

BAB I

KONSEP DASAR GARDU INDUK

1.1. PENGERTIAN UMUM

- ↗ Gardu Induk merupakan sub sistem dari sistem penyaluran (transmisi) tenaga listrik, atau merupakan satu kesatuan dari sistem penyaluran (transmisi).
- ↗ Penyaluran (transmisi) merupakan sub sistem dari sistem tenaga listrik.
- ↗ Berarti, gardu induk merupakan sub-sub sistem dari sistem tenaga listrik.
- ↗ Sebagai sub sistem dari sistem penyaluran (transmisi), gardu induk mempunyai peranan penting, dalam pengoperasiannya tidak dapat dipisahkan dari sistem penyaluran (transmisi) secara keseluruhan.
- ↗ Dalam pembahasan ini difokuskan pada masalah gardu induk yang pada umumnya terpasang di Indonesia, pembahasannya bersifat praktis (terapan) sesuai konstruksi yang terpasang di lapangan.

1.2. FUNGSI GARDU INDUK

- ✓ Mentransformasikan daya listrik :
 - ✓ Dari tegangan ekstra tinggi ke tegangan tinggi (500 KV/150 KV).
 - ✓ Dari tegangan tinggi ke tegangan yang lebih rendah (150 KV/ 70 KV).
 - ✓ Dari tegangan tinggi ke tegangan menengah (150 KV/ 20 KV, 70 KV/20 KV).
 - ✓ Dengan frequensi tetap (di Indonesia 50 Hertz).
- ✓ Untuk pengukuran, pengawasan operasi serta pengamanan dari sistem tenaga listrik.
- ✓ Pengaturan pelayanan beban ke gardu induk-gardu induk lain melalui tegangan tinggi dan ke gardu distribusi-gardu distribusi, setelah melalui proses penurunan tegangan melalui penyulang-penyulang (feeder- feeder) tegangan menengah yang ada di gardu induk.
- ✓ Untuk sarana telekomunikasi (pada umumnya untuk internal PLN), yang kita kenal dengan istilah SCADA.

1.3. JENIS GARDU INDUK

- ↗ Jenis Gardu Induk bisa dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu :
 - ✓ Berdasarkan besaran tegangannya.
 - ✓ Berdasarkan pemasangan peralatan.
 - ✓ Berdasarkan fungsinya.
 - ✓ Berdasarkan isolasi yang digunakan.
 - ✓ Berdasarkan sistem rel (busbar).
- ↗ Dilihat dari jenis komponen yang digunakan, secara umum antara GITET dengan GI mempunyai banyak kesamaan. Perbedaan mendasar adalah :
 - ✓ Pada GITET transformator daya yang digunakan berupa 3 buah tranformator daya masing – masing 1 phasa (bank tranformer) dan dilengkapi peralatan rekator yang berfungsi mengkompensasikan daya reaktif jaringan.
 - ✓ Sedangkan pada GI (150 KV, 70 KV) menggunakan Transformator daya 3 phasa dan tidak ada peralatan reaktor.
- ↗ Berdasarkan besaran tegangannya, terdiri dari :
 - ✓ Gardu INduk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 275 KV, 500 KV.
 - ✓ Gardu Induk Tegangan Tinggi (GI) 150 KV dan 70 KV.

1.3.1. BERDASARKAN PEMASANGAN PERALATAN

↗ Gardu Induk Pasangan Luar :

- ✓ Adalah gardu induk yang sebagian besar komponennya di tempatkan di luar gedung, kecuali komponen kontrol, sistem proteksi dan sistem kendali serta komponen bantu lainnya, ada di dalam gedung.
- ✓ Gardu Induk semacam ini biasa disebut dengan gardu induk konvensional.
- ✓ Sebagian besar gardu induk di Indonesia adalah gardu induk konvensional.
- ✓ Untuk daerah-daerah yang padat pemukiman dan di kota-kota besar di Pulau Jawa, sebagian menggunakan gardu induk pasangan dalam, yang disebut Gas Insulated Substation atau Gas Insulated Switchgear (GIS).

↗ Gardu Induk Pasangan Dalam :

- ✓ Adalah gardu induk yang hampir semua komponennya (switchgear, busbar, isolator, komponen kontrol, komponen kendali, cubicle, dan lain-lain) dipasang di dalam gedung. Kecuali transformator daya, pada umumnya dipasang di luar gedung.
- ✓ Gardu Induk semacam ini biasa disebut Gas Insulated Substation (GIS).
- ✓ GIS merupakan bentuk pengembangan gardu induk, yang pada umumnya dibangun di daerah perkotaan atau padat pemukiman yang sulit untuk mendapatkan lahan.

- ✓ Beberapa keunggulan GIS dibanding GI konvensional :
 - Hanya membutuhkan lahan seluas \pm 3.000 meter persegi atau \pm 6 % dari luas lahan GI konvensional.
 - Mampu menghasilkan kapasitas daya (power capasity) sebesar 3 x 60 MVA bahkan bisa ditingkatkan sampai dengan 3 x 100 MVA.
 - Jumlah penyulang keluaran (output feeder) sebanyak 24 penyulang (feeder) dengan tegangan kerja masing-masing 20 KV.
 - Bisa dipasang di tengah kota yang padat pemukiman.
 - Keunggulan dari segi estetika dan arsitektural, karena bangunan bisa didesain sesuai kondisi disekitarnya.
- ↗ Gardu Induk kombinasi pasangan luar dan pasangan dalam :
Adalah gardu induk yang komponen switchgear-nya ditempatkan di dalam gedung dan sebagian komponen switchgear ditempatkan di luar gedung, misalnya gantry (tie line) dan saluran udara tegangan tinggi (SUTT) sebelum masuk ke dalam switchgear. Transformator daya juga ditempatkan di luar gedung.

1.3.2. BERDASARKAN FUNGSINYA

- ↗ Gardu Induk Penaik Tegangan :
 - ✓ Adalah gardu induk yang berfungsi untuk menaikkan tegangan, yaitu tegangan pembangkit (generator) dinaikkan menjadi tegangan sistem.
 - ✓ Gardu Induk ini berada di lokasi pembangkit tenaga listrik.
 - ✓ Karena output voltage yang dihasilkan pembangkit listrik kecil dan harus disalurkan pada jarak yang jauh, maka dengan pertimbangan efisiensi, tegangannya dinaikkan menjadi tegangan ekstra tinggi atau tegangan tinggi.
- ↗ Gardu Induk Penurun Tegangan :
 - ✓ Adalah gardu induk yang berfungsi untuk menurunkan tegangan, dari tegangan tinggi menjadi tegangan tinggi yang lebih rendah dan menengah atau tegangan distribusi.
 - ✓ Gardu Induk terletak di daerah pusat-pusat beban, karena di gardu induk inilah pelanggan (beban) dilayani.
- ↗ Gardu Induk Pengatur Tegangan :
 - ✓ Pada umumnya gardu induk jenis ini terletak jauh dari pembangkit tenaga listrik.
 - ✓ Karena listrik disalurkan sangat jauh, maka terjadi tegangan jatuh (voltage drop) transmisi yang cukup besar.
 - ✓ Oleh karena diperlukan alat penaik tegangan, seperti bank kapasitor, sehingga tegangan kembali dalam keadaan normal.

✓ Gardu Induk Pengatur Beban :

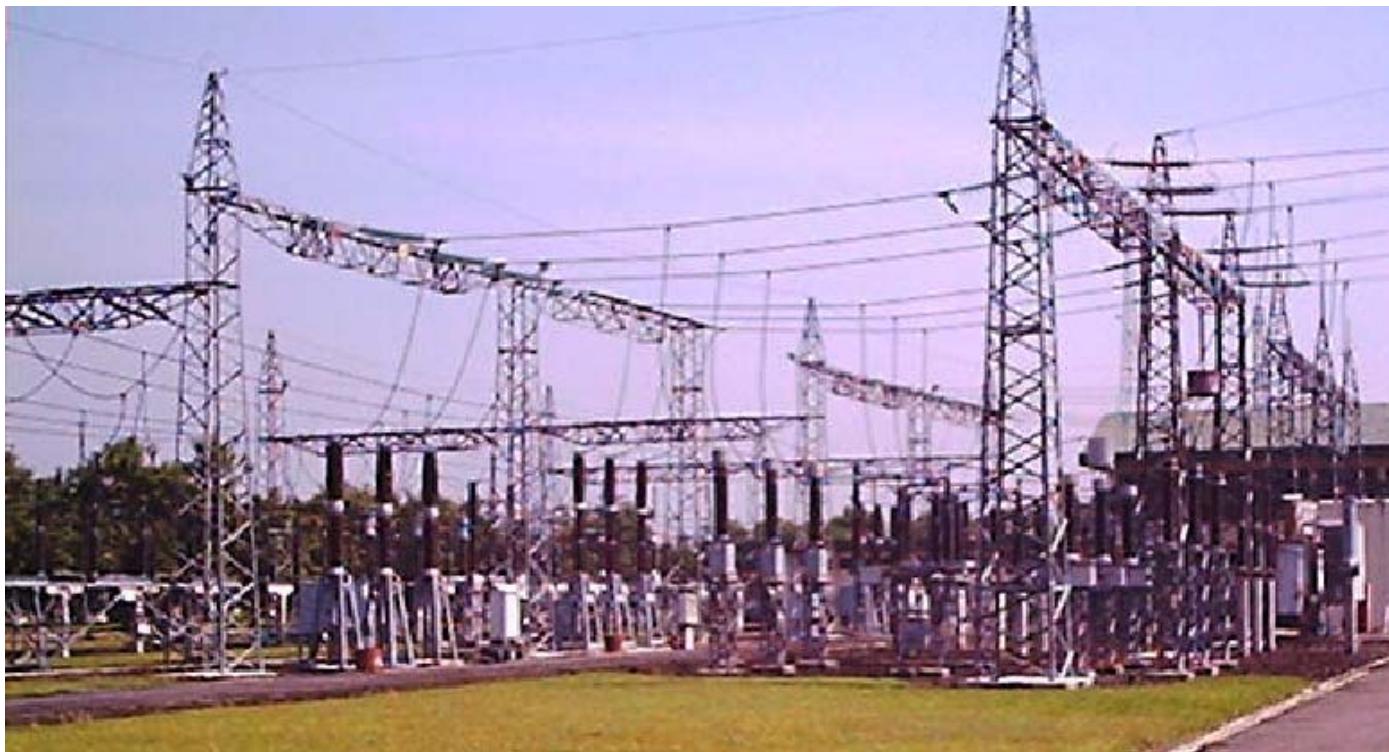
- ✓ Berfungsi untuk mengatur beban.
- ✓ Pada gardu induk ini terpasang beban motor, yang pada saat tertentu menjadi pembangkit tenaga listrik, motor berubah menjadi generator dan suatu saat generator menjadi motor atau menjadi beban, dengan generator berubah menjadi motor yang memompakan air kembali ke kolam utama.

✓ Gardu Induk Distribusi :

- ✓ Gardu induk yang menyalurkan tenaga listrik dari tegangan sistem ke tegangan distribusi.
- ✓ Gardu induk ini terletak di dekat pusat-pusat beban.

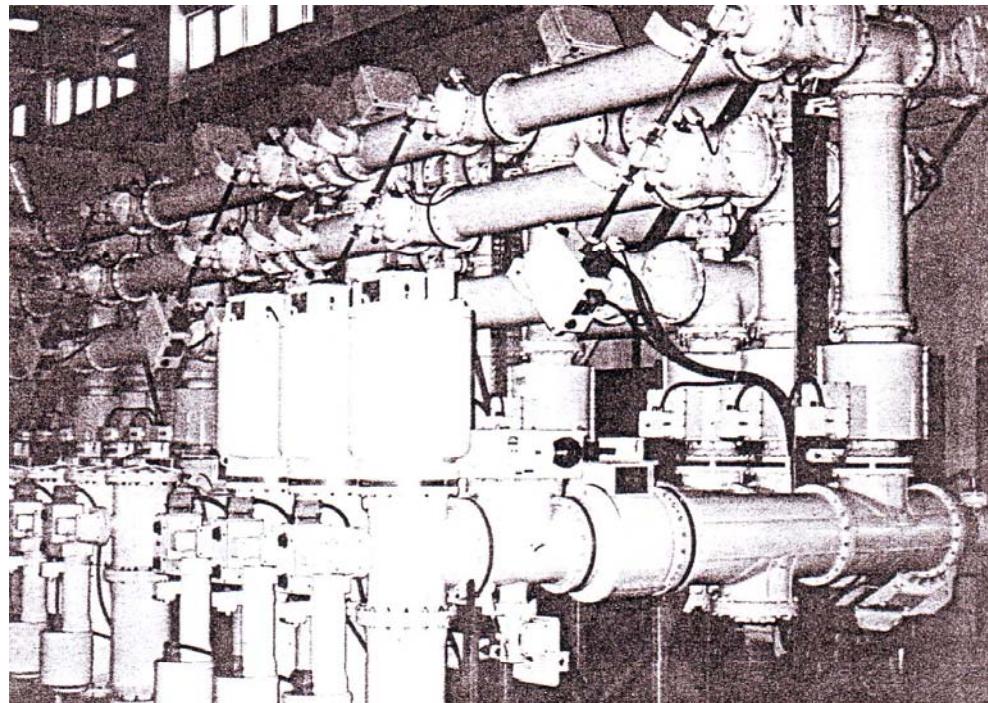
1.3.3. BERDASARKAN ISOLASI YANG DIGUNAKAN

- ↗ Gardu Induk yang menggunakan isolasi udara :
 - ✓ Adalah gardu induk yang menggunakan isolasi udara antara bagian yang bertegangan yang satu dengan bagian yang bertegangan lainnya.
 - ✓ Gardu Induk ini berupa gardu induk konvensional (lihat gambar 1), memerlukan tempat terbuka yang cukup luas.



Gambar 1 : Gardu induk konvensional

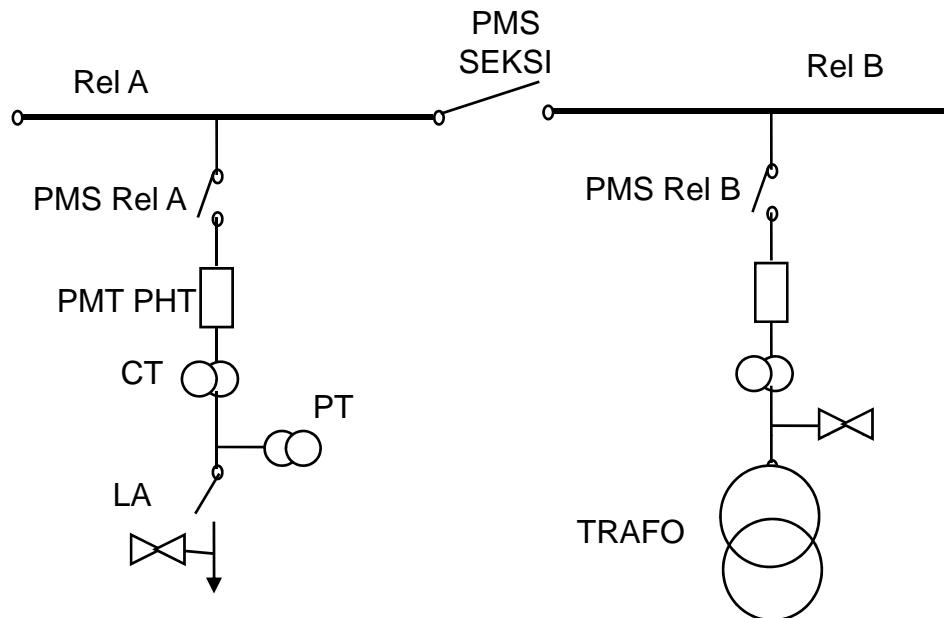
- ↗ Gardu Induk yang menggunakan isolasi gas SF 6 :
 - ✓ Gardu induk yang menggunakan gas SF 6 sebagai isolasi antara bagian yang bertegangan yang satu dengan bagian lain yang bertegangan, maupun antara bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan.
 - ✓ Gardu induk ini disebut Gas Insulated Substation atau Gas Insulated Switchgear (GIS), yang memerlukan tempat yang sempit (lihat gambar 2).



Gambar 2 : Gas Insulated Substation (GIS)

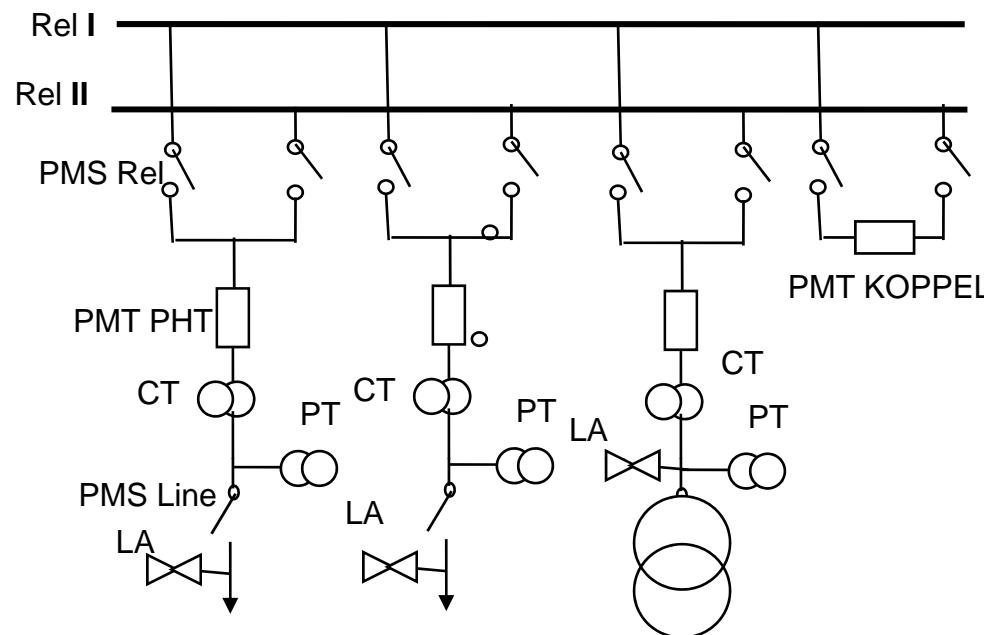
1.3.4. BERDASARKAN SISTEM REL (BUSBAR)

- ↗ Rel (busbar) merupakan titik hubungan pertemuan (connecting) antara transformator daya, SUTT/ SKTT dengan komponen listrik lainnya, untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik. Berdasarkan sistem rel (busbar), gardu induk dibagi menjadi beberapa jenis, sebagaimana tersebut di bawah ini :
- ↗ Gardu Induk sistem ring busbar :
 - ✓ Adalah gardu induk yang busbaranya berbentuk ring.
 - ✓ Pada gardu induk jenis ini, semua rel (busbar) yang ada, tersambung (terhubung) satu dengan lainnya dan membentuk ring (cincin).
- ↗ Gardu Induk sistem single busbar :
 - ✓ Adalah gardu induk yang mempunyai satu (single) busbar.
 - ✓ Pada umumnya gardu dengan sistem ini adalah gardu induk yang berada pada ujung (akhir) dari suatu sistem transmisi.
 - ✓ Single line diagram gardu sistem single busbar, lihat gambar 3.



Gambar 3 : Single line diagram gardu induk single busbar

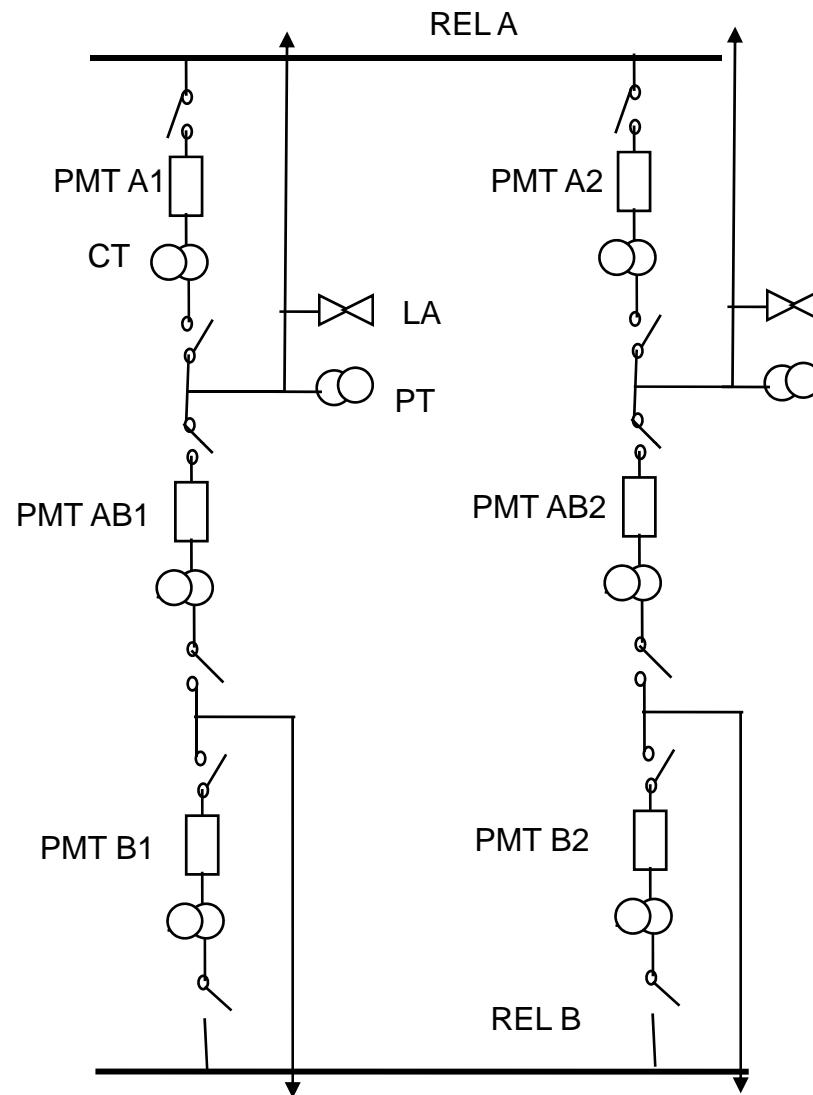
- ↗ Gardu Induk sistem double busbar :
 - ✓ Adalah gardu induk yang mempunyai dua (double) busbar.
 - ✓ Gardu induk sistem double busbar sangat efektif untuk mengurangi terjadinya pemadaman beban, khususnya pada saat melakukan perubahan sistem (manuver sistem).
 - ✓ Jenis gardu induk ini pada umumnya yang banyak digunakan.
 - ✓ Single line diagram gardu induk sistem double busbar, lihat gambar 4.



Gambar 4 : Single line diagram gardu induk sistem double busbar.

- ↗ Gardu Induk sistem satu setengah (on half) busbar :
 - ✓ Adalah gardu induk yang mempunyai dua (double) busbar.
 - ✓ Pada umumnya gardu induk jenis ini dipasang pada gardu induk di pembangkit tenaga listrik atau gardu induk yang berkapasitas besar.
 - ✓ Dalam segi operasional, gardu induk ini sangat efektif, karena dapat mengurangi pemadaman beban pada saat dilakukan perubahan sistem (manuver system).
 - ✓ Sistem ini menggunakan 3 buah PMT dalam satu diagonal yang terpasang secara deret (seri). Single line diagram, lihat gambar 5.

Lanjutan 1.3.4.



Gambar 5 : Single line diagram gardu induk satu setengah busbar

1.4. PERTIMBANGAN PEMBANGUNAN GARDU INDUK

- ✓ Kebutuhan (Demand) beban yang semakin meningkat, mendekati bahkan melebihi kemampuan GI yang ada.
- ✓ Jika kondisi GI eksisting masih memungkinkan, biasanya cukup dilakukan up-rating atau menaikkan kapasitas GI yang ada, misalnya dengan melakukan penggantian dan penambahan transformator daya.
- ✓ Adanya perluasan daerah/ wilayah atau adanya daerah/ wilayah baru, yang pasti membutuhkan ketersediaan/ pasokan daya listrik cukup besar.
- ✓ Adanya pembangunan infra struktur bagi kawasan industri (industrial estate).
- ✓ Proyeksi kebutuhan daya listrik untuk jangka waktu tertentu, sehingga perlu disiapkan gardu induk baru atau perluasan gardu induk.
- ✓ Adanya pengembangan sistem tenaga listrik secara terpadu, misalnya pembangunan pembangkit listrik - pembangkit listrik baru, sehingga dilakukan perluasan sistem penyaluran (transmisi), tentunya dibarengi dengan pembangunan GI-GI baru atau perluasan.

1.5. GAS INSULATED SUBSTATION (GIS)

- ↗ Secara prinsip peralatan yang dipasang pada GIS sama dengan peralatan yang dipakai GI Konvensional.
- ↗ Perbedaannya adalah :
 - ✓ Pada GIS peralatan-peralatan utamanya berada dalam suatu selubung logam tertutup rapat, yang di dalamnya berisi gas bertekanan, yaitu gas SF 6 (Sulphur Hexafluorida).
 - ✓ Gas SF 6 berfungsi sebagai isolasi switchgear dan sebagai pemadam busur api pada operasi Circuit Breaker (CB).
 - ✓ Dengan demikian cara pemasangan GIS berbeda dengan GI Konvensional.
- ↗ Pengembangan GIS :
 - ✓ Pada mulanya GIS didesain dengan sistem selubung phasa tunggal.
 - ✓ Dengan semakin majunya teknologi kelistrikan, maka saat ini sebagian besar GIS memakai desain selubung tiga phasa dimasukkan dalam satu selubung.
- ↗ Keuntungan sistem selubung tiga phasa adalah : lebih murah, lebih ringan, lebih praktis dan pemasangannya lebih mudah, meminimalkan kemungkinan terjadinya kebocoran gas dan lebih sederhana susunan isolasinya.

- ↗ Pertimbangan penggunaan gas SF₆ dalam GIS, adalah :
 - ✓ Kekuatan dielektrik tinggi, yaitu pada tekanan udara normal sebesar 2,5 kali dielektrik udara.
 - ✓ Tidak mudah terbakar dan tidak berbau.
 - ✓ Tidak beracun dan tidak berwarna.
 - ✓ Mengikuti hukum gas-gas pada umumnya.
 - ✓ Berat molekul 146 (udara 29).
 - ✓ Kepekaan ± 6 kg/m³ pada 0,1 MFA dan 10° C.
- ↗ GIS-GIS yang terpasang di Indonesia, adalah GIS 150 KV :
 - ✓ Dipasang di kota-kota besar dan terbatas hanya di Pulau Jawa.
 - ✓ Sistem penyaluran (transmisi) menggunakan kabel tanah (SKTT).
- ↗ Hampir semua komponen GIS terpasang (ditempatkan) dalam gedung, kecuali transformator tenaga, pada umumnya dipasang (ditempatkan) di luar gedung.
- ↗ Komponen listrik pada GIS merupakan suatu kesatuan yang sudah berwujud rigid (kompak). Untuk pemasangannya tinggal meletakkan di atas pondasi.

BAB II

KOMPONEN (BAGIAN-BAGIAN) SIPIL & MEKANIKAL GARDU INDUK

2.1. KOMPONEN SIPIL DAN MEKANIKAL PADA SWITCH YARD

- ↗ Pondasi (tempat dudukan) peralatan :
 - ✓ Transformator Daya.
 - ✓ Circuit Breaker (CB).
 - ✓ Disconnecting Switch (DS).
 - ✓ Capacitor Voltage Transformer (CVT).
 - ✓ Current Transformer (CT).
 - ✓ Lightning Arrester (LA).
 - ✓ Potential Transformer (PT).
 - ✓ Potential Device (PD)
 - ✓ Dan lain sebagainya.
- ↗ Got kabel (cable duct) :
 - ✓ Adalah tempat peletakan kabel yang menghubungkan antara peralatan di switch yard, maupun antara peralatan di switch yard dengan peralatan di gedung kontrol.
 - ✓ Jenis (dimensi) kabel duct : D 250, D-300, D-400, D-600, D-900, D-1200 dan D- 1500 tergantung kebutuhan.
- ↗ Komponen mekanikal :
 - ✓ Serandang, terdiri dari : serandang peralatan, serandang post, serandang beam.
 - ✓ Rak kabel dan plat bordes untuk penutup got kabel.
 - ✓ Pagar keliling GI.

2.1. KOMPONEN SIPIL DAN MEKANIKAL GEDUNG KONTROL

- ↗ Komponen sipil gedung kontrol, terdiri dari :
 - ✓ Ruang peralatan kontrol (kendali) & ruang cubicle.
 - ✓ Ruang operator.
 - ✓ Ruang kantor GI.
 - ✓ Ruang Relay
 - ✓ Ruang komunikasi
 - ✓ Ruang battery
 - ✓ Pondasi peralatan (panel relay, panel kontrol, cubicle, dan lain-lain).
 - ✓ Got kabel (cable duct).
 - ✓ Dan lain sebagainya.
- ↗ Komponen mekanikal, terdiri dari :
 - ✓ Air conditioning (AC).
 - ✓ Rak kabel yang dijadikan sebagai penempatan kabel, yang menghubungkan antara peralatan yang ada di switch yard dengan komponen yang ada di gedung kontrol, maupun yang menghubungkan komponen yang ada di gedung kontrol.
 - ✓ Dan lain sebagainya.

2.3. KOMPONEN SIPIL DAN MEKANIKAL SARANA/ PRASARANA

- ✓ Jalan di area switch yard, jalan masuk ke GI, jalan di sekeliling gedung kontrol.
- ✓ Pagar keliling GI.
- ✓ Tempat parkir kendaraan dan halaman gedung kontrol.
- ✓ Saluran air limbah dan saluran air di area switch yard.
- ✓ Gudang tempat penyimpanan material/ peralatan.
- ✓ Kamar mandi/ WC.
- ✓ Pos keamanan (Pos Satpam).
- ✓ Taman di sekeliling gedung kontrol.
- ✓ Fasilitas air bersih.
- ✓ Dan lain sebagainya.

BAB III

KOMPONEN (BAGIAN-BAGIAN) LISTRIK GARDU INDUK

3.1. SWITCH YARD (SWITCHGEAR)

- ✓ Adalah bagian dari gardu induk yang dijadikan sebagai tempat peletakan komponen utama gardu induk.
- ✓ Pemahaman tentang switch yard, pada umumnya adalah :
 - ✓ Jika komponen utama gardu induk terpasang di area terbuka yang luas, maka disebut switch yard.
 - ✓ Jika komponen utama gardu induk terpasang di area terbatas (sempit) dan di dalam gedung, maka disebut switchgear.
 - ✓ Sebenarnya yang dimaksud switchgear, adalah peralatan yang ada di switch yard.
- ✓ Jadi yang dimaksud switch yard, adalah nama yang diperuntukkan bagi gardu konvensional.
- ✓ Sedangkan switchgear, adalah nama yang diperuntukkan bagi Gas Insulated Substation (GIS).

3.1.1. TRANSFORMATOR DAYA



Gambar 6 :
Transformator Daya Pada
GI Konvensional

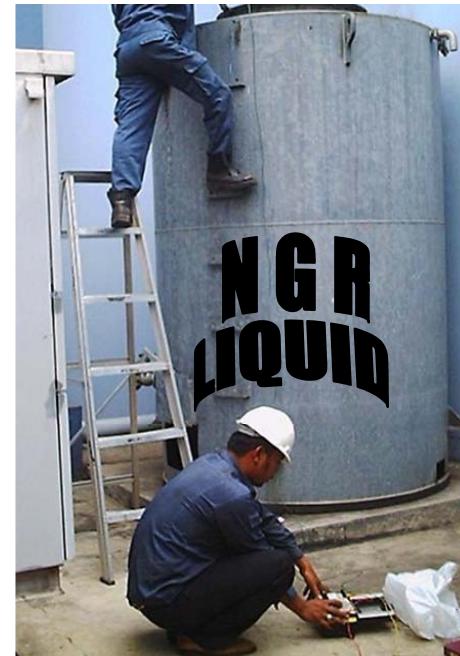
- ↗ Berfungsi mentranformasikan daya listrik, dengan merubah besaran tegangannya, sedangkan frequensinya tetap.
- ↗ Tranformator daya juga berfungsi untuk pengaturan tegangan.
- ↗ Transformator daya dilengkapi dengan trafo pentanahan yang berfungsi untuk mendapatkan titik neutral dari trafo daya. Peralatan ini disebut Neutral Current Transformer (NCT).
- ↗ Perlengkapan lainnya adalah pentanahan trafo, yang disebut Neutral Grounding Resistance (NGR).

3.1.2. NEUTRAL GROUNDING RESISTANCE (NGR)



Gambar 7 a :
Neutral Grounding Resistance
(NGR)

- ↗ Komponen yang dipasang antara titik neutral trafo dengan pentanahan.
- ↗ Berfungsi untuk memperkecil arus gangguan yang terjadi.



- ↗ Diperlukan proteksi yang praktis dan biasanya tidak terlalu mahal, karena karakteristik relay dipengaruhi oleh sistem pentanahan neutral.

Gambar 7 b :
Neutral Grounding Resistance (Liquid)

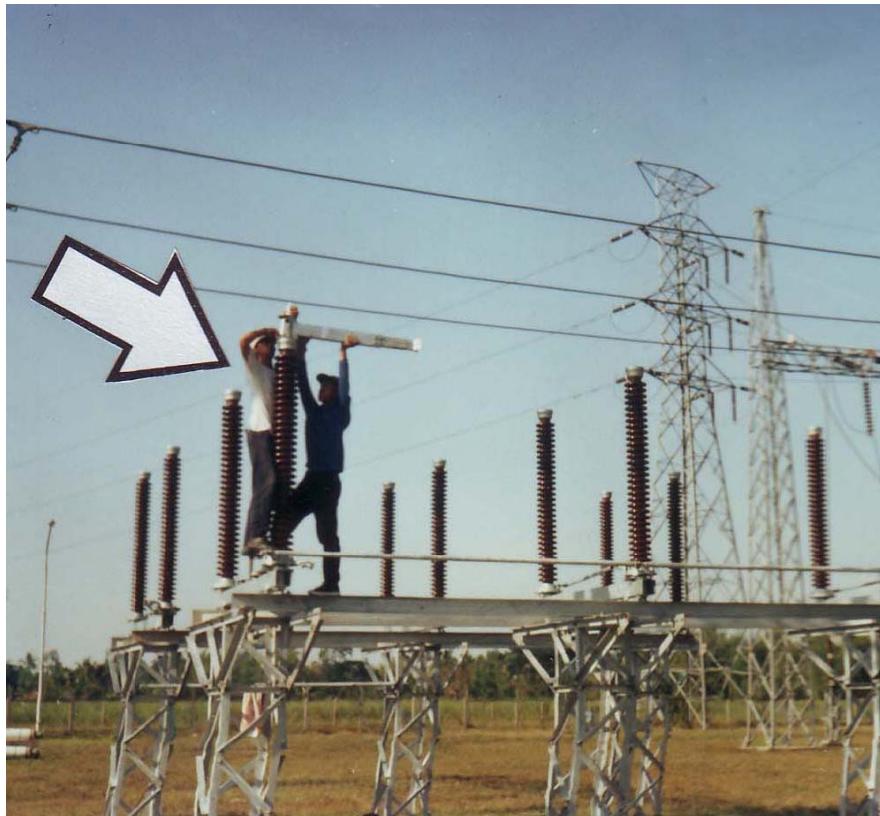
3.1.3. CIRCUIT BREAKER (CB)



Gambar 8 :
Circuit Breaker (CB)

- ↗ Adalah peralatan pemutus, yang berfungsi untuk memutus rangkaian listrik dalam keadaan berbeban (berarus).
- ↗ CB dapat dioperasikan pada saat jaringan dalam kondisi normal maupun pada saat terjadi gangguan.
- ↗ Karena pada saat bekerja, CB mengeluarkan (menyebabkan timbulnya) busur api, maka pada CB dilengkapi dengan pemadam busur api.
- ↗ Pemadam busur api berupa :
 - ✓ Minyak (OCB).
 - ✓ Udara (ACB).
 - ✓ Gas (GCB).

3.1.4. DISCONNECTING SWITCH (DS)



Gambar 9 :
Disconnecting Switch (DS)

- ↗ Adalah peralatan pemisah, yang berfungsi untuk memisahkan rangkaian listrik dalam keadaan tidak berbeban.
- ↗ Dalam GI, DS terpasang di :
 - ✓ Transformator Bay (TR Bay).
 - ✓ Transmission Line Bay (TL Bay).
 - ✓ Busbar.
 - ✓ Bus Couple.
- ↗ Karena DS hanya dapat dioperasikan pada kondisi jaringan tidak berbeban, maka yang harus dioperasikan terlebih dahulu adalah CB. Setelah rangkaian diputus oleh CB, baru DS dioperasikan.

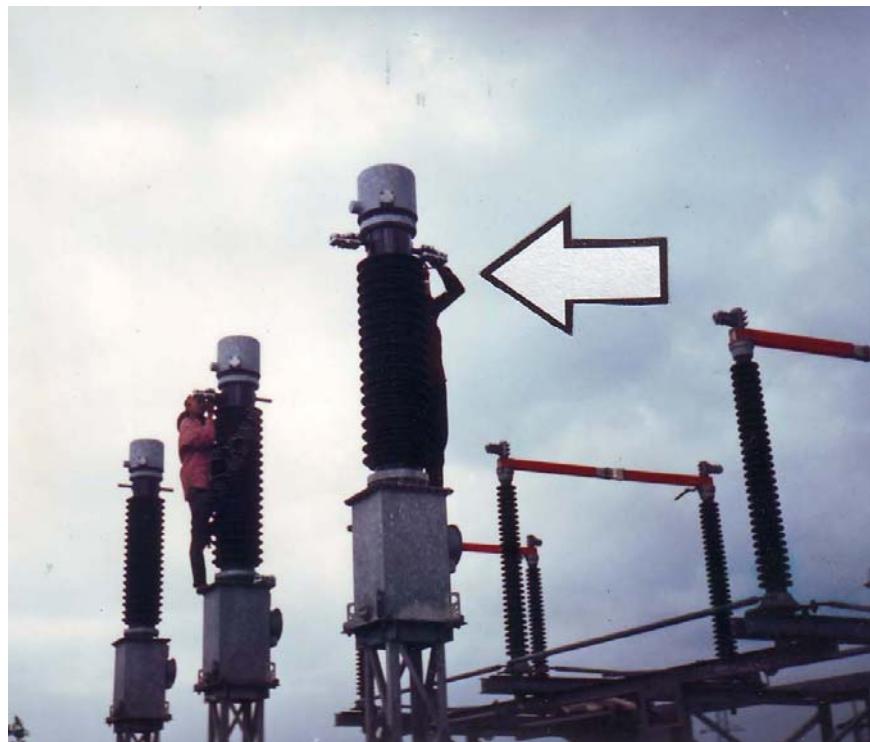
3.1.5. LIGHTNING ARRESTER (LA)



Gambar 10 :
Lightning Arrester (LA)

- ↗ Berfungsi untuk melindungi (pengaman) peralatan listrik di gardu induk dari tegangan lebih akibat terjadinya sambaran petir (lightning surge) pada kawat transmisi, maupun disebabkan oleh surya hubung (switching surge).
- ↗ Dalam keadaan normal (tidak terjadi gangguan), LA bersifat isolatif atau tidak bisa menyalurkan arus listrik.
- ↗ Dalam keadaan terjadi gangguan yang menyebabkan LA bekerja, maka LA bersifat konduktif atau menyalurkan arus listrik ke bumi.

3.1.6. CURRENT TRANSFORMER (CT)



Gambar 11 :
Current Transformer (CT)

- ↗ Berfungsi merubah besaran arus dari arus yang besar ke arus yang kecil atau memperkecil besaran arus listrik pada sistem tenaga listrik, menjadi arus untuk sistem pengukuran dan proteksi.

- ↗ Mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer, yaitu memisahkan instalasi pengukuran dan proteksi tegangan tinggi.

3.1.7. POTENTIAL TRANSFORMER (PT)

- Berfungsi untuk merubah besaran tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau memperkecil besaran tegangan listrik pada sistem tenaga listrik, menjadi besaran tegangan untuk pengukuran dan proteksi.

- Mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer, dengan memisahkan instalasi pengukuran dan proteksi tegangan tinggi.

Gambar 12 :
Potential Transformer (PT)

3.1.8. TRANSFORMATOR PEMAKAIAN SENDIRI (TPS)

- ✓ Berfungsi sebagai sumber tegangan AC 3 phasa 220/ 380 Volt.
 - ✓ Digunakan untuk kebutuhan intern gardu induk, antara lain untuk :
 - ✓ Penerangan di switch yard, gedung kontrol, halaman GI dan sekeliling GI
 - ✓ Alat pendingin (AC).
 - ✓ Rectifier.
 - ✓ Pompa air dan motor-motor listrik.
 - ✓ Peralatan lain yang memerlukan listrik tegangan rendah.
- Gambar 13 :
Trafo Pemakaian Sendiri (TPS)

3.1.9. REL (BUSBAR)



Gambar 14 :
Rel (Busbar) Pada GI Konvensional

- ↗ Berfungsi sebagai titik pertemuan/ hubungan (connecting) antara transformator daya, SUTT, SKTT serta komponen listrik lainnya yang ada pada switch yard.
- ↗ Komponen rel (busbar) antara lain :
 - ✓ Konduktor (AAAC, HAL, THAL, BC, HDCC).
 - ✓ Insulator String & Fitting (Insulator, Tension Clamp, Suspension Clamp, Socket Eye, Anchor Sackle, Spacer).

3.2. GEDUNG KONTROL (CONTROL BUILDING)



Gambar 15 :
Gedung Kontrol GIS

- ↗ Pada gedung kontrol inilah operator bekerja mengontrol dan mengoperasikan komponen-komponen yang ada di gardu induk.

↗ Berfungsi sebagai pusat aktifitas pengoperasian gardu induk.

Gambar 16 :
Gedung Kontrol GI Konvensional

3.2.1. PANEL KONTROL (CONTROL PANEL)



Gambar 17 :
Panel Kontrol

- ↗ Berfungsi untuk mengetahui (mengontrol) kondisi gardu induk dan merupakan pusat pengendali lokal gardu induk.
- ↗ Didalamnya berisi saklar, indikator-indikator, meter-meter, tombol-tombol komando operasional PMT, PMS dan alat ukur besaran listrik, serta annunciator. Berada satu ruangan dengan tempat operator bekerja.
- ↗ Terdiri dari :
 - ✓ Transmission line control panel (TL control panel).
 - ✓ Transformator control panel (TL control panel).
 - ✓ Fault recorder control panel.
 - ✓ KWh meter dan fault recorder panel.
 - ✓ LRT control panel.
 - ✓ Bus couple control panel.
 - ✓ AC/DC control panel.
 - ✓ Syncronizing control panel.
 - ✓ Automatic FD switching panel.
 - ✓ D/L control panel.

3.2.2. PANEL PROTEKSI (PROTECTION PANEL/ RELAY PANEL)



Gambar 18 :
Panel Proteksi

- ↗ Tempat almari relay-relay pengaman yang dikelompokkan dalam bay, sehingga mudah dalam pengontrolan dan operasionalnya.
- ↗ Berfungsi untuk memproteksi (melindungi sistem jaringan gardu induk) pada saat terjadi gangguan maupun karena kesalahan operasi.
- ↗ Didalamnya berisi peralatan-peralatan elektro dan elektronik, dan lain-lain yang bersifat presisi.
- ↗ Untuk mempertahankan kondisi ideal dan presisi panel proteksi, maka diperlukan alat pendingin dengan suhu tertentu dan harus kontinyu.
- ↗ Setiap relay yang terpasang dan panel proteksi, diberi nama relay sesuai fungsinya.
- ↗ Relay panel tediri dari :
 - ✓ Transmission line relay panel (relay panel TL).
 - ✓ Transformator relay panel (relay panel TR).
 - ✓ Busbar protection relay panel.

3.2.3. SUMBER DC GARDU INDUK



Gambar 19 :
Battery Sumber Arus DC

↗ Baterry :

- ✓ Alat yang menghasilkan sumber tenaga listrik arus searah yang diperoleh dari hasil proses kimia.
- ✓ Sumber DC berfungsi untuk menggerakkan peralatan kontrol, relay pengaman, motor penggerak CB, DS, dan lain-lain.
- ✓ Sumber DC ini harus selalu terhubung dengan rectifier dan harus diperiksa secara rutin kondisi air, kebersihan dan berat jenisnya.

↗ Rectifier :

- ✓ Alat listrik yang berfungsi untuk merubah arus bolak-balik menjadi arus searah, sesuai dengan kapasitas yang diperlukan (kapasitas battery).
- ✓ Rectifier harus selalu terhubung dengan battery dan harus diperiksa kondisi batterynya secara periodik dan rutin.

3.2.4. PANEL AC/ DC

- ↗ Alat listrik yang berupa lemari pembagi.
- ↗ Didalamnya terpasang sakelar kecil (mini circuit breaker) atau fuse-fuse, sebagai pembagi beban dan pengaman dari instalasi terpasang gardu induk.

Gambar 20 :
Panel AC/DC

3.2.5. CUBICLE 20 KV (HV CELL 20 KV)



Gambar 21 :
Cubicle 20 KV (HV Cell 20 KV)

- ✓ Adalah sistem switchgear untuk tegangan menengah (20KV) yang berasal dari output trafo daya, yang selanjutnya diteruskan ke konsumen melalui penyulang (feeder) yang tersambung (terhubung) dengan cubicle tersebut.
- ✓ Dari penyulang (feeder) inilah listrik disalurkan (didistribusikan) ke pusat-pusat beban.
- ✓ Komponen dan rangkaian cubicle, antara lain :
 - Panel penghubung (couple).
 - Incoming cubicle.
 - Circuit breaker (CB) dan Current Transformer (CB).
 - Komponen Proteksi dan pengukuran.
 - Bus sections.
 - Feeder atau penyulang.

3.3. SISTEM PROTEKSI

- ↗ Sistem proteksi adalah suatu sistem pengaman terhadap peralatan listrik, yang diakibatkan adanya gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi dan penyebab yang lainnya.
- ↗ Beberapa peralatan listrik pada gardu induk yang perlu diamankan adalah :
 - ✓ Transformator Daya.
 - ✓ Rel (busbar).
 - ✓ Penghantar :
 - Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT).
 - Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT).
 - Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET).
 - ✓ Penyulang 20 KV.

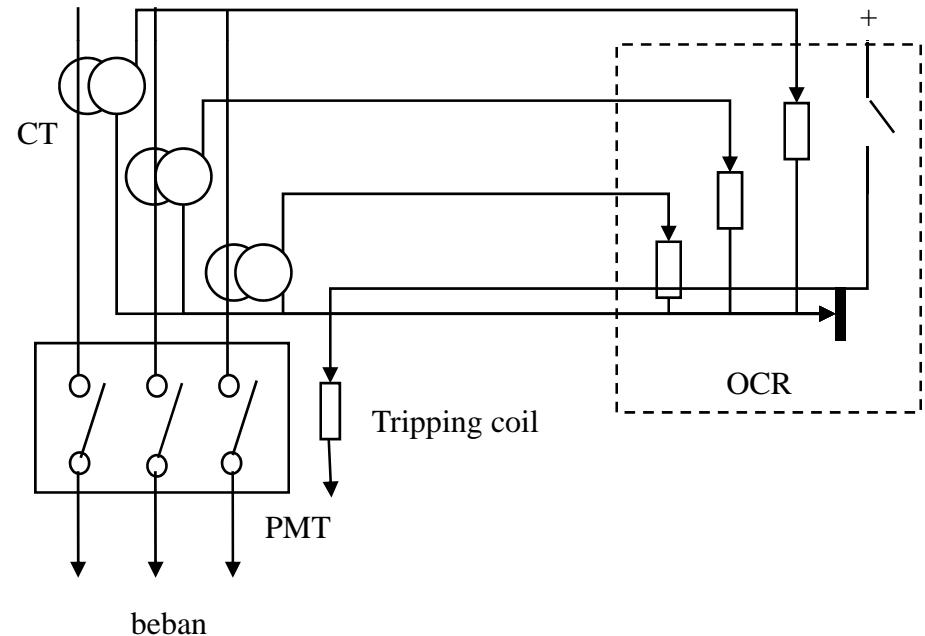
3.3.1. PROTEKSI TRANSFORMATOR DAYA



Gambar 22 : Proteksi Relay Arus lebih

✓ Relay Arus Lebih :

Berfungsi mengamankan trafo dari gangguan hubung singkat (short circuit) antara phasa di dalam maupun di luar daerah pengamanan trafo.



Gambar 23 :
Bagan (rangkaian Proteksi Relay Arus Lebih)



Gambar 24 : Relay Differensial

↗ Relay Differensial :

Berfungsi mengamankan trafo dari gangguan hubung singkat (short circuit) yang terjadi di dalam daerah pengaman trafo.

↗ Relay Gangguan Tanah Terbatas :

Berfungsi untuk mengamankan Transformator Daya terhadap tanah di dalam daerah pengaman trafo, khususnya gangguan di dekat titik netral yang tidak dapat dirasakan oleh Relay Differensial.

↗ Relay Arus Lebih Berubah :

Berfungsi untuk mengamankan Transformator Daya dari gangguan antara phasa dan tiga phasa dan bekerja pada arah tertentu.

↗ Relay Gangguan Tanah :

Berfungsi mengamankan Transformator Daya dari gangguan hubung tanah, di dalam dan di luar daerah pengaman trafo.

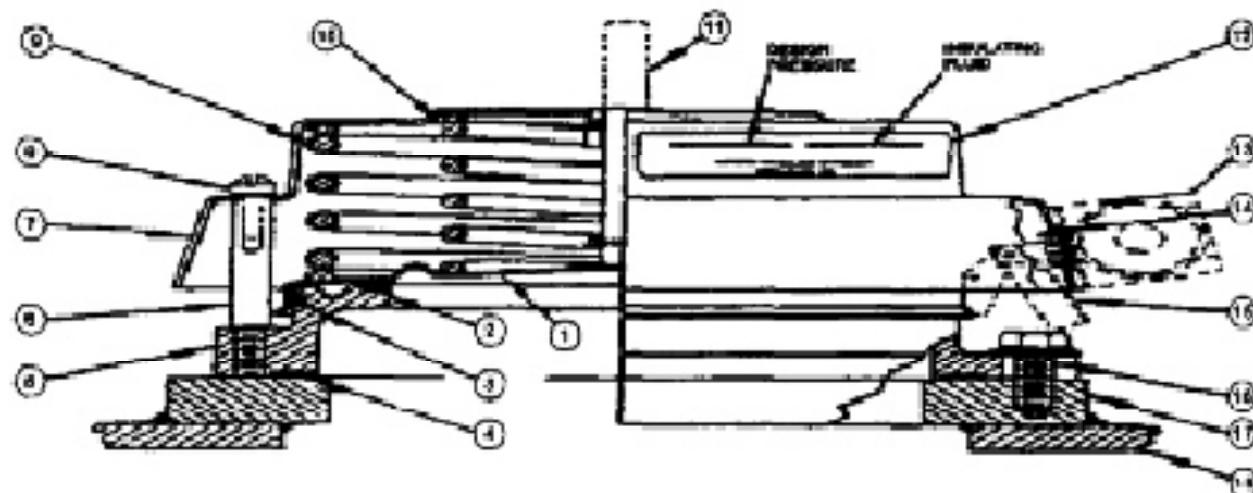
Lanjutan 3.3.1.



Gambar 25 : Relay Bucholz

- ✓ Relay Tangki Tanah :
Berfungsi untuk mengamankan Transformator Daya terhadap hubung singkat (short circuit) antara phasa dengan tangki trafo dan trafo yang titik netralnya ditanahkan.
- ✓ Relay Suhu :
Berfungsi untuk mendeteksi suhu minyak trafo dan kumparan secara langsung, yang akan membunyikan alarm serta mentripkan Circuit Breaker
- ✓ Relay Jansen :
Berfungsi untuk mengamankan pengubah/ pengatur tegangan (Tap Changer) dari Trafo.
- ✓ Relay Bucholz :
Berfungsi mendeteksi adanya gas yang ditimbulkan oleh loncatan bunga api dan pemanasan setempat dalam minyak trafo.

- ↗ Relay Tekanan Lebih :
 - ✓ Berfungsi mengamankan Transformator Daya dari tekanan lebih.
 - ✓ Bagi Trafo tanpa konservator, dipasang relay tekanan mendadak dipasang pada tangki dan bekerja dengan pertolongan.



Gambar 26 :
Pengaman Internal Trafo "**Tekanan Lebih**
(Sudden Pressure)"

3.3.2. PROTEKSI PENGHANTAR SUTT/ SKTT



Gambar 27 :
Relay Differential Pilot Kabel

- ↗ Relay Jarak :
Bergfungsi mengamankan SUTT dari gangguan antar phasa maupun gangguan hubungan tanah.
- ↗ Relay Differential Pilot Kabel :
Bergfungsi mengamankan SKTT dan juga SUTT yang pendek dari gangguan antar phasa maupun gangguan hubung singkat (short circuit).
- ↗ Relay Arus Lebih Berarah :
Bergfungsi mengamankan SUTT dari gangguan antar phasa dan hanya bekerja pada satu arah. Relay ini dapat membedakan arah arus gangguan.

- ↗ Relay Arus Lebih :
Bergfungsi mengamankan SUTT dan gangguan antara phasa maupun gangguan hubungan tanah.
- ↗ Relay Tegangan Lebih :
Bergfungsi mengamankan SUTT atau SKTT terhadap tegangan lebih.
- ↗ Relay Gangguan Tanah :
Bergfungsi mengamankan SUTT terhadap gangguan hubung tanah.
- ↗ Relay Penutup Balik :
Bergfungsi mengamankan kembali SUTT akibat gangguan hubung singkat temporer.

3.3.3. PROTEKSI BUSBAR & PROTEKSI PENYULANG 20 KV

- ✓ Proteksi Busbar :
Untuk mengamankan busbar terhadap gangguan yang terjadi, digunakan relay differential.
- ✓ Proteksi Penyulang 20 KV, digunakan :
 - ✓ Relay Arus Lebih.
 - ✓ Relay Arus Lebih Berarah.
 - ✓ Relay Hubung Tanah.

3.4. KOMPONEN LISTRIK PENUNJANG

- ✓ Konduktor tembaga atau plat tembaga untuk grounding peralatan.
- ✓ Cable Schoon BC untuk grounding peralatan.
- ✓ Ground Rod untuk instalasi pembumian peralatan.
- ✓ GSW atau ground wire (kawat pentahanan).
- ✓ Klem-klem untuk GSW, terdiri dari : Tension Clamp, Jumper Clamp, PG Clamp
- ✓ Kabel kontrol, yang terdiri dari jenis kabel : NYY, CVVS, NYM, NYMT, NYCY, dan lain-lain. Kabel-kabel ini terdiri dari berbagai ukuran.
- ✓ Kabel Power 20 KV (XLPE atau jenis lainnya).
- ✓ Termination kit dan sepatu kabel.
- ✓ Komponen pengatur beban.
- ✓ Komponen SCADA.
- ✓ Instalasi penerangan dalam gedung maupun pada halaman (sekitar gedung kontrol) dan pada switch yard.
- ✓ Instalasi Air Conditioning pada gedung kontrol.

BAB IV

PELAKSANAAN

PEMBANGUNAN GARDU

INDUK

4.1. PERSIAPAN PEKERJAAN

- ↗ Semua pihak yang terlibat (terkait) dengan pelaksanaan pekerjaan gardu induk (khususnya pelaksana pekerjaan/ kontraktor), harus melakukan persiapan dengan baik.
- ↗ Tujuan persiapan pekerjaan :
 - ✓ Agar dalam pelaksanaan pekerjaan berjalan dengan lancar dan tidak banyak mengalami hambatan.
 - ✓ Agar pekerjaan dapat diselesaikan tepat waktu.
- ↗ Ketentuan lain yang harus dipenuhi :
 - ✓ Kontraktor harus memiliki tenaga kerja (personil) yang berpengalaman dalam melaksanakan pekerjaan gardu induk.
 - ✓ Kontraktor harus memiliki peralatan kerja yang memadai.
 - ✓ Dalam melaksanakan pekerjaan harus berpedoman pada ketentuan teknis dan administrasi yang telah ditentukan.
- ↗ Informasi detail tentang pelaksanaan pembangunan gardu induk ini penekanannya lebih difokuskan pada pekerjaan kelistrikan. Pekerjaan sipil hanya akan disampaikan secara garis besar.

- ✓ Persiapan administrasi :
 - ✓ Menyiapkan ijin-ijin yang terkait dengan pekerjaan di lapangan (di lokasi pekerjaan).
 - ✓ Menyiapkan schedule pelaksanaan pekerjaan dan kurva S, untuk dipasang di lokasi pekerjaan.
 - ✓ Mempelajari petunjuk pelaksanaan pekerjaan dengan benar dan teliti, sesuai yang ditentukan dalam rencana kerja dan syarat-syarat (RKS).
 - ✓ Menyiapkan form-form laporan harian, laporan mingguan, dan lain-lain.
 - ✓ Membuat Direksi Keet.
- ✓ Persiapan teknis :
 - ✓ Membuat gudang di lokasi pekerjaan, untuk tempat penyimpanan peralatan dan material.
 - ✓ Membuat gambar-gambar kerja (gambar pelaksanaan) dengan benar dan teliti.
 - ✓ Menyiapkan rencana kerja sesuai dengan jenis pekerjaan, rencana personil yang dilibatkan, dan lain sebagainya.
 - ✓ Mobilisasi peralatan kerja yang dibutuhkan dan material yang akan dipasang.
 - ✓ Menyiapkan buku-buku petunjuk pemasangan dan informasi lainnya yang berkaitan dengan pelaksanaan pekerjaan.

4.2. PELAKSANAAN PEKERJAAN SIPIL & MEKANIKAL

- ✓ Komponen pekerjaan sipil dalam GI berfungsi sebagai penunjang/ penopang pekerjaan kelistrikan.
- ✓ Semua peralatan utama listrik yang ada pada switch yard, bertumpu (dipasang) di atas pondasi (pekerjaan sipil).
- ✓ Komponen-komponen listrik lainnya yang ditunjang/ ditopang komponen sipil, adalah :
 - ✓ Control panel dan control relay.
 - ✓ Cubicle dan sejenisnya.
 - ✓ Kabel power dan kabel kontrol.
 - ✓ Dan lain sebagainya.
- ✓ Oleh karenanya pembangunan gardu induk, didahului pelaksanaan pekerjaan sipil. Pekerjaan listrik dilaksanakan setelah pekerjaan sipil selesai atau setidak-tidaknya ada beberapa item pekerjaan listrik yang bisa dikerjakan setelah pekerjaan sipil berjalan.

- ↗ Pekerjaan sipil prasarana & sarana (umum) :
 - ✓ Melaksanakan uitzet dan pematokan (pemasangan bouwplank).
 - ✓ Urugan dan pematangan tanah.
 - ✓ Pemasangan pagar keliling GI.
 - ✓ Pembuatan saluran air pematusan.
 - ✓ Pembuatan jalan masuk ke switch yard dan ke gedung kontrol.
 - ✓ Pembuatan jalan sekeliling switch yard dan gedung kontrol.
- ↗ Pekerjaan sipil switch yard :
 - ✓ Melaksanakan uitzet dan pematokan (pemasangan bouwplank).
 - ✓ Pembuatan pondasi peralatan (Trafo, CB, DS, CVT, CT, LA, TPS, PT).
 - ✓ Pembuatan pondasi serandang post.
 - ✓ Pembuatan got kabel (cable duct) dengan berbagai ukuran(dimensi).

- ↗ Pekerjaan mekanikal :
 - ✓ Pembuatan dan pemasangan serandang peralatan (CB, DS, CVT, CT, LA, PT).
 - ✓ Pembuatan dan pemasangan serandang post (support).
 - ✓ Pembuatan dan pemasangan serandang beam (gantry).
 - ✓ Pembuatan dan pemasangan rak-rak kabel dan plat bordes tutup got kabel.
 - ✓ Pemasangan air conditioner (AC) di gedung kontrol, ruang operator dan kantor GI.
- ↗ Pekerjaan sipil gedung kontrol (control building) :
 - ✓ Melaksanakan uitzet dan pematokan (pemasangan bouwplank).
 - ✓ Pembuatan gedung kontrol gardu induk, beserta ruang operator, ruang kerja (kantor) GI dan ruang-ruang lain yang diperlukan.
 - ✓ Pembuatan pondasi peralatan (panel relay, panel kontrol, cubicle, dan lain-lain).
 - ✓ Pembuatan got-got kabel yang ada dalam gedung kontrol, yang menghubungkan ke switch yard.
 - ✓ Pembuatan sarana parkir dan jalan di sekeliling gedung kontrol
 - ✓ Pembuatan kamar mandi dan WC.
 - ✓ Pembuatan saluran buang air.

4.3 PEMASANGAN TRAFO, NEUTRAL CURRENT TRANSFORMER (NCT) & NEUTRAL GROUNDING RESISTANCE (NGR)

- ↗ Pemasangan transformator daya, neutral current transformer (NCT) & neutral grounding resistance (NGR) :
 - ✓ Pemasangan trafo pada dudukan (pondasi) yang telah disediakan, dengan menggunakan alat pengangkat yang memadai.
 - ✓ Posisi pondasi (dudukan) harus benar-benar presisi (level).
 - ✓ Pada saat mengangkut (mengangkat), menggeser dan memasang trafo harus diperhatikan posisi yang ditentukan oleh Pabrik.
 - ✓ Pada saat pemasangan trafo daya/ trafo pentanahan, semua perlengkapannya harus dilepas dan trafo dalam keadaan kosong (tanpa minyak).
- ↗ Melaksanakan pemasangan (assembling) perlengkapan trafo, yang terdiri dari radiator, conservator, tap changer box, pipa-pipa, bushing- bushing, meter-meter, dan perlengkapan lainnya :
 - ✓ Pada saat membuka katup-katup dan segel-segel pada trafo harus dijaga agar tidak ada udara yang masuk ke dalam trafo.
 - ✓ Tujuan pemasangan katup-katup dan segel-segel ini adalah untuk melindungi belitan (kumparan) trafo dari kelembapan pada saat proses pengiriman sejak dari pabrik sampai ke lokasi pekerjaan.

- ↗ Melaksanakan filtering minyak trafo :
 - ✓ Memindahkan minyak trafo dari drum ke tangki mesin filtering.
 - ✓ Melakukan vacum (penghampaan udara) tangki trafo, memanaskan dan menyaring minyak trafo dan memasukkan minyak trafo ke tangki utama minyak trafo.
- ↗ Internal dan eksternal wiring :
 - ✓ Internal wiring bisa dilaksanakan tanpa harus menunggu komponen lain selesai dikerjakan.
 - ✓ Eksternal wiring baru bisa dilaksanakan setelah komponen lain selesai dikerjakan.
- ↗ Menghubungkan (connecting) trafo ke peralatan lain, misalnya dari:
 - ✓ Bushing ke arrester.
 - ✓ Netral trafo ke tahanan pentanahan (NGR).
 - ✓ Terminal 20 KV ke sel 20 KV.
 - ✓ Dan lain sebagainya.
- ↗ Pekerjaan lain-lain :
 - ✓ Memasang instalasi pembumian sesuai dengan sistem yang telah ditentukan.
 - ✓ Membersihkan dan melakukan pengecatan pada body (bagian) trafo yang lecet.

4.4. PEMASANGAN DISCONNECTING SWITCH (DS), CIRCUIT BREAKER (CB) & REL (BUSBAR)

- ↗ Urutan dan ruang lingkup pekerjaan :
 - ✓ Didahului dengan memasang rel (busbar) pada posisi jarak yang benar.
 - ✓ Jika rel (busbar) tersebut harus dipasang pada serandang beam (gantry), maka insulator strings harus dipasang terlebih dahulu.
 - ✓ Panjang rel (busbar) harus diperhitungkan secara cermat, agar andongan dan tegangan tariknya memenuhi persyaratan.
 - ✓ Untuk pemasangan rel (busbar) yang menggunakan pin insulator (isolator tumpu), harus diperhatikan agar isolator tersebut tidak mengalami gaya tarik horizontal yang melebihi kemampuannya.
 - ✓ Untuk rel (busbar) yang menggunakan pipa, sebelum dipasang harus diukur dengan teliti kebutuhannya, agar tidak kurang atau terlalu panjang.
- ↗ Memasang disconnecting switch (DS) :
 - ✓ Pemasangan harus menggunakan peralatan kerja (crane atau tackle chain block) yang memadai.
 - ✓ Yang perlu diperhatikan, jarak antara dua kutub harus benar-benar tepat.
 - ✓ adalah dengan melakukan penyetelan kontak geraknya (moving contact) dengan kontak tetapnya (permanent contact), antara kontak gerak dengan kontak gerak.
 - ✓ Setelah terpasang dicoba dioperasikan dengan cara manual, sehingga diyakini hubungan kontak-kontaknya dapat terhubung dengan baik.

- ✓ Memasang circuit breaker (CB) :
 - ✓ Pemasangan harus menggunakan peralatan kerja (crane atau tackle chain block) yang memadai.
 - ✓ Untuk CB dengan busur api minyak (OCB), harus dijaga agar tidak terjadi kebocoran minyak.
 - ✓ Untuk CB dengan pemadam busur api semburan udara (ACB) atau pemadam busur api SF 6 (SF 6 CB), pada saat pemasangan, lubang-lubang tempat penyambungan pipa-pipanya tidak boleh cacat dan tidak boleh bocor.
- ✓ Memasang perlengkapan CB, misal : pipa-pipa tangki gas, meter-meter, kompresor, dan lain-lain.
- ✓ Mengisi gas ke tiap-tiap fasa, menguji minyak, menguji sambungan-sambungan pipa dan pekerjaan pemeriksaan lainnya.
- ✓ Melakukan penyambungan/ menghubungkan (connecting) DS, CB dan rel (busbar), dengan peralatan lainnya sesuai dengan petunjuk gambar pelaksanaan.
- ✓ Membersihkan DS, CB dan rel (busbar), memperkuat baut-baut, menyempurnakan sealing-sealing dan lain sebagainya.

4.5. PEMASANGAN LIGHTNING ARRESTER (LA), CURRENT TRANSFORMER (CT) & CAPASITOR VOLTAGE TRANSFORMER (CVT)

- ✓ Memasang LA, CT dan CVT pada serandangnya masing-masing :
 - ✓ Pada saat pengangkat (handling) dan pemasangan (installing), harus dilakukan dengan hati-hati dan menggunakan peralatan kerja yang memadai.
 - ✓ Harus diperhatikan posisi dan arah peralatan tersebut.
- ✓ Memperkuat sambungan peralatan dengan dudukan serandangkan (plendes), dengan cara memperkuat baut-bautnya.
- ✓ Memasang panel-panel dan perlengkapan lainnya dari LA, CT dan CVT.
- ✓ Memasang konduktor penghubung (connecting wire) antara LA, DS, CB, dengan peralatan listrik lainnya dengan menggunakan klem-klem.
- ✓ Menutup panel-panel dengan benar dan sealing-sealing harus dalam posisi dan kondisi yang baik.

4.6. PEMASANGAN PANEL KONTROL (CONTROL PANEL) & PANEL RELAY (RELAY PANEL)

- ✓ Memasang panel-panel pada posisi (pondasi) yang telah disediakan :
 - ✓ Pada saat mengangkat (handling) dan pemasangan (installing), harus dilakukan dengan hati-hati dan menggunakan peralatan kerja yang memadai.
 - ✓ Komponen pada panel-panel memiliki akurasi dan sangat presisi, serta kepekaan (sensitivity) yang tinggi.
- ✓ Pemasangan bolt & nut atau mengelas antara dudukan panel dengan panel-panel (penyetelan posisi panel-panel).
- ✓ Memasang pengikat antara panel yang satu dengan yang lainnya, dengan menggunakan bolt & nut atau bentuk pengikat lainnya yang dipersyaratkan.
- ✓ Panel-panel ini dipasang di dalam gedung kontrol (control building) Gardu Induk.

4.7. PEMASANGAN SEL TEGANGAN MENENGAH (CUBICLE) 20 KV

- ✓ Memasang sel 20 KV pada posisi (pondasi) yang telah disediakan
 - ✓ Pada saat mengangkat (handling) dan pemasangan (installing), harus dilakukan dengan hati-hati dan menggunakan peralatan kerja yang memadai.
 - ✓ Komponen-komponen dalam cubicle yang memiliki kepekaan (sensitivity) tinggi, misal : CB dan LBS, sebelum pasangan cubicle harus dilepas terlebih dahulu.
- ✓ Pemasangan bolt & nut atau mengelas antara pondasi dengan cubicle (penyetelan posisi cubicle).
- ✓ Memasang pengikat antara cubicle yang satu dengan yang lainnya, menggunakan bold & nut atau bentuk pengikat lainnya yang dipersyaratkan.

- ✓ Memasukkan dan memasang kembali CB dan LBS ke dalam cubicle.
- ✓ Memasang kabel power :
 - ✓ Kabel power sebagai penyulang (feeder) yang menuju ke jaringan tegangan menengah (JTM).
 - ✓ Kabel power dari arah tranformator daya menuju ke cubicle.
 - ✓ Memasang Indoor Termination Kit pada sisi cubicle dan Out Door Termination Kit pada sisi JTM (SUTM)
- ✓ Memeriksa kontak-kontak dari CB dan LBS, apakah telah dapat terhubung dengan baik dengan rel (busbar).
- ✓ Sel tegangan menengah (cubicle) ini dipasang di dalam gedung kontrol (control building) Gardu Induk.

4.8. PEMASANGAN PENTANAHAN (GROUNDING) DAN KAWAT TANAH (GROUND WIRE)

- ✓ Melaksanakan galian tanah untuk tempat peletakan instalasi pentanahan.
- ✓ Memasang instalasi pentanahan yang berupa konduktor tembaga atau plat tembaga dan menyambungnya dengan sempurna (pengelasan atau klem), sehingga membentuk jaringan pentanahan di switch yard.
- ✓ Setelah instalasi pentanahan terpasang, melakukan pengurugan kembali galian tanah.
- ✓ Menghubungkan batang pentanahan dengan jaringan pentanahan, pada posisi-posisi yang telah ditentukan.
- ✓ Menghubungkan semua serandang peralatan, serandang post/ beam ke instalasi pentanahan.

- ✓ Menghubungkan badan peralatan listrik yang bukan konduktor/ penghantar (bagian peralatan listrik yang dalam keadaan normal tidak berarus), yang diperkirakan bisa mengalirkan arus listrik jika terjadi gangguan atau induksi dengan instalasi pentanahan yang ada.
- ✓ Melakukan penarikan kawat tanah (ground wire) antara ujung serandang (post dan beam) paling atas yang satu dengan ujung serandang (post dan beam) paling atas yang lainnya.
- ✓ Menhubungkan kawat tanah (ground wire) dengan instalasi pentanahan, dengan klem-klem yang sesuai.
- ✓ Menghubungkan instalasi pentanahan gedung kontrol dengan instalasi pentanahan pada switch yard.
- ✓ Menghubungkan badan panel-panel listrik di dalam gedung dengan instalasi pentanahan.

4.9. PEMASANGAN PANEL AC/ DC DAN BATTERY

- ✓ Memasang dudukan panel AC/ DC dan Battery.
- ✓ Memasang panel-panel di atas dudukan (pondasi) yang telah ditentukan.
- ✓ Memasang pengikat panel dengan posisi dudukan, dengan menggunakan bolt & nut atau di las.
- ✓ Memasang dudukan Battery pada tempat yang telah disediakan.
- ✓ Memasang (merangkai) Battery dengan hubungan seri di atas dudukannya dan memasang kabel penghubung dari panel DC ke kutub positif dan negatif.
- ✓ Mengisi Battery dengan larutan elektrolit, sesuai dengan ketentuan teknis yang ditentukan.
- ✓ Mengisi (to charge) Battery dengan menggunakan Battery Charger, sesuai dengan kapasitas Battery.

4.10. PENGGELARAN (PENARIKAN) KABEL KONTROL DAN PENGKABELAN (WIRING)

- ✓ Menggelar kabel pada got kabel (cable duct) sesuai dengan petunjuk yang telah ditentukan :
 - ✓ Sebelum penggelaran kabel dilaksanakan, harus terlebih dahulu diketahui ukuran, jumlah dan panjang kabel yang akan digelar.
 - ✓ Ukuran kabel tidak boleh terlalu pendek, penyambungan kabel sedapat mungkin dihindari karena untuk penyambungan dengan jointing diperlukan biaya yang cukup besar. Dalam hal tertentu penyambungan kabel tidak bisa diterima oleh Pemberi Kerja.
 - ✓ Jika ukuran kabel terlalu panjang, maka terjadi pemborosan dan bisa terjadi untuk pengkabelan yang lain mengalami kekurangan.
- ✓ Memberi tanda sementara pada kabel-kabel yang telah digelar, agar pada saat penyambungan (connecting) antar peralatan dan pada terminal peralatan lebih mudah dan tidak terjadi kesalahan.
- ✓ Membuat lobang-lobang diplat dasar panel, untuk letak "***Cable Gland***", selanjutnya memasukkan kabel dari panel yang satu ke panel lainnya

- ↗ Wiring antar peralatan, yang meliputi dan dengan ketentuan :
 - ✓ Wiring antar peralatan yang ada di switch yard dengan peralatan yang ada di gedung kontrol.
 - ✓ Wiring antar peralatan yang ada di switch yard dengan peralatan lainnya yang ada di switch yard.
 - ✓ Wiring antar peralatan yang ada di gedung kontrol dengan peralatan lainnya yang ada di gedung kontrol.
 - ✓ Ujung-ujung kabel tersebut dihubungkan dengan sepatu kabel (cable schoen), selanjutnya di klem di terminal-terminal peralatan.
 - ✓ Mengingat jumlah kode dalam kabel kontrol dan jumlah kabel kontrol yang dipasang cukup banyak, harus diberi tanda atau kode tertentu, agar tidak bingung dan tidak terjadi kesalahan.
 - ✓ Pada saat wiring dan connecting digunakan peralatan komunikasi handy talky (HT).
 - ✓ Wiring harus berpedoman dan mengikuti petunjuk yang telah ditentukan, yang biasanya kita sebut "**cable schedule**".

4.11. PEKERJAAN PENINGKATAN KAPASITAS (UP - RATING) GARDU INDUK

- ↗ Pada daerah-daerah yang merupakan pusat-pusat beban, seiring dengan bertambahnya (berkembangnya) penduduk dan pemukiman, juga adanya pertumbuhan dunia usaha/ dunia industri, maka akan terjadi penambahan beban listrik.
- ↗ Jika pertambahan beban sangat besar dan kondisi GI yang ada tidak memungkinkan ditingkatkan kapasitasnya, maka harus dibangun GI baru yang mampu memenuhi kebutuhan beban.
- ↗ Jika GI yang ada masih memiliki area tanah yang memungkinkan untuk peningkatan kapasitas GI, maka bisa dilakukan peningkatan kapasitas GI, yang biasa disebut dengan "***Up rating***", dengan cara :
 - ✓ Mengganti Transformator Daya dan komponen lainnya, dari kapasitas yang kecil menjadi kapasitas yang lebih besar. Jika kemampuan busbarnya tidak mencukupi, harus dilakukan reconductoring busbar.
 - ✓ Menambah Transformator Bay (pemasangan Transformator Daya) baru, beserta komponen lainnya.
 - ✓ Penambahan TR Bay baru diikuti dengan penambahan Transmission Line Bay (TL Bay) baru.

- ✓ Up-rating GI banyak dilakukan di Indonesia, karena pada umumnya GI-GI yang ada telah direncanakan untuk mampu dikembangkan (ditingkatkan) kapasitasnya, sehingga area tanahnya telah disiapkan untuk mampu memenuhi peningkatan kapasitas GI dalam kurun waktu tertentu.
- ✓ Pekerjaan up-rating atau perluasan (peningkatan) kapasitas GI, dikategorikan dengan "***pekerjaan pada kondisi khusus***".
- ✓ "***pekerjaan pada kondisi khusus***" yang dimaksudkan disini adalah, pada saat melaksanakan pekerjaan harus dilakukan di daerah dan dalam kondisi tempat kerja bertegangan.
- ✓ Pada saat pelaksanaan pekerjaan berlangsung, gardu induk lama harus tetap bekerja dengan normal.

- ✓ Beberapa hal yang perlu diketahui dan diperhatikan pada pekerjaan up-rating Gardu Induk :
 - ✓ Dalam merencanakan perluasan dan melaksanakan pekerjaan up-rating harus dipertimbangkan agar jangan sampai terjadi pemadaman.
 - ✓ Jika terpaksa terjadi pemadaman , maka tidak boleh terlalu lama.
 - ✓ Terjadinya pemadaman akan menyebabkan kerugian pada pelanggan, citra PLN menurun, losses daya listrik meningkat dan daya listrik tidak terjual.
 - ✓ Dalam melaksanakan pekerjaan up-rating GI harus benar-benar teliti dan hati-hati, karena tidak boleh mengganggu dan menyebabkan timbulnya gangguan pada gardu induk eksisting yang sedang beroperasi.

4.12. TAHAPAN DAN RUANG LINGKUP PEKERJAAN UP-RATING GARDU INDUK

- ↗ Mempersiapkan gambar-gambar pelaksanaan, time schedule dan kurva S di lokasi pekerjaan.
- ↗ Menyediakan peralatan kerja yang sesuai dan memadai, karena pada umumnya areal (lokasi) pekerjaan yang sangat sempit dan padadaerah bertegangan.
- ↗ Intensifikasi pengawasan dan pengkoordinasian yang ketat terhadap semua pihak yang terlibat dalam pelaksanaan pekerjaan, khususnya pengawasan terhadap pekerja di lapangan.
- ↗ Menginventarisir dan mengetahui dengan pasti tentang pekerjaan-pekerjaan yang akan dilaksanakan, yang meliputi :
 - ✓ Pekerjaan sipil dan mekanikal : galian tanah, pondasi, peralatan, pondasi serandang post, cable duct, perluasan gedung kontrol, erection serandang (peralatan, post/beam), urug balik tanah, dan lain-lain.
 - ✓ Pekerjaan listrik : pemasangan/ penggantian trafo dan komponen lainnya pada switch yard, pemasangan panel atau cubicle tambahan, penarikan kabel power dan kabel kontrol, pemasangan busbar, pengkabelan (wiring) antar peralatan, dan lain sebagainya.
- ↗ Pada saat melaksnakan pekerjaan di bawah daerah yang bertegangan, harus diperhatikan benar jarak bebas (clearance) antara peralatan kerja dan para pekerja terhadap peralatan yang bertegangan tersebut.

- ✓ Dalam kondisi dimana harus melaksanakan pekerjaan penyambungan (connecting) dengan gardu induk lama, harus diperhatikan dan dipenuhi beberapa hal sebagai berikut :
 - ✓ Harus ada rencana kerja yang matang , khususnya menyangkut masalah keselamatan dan ketepatan memperhitungkan waktu pelaksanaan pekerjaan.
 - ✓ Setiap rencana dan setiap akan melaksanakan pekerjaan, harus dikonsultasikan dan dikoordinasikan dengan pihak PLN, karena hal ini umumnya menyangkut pemadaman.
 - ✓ Jika terjadi pemadaman, maka sebelum diadakan penyambungan harus diketahahkan terlebih dahulu bagian-bagian yang tadinya bertegangan (beroperasi).
- ✓ Beberapa contoh tentang pekerjaan up-rating gardu induk :
 - ✓ Penggantian Tranformator Daya dari kapasitas 10 MW menjadi 30 MW, dari 30 MW menjadi 60 MW atau 100 MW, dari 60 MW menjadi 100 MW.
 - ✓ Penambahan Transformator Bay (TR Bay), dari 1 TR Bay menjadi 2 TR Bay dan seterusnya.
 - ✓ Penggantian dan penambahan Transformator Daya tersebut tentu dibarengi perubahan dan penambahan komponen-komponen lainnya, yang kapasitasnya sesuai dengan kapasitas Transformator Daya tersebut.

4.13. PEKERJAAN FINISHING

- ✓ Pekerjaan finishing dilakukan setelah semua pekerjaan selesai dikerjakan, sehingga dapat diketahui apabila terdapat kekurangan atau kesalahan.
- ✓ Melaksanakan pengecekan terhadap semua pekerjaan yang telah selesai dikerjakan.
- ✓ Melaksanakan perbaikan dan penyempurnaan terhadap pekerjaan yang salah, yang tidak sesuai dengan bestek, atau yang kurang sempurna.
- ✓ Pengencangan (pengerasan) bolt & nut, sekrup-sekrup dan setting pada semua peralatan maupun serandang yang telah terpasang.
- ✓ Membersihkan lokasi pekerjaan dari sisa-sisa dan potongan-potongan material, kupasan kabel dan kotoran (limbah) lainnya.
- ✓ Melaksanakan retour material ke gudang PLN.

- ✓ Menyiapkan laporan akhir ke PLN tentang pekerjaan yang telah diselesaikan, antara lain terdiri dari :
 - ✓ Laporan harian.
 - ✓ Laporan mingguan.
 - ✓ Laporan bulanan.
 - ✓ Progress phisik 100 %.
 - ✓ Asbulit Drawing.
 - ✓ Cable Schedule.
 - ✓ Dan lain sebagainya.
- ✓ Menyiapkan Testing dan Komisioning.
- ✓ Setelah pekerjaan finishing diselesaikan, pengawas PLN melakukan pengecekan terhadap semua pekerjaan, Jika masih terdapat kekurangan yang sifatnya tidak prinsip (kekurangan kecil) dan tidak mengganggu pengoperasian, kekurangan tersebut dimasukkan ke dalam "*pending item*"

BAB V

COMISSIONING TEST &

PENGOPERASIAN

5.1. PENGERTIAN COMMISIONING TEST

- ↗ Pekerjaan instalasi listrik yang telah selesai dikerjakan dan akan dioperasikan, tidak serta merta langsung boleh dioperasikan. Sebelum dan pada saat akan dioperasikan harus diyakini terlebih dahulu bahwa instalasi listrik tersebut benar-benar aman untuk dioperasikan.
- ↗ Untuk meyakini bahwa instalasi listrik telah benar-benar aman dioperasikan, keberadaannya harus telah memenuhi persyaratan dan ketentuan teknis yang berlaku.
- ↗ Apakah instalasi listrik telah memenuhi persyaratan dan ketentuan yang berlaku, harus dilakukan pemeriksaan dan pengujian atau commisioning test.
- ↗ Secara umum pengertian Commisioning Test adalah :
 - ✓ Serangkaian kegiatan pemeriksaan dan pengujian instalasi tenaga listrik yang telah selesai dikerjakan dan akan diopersikan.
 - ✓ Tujuannya adalah untuk meyakinkan bahwa instalasi yang diperiksa dan diuji, baik alat demi alat maupun sebagai sub sistem dan sistem, telah berfungsi semestinya dan memenuhi persyaratan kontrak, sehingga dinyatakan siap untuk dioperasikan dan secara resmi dapat diserahterimakan kepada Pemberi Kerja.

- ✓ Dengan Commisioning Test yang baik, maka diyakini bahwa instalasi listrik aman pada saat dioperasikan, yaitu aman bagi manusia, ternak, harta benda dan aman bagi instalasi listrik itu sendiri.
- ✓ Ada dua kegiatan utama dalam pelaksanaan Commisioning Test, yaitu : pemeriksaan dan pengujian.
- ✓ Untuk masing-masing jenis pekerjaan instalasi listrik, ruang lingkup yang diperiksa dan diuji belum tentu sama (berbeda-beda), juga kriteria besaran ukur listriknya belum tentu sama, misalnya :
 - ✓ Ruang lingkup pemeriksaan pekerjaan instalasi Gardu Induk , tentu tidak sama dengan ruang lingkup pemeriksaan pekerjaan instalasi pemanfaatan. Begitu pula antara instalasi pembangkitan dengan Gardu Induk, tentu ada beberapa bagian yang diperiksa, tidak mengalami kesamaan, dan seterusnya.
 - ✓ Pengujian tahanan pembumian pada Gardu Induk, belum tentu sama dengan tahanan pembumian pada instalasi pemanfaatan.
 - ✓ Untuk pengujian tahanan isolasi kabel, maka semua jenis kabel yang dipasang di berbagai instalasi listrik, ketentuannya adalah sama.

5.2. RUANG LINGKUP COMMISIONING TEST

✓ Pemeriksaan :

Merupakan bagian dari Commisioning Test, dengan cara melihat langsung terhadap peralatan/ material maupun konstruksi instalasi listrik yang telah terpasang secara kasat mata dan atau melalui bantuan alat tertentu, misal : teropong. Tetapi tidak menggunakan bantuan alat uji/alat ukur.

✓ Ada 2 (dua) jenis pemeriksaan, yaitu :

- ✓ Pemeriksaan sifat tampak (visual check).
- ✓ Pemeriksaan pemasangan atau rangkaian konstruksi.

✓ Pemeriksaan sifat tampak (visual check), yang meliputi :

- ✓ Pemeriksaan item per item alat/ barang/material yang telah terpasang.
- ✓ Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah alat/barang/material yang dipasang telah sesuai dengan spesifikasi dalam kontrak.
- ✓ Melihat apakah perlengkapan yang dipasang dalam kondisi baik, secara phisik tidak ada kelainan, tidak cacat phisik, tidak rusak, dan lain-lain.

✓ Pemeriksaan pemasangan (konstruksi) yang meliputi :

- ✓ Pemeriksaan rangkaian alat/barang/material yang telah terpasang.
- ✓ Tujuannya adalah mengetahui alat/ barang/material yang dipasang, apakah telah sesuai dengan gambar rencana maupun peraturan yang berlaku (SNI, LMK, PUIL, SPLN, dan lain sebagainya).

↗ Pengujian:

Merupakan bagian dari Commissioning Test, dimana terhadap peralatan/ material yang akan diuji tidak bisa dilihat secara kasat mata, sehingga harus diuji dengan menggunakan alat bantu (alat ukur).

↗ Beberapa jenis pengujian, antara lain : pengujian individual, pengujian atau pengukuran tahanan pembumian, pengujian tegangan tinggi, pengujian sistem pengaman/ kontrol.

↗ Pengujian Individual :

- ✓ Pengujian untuk mencocokkan kesesuaian karakteristik dan rujukan, atau
- ✓ Pengujian untuk mengetahui apakah kondisi peralatan telah berfungsi dengan baik atau tidak.

↗ Pengujian atau Pengukuran Tahanan Pembumian :

Untuk mengetahui apakah nilai tahanan pembumian telah memenuhi standar (ketentuan yang berlaku).

- ↗ Pengujian Tegangan Tinggi (Dielectric Test) :
Untuk menilai keadaan isolasi dari perlengkapan atau komponen instalasi yang dirakit atau mengalami pekerjaan di lapangan.
- ↗ Pengujian sistem pengaman dan kontrol (Protection & Control) :
Untuk meyakinkan apakah peralatan pengaman dan kontrol telah berfungsi dengan baik secara sistem.
- ↗ Tahapan pengujian instalasi listrik meliputi :
 - ✓ Pengujian individual.
 - ✓ Pengujian sub sistem.
 - ✓ Pengujian sistem keseluruhan.
 - ✓ Pengujian tanpa beban.
 - ✓ Pengujian berbeban.
 - ✓ Dan lain sebagainya, tergantung jenis instalasinya.

5.3. COMMISSIONING TEST PADA GARDU INDUK

- ✓ Melaksanakan pengecekan masing-masing komponen/ material/ barang, apakah telah sesuai dengan kontrak, telah terpasang dengan baik dan tidak terdapat kerusakan.
- ✓ Melaksanakan pengetesan (uji kebenaran) dari komponen yang telah terpasang, apakah bisa bekerja dengan baik atau tidak. Komponen tersebut antara lain : on-off CB dan DS, motor-motor listrik, tap changer, fan trafo, rangkaian AC/DC, meter-meter, alat pengaman listrik, dan lain-lain.
- ✓ Melaksanakan pengetesan terhadap kemampuan masing-masing peralatan pada saat beroperasi secara terpisah (individual test) maupun bersama sama atau terpadu (integrated) dan dalam satu sub sistem serta secara sistem keseluruhan.
- ✓ Melaksanakan pengetesan terhadap penampilan unjuk kerja (perfomance test) sesungguhnya dari Gardu Induk yang telah dibangun, apakah telah sesuai dengan sertifikasi dalam kontrak dan telah siap untuk dioperasikan.

5.4. PENGOPERASIAN GARDU INDUK

- ↗ Apabila tahap Commissioning Test telah dilaksanakan dan diselesaikan dengan baik serta memenuhi ketentuan yang berlaku, maka Gardu Induk telah siap untuk dioperasikan.
- ↗ Dalam pengoperasian Gardu Induk ini melibatkan banyak pihak, karena sistem terintegrasi menjadi satu dengan sub sistem dan sistem yang lain.
- ↗ Pihak-pihak yang terlibat dalam pengoperasian, antara lain :
 - ✓ Pihak Pemberi Kerja (Pengguna Jasa).
 - ✓ PT. PLN (Persero) Jasa Sertifikasi, dalam hal ini bertanggung jawab terhadap kelaikan pengoperasian awal Gardu Induk.
 - ✓ Pihak PT. PLN (perseo) Distribusi atau Wilayah setempat, kalau ada hubungannya dengan penyulang (feeder).
 - ✓ Pihak Kontraktor yang mengerjakan Gardu Induk.
 - ✓ Jika diperlukan, juga dilibatkan pihak Pabrikan, misal : Pabrikan Trafo, CB, DS, Cubicle, Panel Kontrol, Panel Relay, dan lain-lain.
- ↗ Dengan dilibatkannya berbagai pihak terkait, maka jika terjadi permasalahan (misalnya : ada komponen yang tidak dapat bekerja dengan baik), segera dapat diatasi (diperbaiki).

BAB VI

SERAH TERIMA PEKERJAAN &

PENGOPERASIAN

6.1. SERAH TERIMA PERTAMA

- ✓ Setelah Gardu Induk beroperasi dengan baik, maka pekerjaan tersebut dapat dinyatakan selesai, sehingga dapat dilaksanakan serah terima pekerjaan (serah terima pertama).
- ✓ Dengan dilaksanakannya serah terima pertama ini, berarti phisik pekerjaan telah mencapai 100 % (seratus persen). Tetapi pada umumnya pembayaran termijn hanya diberikan 95% dari total nilai kontrak.
- ✓ Pada saat serah terima pertama ini, pelaksana pekerjaan (Kontraktor) masih mempunyai tanggungan pekerjaan yang akan dilaksanakan (jika terdapat kekurangan yang tidak signifikan) selama masa pemeliharaan.
- ✓ Selanjutnya Kontraktor berkewajiban memberikan Jaminan Pemeliharaan yang berupa Bank Garansi (Garansi Bank).
- ✓ Kekurangan (sisa) pekerjaan dibuatkan Berita Acara dalam bentuk "**Pending Item**" pekerjaan.

6.2. MASA PEMELIHARAAN

- ↗ Yang dimaksud masa pemeliharaan adalah masa atau periode waktu tertentu dimana Kontraktor harus melakukan pemeliharaan terhadap pekerjaan yang telah.
- ↗ Pada masa pemeliharaan ini, ada beberapa pekerjaan yang diperbolehkan masuk dalam "**Pending Item**", antara lain :
 - ✓ Membersihkan lokasi Gardu Induk dari limbah (sisa-sisa) kecil material (potongan kabel, merapikan tanah, dan lain-lain).
 - ✓ Pengembalian kembali (retour) material milik Pemberi Kerja (PLN), ke gudang PLN.
 - ✓ Pembuatan Asbuilt Drawing.
 - ✓ Pembuatan/ penyelesaian Cable Schedule.
 - ✓ Penyambungan (Connecting) Outdoor Termination ke JTM (ini dilaksanakan apabila pada Serah Terima Pertama, JTM belum siap).
 - ✓ Pekerjaan lain yang disebabkan oleh ketidaksiapan pihak Pemberi Kerja dan bukan karena ketidaksiapan Kontraktor.
- ↗ Lamanya (waktu) pemeliharaan : 1 bulan, 3 bulan, 6 bulan dan seterusnya, tergantung kesepakatan awal dalam kontrak.

6.3. SERAH TERIMA KEDUA

- ↗ Apabila masa pemeliharaan (garansi) telah dilampaui dan sisa pekerjaan selama masa pemeliharaan telah diselesaikan dengan baik, maka dapat dilaksanakan penyerahan pekerjaan kedua (Serah Terima Kedua).
- ↗ Dengan dilaksanakannya Serah Terima Kedua, maka hubungan kontraktual antara Pemberi Kerja (PLN) dengan Kontraktor telah berakhir.
- ↗ Catatan :
 - ✓ Meskipun secara legal aspect seharusnya hubungan kontraktual berakhir, kenyataannya Kontraktor masih harus memberikan jaminan terhadap Peralatan/ Material yang terpasang.
 - ✓ Pada umumnya jaminan diberikan selama 1 (satu) tahun sejak Serah Terima Kedua.
 - ✓ Jaminan yang diberikan berupa Jaminan Bank (Bank Garansi).
 - ✓ Jadi kalau ada kerusakan peralatan/ material yang disebabkan bukan karena kesalahan operasi atau bencana alam, maka pihak Kontraktor masih berkewajiban memperbaikinya.
- ↗ Dengan telah dilaksanakannya Serah Terima Kedua, maka pembayaran retensi sebesar 5% (lima persen) dilaksanakan (dibayarkan).

BAB VII

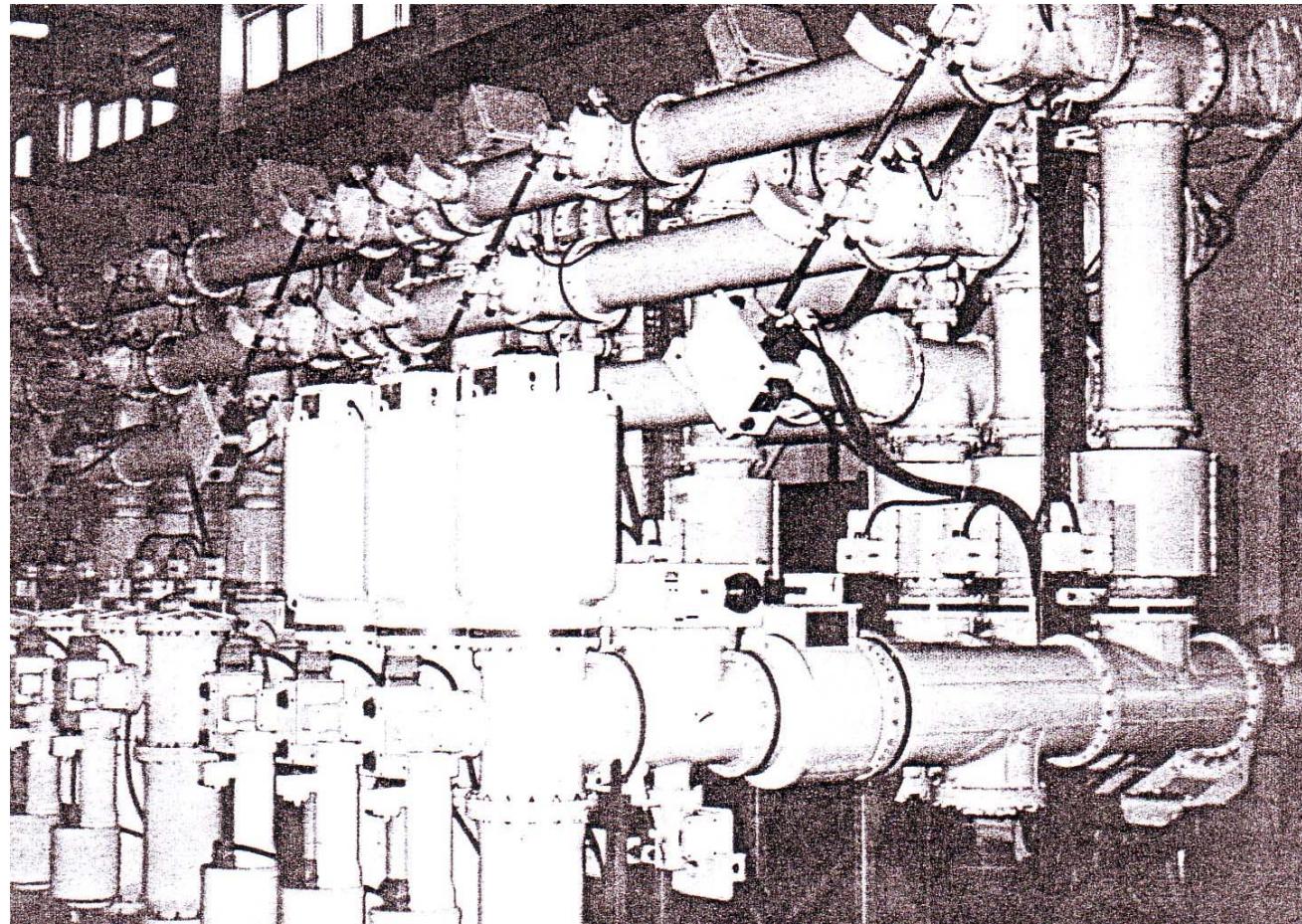
PELAKSANAAN PEMBANGUNAN GARDU INDUK DALAM GAMBAR

7.1. TRANSFORMATOR DAYA PADA GIS



Transformator Daya pada GIS ditempatkan di luar gedung (luar ruangan)

7.2. PERALATAN UTAMA PADA GIS



Peralatan utama pada GIS berada pada selubung logam tertutup rapat.
Sebagai media isolasi digunakan Gas SF₆

7.3. GALIAN TANAH UNTUK PONDASI PERALATAN



Galian tanah didahului dengan uitzet dan pematokan.
Pada satu uitzet dan pematokan harus dilakukan secara cermat dan teliti,
Agar posisi lubang peralatan tepat sesuai posisi angker yang terpasang.

7.4. PEMBESIAN DAN COR PONDASI PERALATAN



Komposisi beton harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Nilai kekuatan beton ditentukan dengan nilai K 175, K 225, K 350 dan seterusnya, Tegantung jenis pondasi dan peralatan yang dipasang.

7.5. PEMBUATAN GOT KABEL (CABLE DUCT)



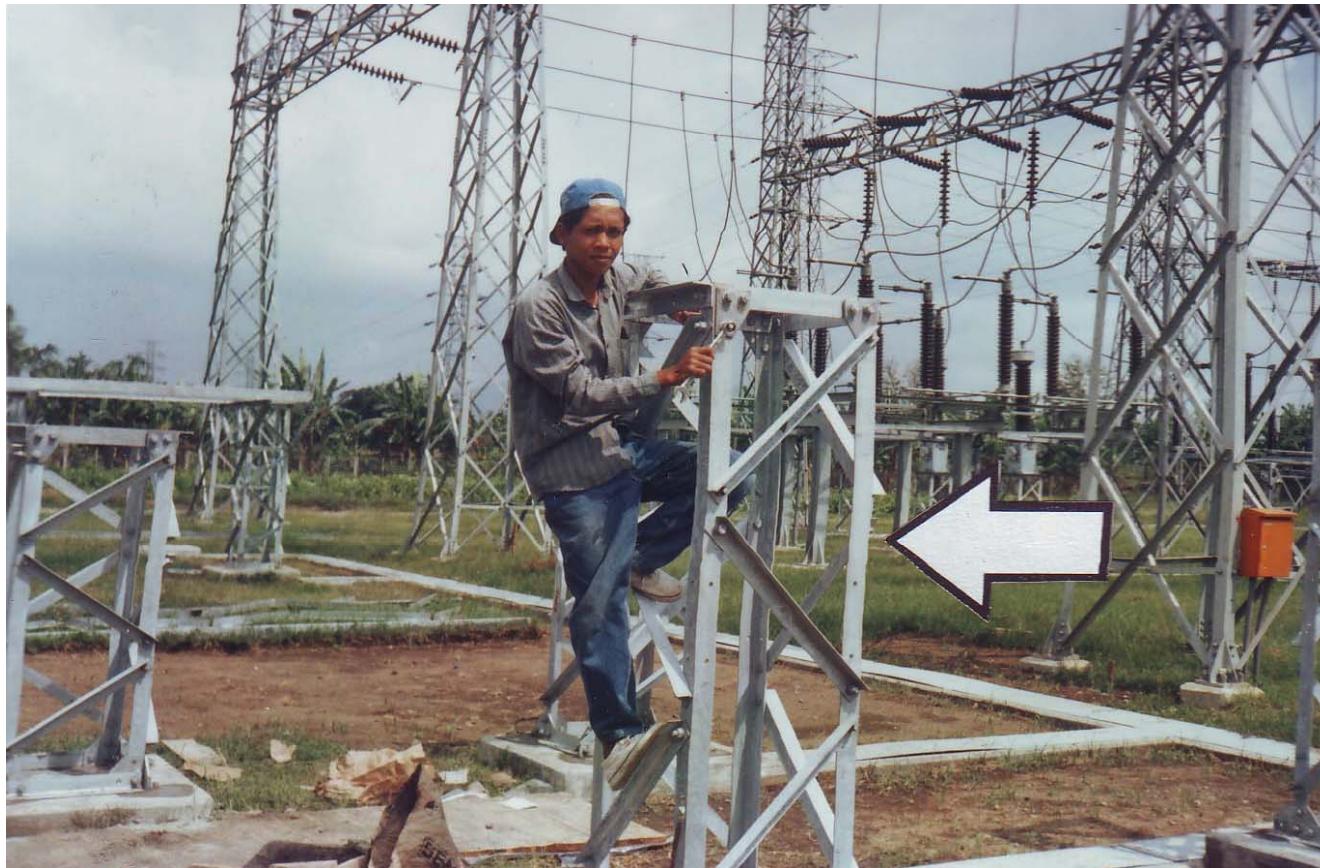
Got kabel terdiri dari berbagai dimensi, misal : D-250, D-300, D-400, D-600, D-900, D-1200 dan seterusnya.

7.6. ERECTION SERANDANG POST DAN BEAM



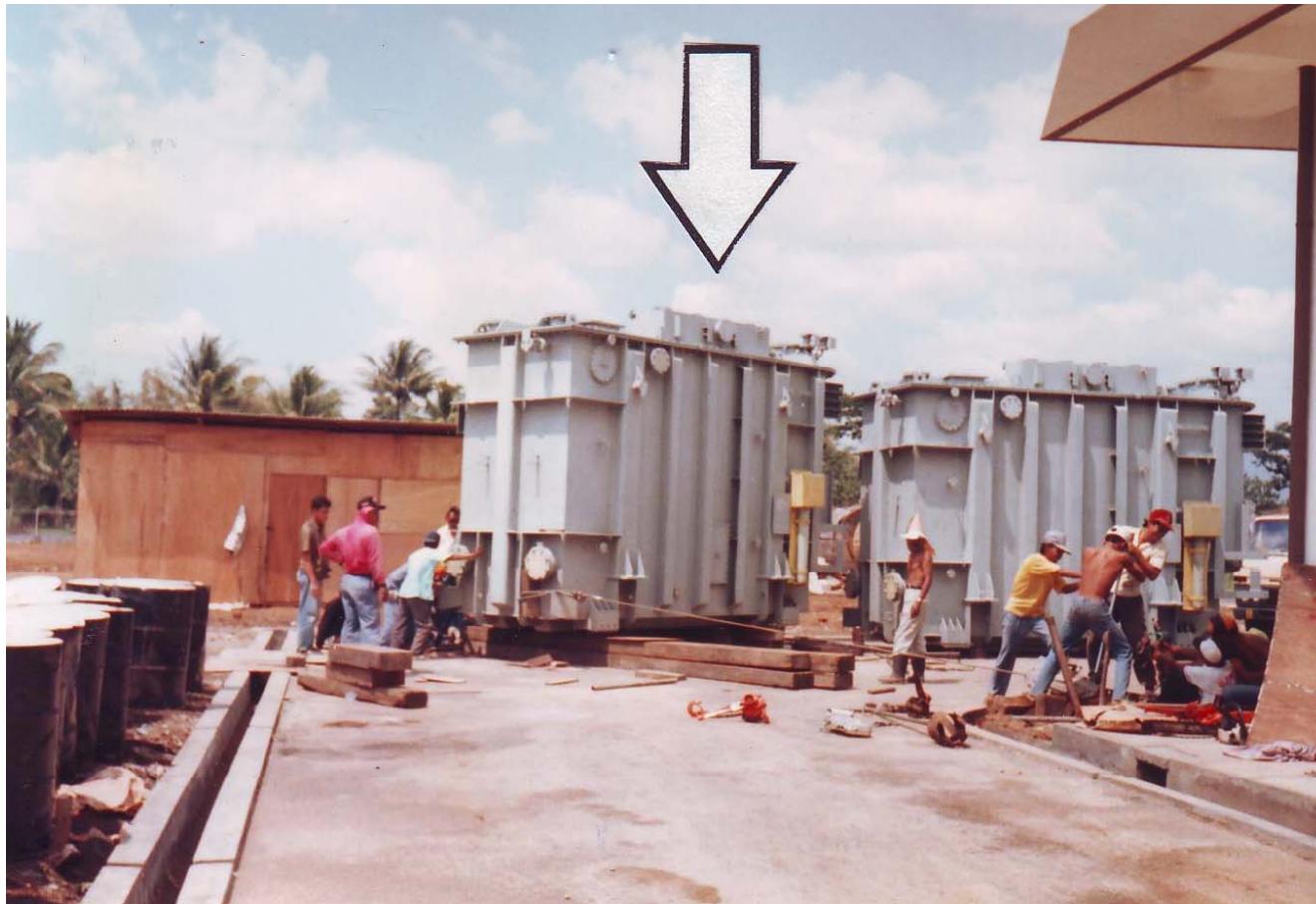
Posisi angker dan lubang –lubang harus presisi, sehingga erection dapat dilaksanakan dengan mudah

7.7. ERECTION SERANDANG PERALATAN



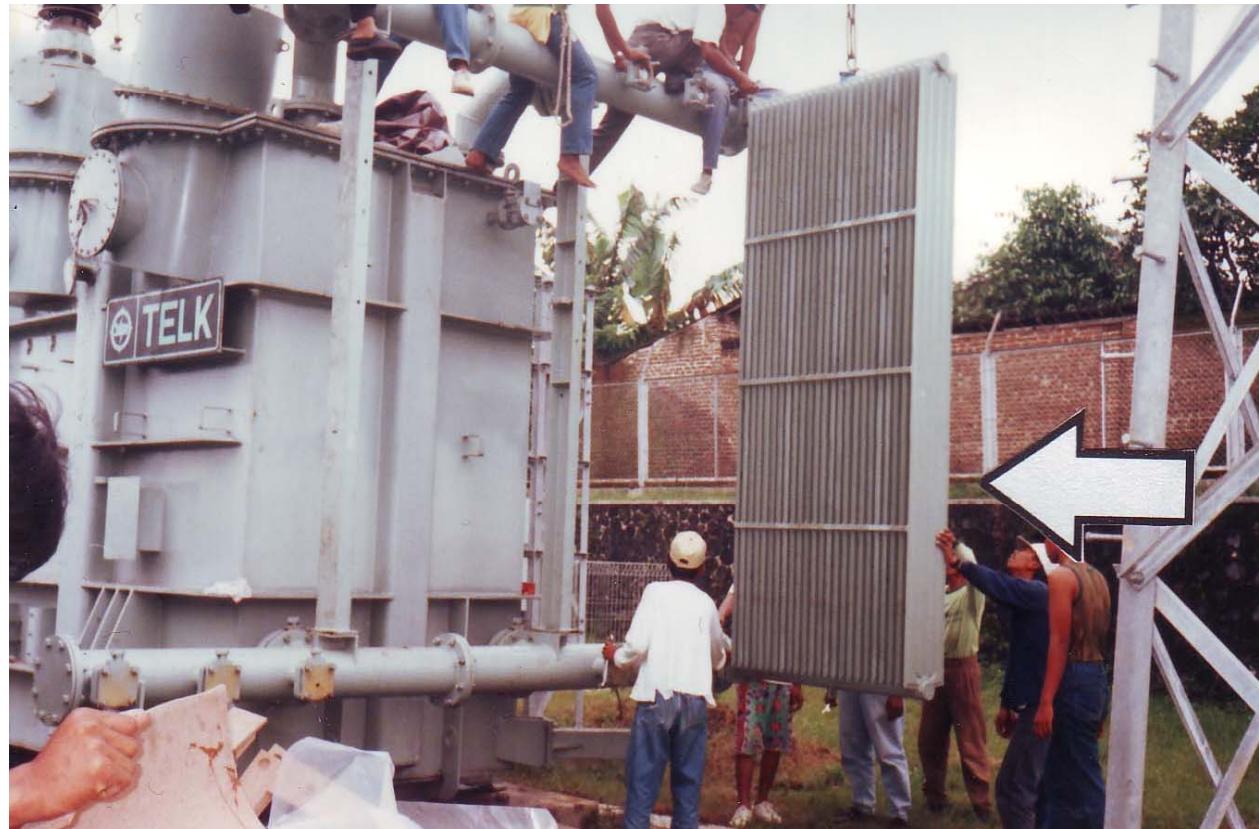
Dudukan (plendes) peralatan harus tepat, karena adanya selisih beberapa milimeter akan mengakibatkan kesulitan pemasangan peralatan.

7.8. PENGGESERAN TRANSFORMATOR DAYA



Dalam menggeser diperlukan kehati-hatian, jangan sampai Trafo mengalami kemiringan yang terlalu ekstrim. Harus menggunakan perlengkapan kerja yang tepat dan memadai.

7.9. ASSEMBLING TRAFO (PEMASANGAN SIRIP RADIATOR)



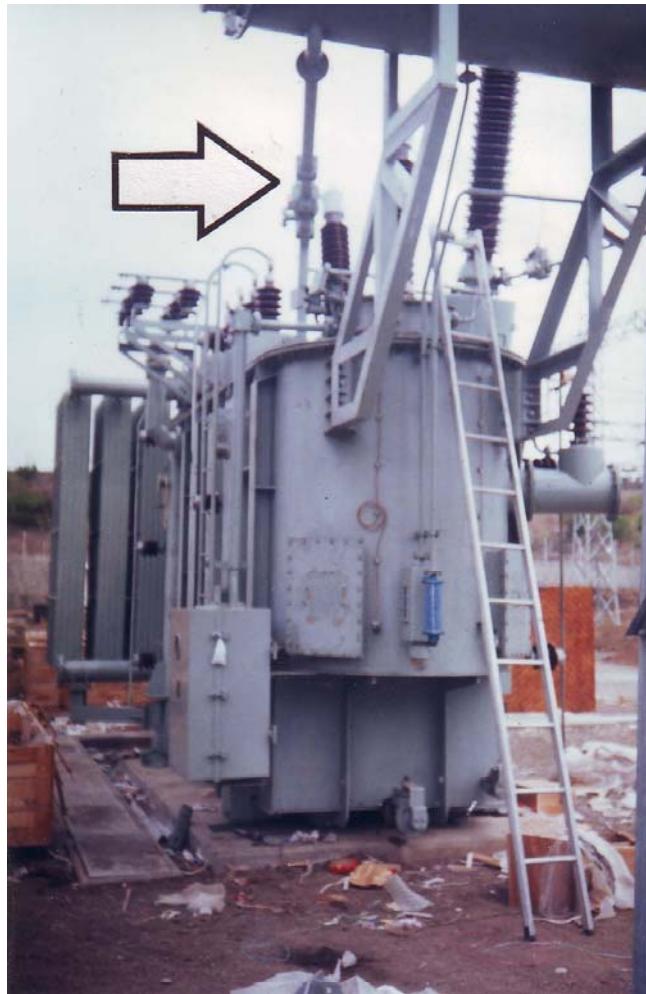
Hati-hati, jangan sampai terjadi benturan. Jika penyok akan berakibat terhadap proses isolasi dan pendinginan tidak maksimal

7.10. ASSEMBLING TRAFO (PEMASANGAN CONSERVATOR)



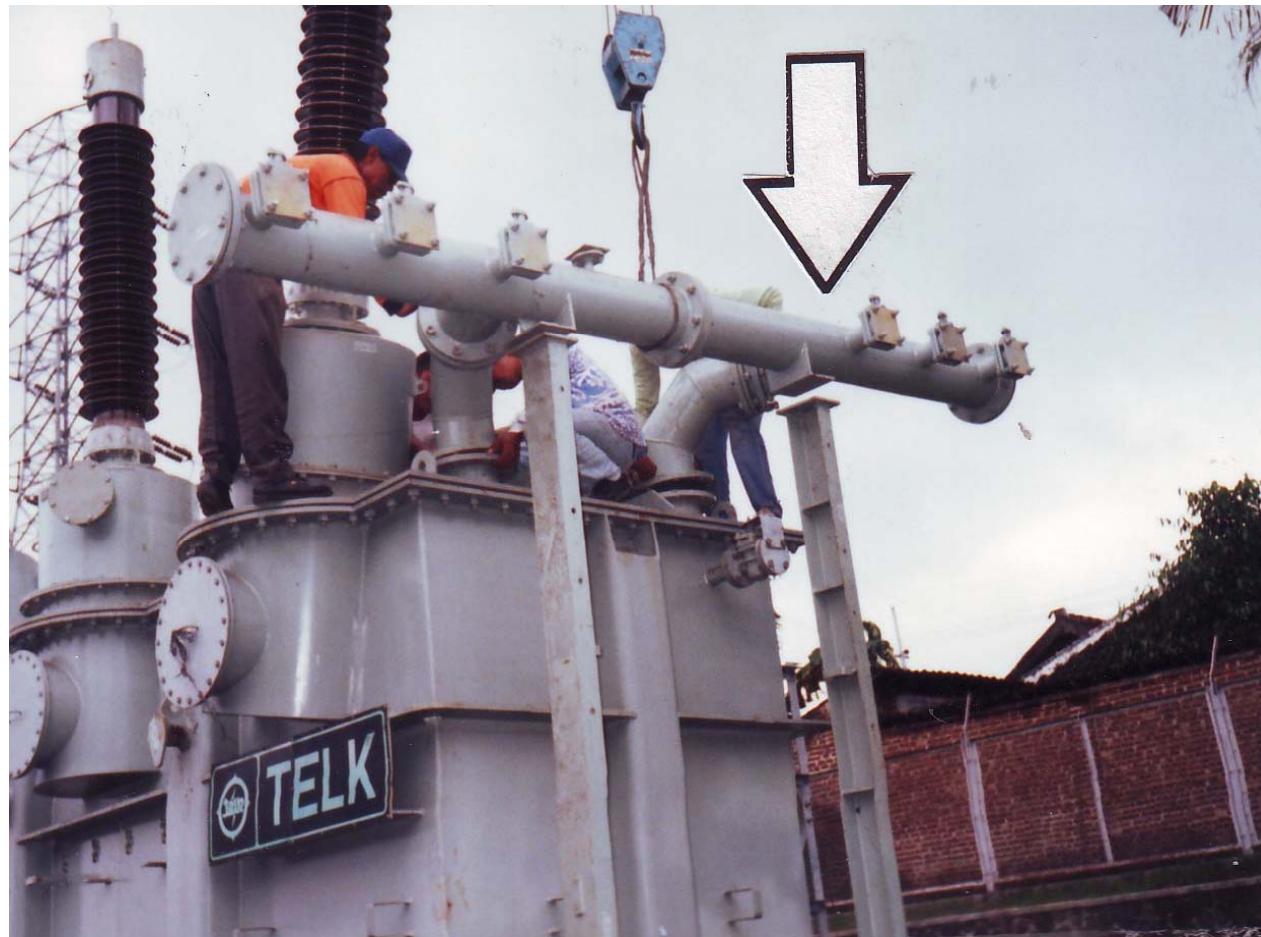
Sealing konservator harus terpasang dengan baik, agar tidak terjadi kebocoran minyak trafo

7.11. ASSEMBLING TRAFO (PEMASANGAN TAP CHANGER)



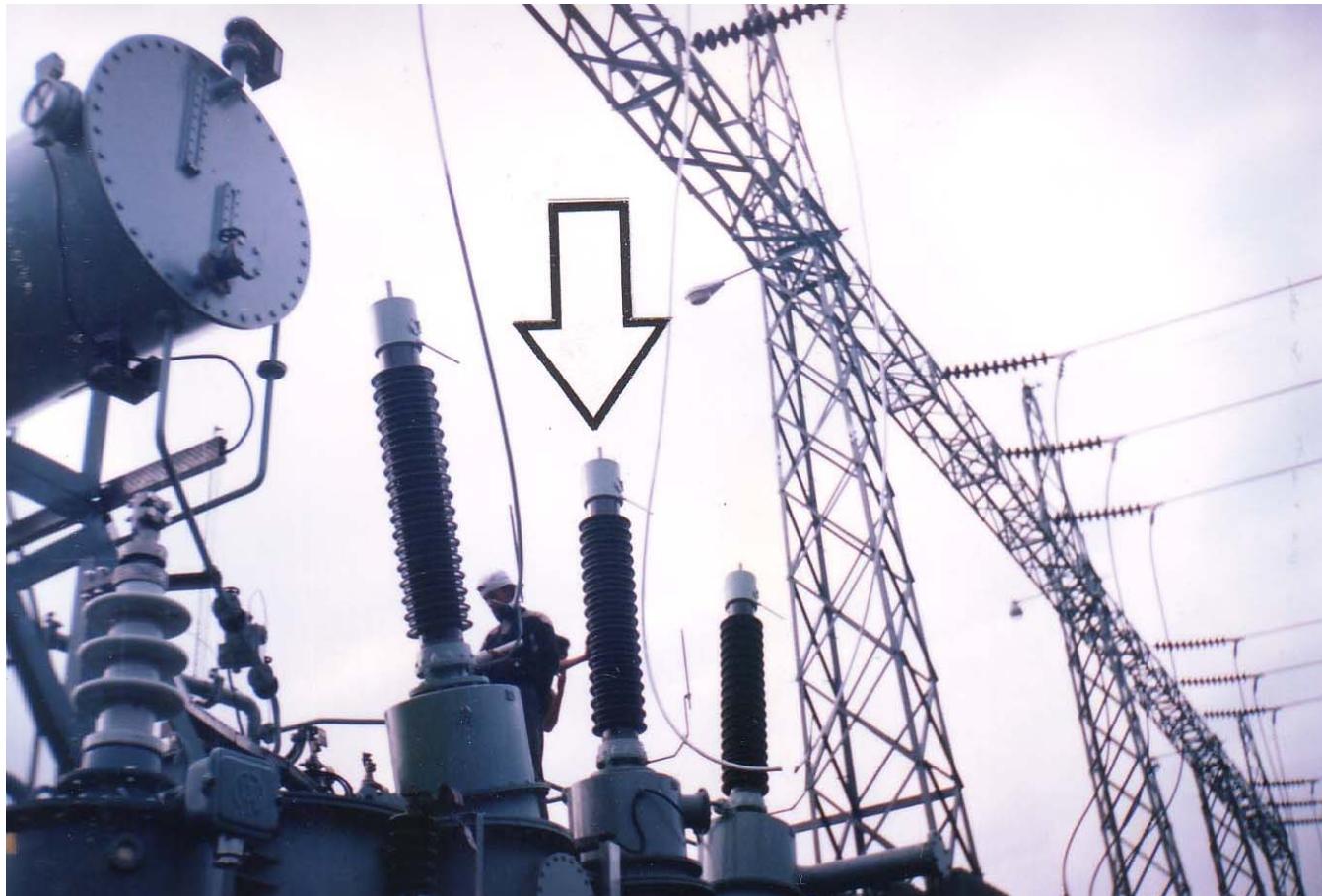
Connecting dengan body trafo haus benar-benar tepat dan kuat.

7.12. ASSEMBLING TRAFO (PEMASANGAN PIPA-PIPA)



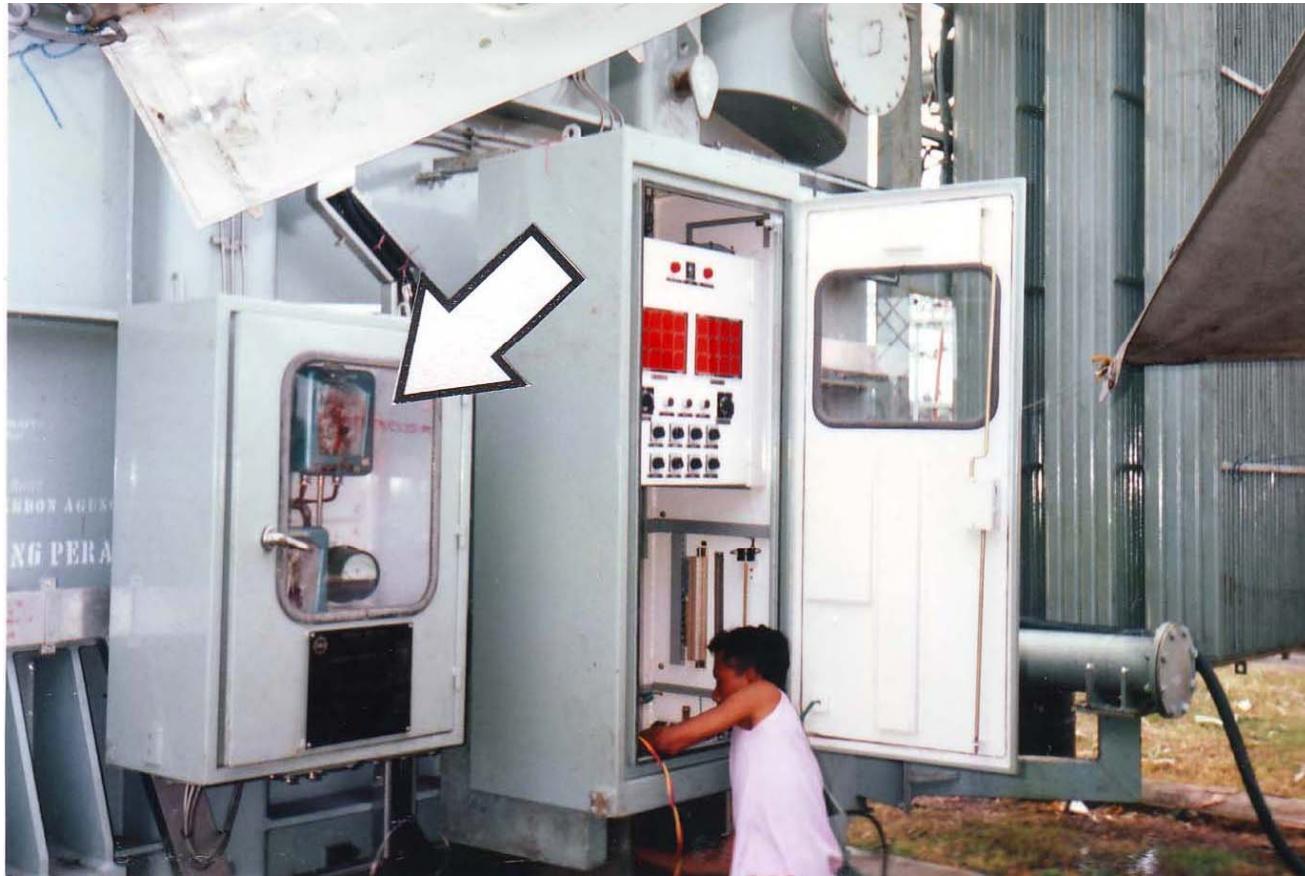
Sealing/ packing harus terpasang dengan baik.

7.13. ASSEMBLING TRAFO (PEMASANGAN BUSHING DAN CONNECTING)



Isolasi bushing terbuat dari porselin yang mudah pecah, harus dijaga jangan terjadi benturan pada saat handling.

7.14. ASSEMBLING TRAFO (PEMASANGAN METER-METER)



Karena pada umumnya meter-meter sangat presisi dan sensitif, pada saat handling dan installing harus dilakukan dengan hati-hati.

7.15. INTERNAL DAN EKSTERNAL WIRING TRANSFORMATOR DAYA



Mengingat jumlah kabel yang banyak, tiap-tiap kabel harus diberi penandaan, sehingga tidak terjadi kesalahan penyambungan (connecting).

7.16. FILTERING MINYAK TRAFO



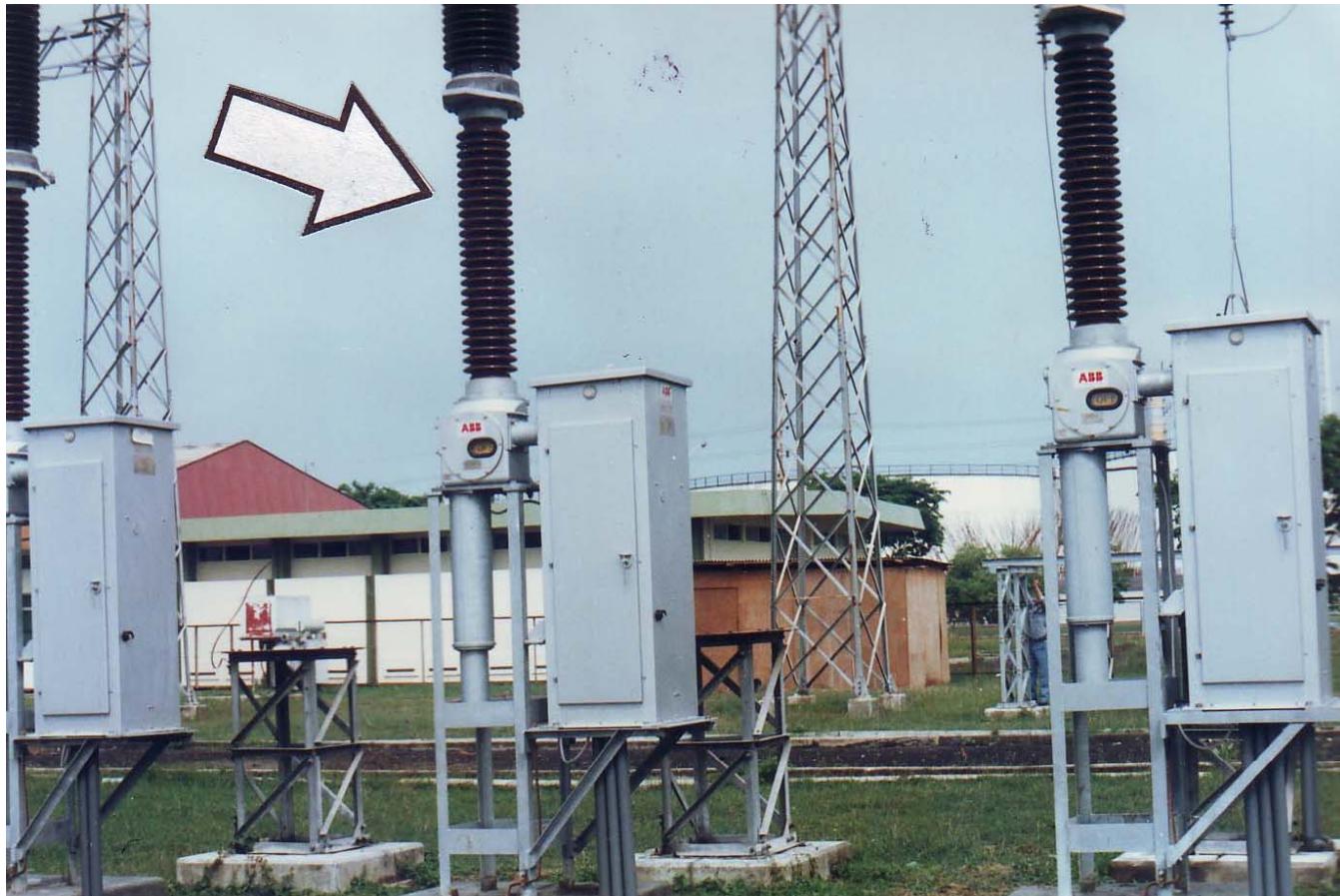
Jaga jangan sampai ada kotoran dan air yang masuk ke dalam minyak trafo

7.17. PEMASANGAN DISCONNECTING SWITCH (DS)



Pisau-pisau antar DS harus bisa terhubung dengan baik dan kuat, sehingga tidak terjadi loncatan bunga api.

7.18. PEMASANGAN CIRCUIT BREAKER (CB)



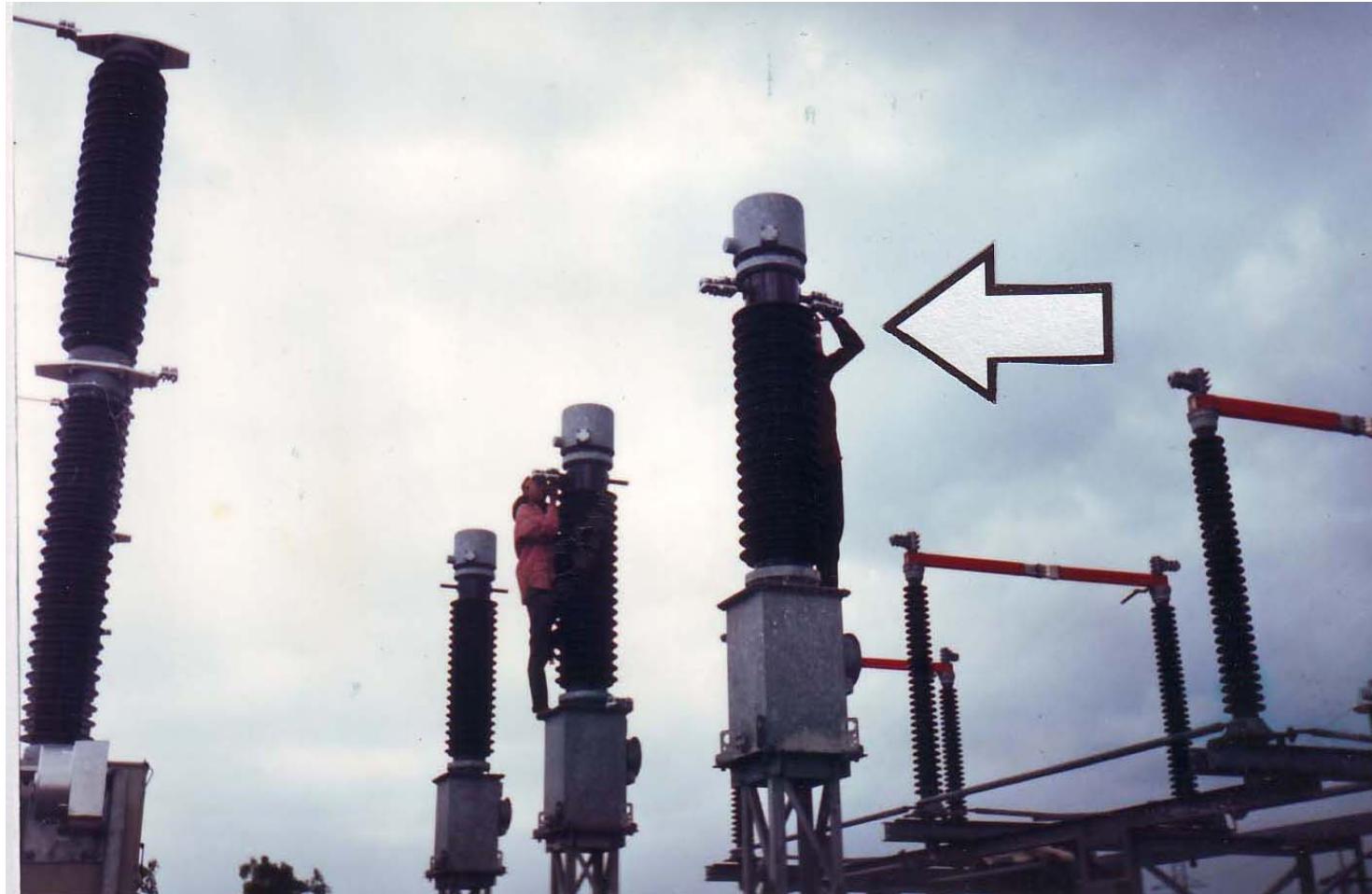
Posisi CB dan box CB harus tepat

7.19. PEMASANGAN NEUTRAL CURRENT TRANSFORMER (NCT)



Connecting ke trafo harus benar-benar baik (terhubung/ tersambung dengan baik)

7.20. PEMASANGAN CURRENT TRANSFORMER (CT)



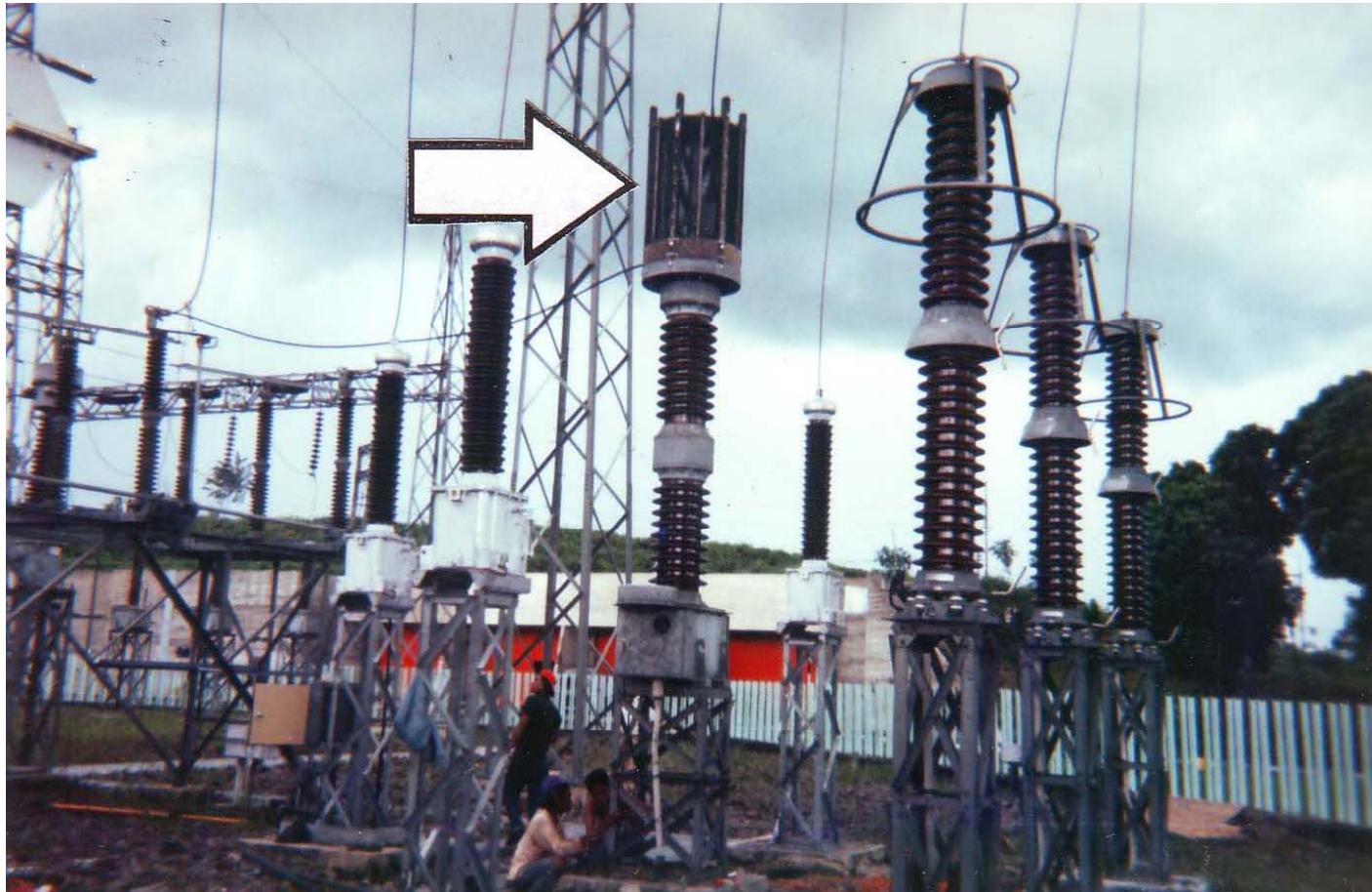
Jaga jangan sampai ada isolator yang pecah

7.21. PEMASANGAN LIGHTNING ARRESTER (LA)



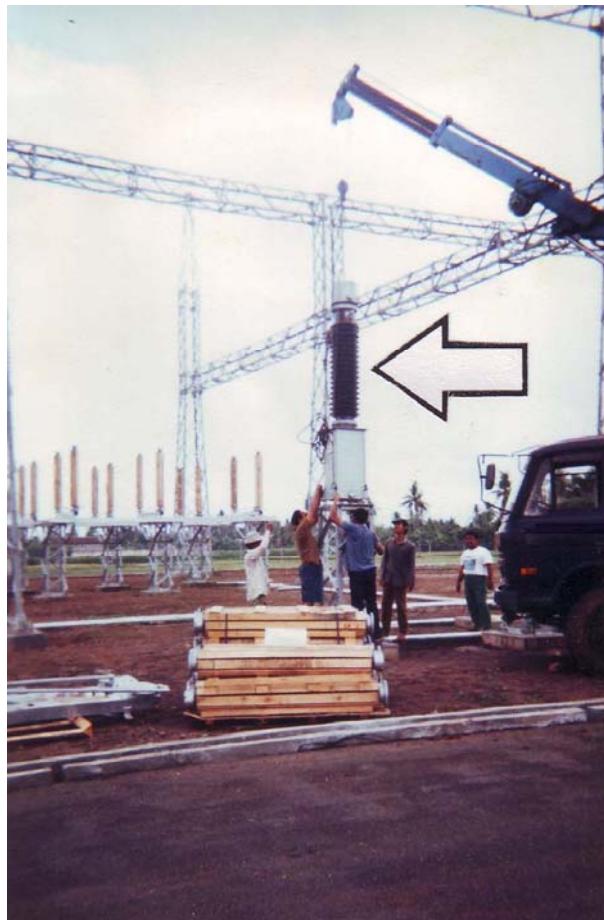
Jaga jangan sampai ada isolator yang pecah

7.22. PEMASANGAN BLOCKING CELL



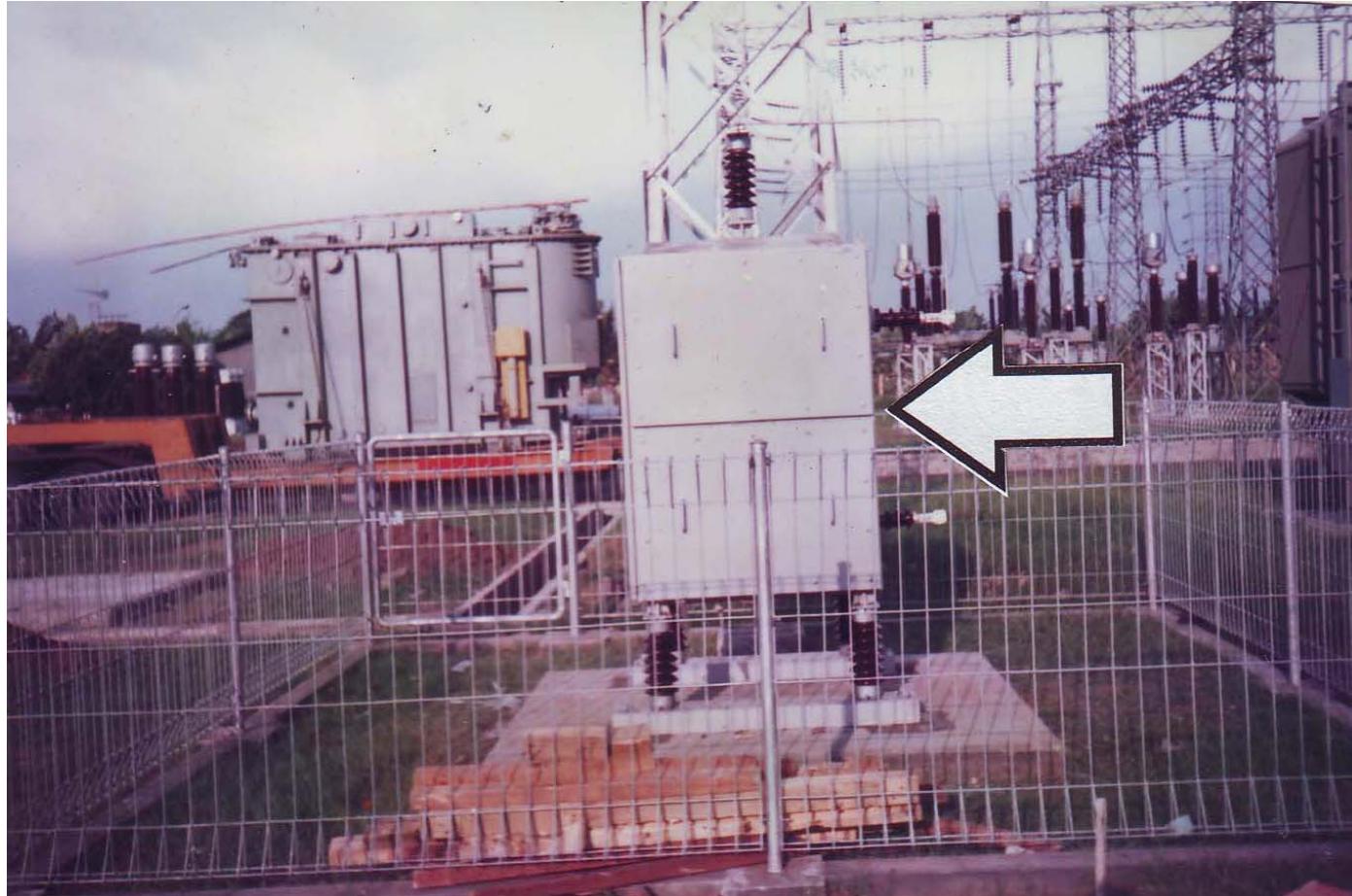
Jaga jangan sampai ada isolator yang pecah dan sirip-sirip blocking coil tidak boleh penyok

7.23. PEMASANGAN CAPASITOR VOLTAGE TRANSFORMER (CVT)



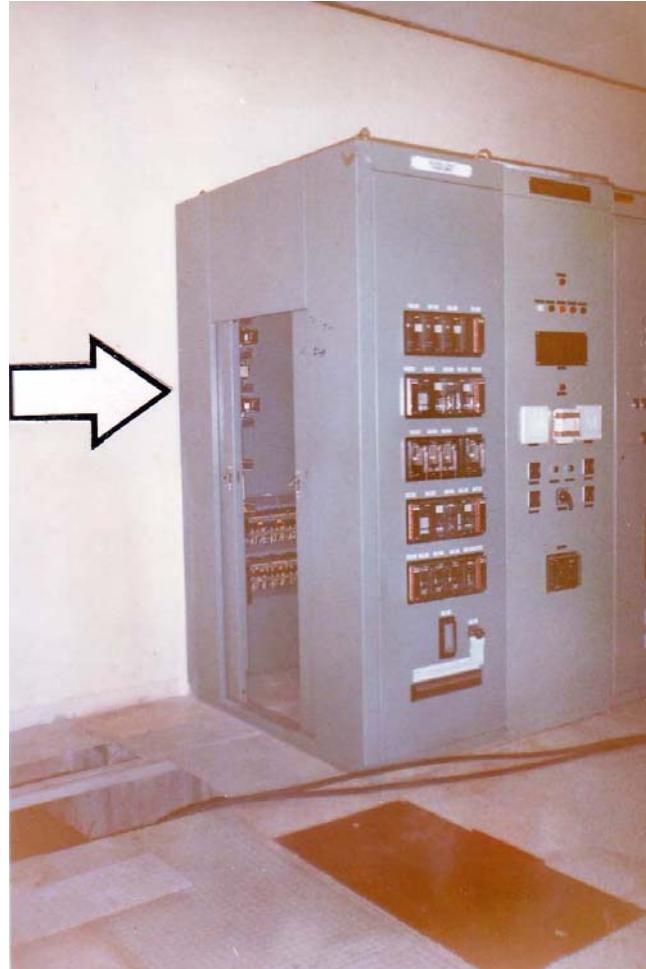
Hati-hati pada saat handling

7.24. PEMASANGAN NEUTRAL GROUNDING RESISTANCE (NGR)



Penyambungan (connecting) antara trafo dan NGR harus benar-benar baik dan kuat
(terhubung/ tersambung dengan baik).

7.25. PEMASANGAN PANEL - PANEL



Hati-hati, pada saat handling, karena komponen pada panel sangat sensitif & presisi

7.26. PEMASANGAN CUBICLE



Karena sensitifitas komponen pada Cubicle, maka pada saat handling harus dilakukan dengan hati-hati.

7.27. PENGGELARAN KABEL POWER (POWER CABLE)

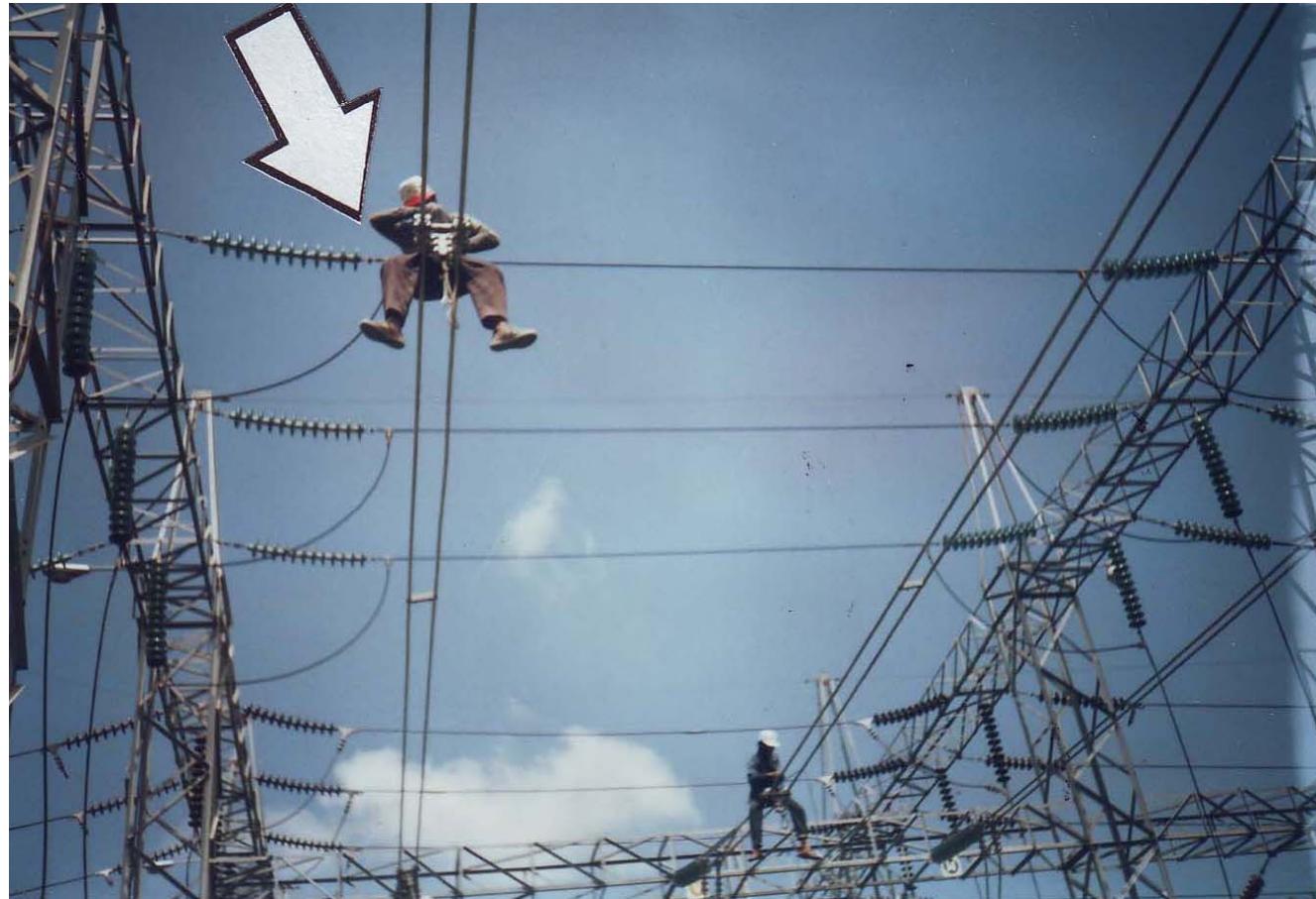


Sebelum dipasang/ digelar, harus dicek terlebih dahulu keadaan kabel baik secara phisik maupun karakteristik.

Kabel harus benar-bena dalam keadaan baik.

Penggelaran/ penarikan harus dilakukan dengan baik, jangan sampai kabel rusak./ cacat karena proses penggelaran/penarikan

7.28. PEMASANGAN BUSBAR & INSULATOR STRING & FITTING



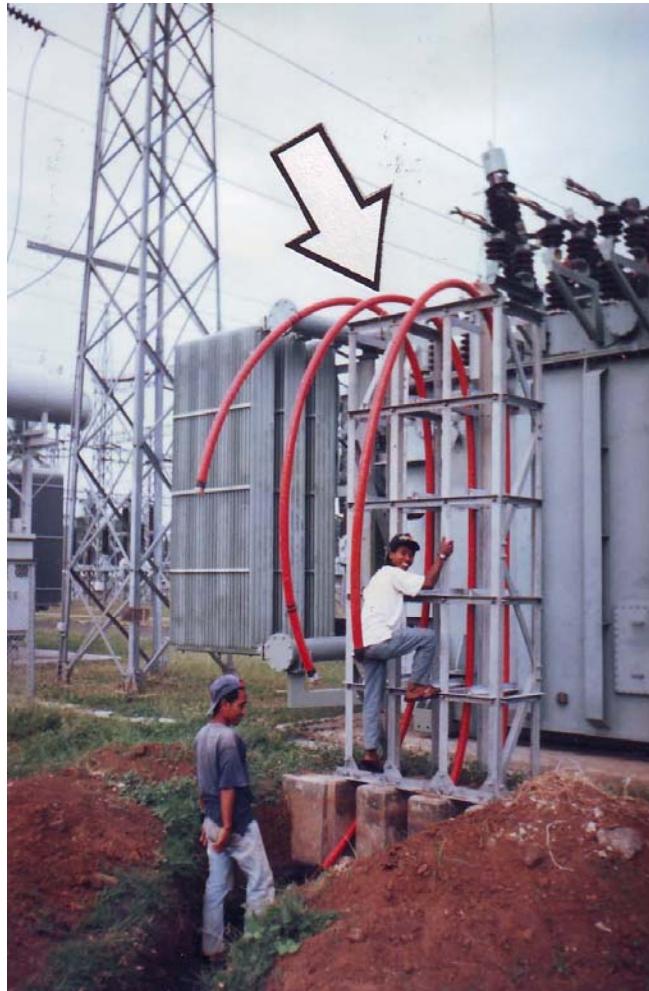
Andongan (sagging) harus diperhitungkan secara cermat.

7.29. PANEGGELARAN DAN PENARIKAN KABEL KONTROL



Jangan lupa memberi penandaan (kode) pada masing-masing kabel, sehingga tidak terjadi kesalahan pada saat menghubungkan (connecting).

7.30. CABLE HEAD POWER KE ARAH TRANSFORMER DAYA



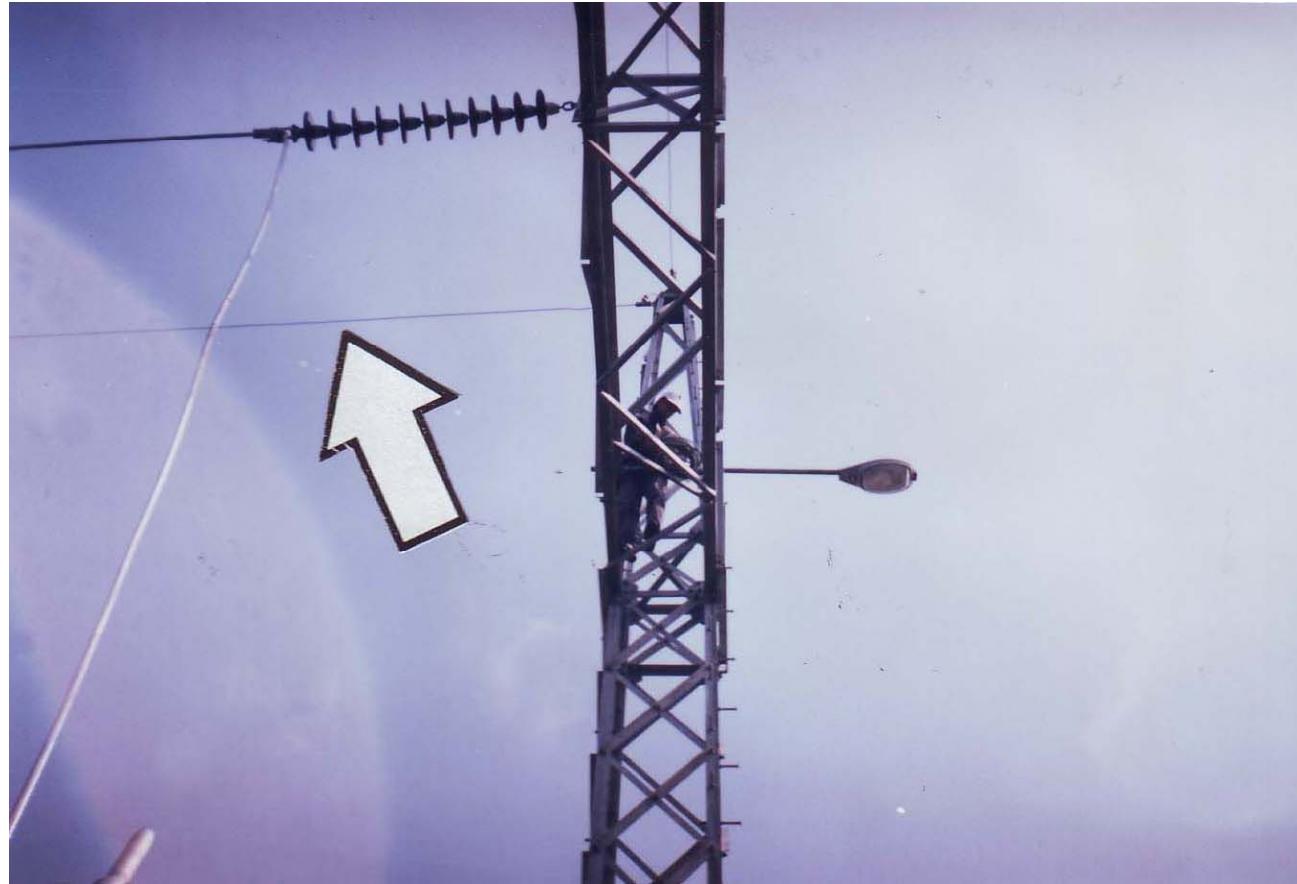
Pemasangan termination dan penyambungan ke terminal trafo harus dilakukan tenaga kerja yang kompeten serta mengikuti ketentuan dan urutan yang ditetapkan

7.31. PEMASANGAN GROUNDING PERALATAN



Harus dipasang sesuai dengan ketentuan yang ada, sehingga tahanan pembumian memenuhi persyaratan minimal yang berlaku.

7.32. KAWAT PENTANAHAN (GROUND WIRE)



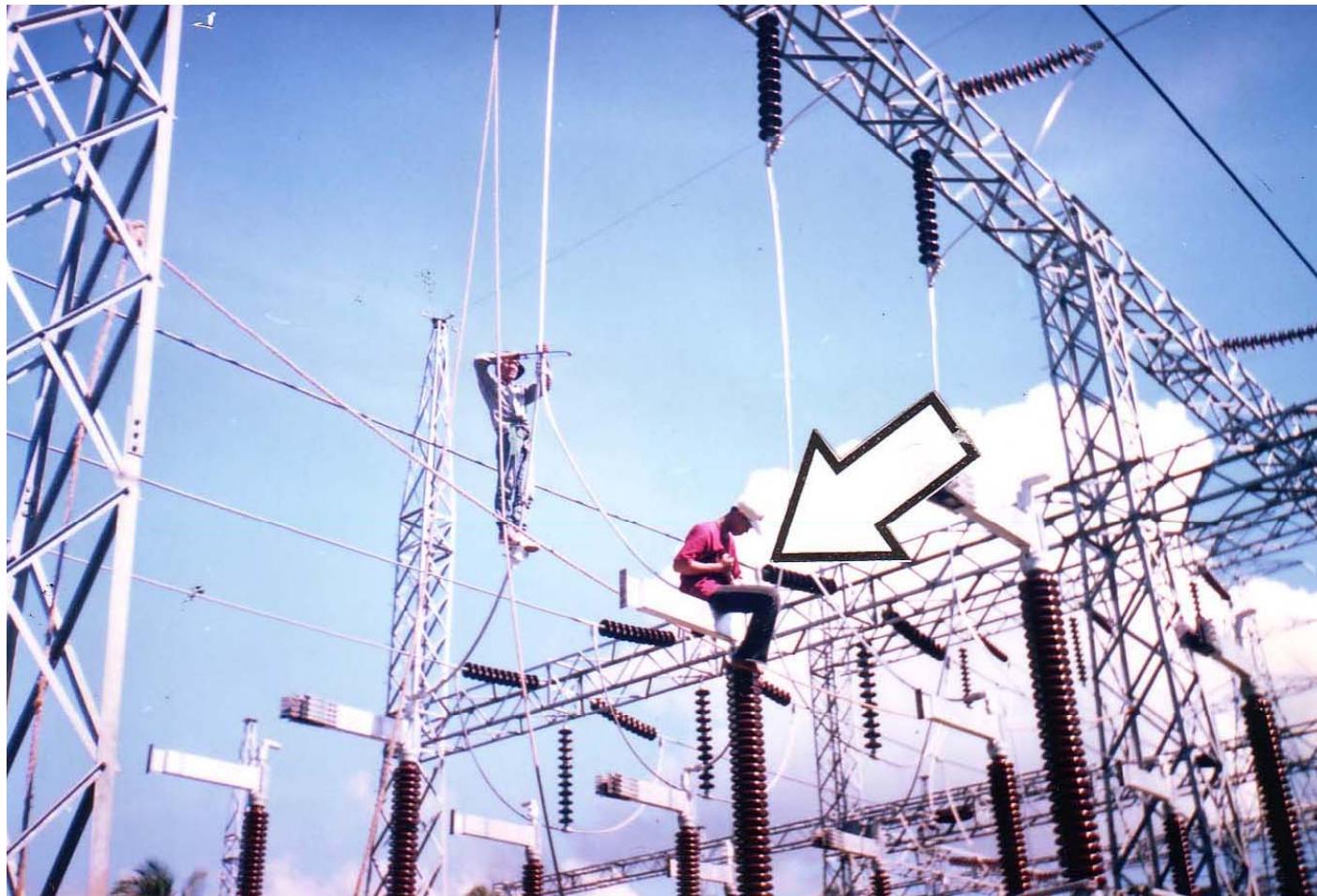
Mengingat fungsinya yang sangat penting, sambungan-sambungan ground wire ke komponen lain, harus benar-benar baik dan kuat.

7.33. WIRING ANTAR PERALATAN



Jangan lupa memberi penandaan pada masing-masing kabel, sehingga pada saat menyambung/ menghubungkan (connecting) antara peralatan tidak terjadi kesalahan.

7.34. PEMASANGAN KONDUKTOR KE TERMINAL PERALATAN



Penjumperan harus baik dan kuat

BAB VIII

ASPEK PENDUKUNG

8.1. ASPEK MANAJEMEN

- ✓ Dalam mengerjakan pembangunan Gardu Induk, pasti melibatkan banyak pihak, antara lain :
 - ✓ Kontraktor Listrik selaku pelaksana pembangunan.
 - ✓ Pemberi kerja atau pengguna (PLN).
 - ✓ Instansi setempat dimana Gardu Induk tersebut berada.
 - ✓ Pabrikan/ Distributor/ Supplier Komponen listrik.
 - ✓ Importir yang bertugas memasukkan komponen listrik.
 - ✓ Supllier bahan bangunan (semen, pasir, tanah urug, besi beton, dan lain sebagainya).
 - ✓ Supllier/ Fabrikator besi untuk serandang.
 - ✓ Transportir yang akan mengangkut kebutuhan/ peralatan/ material Gardu Induk.
 - ✓ Dan lain sebagainya.
- ✓ Agar pekerjaan berjalan dengan lancar, tertib, aman dan selesai tepat waktu, maka aspek manajemen menjadi sangat penting untuk ditangani dengan sebaik-baiknya.
- ✓ Kontraktor listrik harus mampu memngkoordinasikan semua pihak tersebut dengan sebaik-baiknya dan harus mengetahui serta melaksanakan setiap tahapan pekerjaan tepat waktu dan tepat sasaran.

- ↗ Jenis dan ruang lingkup aktifitas yang harus dilakukan, antara lain : :
 - ✓ Administrasi :
 - Pengurusan ijin-ijin.
 - Administrasi keuangan (pembuatan jaminan uang muka, jaminan pelaksanaan, jaminan pemeliharaan, dan lain –lain).
 - ✓ Keuangan (pembayaran komponen/ peralatan/ bahan/ material).
 - ✓ Administrasi teknik (pembuatan Kurva S, Time Schedule, Format Schedule, Asbuilt Drawing, dan lain-lain).
 - ✓ Pelaksanaan phisik pekerjaan sejak dimulainya pekerjaan sampai serah terima pekerjaan.
 - ✓ Keamanan dan keselamatan pekerja maupun pekerjaan.
 - ✓ Dan lain sebagainya.
- ↗ Salah satu aspek manajemen yang cukup penting dan harus dipenuhi, adalah pembuatan "**Network Planning**", sehingga :
 - ✓ Alur dan proses pekerjaan dapat diketahui dengan mudah.
 - ✓ Semua jenis dan ruang lingkup pekerjaan yang ada dapat dilaksanakan sesuai dengan jadual yang telah dibuat.
 - ✓ Pengkoordinasian pekerjaan dapat dilaksanakan dengan baik.
 - ✓ Pekerjaan dapat diselesaikan tepat waktu dengan hasil yang memuaskan.

8.2. KRITERIA KONTRAKTOR LISTRIK

- ↗ Usaha jasa konstruksi terdiri dari 5 (lima) bidang, yaitu ASMET (Arsitektural, Sipil, Mekanikal, Elektrikal dan Tata Lingkungan), bidang elektrikal memiliki kekhasan dan kekhususan dibanding yang lain.
- ↗ Khusus untuk bidang Elektrikal, selain harus mengacu pada UU 18/ 1999, juga harus mengacu pada UU 15/ 1985 tentang Ketenagalistrikan.
- ↗ Bidang Elektrikal selain sangat spesifik, juga memiliki resiko tinggi.
- ↗ Kriteria Kontraktor Listrik yang menjadi pelaksana pekerjaan Gardu Induk, antara lain :
 - ✓ Memiliki Sertifikat Badan Usaha (SBU) yang sesuai dengan klasifikasi dan kualifikasi pekerjaan yang dikerjakan.
 - ✓ Harus memiliki pengalaman pekerjaan sejenis dengan pekerjaan yang dikerjakan.
 - ✓ Memiliki personil (tenaga kerja) yang berpengalaman dalam melaksanakan pekerjaan Gardu Induk.
 - ✓ Memiliki Penanggung Jawab Teknik (PJT) yang bersertifikat Keahlian Kualifikasi Ahli Utama di bidang Teknik Tenaga Listrik.
 - ✓ Memiliki peralatan kerja yang memadai, sesuai dengan pekerjaan yang ditangani.

8.3. KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA

- ↗ Aspek yang sangat penting yang harus dipenuhi dalam melaksanakan pekerjaan, adalah aspek kesehatan dan keselamatan kerja.
- ↗ Apalagi untuk pekerjaan elektrikal yang beresiko tinggi, aspek K3 harus menjadi perhatian utama. Terlebih apabila melaksanakan pekerjaan pada lokasi Gardu Induk Eksisting yang bertegangan, para personil (tenaga kerja) harus mendapatkan pelatihan khusus tentang K3.
- ↗ Untuk pelaksanaan pekerjaan Gardu Induk Eksisting, masalah K3 harus dipatuhi secara lebih ketat, disamping itu yang harus diperhatikan dan dipenuhi :
 - ✓ Harus ada Supervisor yang khusus menangani dan mengkoordinasikan masalah K3.
 - ✓ Setiap dan semua pekerjaan dalam pelaksanaannya harus berkoordinasi dengan Pengawas Pekerjaan (PLN).
 - ✓ Di lokasi pekerjaan harus dipasang rambu-rambu tanda bahaya, sehingga pekerja tidak seenaknya berlalu lalang di lokasi tertentu yang membahayakan.
 - ✓ Harus disediakan alat keselamatan kerja yang lengkap.
 - ✓ Semua pihak harus mematuhi dan menjalankan peraturan K3 dengan baik.