

BAB II

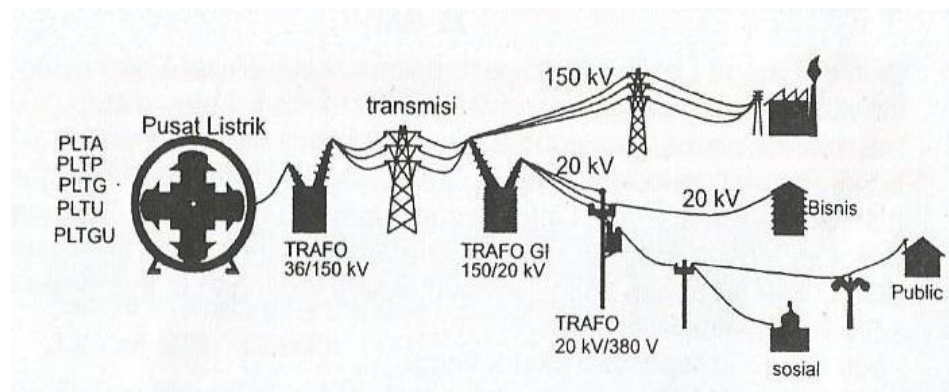
LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah sekumpulan Pusat-Pusat Listrik yang interkoneksi satu dengan lainnya, melalui transmisi atau distribusi untuk memasok ke beban atau dari Satu Pusat Listrik dimana mempunyai beberapa unit generator yang diparalel.

Pasokan tenaga listrik dari Pusat listrik ke beban adalah pasokan listrik melalui jaringan transmisi dan distribusi ke beban (pelanggan) dengan tegangan 150kV, 70kV, 20kV dan 220/380 volt.

- Sistem kelistrikan di Jawa
 - 500kV : tegangan ekstra tinggi
 - 150kV : tegangan tinggi
 - 20kV : tegangan menengah
 - 230 /400 V : tegangan rendah
- Sistem kelistrikan di Sumatra, Kalimantan dan Sulawesi mempergunakan tegangan 150kV, 20kV dan 230 /400 V
- Sistem tegangan di Ambon NTB, NTT, Ambon dan Papua mempergunakan tegangan 20kV dan 230 /400 V.



Gambar 2.1. Sistem Tenaga Listrik

2.2 Gardu Distribusi Tenaga Listrik

Gardu distribusi tenaga listrik adalah bagian dari Sistem Tenaga Listrik yang merubah tegangan menengah menjadi tegangan rendah untuk kemudian disalurkan ke Sistem Tegangan Rendah.

Pembangunan Gardu Distribusi terdiri dari: gardu pasangan luar dimana semua peralatan instalasi listriknya dari jenis pasangan luar/outdoor (gardu portal atau gardu cantol) dan gardu pasangan dalam dimana peralatan dari jenis pasangan dalam/indoor (gardu beton atau gardu kios).

Jenis penggunaannya:

- Gardu pelanggan umum (daya $<200\text{kVA}$) dengan kapasitas trafo distribusi/tenaga yang terpasang di gardu distribusi 50kVA s/d 1000kVA
- Gardu pelanggan khusus (daya $>200\text{kVA}$) dengan langganan TM/TM/TM atau TM/TM/TR atau TM/TR/TR yang dilengkapi trafo distribusi.

2.3 Macam – macam Gardu distribusi

1. Gardu Beton

Yaitu sebuah gardu yang seluruh komponen utama instalasinya seperti Transformator dan Peralatan Proteksi terangkai di dalam sebuah bangunan sipil yang dirancang, dibangun, dan difungsikan dengan konstruksi pasangan Batu dan Beton. Konstruksi Bangunan Gardu ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan terbaik bagi sistem keamanan Ketenagalistrikan.



Gambar 2.2. Gardu beton

2. Gardu Tiang



a. Gardu Portal



b. Gardu Cantol

Gambar 2.3. Gardu Tiang

a. Gardu Portal

Yaitu Gardu Distribusi Tenaga Listrik Tipe Terbuka (Out-door), dengan memakai konstruksi dua tiang atau lebih. Tempat kedudukan Transformator sekurang-kurangnya 3 meter di atas permukaan tanah. Dengan sistem proteksi di bagian atas dan Papan Hubung Bagi Tegangan di bagian bawah untuk memudahkan kerja teknis dan pemeliharaan.

b. Gardu Cantol

Yaitu Tipe Gardu Distribusi Tenaga Listrik dengan Transformator, proteksi, dan Papan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHBTR) di cantokan atau dipasang langsung pada tiang yang memiliki kekuatan minimal 500dAn.

3. Gardu Kiost



Gambar 2.4. Gardu Kiost

Yaitu Gardu Distribusi Tenaga Listrik yang konstruksi pembuatannya terbuat dari bahan konstruksi baja, fiberglass atau kombinasinya. Gardu ini dibangun di lokasi yang tidak memungkinkan didirikan Gardu Beton atau Gardu tembok. Karna Sifatnya Mobilitas, maka kapasitas Transformator yang terpasang terbatas yakni maksimum 400kVa.

4. Gardu Mobil

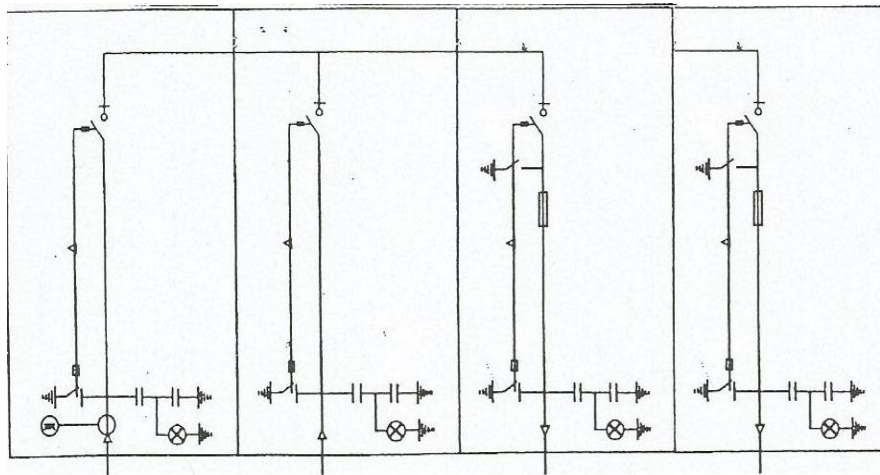
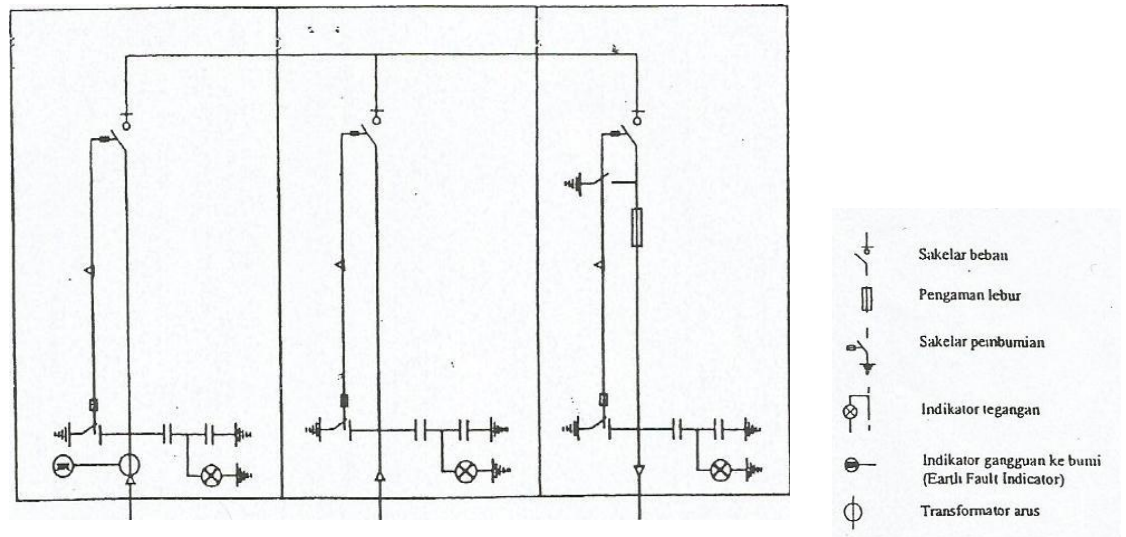


Gambar 2.5. Gardu Mobil

Pemakaian gardu mobil ini bersifat sementara, hanya untuk mengatasi adanya pemadaman listrik karena adanya kerusakan pada gardu distribusi (trafo tenaga, cubicle dls). Pasokan listriknya mempergunakan tegangan rendah 220-380 volt.

2.4 Gardu Pelanggan Umum

Umumnya konfigurasi peralatan Gardu Pelanggan Umum adalah π section, sama halnya seperti dengan Gardu Tiang yang dicatu dari SKTM.



b. Kubikel Pelanggan dengan 2 Trafo

Gambar 2.6. Kubikel Pelanggan Umum

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.

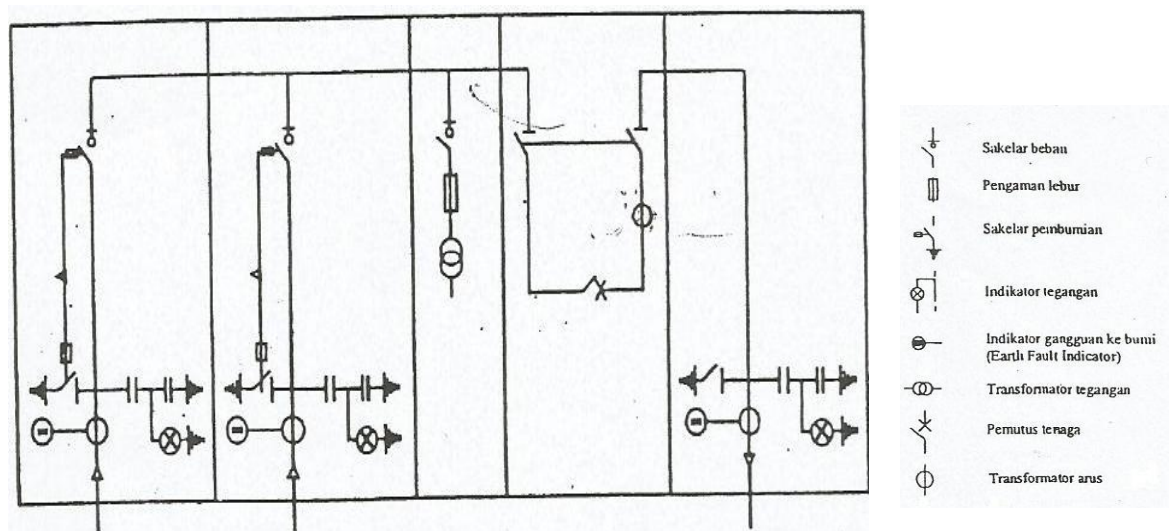
Untuk tingkat keandalan yang dituntut lebih dari Gardu Pelanggan Umum biasa, maka gardu dipasok oleh SKTM lebih dari satu penyulang sehingga jumlah saklar hubung lebih dari satu dan dapat digerakan secara Otomatis (ACOS : *Automatic Change Over Switch*) atau secara remote control.

2.5 Gardu Pelanggan Khusus

Gardu ini dirancang dan dibangun untuk sambungan tenaga listrik bagi pelanggan berdaya besar. Selain komponen utama peralatan hubung dan proteksi, gardu ini di lengkapi 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.

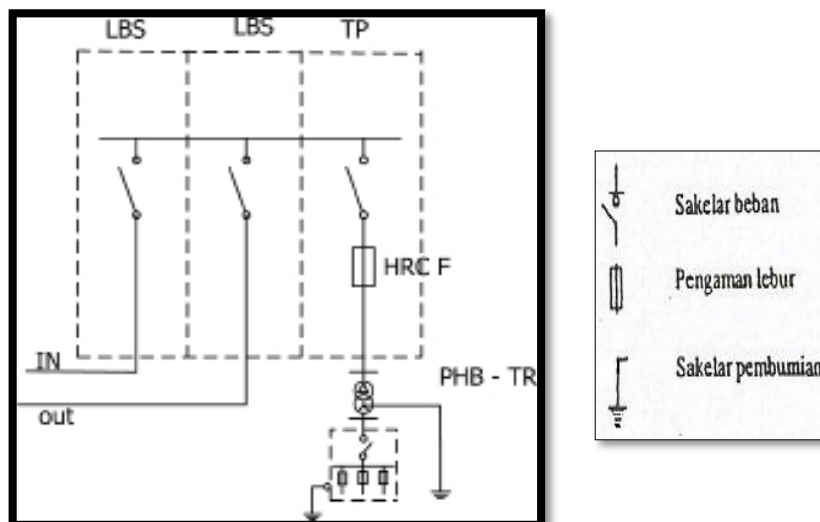


Gambar 2.7. Kubikel Pelanggan Khusus

2.6 Kubikel

2.6.1 Pengertian Kubikel 20kV

Kubikel 20 kv adalah seperangkat peralatan listrik yang dipasang pada gardu distribusi yang berfungsi sebagai pembagi, pemutus, penghubung pengontrol dan proteksi sistem penyaluran tenaga listrik tegangan 20 kV kubikel 20 kV biasa terpasang pada gardu distribusi atau gardu hubung yang berupa beton maupun kios



Gambar 2.8. Kubikel

1. Kubikel Incoming

Kubikel Incoming berfungsi sebagai penghubung dari sisi sekunder trafo daya ke busbar 20kV

2. Kubikel Outgoing

Kubikel Outgoing sebagai penghubung / penyalur dari busbar ke beban

3. Kubikel Pengaman Trafo

Berfungsi sebagai penghubung dari busbar ke beban pemakaian sendiri GI

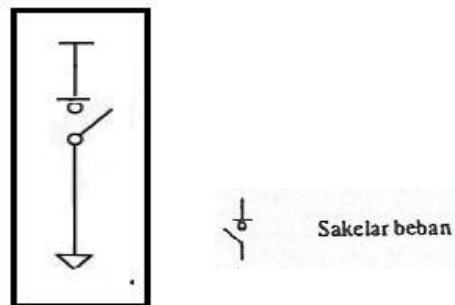
2.6.2 Jenis – jenis Kubikel

Berdasarkan fungsi dan nama peralatan yang terpasang kubikel dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu :

1. Kubikel Load Break Switch (LBS)

Berfungsi untuk membuka dan menutup aliran listrik dalam keadaan berbeban atau tidak . Dipasang sebagai kubikel kabel masuk dan kabel keluar

Simbol Diagram LBS



Gambar 2.9. LBS

Kubikel LBS terdiri dari :

- a. Satu set busbar tiga fase 400 A atau 630 A.
- b. Sebuah sakelar beban tiga kutub jenis udara, SF6 atau hampa udara dengan operasi secara manual.
 - 1) Arus pengenalan 400 A
 - 2) Kapasitas penyambung (puncak) 31,5 kA (making capacity)
 - 3) Kapasitas pemutusan beban aktif (pf ; 0,7) 400 A
 - 4) Sakelar beban harus dapat dipasang mekanis kontrol elektrik (electric control mechanism) tanpa modifikasi yang besar terhadap sakelar tersebut.
 - 5) Kapasitas ketahanan arus hubung singkat (1 detik) ; $\geq 12,5$ kA
- c. Sebuah sakelar pembumian 3 kutub dengan pengoperasian secara manual
- d. Tiga buah gawai kontrol tegangan

- e. Sistem interlok
- f. Busbar pembumian
- g. Harus ada ruang yang cukup dan penunjang kabel bagian bawah kubikel untuk melakukan pemasangan terminasi kabel berisolasi padat, penghantar dari bahan aluminium yang dipilin dengan luas penampang sampai dengan 240 mm²
- h. Satu set lengkap terminal kabel (jika diperlukan)

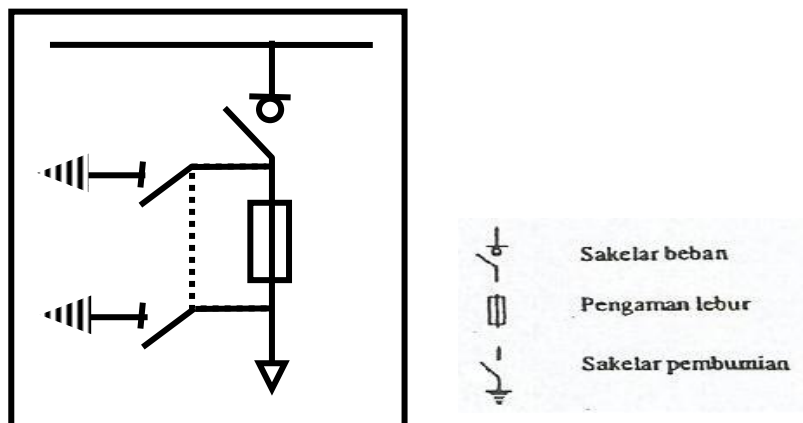
2. Kubikel Transformer Protection (TP)

Berfungsi sebagai alat pengaman transformator distribusi, dikenal juga dengan istilah kubikel PB (Pemutus Beban) kubikel ini berisi LBS dan fuse pengaman trafo dengan ukuran beragam dari 25A, 32 A, 43A tergantung kapasitas trafo yang akan diamankan

Ada dua jenis kubikel TP yaitu :

- a. Kubikel TP dilengkapi shunt trip, jika fuse TM putus ada pin pada fuse yang menggerakkan mekanik untuk melepas LBS
- b. Tidak dilengkapi shunt trip, jika fuse TM putus LBS tidak membuka sehingga trafo masih mendapat tegangan dari fuse lain yang tidak putus

Simbol Diagram Kubikel TP



Gambar 2.10. TP

2.6.3 Bagian – bagian dari Konstruksi Kubikel

1. Kompartemen Kubikel TM 20kV

Merupakan rumah dari terminal penghubung, LBS, PMT, PMS, Fuse, Trafo ukur, (CT, PT) peralatan mekanis dan instalasi tegangan rendah, sehingga tidak membahayakan operator terhadap adanya sentuhan langsung ke bagian – bagian yang bertegangan berupa lemari / kotak terbuat pelat baja, terbagi menjadi 2 (dua) bagian, bagian atas untuk busbar dan bagian bawah untuk penyambungan dengan terminasi kabel. Komponen bagian bawah, pada bagian depan berupa pintu yang dapat dibuka tetapi bisa dilakukan apabila tegangan sudah dibebaskan dan terminasi kabel sudah ditanahkan.

a. Kompartemen PMT

Pada kompartemen ini terpasang "*Withdrawable Circuit Breaker*". PMT dan mekanisme penggeraknya dapat dengan mudah dikeluarkan/dimasukkan ke dalam kubikel untuk keperluan pemeliharaan.

b. Kompartemen Busbar

Semua tertutup oleh bagian metal. Kompartemen busbar didisain agar bagian-bagian yang bergerak pada bagian ini seminimum mungkin. Busbar dibuat dari tembaga atau alumunium dengan bentuk sesuai dengan desain dari masing – masing pabrik.

c. Kompartemen Sambungan Kabel

Pada kompartemen ini terdapat :

- 1) Terminasi kabel tegangan menengah
- 2) 3 pembagi tegangan (potensial divider), dilengkapi pada setiap pasa terminasi kabel, yang disambung dengan tiga neon indikator yang dipasang di muka panel. Fungsinya untuk melihat secara visual bahwa kabel tersebut dalam keadaan bertegangan atau tidak, sehingga aman terhadap petugas yang melaksanakan pengoperasian.
- 3) Satu rangkaian hubung pendek dan pemisah tanah untuk sisi kabel. Dioperasikan dari depan panel, dilengkapi dengan

mekanisme operasi kecepatan tinggi sehingga mempunyai kecepatan masuk yang tidak tergantung kecepatan operator.

- 4) Trafo arus trafo tegangan (sesuai permintaan). Bisa type tetap atau lepasan. Dilengkapi dengan pelebur dengan kapasitas pemutus tinggi.

d. **Kompartemen Tegangan Rendah**

Kompartemen ini didisain untuk memperkecil resiko propagasi saat terjadi kegagalan. Auxiliary disambunng ke PMT oleh susunan multi pin connector.

2. Rel / Busbar

Sebagai rel penghubung antara kubikel yang satu dengan lainnya, posisi rel umumnya terletak pada bagian atas kubikel, pada kubikel type RMU (Ring Main Unit) rel 20 kV terdapat dalam tabung SF 6 vacuum bentuk rel ada yang bulat ada yang pipih.

Busbar harus dari bahan tembaga atau aluminium. Busbar aluminium harus dilapisi timah pada titik sambungan busbar.

Busbar dapat dilapis karet silikon atau bahan EPDM (heat shrink insulation material) untuk memenuhi ketahanan tingkat isolasinya. Bahan pelapis tersebut yang dipakai tidak bisa terbakar dan bila dari bahan yang dapat terbakar tetapi api dapat cepat mati dengan sendirinya (*selfextinguishing*).

3. Kontak Pemutus

Sebagai pemutus / penghubung aliran listrik kontak pemutus terdiri dari dua bagian yaitu kontak gerak (moving contact) dan kontak tetap (fixed contact) sebagai peredam busur api pada kubikel jenis LBS atau PMT digunakan media minyak, gas SF₆, vacuum atau dengan hembusan udara, selain itu memperkecil terjadinya busur api dilakukan dengan pembukaan dan penutupan kontak pemutus secara cepat secara mekanis

4. Pemisah Hubung Tanah

Untuk mengamankan kubikel pada saat tidak bertegangan dengan menghubungkan terminal kabel ketanah (grounding), sehingga bila ada

personil yang bekerja pada kubikel tersebut terhindar terhadap adanya kesalahan operasi yang menyebabkan kabel terisi tegangan.

PMS tanah ini biasanya mempunyai sistem interlock dengan pintu kubikel dan mekanik LBS pintu tidak bisa dibuka jika PMS tanah belum masuk, LBS tidak bisa masuk sebelum PMS tanah dibuka.

5. Terminal Penghubung

Untuk menghubungkan bagian-bagian kubikel yang bertegangan satu dengan yang lainnya, ada beberapa terminal antara lain :

- a. Terminal busbar, tempat dudukan busbar
- b. Terminal kabel, tempat menghubungkan kabel incoming dan outgoing
- c. Terminal PT, tempat menyambung transformator tegangan untuk pengukuran
- d. Terminal CT, tempat menyambung transformator arus untuk pengukuran

6. Mekanik Kubikel

Berfungsi untuk menggerakkan dan merubah posisi membuka / menutup kontak LBS PMT dan PMS maupun pemisah hubung tanah dibuat sedemikian rupa, sehingga pada waktu membuka dan menutup kontak pemutus berlangsung dengan cepat

7. Lampu Indikator

Untuk menandai adanya tegangan (20 kV) pada sisi kabel, baik berasal dari sisi lain kabel tersebut atau berasal dari busbar sebagai akibat alat hubung dimasukkan, lampu indikator menyala dikarenakan adanya arus kapasitif yang dihasilkan oleh kapasitor pembagi tegangan.

Kubikel jenis PMT lampu indikator digunakan untuk menandai posisi alat-hubungnya dengan 2 (dua) warna yang berbeda untuk posisi masuk atau keluar. Sumber listrik untuk lampu indikator berasal dari sumber arus searah (DC) yang dihubungkan dengan kontak bantu yang bekerja serempak dengan kerja poros penggerak alat-hubung utama.

8. Pemanas (Heater)

Untuk memanaskan ruang terminal kabel agar kelembabannya terjaga. keadaan ini diharapkan dapat mengurangi efek corona pada terminal kubikel tersebut, besarnya tegangan heater 220 V sumber tegangan berasal dari trafo distribusi

9. Handle Kubikel

Untuk menggerakkan mekanik kubikel, yaitu membuka atau menutup posisi kontak hubung : PMT, PMS, LBS, pemisah tanah (grounding) atau pengisian pegas untuk energi membuka / menutup kontak hubung, pada satu kubikel, jumlah handle yang tersedia bisa satu macam atau lebih

10. Fuse Base

Untuk menempatkan fuse pengaman trafo pada kubikel PB atau kubikel PT

2.7 Korona

2.7.1 Pengertian Korona pada Kubikel

Korona pada kubikel disebabkan karena adanya ketidakidealan pada celah udara yang memisahkan dua elektroda. Tegangan kritis awal terjadinya korona pada model kubikel dipengaruhi oleh beberapa hal seperti gradient tegangan, bentuk elektroda pada kubikel, jarak elektroda dengan badan kubikel, kelembaban udara, tekanan udara, dan kondisi suhu udara. Hal-hal tersebut menyebabkan ketidakseragaman medan pada elektroda sehingga dapat mempercepat terjadinya proses korona.

2.7.2 Gejala Korona

Pelepasan listrik (Partikel Discharge) mencakup:

1. Internal discharge (pelepasan di dalam) : terjadi di rongga yang terdapat dalam dielektrik maupun di dalam dielektrik itu sendiri

2. Surface discharge (pelepasan di permukaan) : terjadi pada permukaan
3. Corona discharge (pelepasan korona) : terjadi sekitar konduktor