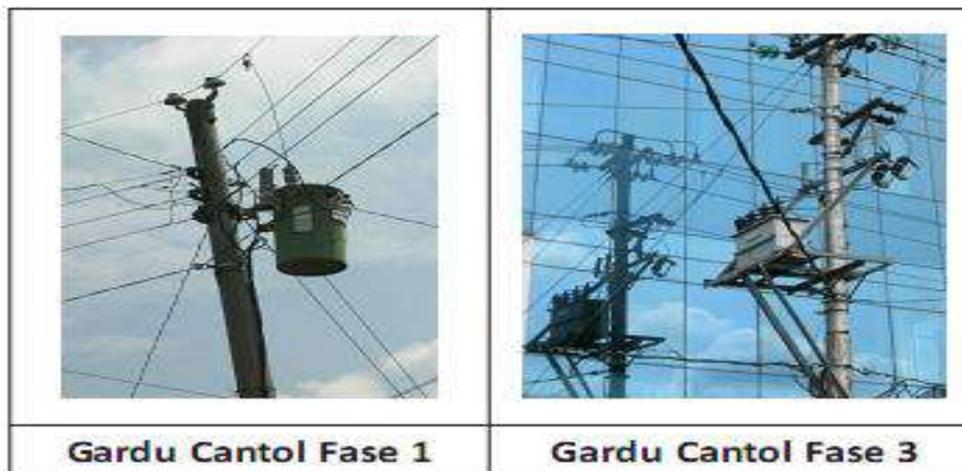
Gardu Cantol adalah tipe gardu listrik dengan transformator yang dicantolkan pada tiang listrik besarnya kekuatan tiang minimal 500 daN. Gardu Cantol (*Single Pole Mounted distribution substation*), dimana transformator dan panel Tegangan Rendah menjadi satu yang dicantolkan pada tiang dan umumnya adalah transformator jenis *Completely Self Protected (CSP)*.

IV.3.2.1 Gardu Cantol sistem 3 kawat

Lazimnya untuk transformator fase ganda atau fase tiga sistem 3 kawat, tabung transformator berbentuk kotak dan dilengkapi dengan sirip radiator. Seluruh peralatan Lightning Arestor (LA) dan rak TR harus ditambahkan dan dipasang pada tiang.

IV.3.2.2 Gardu Cantol sistem 4 kawat

Perbedaan konstruksi Gardu Cantol sistem 4 kawat dengan sistem 3 kawat adalah pada konstruksi transformatornya dimana peralatan proteksi TM dan TR sudah dalam transformator, sehingga konstruksi keseluruhan dapat disederhanakan.



Gambar 4.2 Gardu Cantol Fase 1 dan Fase 3

IV.4 Penyelenggaraan Konstruksi

IV.4.1 Persiapan konstruksi dan proses perizinan

Perencanaan konstruksi Gardu Tiang lazimnya sudah harus menjadi satu kesatuan dengan perencanaan jaringan SUTM-nya. Pastikan terlebih dahulu kebenaran peta rencana lokasi pendirian Gardu Distribusi, detil konstruksi dan perolehan izin lokasi gardu. Bila lokasi gardu berada di tanah sertifikat hak milik, harus diperoleh izin tertulis penggunaan tanah untuk gardu dari pemilik tanah.

Perhatikan kekuatan tiang beton/besi untuk konstruksi Gardu Tiang yang direncanakan bagi penempatan transformator distribusi, pondasinya dan akurasi vertikalnya. Persiapkan seluruh komponen utama dan kelengkapan instalasi Gardu Tiang di lokasi. Termasuk yang harus diperhatikan adalah dimensi crossarm/dudukan dengan jarak-
jarak dan besar lubang yang dipersyaratkan.

Khusus transformator, periksa fisik transformator distribusi yang meliputi :

- 1 Packing transformator.
- 2 Periksa asesoris transformator, apakah sudah sesuai dengan syarat kontrak yang disepakati, misalnya Termometer, Oil Level, Buchholz Relay, Breather (silica gel)
- 3 Periksa volume minyak pada gelas duga (oil Level) dan kebocoran pada transformator.
- 4 Periksa Name Plate serta Sertifikat Transformator, apakah telah sesuai dengan permintaan, pemeriksaan antara lain :
 - Daya/ Kapasitas. : kVA
 - Tegangan Sisi Teg. Tinggi : Volt
 - Tegangan Sisi Teg. Rendah : Volt
 - Vektor Group :
 - Tingkat Pengaturan Tegangan :
- 5 Pengujian Ketahanan Isolasi antara :
 - sisi Tegangan Rendah (TR) dengan sisi Tegangan Menengah (TM).
 - sisi Tegangan Rendah (TR) dengan bodi (E).
 - sisi Tegangan Menengah (TM) dengan bodi (E).

IV.4.2 Handling Transportasi, Penaikan Transformator ke Tiang

Kondisi kritis adalah pada saat memindahkan transformator, dari gudang ke Lokasi pemasangan misalnya, juga pada saat penaikan/penurunan transformator dari /ke atas truck. Ketentuan penaikan/penurunan transformator distribusi dari truk di haruskan menggunakan alat bantu forklift, mobile-crane/lifter (truk yang sudah dilengkapi lifter) atau minimal Tripod yang dapat di rakit dilokasi.

Penggunaan alat bantu Rope Sling dan Wire Sling hanya direkomendasikan untuk transformator berdaya < 100 kVA, dan posisi sling diletakkan di bawah atau pada dasar dan melingkar pada transformator yang akan ditarik, karena tumpuan beratnya berada di dasar packing transformator.

Pelaksanaan penaikan/penurunan ke atau dari truk harus diperhatikan dengan seksama untuk memastikan tidak terjadinya kerusakan pada tangki transformator (bila menggunakan forklift) atau kerusakan isolator (umumnya bila menggunakan crane atau Tripod). Pengangkutan transformator dari gudang penyimpanan ke lokasi gardu dipersyaratkan/tidak diperbolehkan adanya guncangan-guncangan pada saat dibawa dengan kendaraan

IV.4.3 Pemasangan Instalasi

IV.4.3.1 Instalasi transformator distribusi

Untuk instalasi ke atas tiang atau platform dudukannya, siapkan terlebih dahulu takle/lifter dengan kekuatan cukup di tiang beton pada penggantung cross-arm sementara untuk mengangkat transformator, naikan transformator dengan seksama, vertikal keatas dan setelah duduk diatas crossarm tiang/dudukan pada tiang beton rakit dengan mur-baut yang erat.

IV.4.3.2 Pemasangan Penghantar Pembumian;

Bagian-bagian yang harus dibumikan pada Gardu Tiang adalah :

- 1) Titik netral sisi sekunder Transformator
- 2) Bagian konduktif terbuka (BKT) instalasi gardu
- 3) Bagian konduktif ekstra (BKE)
- 4) Lightning arrester

Tabel 4.1 Instalasi Pembumian pada Gardu Portal.

No.	Uraian	Ukuran minimal Penghantar Pembumian
1.	Panel PHB TM (kubikel)	BC 16 mm ²
2.	Rak kabel TM-TR	BC 16 mm ²
3.	Pintu gardu/pintu besi/pagar besi	BC pita 16 mm ² (NYAF)
4.	Rak PHB.TR	BC 50 mm ²
5.	Badan transformator	BC 50 mm ²
6.	Titik netral sekunder transformator	BC 50 mm ²

Seluruh terminal pembumian tersebut disambung pada ikatan penyama potensial pembumian dan selanjutnya dihubungkan ke elektroda pembumian. Nilai tahanan pembumian tidak melebihi 1 Ohm. Titik netral transformator dibumikan tersendiri.

Pembumian Lightning Arrester (LA), pembumian BKT dan BKE, pembumian titik netral transformator dilakukan dengan memakai elektroda bumi sendiri-sendiri, namun penghantar pembumian Lightning Arrester dan BKT dan BKE dihubungkan dengan kawat tembaga 50 mm². Penghantar-penghantar pembumian dilindungi dengan pipa galvanis dengan diameter 5/8 inci sekurang-kurangnya setinggi 3 meter diatas tanah.

IV.4.3.3 Instalasi terminal kabel 20 kV pada RMU

Laksanakan penyiapan kabell untuk instalasi terminal kabel. Jenis terminal kabel yang lazim digunakan adalah Plug in premoulded yang sesuai dengan rancangan RMU bersangkutan. Perubahan konsep /modifikasi terminal kabel dari yang dipersyaratkan pabrikan RMU sangat tidak diijjinkan. Perhatikan ketentuan penyiapan kabel, pengepresan sepatu kabel dan instalasi plug-in terminal kabel pada kabel .

Untuk jenis sambungan berbeda material-misalnya terminal transformator Cudan kawat konduktor Al menggunakan bimetalic konektor.

IV.4.3.4 Instalasi Kabel Tegangan Rendah

Instalasi kabel tegangan rendah antara terminal TR transformator dengan PHB TR memakai kabel sekurang-kurangnya jenis NYY. Ukuran kabel disesuaikan dengan kapasitas transformator. Kabel dilindungi dengan pipa galvanis dengan diameter 4 inci sekurang-kurangnya setinggi 3 meter diatas tanah. Apabila menggunakan kabel dengan pelindung metal (NYFGbY), bagian pelindung metal harus dibumikan.

IV.4.3.5 Penandaan Gardu Tiang

Setiap Gardu Tiang harus diberi identitas yang meliputi :

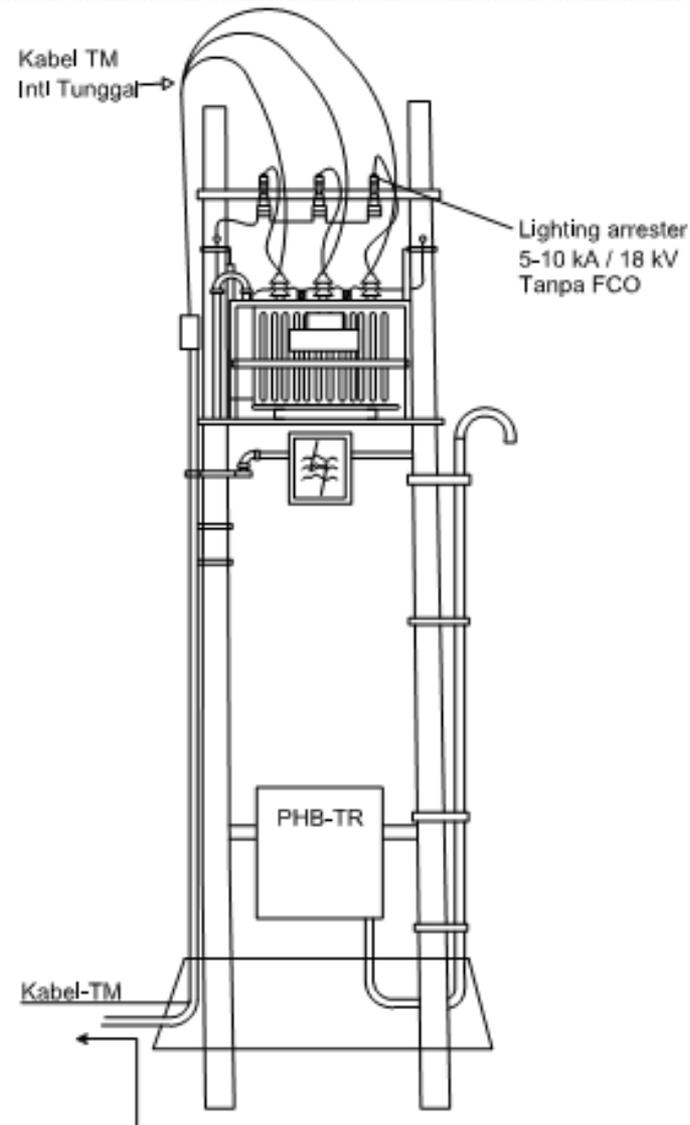
1. Nomor Gardu
2. Tanda peringatan (antara lain lambang kilat, tulisan tanda bahaya, dll)
3. Data historis gardu meliputi tanggal dibangun, No.SPK, nama pelaksana pekerjaan, dicantumkan pada bagian dalam pintu PHB-TR.

Seluruh bagian Gardu Tiang dicat dengan warna silver bronze. Jenis cat yang digunakan untuk bagian luar harus tahan perubahan cuaca.

IV.4.3.6 Penyelesaian akhir (*finishing*)

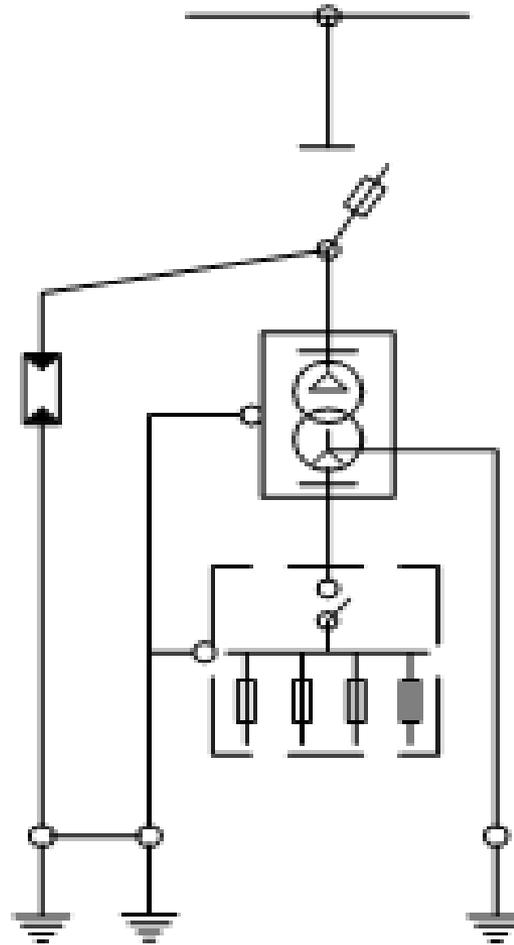
Setelah tahapan konstruksi pemasangan gardu selesai, maka dilanjutkan dengan uji teknis dan komisioning sesuai dengan ketentuan yang berlaku, untuk kemudian diterbitkan Sertifikat Laik Operasi (SLO) oleh Badan yang berwenang.

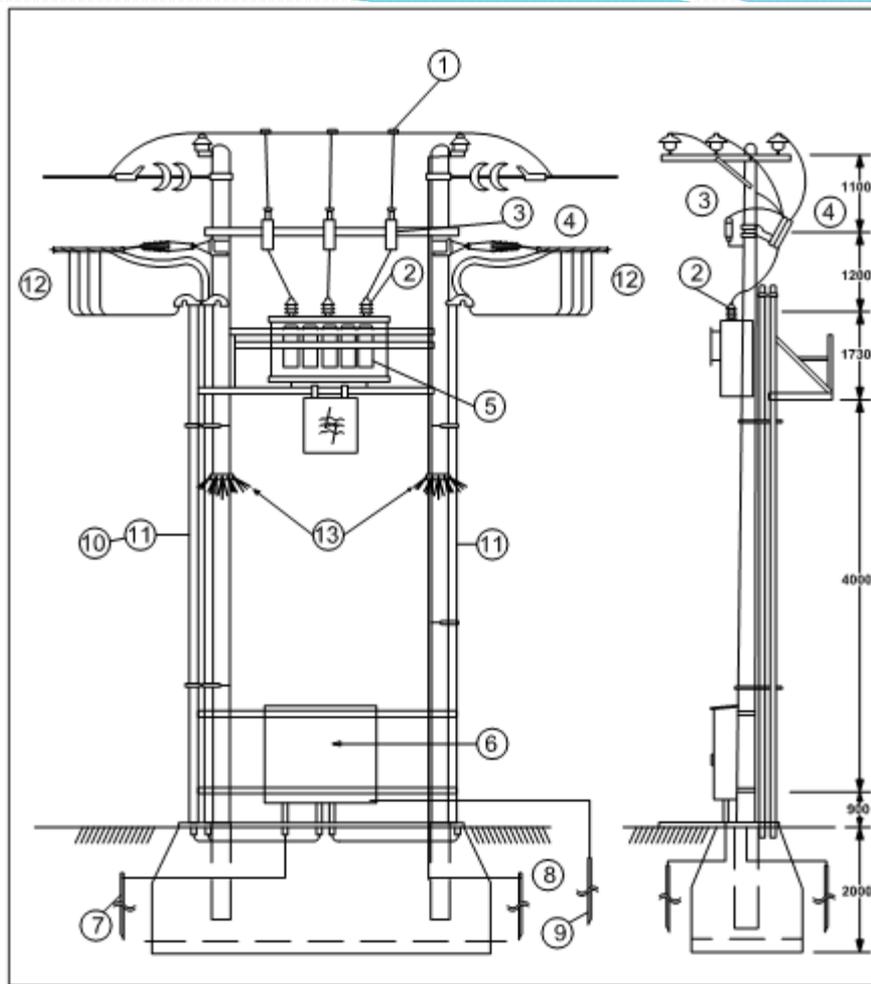
MONOGRAM GARDU PORTAL - SKTM



Ke Gardu beton terdekat yang sudah dilengkapi atau di tambah Transformer Protection (TP)

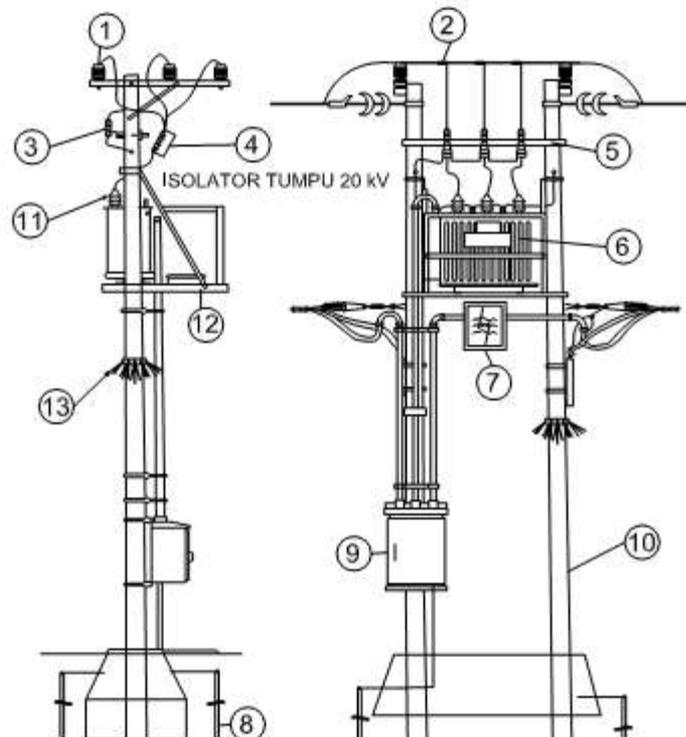
DIAGRAM SATU GARIS GARDU PORTAL





KETERANGAN:

- | | |
|--|--|
| 1. PARALLEL GROOVE (LIVE - LINE - CONNECTOR) | 7. ELEKTRODA BUMI TITIK NETRAL TRANSFORMATOR |
| 2. BIMETAL AL - CU - LUG | 8. ELEKTRODA BUMI DAN LA |
| 3. LIGHTING ARRESTER - LA | 9. ELEKTRODA BUMI BKT |
| 4. FUSED CUT OUT | 10. PIPA GALVANIS Ø 41 MCI |
| 5. TRANSFORMATOR | 11. PIPA GALVANIS Ø 5/8 MCI |
| 6. PHB - TR | 12. JARINGAN TR |
| | 13. RANLIU PANLIAT |



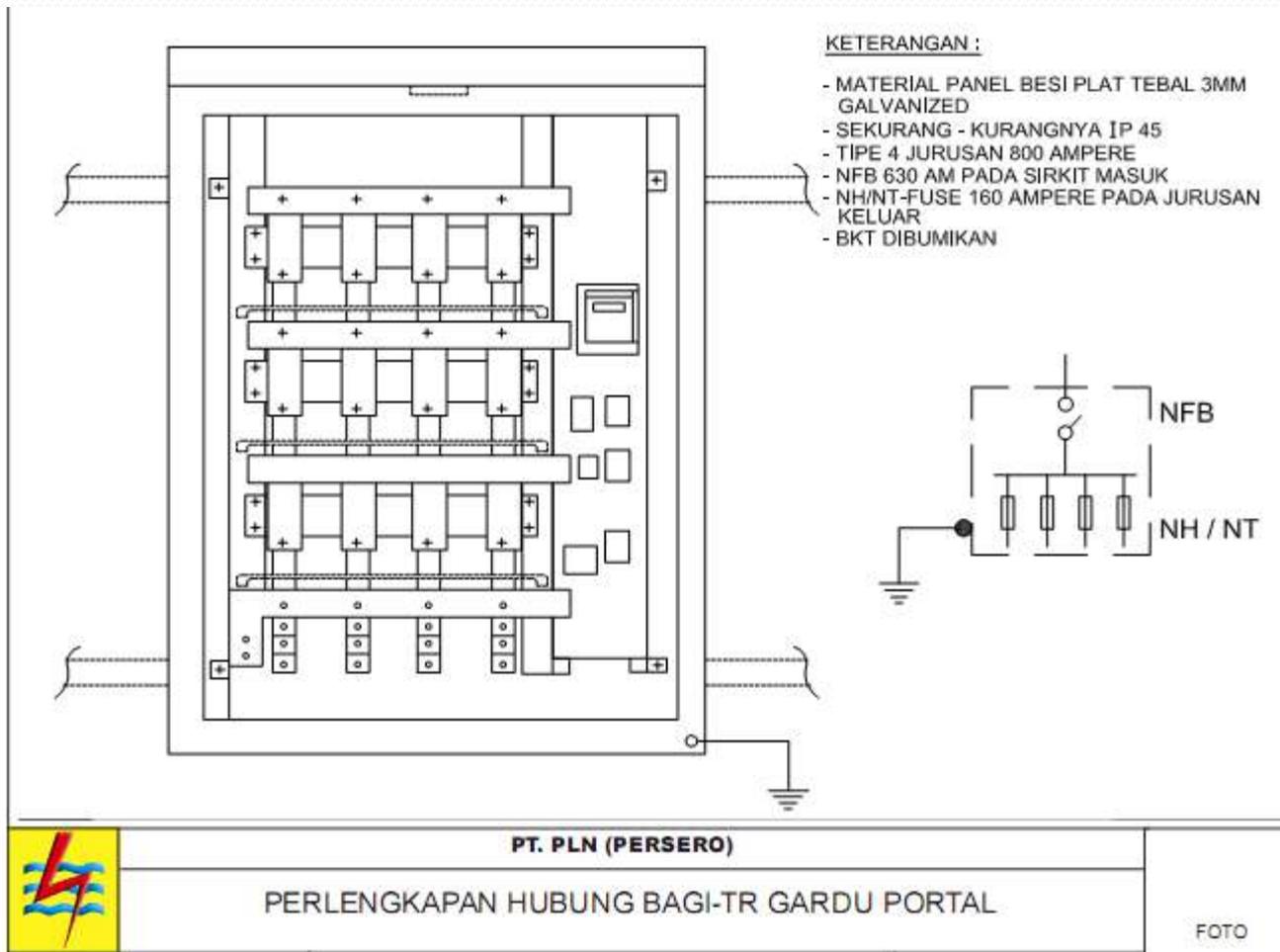
NO	NOMOR SAP	NAMA MATERIAL	SATUAN	KEBUTUHAN
1		ISOLATOR TUMPU 20 kV	SET	3
2		PARALLEL GROOVE / LIVELINE CONNECTOR	SET	1
3		LIGHTNING ARRESTER	BH	3
4		CUT OUT 20 kV + FUSE LINK	BH	3
5		DUDUKAN CUT OUT & LA LENGKAP	BH	3
6		TRAFO CANTOL 3PH 20KV-B2 25-50kVA	BH	1
7		PAPAN TANDA BAHAYA	BH	1
8		PERTANAHAN LENGKAP (BC-50 MM ²)	SET	1
9		PHB TR 2 JURUSAN LENGKAP	SET	1
10		TIANG BETON / BESI 11M-500 daN	BTG	1
11		PONDASI GARDU	BH	1
12		RANGKA DUDUK TRAFO LENGKAP	SET	1
12		RANJAU PANJAT	SET	1

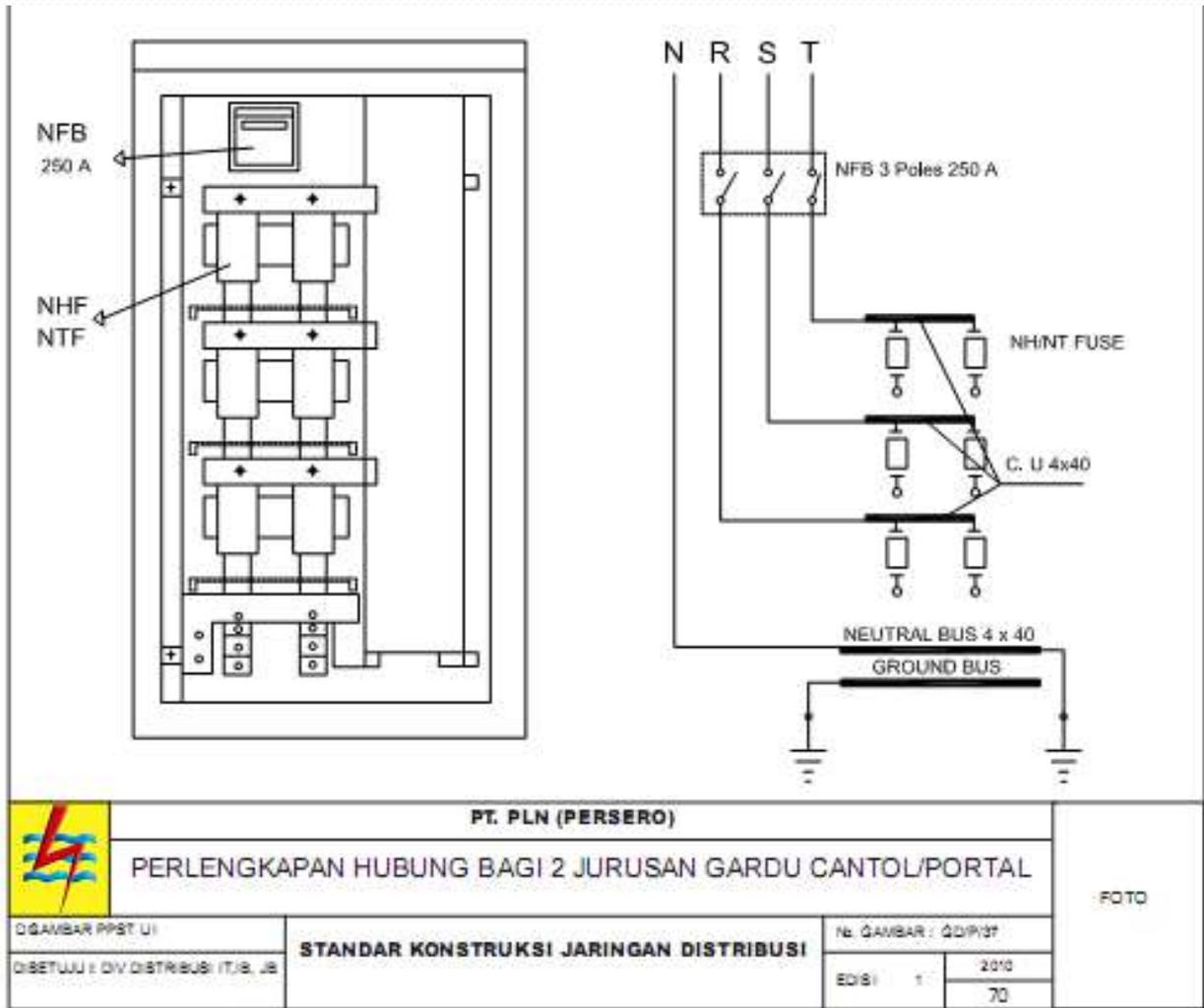


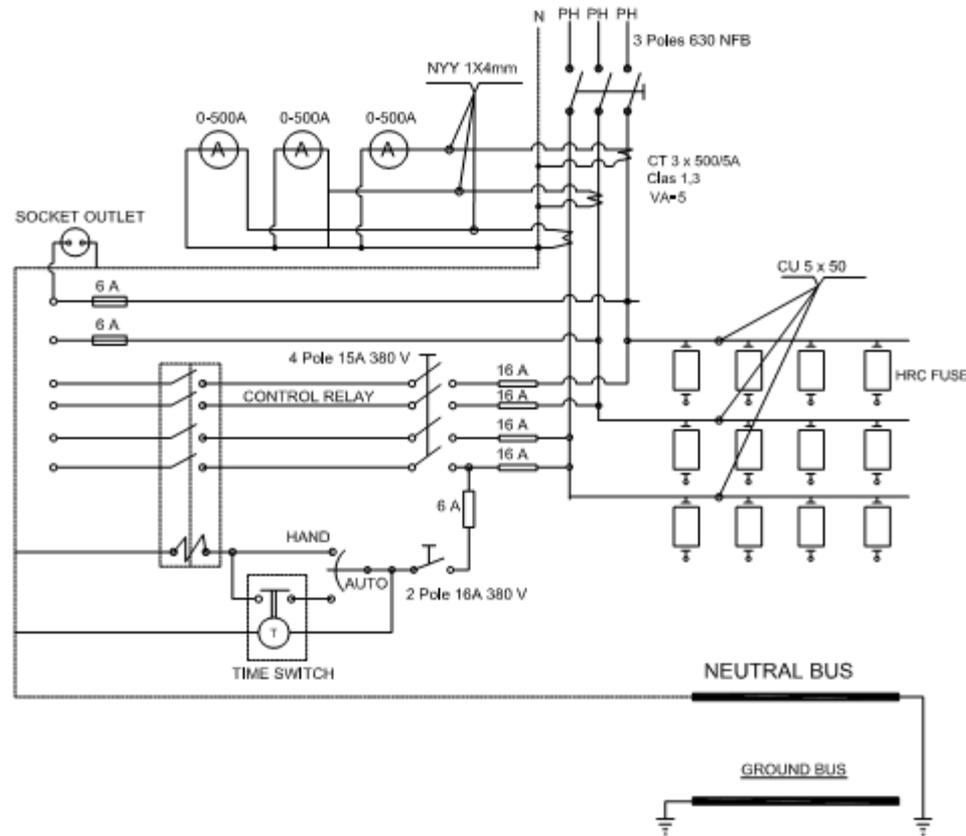
PT. PLN (PERSERO)

MONOGRAM GARDU PORTAL DENGAN PHB TR 2 JURUSAN

FOTO







KETERANGAN :

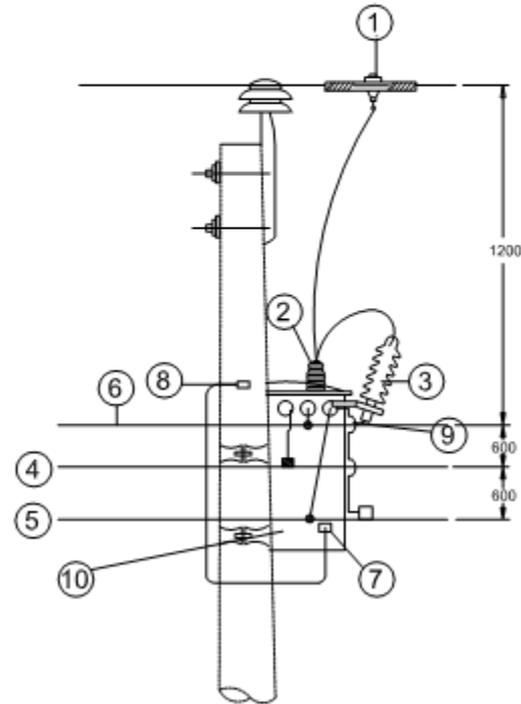
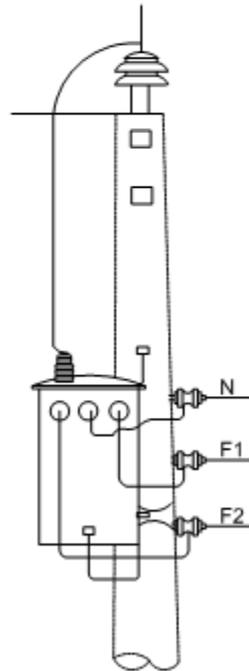
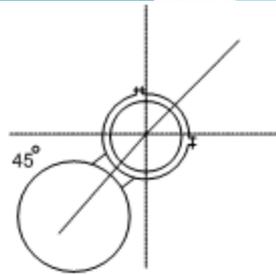
- PENAMBAHAN SIRKUIT KONTROL RELAY DAN TIME SWITCH APABILA DIPERLUKAN
- BKT DI BUMIKAN
- PADA SISTEM TM 3 FASA- 4 KAWAT, PEMBUMIHAN NEUTRAL BUS DAN GROUND BUS DI JADIKAN SATU



PT. PLN (PERSERO)

**BAGAN SATU GARIS PERLENGKAPAN HUBUNG
BAGI-TR GARDU PORTAL**

FOTO



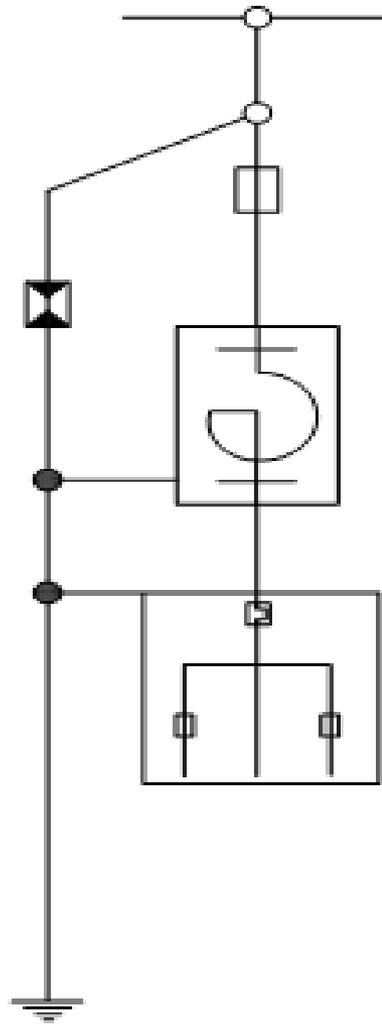
NO	URAIAN
1	Parallel Groove/ Live Line Connector
2	Blmetal Terminal Lug
3	Lighting Arrester 15 kV, 5 kA
4	Penghantar Fasa-1
5	Penghantar Fasa-2

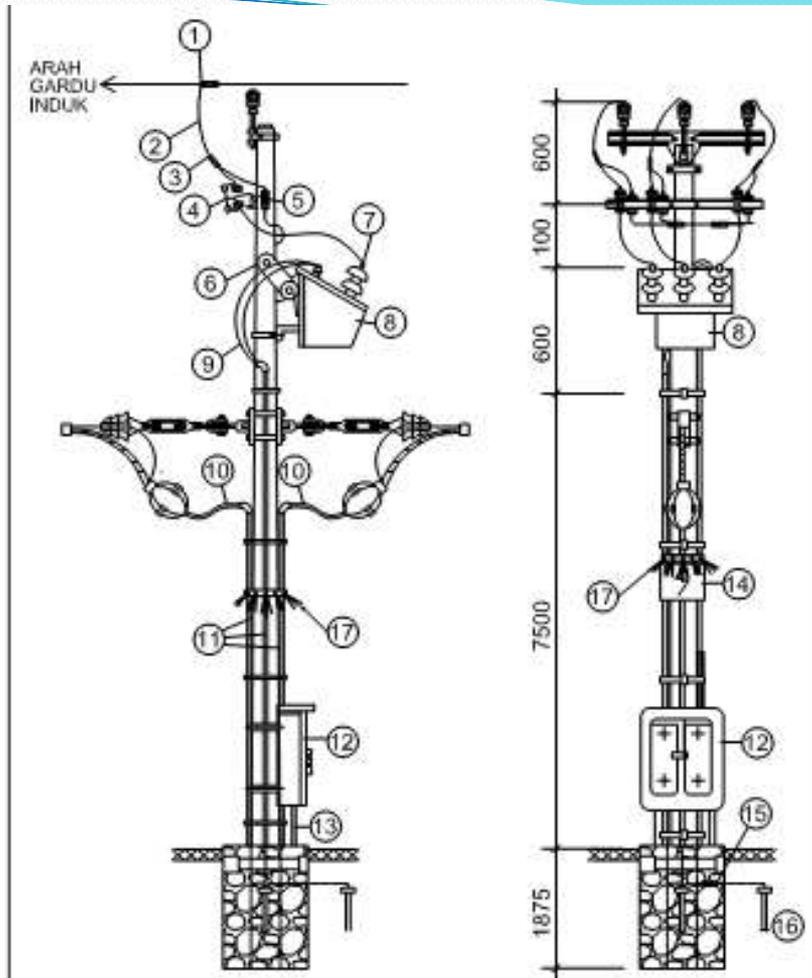
NO	URAIAN
6	Penghantar Netral TM-TR
7	Terminal Pembumlan Transformator
8	Terminal Pembumlan Tiang
9	Terminal Pembumlan Lighting Arrester Pada Tangki Trafo
10	Transformator CSP



PT. PLN (PERSERO)

DIAGRAM SATU GARIS GARDU CANTOL FASA-1

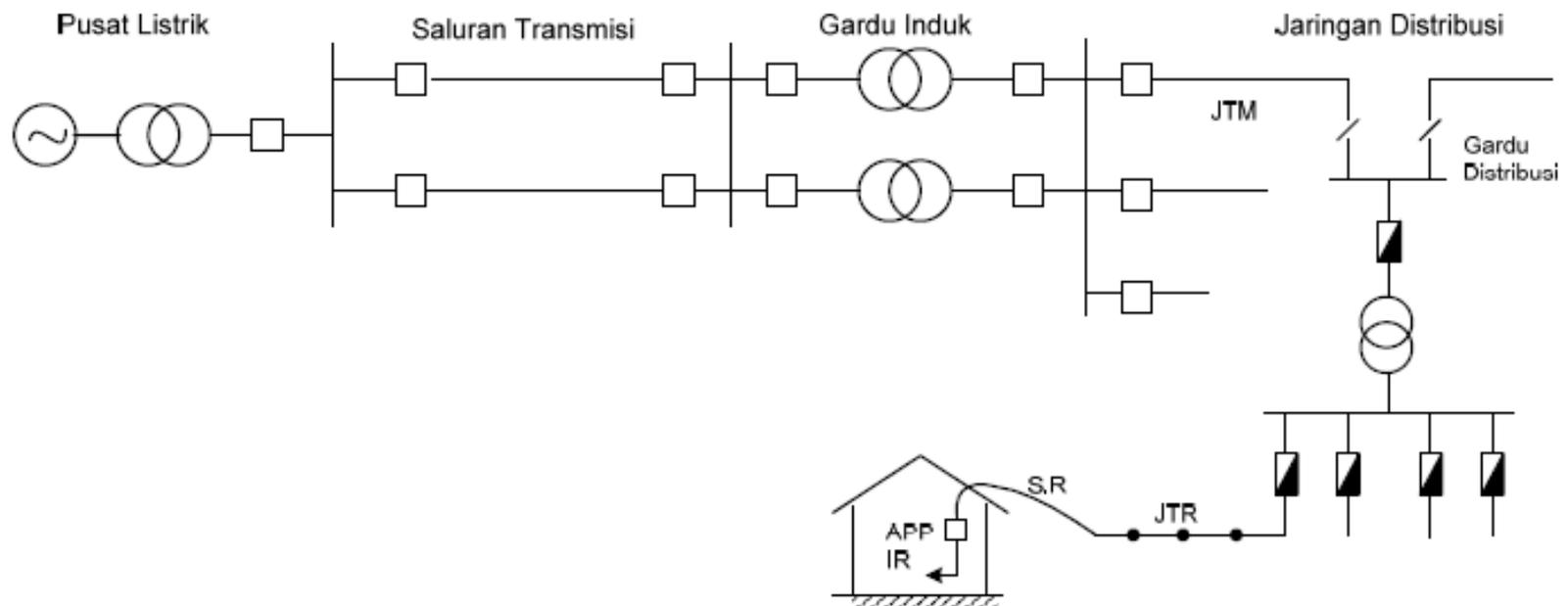




	PT. PLN (PERSERO)		FOTO
	MONOGRAM KONSTRUKSI GARDU CANTOL FASA-3		
DIBAHAS/PETU	STANDAR KONSTRUKSI JARINGAN DISTRIBUSI	TA BAHASAN: 00042	2012
DIBYAHAS / DOKU DISTRIBUSI T. & J.		SKB: 1	

PEMASANGAN SUTM/SUTR DAN GARDU DISTRIBUSI

1.1. PROSES PENYEDIAAN TENAGA LISTRIK



Langkah Pemasangan

A. Re – Cheking / re – Survey

- Pengecekan/survey ulang route SUTM/SUTR.
- Identifikasi dan inventarisasi sepanjang jalur ROW.
- Identifikasi dan inventarisasi pohon yang akan ditebang, bangunan yang akan dibongkar, dan lain-lain.
- Pengurusan ijin-ijin.

B. PREPARATION

- Pembayaran ganti rugi tanaman, bangunan, dan lain-lain.
- Menyiapkan crew tenaga kerja.
- Menyiapkan asbuilt drawing.
- Menyiapkan format-format, buku-buku terkait pelaksanaan pekerjaan.
- Mobilisasi material dan peralatan kerja.
- Koordinasi dengan pihak-pihak terkait.

C. STACKING

- Menentukan letak titik tiang.
- Penandaan / pematokan letak titik tiang.

D. POLE ERECTION

- Menyiapkan tiang di dekat titik tiang.**
- Menggali tanah untuk lubang/tempat tiang.**
- Mendirikan tiang, kedalaman $1/6$ kali panjang tiang.**
- Pembuatan pondasi tiang (pada posisi yang dianggap perlu).**

E. PEMASANGAN POLEN TOP ASSEMBLY/POLE ARRANGEMENT

- ❑ Pemasangan Cros Arm dan kelengkapannya.
- ❑ Memasang Arm Tie dan kelengkapannya.
- ❑ Memasang Isolator/(Suspension Insulator, Pin Post Insulator, Pin Insulator, Jumper Support Insulator) dan kelengkapannya.
- ❑ Memasang peralatan proteksi (LA, LBS, CB, DS) dan kelengkapannya.

Catatan : Jenis dan jumlah komponen yang dipasang pada masing-masing tiang, tergantung dari jenis konstruksi tiangnya/ posisi tiangnya.

F. PEMASANGAN POLE SUPPORTER

- ❑ Galian tanah untuk Anchor Block.
- ❑ Merangkai GSW (Ground Steel Wire) dengan Turn Buckle/Span Scroef, Guy Insulator, Pipa Pelindung, Anchor Block, dan kelengkapannya, sesuai ukuran.
- ❑ Pemasangan Tiang untuk Penyangga Tiang (Sudut, Percabangan), tergantung posisi tiang.
- ❑ **Catatan :**
 - ❑ Pole Supported/Penyangga Tiang/Peregang Tiang, terdiri dari 3 jenis, yaitu :
 - ❑ Topang Tarik/Guy Wire/Treck Schoer.
 - ❑ Topang Tekan/Strut Pole/Dreck Schoer.
 - ❑ Horizontal Guy Wire/Kontra Mast.
 - ❑ Penggunaan dari masing-masing jenis Pole Supporter tersebut, tergantung / mempertimbangkan kondisi setempat / letak tiang.sangan Cros Arm dan kelengkapannya.

G. STRINGING

- Penarikan konduktor/penghantar/kabel.
- Pengaturan andongan (sagging).
- Clamping/pengikatan konduktor pada Tension Clamp (Insulator String) atau Pin Insulator (untuk TM) dan Tension Clamp atau Suspension Clamp (untuk SUTR).
- Pemasangan Jumper Conductor (untuk SUTM), pada posisi tiang tertentu.

H. PEKERJAAN LAIN-LAIN

- Pemasangan instalasi grounding.
- Pemasangan peralatan proteksi (LA, LBS, Recloser / Sectionalizer, CB, DS) dan kelengkapannya, sesuai kebutuhan.

I. CHECKING DAN FINISHING

- Pengecekan kondisi tiang.
- Pengecekan kondisi Pole Supporter.
- Pengecekan kondisi Pole Top Assembly/Pole Top Arrangement.
- Pengecekan kondisi Pole Accesories.
- Pengecekan kondisi konduktor dan kelengkapannya.
- Pengecekan kondisi ROW.
- Perbaikan terhadap pekerjaan yang kurang/tidak sesuai standar.
- Pemeriksaan dan Pengujian secara internal.

J. POLE ASSESORIES

- Pemasangan Danger Plate.
- Pemasangan Step Bolt.
- Pemasangan Kawat Penghalang Panjang.

K. COMMISSIONING & ENERGIZING

- Pemeriksaan dan pengujian oleh LIT yang berwenang.
- Penerbitan SLO.
- Pengoperasian / pengisian tegangan (Energizing).

L. SERAH TERIMA PEKERJAAN & MASA PEMELIHARAAN

- Serah terima I.
- Masa pemeliharaan (jangka waktu sesuai yang tercantum dalam kontrak).
- Serah terima II (dilakukan setelah masa pemeliharaan berakhir dan pekerjaan setelah selesai sesuai kontrak).

M. KOMPONEN/PERALATAN/MATERIAL YANG DIGUNAKAN

❑ Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) :

- ✓ Tiang (Kayu, Besi, Beton).
Catatan : saat ini tiang kayu sudah tidak dipakai).
- ✓ Cross Arm/Travers (Kanal UNP atau Square Pipe).
- ✓ Klem/Beugel untuk pengikat Cross Arm/Travers.
- ✓ Double Arming Bolt.
- ✓ Bolt & Nut (Mur & Baut) + Washer.
- ✓ Arm Tie Brace.
- ✓ Arm Tie Band.
- ✓ Steel Plate.
- ✓ Insulator (Pin Insulator/Pin Post Insulator, Suspension Insulator).
- ✓ H Connector.
- ✓ Preformed Grip.
- ✓ Preformed Top Tie.
- ✓ Preformed Side Tie.
- ✓ Paralel Groove Clamp.

- ✓ Turn Buckle/Span Scroopen.
- ✓ Guy Wire Band.
- ✓ Guy Insulator (Isolator Telor).
- ✓ Wire Clip.
- ✓ Galvanish Steel Wire (GSW).
- ✓ Pipa Pelindung GW.
- ✓ U Bolt & Nut.
- ✓ Anchor Block.
- ✓ Expanding Anchor.
- ✓ Line Tap Connector.
- ✓ Aluminium Tape.
- ✓ Strain for Clamping.
- ✓ Strain Clamp Boilled.
- ✓ Strain Hinger.
- ✓ Flection Device.
- ✓ Lightning Arrester (LA).
- ✓ Load Break Switch (LBS).

Lanjutan M.

- ✓ Disconnecting Switch (DS).
- ✓ Circuit Breaker (CB).
- ✓ Ground Rod & Kawat BC.
- ✓ Pipa PVC + Klem.
- ✓ Steel Plate.
- ✓ Termination.
- ✓ Terminal Lug.
- ✓ Konduktor/Penghantar : AAC, AAAC, AAAC OC.
- ✓ Dan material kecil penunjang.
- ❑ Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) :
 - ✓ Tiang (Kayu, Besi, Beton).
Catatan : saat ini tiang kayu sudah tidak dipakai).
 - ✓ Klem penjepit (tempat pemasangan) kabel (Tension Clamp/Strain Clamp, Suspension Clamp).
 - ✓ Stainlees Steel Strap.
 - ✓ Pole Bracket (Suspension Clamp Bracket, Tension/Strain Clamp Bracket).

Lanjutan M.

- ✓ Service Aluminium Dead End Clamping.
- ✓ Stoping Buckle.
- ✓ Plastic Strap for Clamping.
- ✓ Square Washer.
- ✓ Insulating Tape.
- ✓ Protectipe Cap Tap Connector.
- ✓ Eye Nut.
- ✓ Bare Connector Bimetal.
- ✓ Clamp Loop Dead End.
- ✓ Konduktor BC.
- ✓ Ground Rod.
- ✓ Konduktor/penghantar : AAC, TC/TIC/LVTC.
- ✓ Komponen ALP/SMP/SR lengkap.
- ✓ APP dan Kelengkapannya.

N. PENJELASAN LAIN-LAIN

- ❑ Standar konstruksi SUTM dan SUTR di Indonesia ada beberapa macam, antara lain :
 - ✓ Standar Jepang (NEW JEC) pertama kali diterapkan di Jawa Timur.
 - ✓ Standar Amerika (CHASS T MAIN) pertama kali diterapkan di Jawa Tengah.
 - ✓ Standar Perancis (SOFRELEC) pertama kali diterapkan di DKI Jakarta/Jawa Barat.
 - ✓ Untuk Wilayah/Daerah lain di luar Pulau Jawa, mengacu pada ketiga jenis yang ada di Pulau Jawa.

- ❑ Penggunaan istilah / nama peralatan / komponen/ material pada SUTM dan SUTR di masing-masing Daerah/Wilayah PLN di Indonesia sangat beragam, bahkan ada jenis komponen yang memiliki lebih dari 5 nama, contoh : Kubikel TR, memiliki istilah/nama lain LV Panel, LV Board, LS Panel, LS Board, PHB TR, Rak TR, LVCB, dan lain-lain.

**PEMASANGAN GARDU
DISTRIBUSI
(TYPE GARDU TRAFU TIANG)**

A. RE-CHEKING / RE-SURVEY

- Pengecekan / survey ulang posisi / letak Gardu Distribusi.
- Pembersihan lokasi gardu distribusi.
- Pengurusan ijin-ijin.

B. PREPARATION

- Penyelesaian ganti rugi tanaman, bangunan, dan lain-lain.
- Menyiapkan crew tenaga kerja.
- Menyiapkan format-format laporan harian, progres fisik, dan lain-lain.
- Menyiapkan asbuilt drawing.
- Mobilisasi material, peralatan dan perkakas kerja.
- Menentukan letak tiang untuk gardu distribusi.
- Koordinasi dengan pihak-pihak terkait

C. POLE ERECTION

- Menyiapkan tiang di dekat lokasi gardu distribusi.
- Menggali tanah untuk lobang / tempat tiang.
- Mendirikan tiang, kedalaman $1/6$ kali panjang tiang.
- Pembuatan pondasi tiang (pada posisi yang dianggap perlu).

D. PEMASANGAN CROSS ARM

- Cross Arm untuk Pole Top Assembly / Pole Top Arrangement.
- Cross Arm untuk LA dan FCO.
- Cross Arm untuk kedudukan Trafo.
- Cross Arm untuk LV Panel/PHB TR/Cubicle.

E. POLE TOP ASSEMBLY / POLE TOP ARRANGEMENT, LA & FCO

- Pemasangan Pin Insulator dan kelengkapannya.
- Pemasangan Fuse Cut Out.
- Pemasangan Lighting Arrester.

F. PEMASANGAN TRAFO DAN KELENGKAPANNYA

- Pemasangan Trafo.
- Pemasangan bushing dan kelengkapannya.

G. PEMASANGAN LV PANEL / PHB TR / KUBIKEL

- Pemasangan body panel.
- Pemasangan isi/kelengkapan Kubikel.

H. WIRING

- Pemasangan pipa-pipa galvanis pelindung kabel yang menghubungkan antara Trafo ke Kubikel, antara Kubikel ke SUTR, dan lain-lain.
- Pengawatan antar peralatan (Kubikel, Trafo, FCU, LA, SUTM, SUTR, Instalasi Pembumian, dan lain-lain).
- Pemasangan klem-klem/konektor pada terminal peralatan.
- Pemasangan/pengerasan bolt & nut pada terminal peralatan.

I. PEKERJAAN LAIN-LAIN

- Pemasangan instalasi grounding.
- Pemasangan Danger Plate.

J. CHECKING DAN FINISHING

- Pengecekan kondisi Tiang.
- Pengecekan kondisi Cross Arm tempat peralatan.
- Pengecekan kondisi peralatan (Trafo, Kubikel, LA, FCO, Isolator, dan lain-lain) beserta kelengkapannya.
- Pengecekan kondisi konduktor dan pengawatan.
- Pengecekan kondisi di sekitar Gardu Distribusi.
- Perbaikan terhadap pekerjaan yang kurang/ tidak memenuhi standar.
- Pemeriksaan dan pengujian secara internal.

K. COMMISSIONING & ENERGIZING

- Pemeriksaan dan pengujian oleh LIT yang berwenang
- Penerbitan SLO.
- Pengoperasian / pengisian tegangan (Energizing).

L. SERAH TERIMA PEKERJAAN & MASA PEMELIHARAAN

- Serah terima I.
- Masa pemeliharaan (jangka waktu sesuai yang tercantum dalam kontrak).
- Serah terima II (dilakukan setelah masa pemeliharaan berakhir dan pekerjaan setelah selesai sesuai kontrak).

M. KOMPONEN/PERALATAN/MATERIAL YANG DIGUNAKAN

- ❑ Komponen Pole Top Assembly / Pole Top Arrangement:
 - ❑ Isolator Tumpu (Pin Insulator).
 - ❑ Top Ties (Pengikat AAAC ke Isolator).
 - ❑ H Type Connector (Pengikat Konduktor Jumper ke Line/AAAC).
 - ❑ Cross Arm/Travers (Tempat pemasangan Isolator Tumpu).
 - ❑ Plat Baja Penahan Cross Arm/Arm Tie.
 - ❑ Konduktor AAAC untuk Jumper.

- ❑ Komponen Pada LA dan FCO :
 - ❑ Lightning Arrester 20 kV.
 - ❑ Fuse Cut Out + Fuse Link.
 - ❑ Cross Arm/Travers tempat dudukan FCO & LA.

- ❑ Komponen Trafo & Kelengkapannya :
 - ✓ Trafo 3 Phasa 100 KVA - 250 KVA.
 - ✓ Dudukan Trafo.
 - ✓ Sepatu Kabel (Cable Schoen) pada Terminal Trafo.
 - ✓ Kabel NYY/CU dari sisi-sisi sekunder Trafo ke PHB TR.
 - ✓ Lampu TL (dipasang di bawah dudukan Trafo).
 - ✓ Papan Tanda Bahaya (Danger Plate).

- ❑ Komponen Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB TR) & Kelengkapannya :
 - ✓ PHB TR dan kelengkapan yang ada di dalamnya.
 - ✓ Dudukan PHB TR.
 - ✓ Pipa Galvanish Pelindung Kabel dari PHB TR ke JTR.

- ❑ Komponen Pengkabelan (Wiring) dan Kelengkapannya:
 - ✓ Pipa Galvanish Pelindung Kabel dari PHB TR ke JTR.
 - ✓ Dudukan/Klem pipa Galvanish.
 - ✓ Kne untuk pipa Galvanish.
 - ✓ Stainless Strap untuk Pole Bracket.
 - ✓ Plastic Strap for Clamping.
 - ✓ Bimetal Junction Sleep AL-Cu.
 - ✓ Kabel TR NYY/Cu.
 - ✓ Stopping Buckle.

- ❑ Komponen Lain-lain :
 - ✓ Instalasi Grounding.
 - ✓ Ground Rod untuk Grounding.
 - ✓ Konduktor BC untuk Grounding.
 - ✓ Dead End Clamp.
 - ✓ Bolt & Nut berbagai ukuran.
 - ✓ Pondasi Trafo.
 - ✓ Dan lain-lain.

N. PENJELASAN LAIN-LAIN

- ❑ Penjelasan di atas adalah untuk jenis Gardu Trafo Tiang Type Portal (disangga oleh dua tiang).
- ❑ Untuk jenis Gardu Trafo Tiang Type Cantol, yang membedakan adalah :
 - ✓ Type Cantol tidak menggunakan Cross Arm untuk Trafo dan LV Panel/PHB TR/Kubikel.
 - ✓ Cross Arm dipakai untuk tempat pemasangan Isolator, LA dan FCO.
 - ✓ Untuk tempat pemasangan/menyangga Trafo, digunakan Pole Band Bracket.
 - ✓ Jika SUTR menggunakan AAAC, maka Cross Arm dipasang pada SUTR.
- ❑ Saat ini umumnya penyulang JTR menggunakan penghantar TC/TIC/LVTC, sehingga tidak menggunakan Cross Arm pada SUTR.
- ❑ Nama komponen / material / peralatan pada Gardu Distribusi, antara satu Wilayah dengan Wilayah lain PLN di Indonesia, belum tentu sama, termasuk standar yang dianut.

Terima kasih