

TRAINERS MANAGEMENT INDONESIA

PROFESIONAL TRAINING PROVIDER FOR MANAGERIAL
IMPROVEMENT SYSTEM

MODUL TEKNIS K3 LISTRIK



Daftar Isi

| | |
|---|-----|
| BAB V | 134 |
| Persyaratan K3 Pemasangan Instalasi, Perlengkapan, dan Peralatan Listrik pada Pemanfaatan Listrik | 134 |
| 5.1 Jenis –jenis pemanfaatan listrik | 134 |
| 5.2 Jenis – jenis peralatan listrik | 141 |
| 5.3 Lembar kerja | 151 |
| 5.3.1 Cheklist Pemsangan instalasi perlengkapan, peralatan listrik di pemanfaatan | 151 |
| 5.3.2 JSA..... | 152 |
| 5.4 <u>Lembar soal</u> | 153 |
| 5.5 Rangkuman | 153 |



BAB IV

Persyaratan K3 Pemasangan Instalasi, Perlengkapan, dan Peralatan Listrik Pada Distribusi Tenaga Listrik

4.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

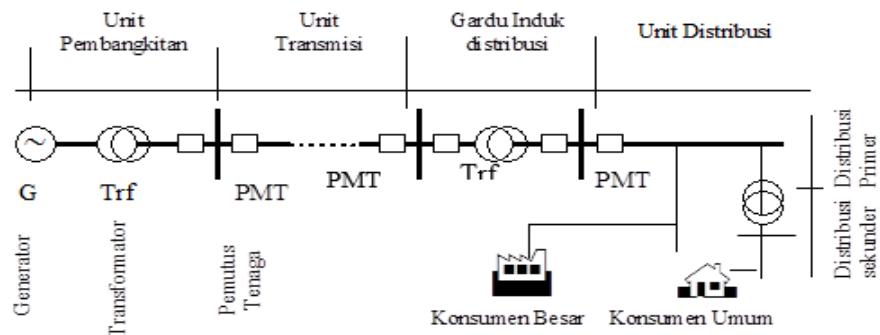
Sistem penyaluran tenaga listrik dari pembangkit tenaga listrik ke konsumen (beban). Sistem distribusi memiliki fungsi sebagai pembagian tenaga listrik ke beberapa tempat dan merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, Karena catu daya pada pusat-pusat beban dilayani langsung melalui jaringan distribusi. Sistem distribusi daya listrik meliputi semua Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 KV dan semua Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 380/220 Volt hingga ke meter-meter pelanggan. Penyaluran tenaga listrik melalui beberapa tahapan proses mulai dari pembangkit tenaga listrik penghasil energi listrik, disalurkan ke jaringan transmisi (SUTET) langsung ke gardu induk. Dari gardu induk tenaga listrik disalurkan ke jaringan distribusi primer (SUTM), dan melalui gardu distribusi langsung ke jaringan distribusi sekunder (SUTR).

4.2. Pembagian Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Secara umum pembagian jaringan distribusi tenaga listrik adalah sebagai berikut:

a. Jaringan Sistem Distribusi Primer

Distribusi primer adalah jaringan distribusi daya listrik yang bertegangan menengah (20 KV). Jaringan distribusi primer tersebut merupakan jaringan penyulang. Jaringan ini berawal dari sisi skunder trafo daya yang terpasang pada gardu induk hingga kesisi primer trafo distribusi yang terpasang pada tiang-tiang saluran.



Gambar 4. 1 Jaringan Sistem Distribusi Primer dan Sekunder

b. Jaringan Sistem Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder atau jaringan distribusi tegangan rendah (JDTR) merupakan jaringan tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen. Oleh karena itu besarnya tegangan untuk jaringan distribusi sekunder ini 130/230 V dan 130/400 V untuk sistem lama, atau 230/400 V untuk sistem baru. Tegangan 130 V dan 230 V merupakan tegangan antara fasa dengan netral, sedangkan tegangan 400 V merupakan tegangan fasa dengan fasa.

4.3.Prinsip Kerja Jaringan Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem penyaluran energi listrik dari penbangkit tenaga listrik sampai ke pengguna energi listrik. Dalam penyaluran ini mulanya energi listrik yang dihasilkan dari pembangkit listrik besar dengan tegangan 11kV sampai 24kV kemudian dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70kV, 154kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir (I^2R). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula. Selanjutnya dari saluran transmisi, tegangan diturunkan menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke pengguna energi listrik. Distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke pengguna energi listrik.

Adapun syarat-syarat sistem distribusi tenaga listrik tersebut adalah:

a. Faktor keterandalan sistem

- Kontinuitas penyaluran tenaga listrik ke konsumen harus terjamin selama 24 jam terus-menerus. Persyaratan ini cukup berat, selain harus tersedianya tenaga listrik pada Pusat Pembangkit Tenaga Listrik dengan jumlah yang cukup besar, juga kualitas sistem distribusi tenaga listrik harus dapat diandalkan, karena digunakan secara terus-menerus. Untuk hal tersebut diperlukan beberapa cadangan, yaitu cadangan siap, cadangan panas, dan cadangan diam.
 - Cadangan siap adalah suatu cadangan yang didapat dari suatu pembangkit yang tidak dibebani secara penuh dan dioperasikan sinkron dengan pembangkit lain guna menanggulangi kekurangan daya listrik.
 - Cadangan panas adalah cadangan yang disesuaikan dari pusat pembangkit tenaga termis dengan ketel-ketel yang selalu dipanasi atau dari PLTA yang memiliki kapasitas air yang setiap saat mampu untuk menggerakkannya.
 - Cadangan diam adalah cadangan dari pusat-pusat pembangkit tenaga listrik yang tidak dioperasikan tetapi disediakan untuk setiap saat guna menanggulangi kekurangan daya listrik.
- Setiap gangguan yang terjadi dengan mudah dilacak dan diisolir sehingga pemadaman tidak perlu terjadi. Untuk itu diperlukan alatalat pengaman dan alat pemutus tegangan (*air break switch*) pada setiap wilayah beban.
- Sistem proteksi dan pengaman jaringan harus tetap dapat bekerjadengan baik dan cepat.

b. Faktor Kualitas Sistem

- Kualitas tegangan listrik yang sampai ke titik beban harus memenuhi persyaratan minimal untuk setiap kondisi dan sifat-sifat beban. Oleh karena itu diperlukan stabilitas tegangan (*voltage regulator*) yang bekerja secara otomatis untuk menjamin kualitas tegangan sampai ke konsumen stabil.
- Tegangan jatuh atau tegangan drop dibatasi pada harga 10 % dari tegangan nominal sistem untuk setiap wilayah beban. (*Lihat IEC Publication 38/1967*). Untuk itu

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

untuk daerah beban yang terlalu padat diberikan beberapa *voltage regulator* untuk menstabilkan tegangan.

- Kualitas peralatan listrik yang terpasang pada jaringan dapat menahan tegangan lebih (*over voltage*) dalam waktu singkat.

c. Faktor Keselamatan Sistem dan Publik

- Keselamatan penduduk dengan adanya jaringan tenaga listrik harus terjamin dengan baik. Artinya, untuk daerah padat penduduknya diperlukan rambu-rambu pengaman dan peringatan agar penduduk dapat mengetahui bahaya listrik. Selain itu untuk daerah yang sering mengalami gangguan perlu dipasang alat pengaman untuk dapat meredam gangguan tersebut secara cepat dan terpadu.
- Keselamatan alat dan perlengkapan jaringan yang dipakai hendaknya memiliki kualitas yang baik dan dapat meredam secara cepat bila terjadi gangguan pada sistem jaringan. Untuk itu diperlukan jadwal pengontrolan alat dan perlengkapan jaringan secara terjadwal dengan baik dan berkesinambungan.



d. Faktor Pemeliharaan Sistem

- Kontinuitas pemeliharaan sistem perlu dijadwalkan secara berkesinam-bungan sesuai dengan perencanaan awal yang telah ditetapkan, agar kualitas sistem tetap terjaga dengan baik.
- Pengadaan material listrik yang dibutuhkan hendaknya sesuai dengan jenis/ spesifikasi material yang dipakai, sehingga bisa dihasilkan kualitas sistem yang lebih baik dan murah.

e. Faktor Perencanaan Sistem

Perencanaan jaringan distribusi harus dirancang semaksimal mungkin, untuk perkembangan dikemudian hari.

4.4 Peralatan Sistem Distribusi

Jaringan distribusi yang baik adalah jaringan yang memiliki perlengkapan dan peralatan yang cukup lengkap, baik itu peralatan guna kontruksi maupun peralatan

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

proteksi. Untuk jaringan distribusi sistem saluran udara, peratan-peralatan proteksi dipasangkan diatas tiang-tiang listrik berdekatan dekat letak pemasangan trafo, perlengkapan utama pada sistem distribusi tersebut antara lain:

a. Tiang Penyangga

Tiang Penyangga / tiang listrik merupakan komponen penting pada jaringan distribusi tiang ini berfungsi untuk meletakkan penghantar serta perlengkapan sistem seperti transformator, *Fuse, isolator, arrester, recloser* dan sebagainya. Jenis tiang jaringan distribusi yang digunakan untuk jaringan distribusi tenaga listrik ada beberapa macam, seperti: Tiang Kayu, Tiang Baja, Tiang Beton.

b. Penghantar

Berfungsi sebagai penyalur arus listrik dari trafo daya pada gardu induk ke konsumen. kebanyakan penghantar yang digunakan pada sistem distribusi . Begitu juga dengan beberapa kawat jaringan bawah tanah. Besar nilai hambatan suatu kawat penghantar dapat dihitung melalui rumus. Rumus untuk menyatakan besar nilai hambatan jenis kawat penghantar sering disebut dengan rumus hambatan kawat penghantar yang dapat dilihat pada rumus di bawah:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Keterangan:

R = Hambatan Kawat (Ω)

l = Panjang Kawat (m)

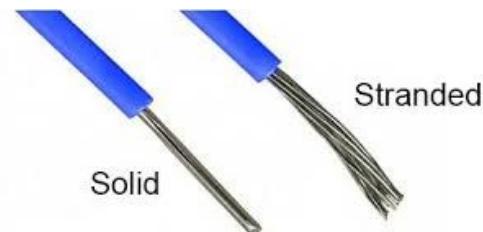
A = Luas Penampang Kawat (m^2)

ρ = Hambatan Jenis Kawat (Ωm)

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

Berdasarkan konstruksinya, penghantar diklasifikasikan sebagai berikut:

- a) Penghantar pejal (*solid*); yaitu penghantar yang berbentuk kawat pejal yang berukuran sampai 10 mm^2 . Tidak dibuat lebih besar lagi dengan maksud untuk memudahkan penggulungan maupun pemasangannya.



Gambar 4. 2 Penghantar Pejal dan Berlilit

- b) Penghantar berlilit (*stranded*); penghantarnya terdiri dari beberapa urat kawat yang berlilit dengan ukuran $1 \text{ mm}^2 - 500 \text{ mm}^2$.



Gambar 4. 3 Penghantar Serabut

- c) Penghantar serabut (*flexible*); banyak digunakan untuk tempat-tempat yang sulit dan sempit, alat-alat portabel, alat-alat ukur listrik dan pada kendaraan bermotor. Ukuran kabel ini antara $0,5 \text{ mm}^2 - 400 \text{ mm}^2$.



- d) Penghantar persegi (*busbar*); penampang penghantar ini berbentuk persegi empat yang biasanya digunakan pada PHB (Papan Hubung Bagi) sebagai rel-rel pembagi atau rel penghubung. Penghantar ini tidak berisolasi.

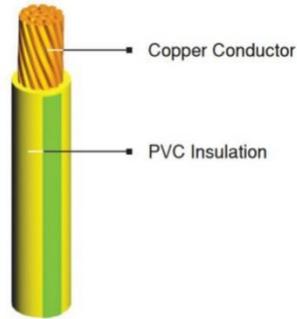


Gambar 4. 4 Penghantar Persegi

Beberapa jenis kabel yang biasa dipakai dalam instalasi listrik:

1) Kabel NYA

Kabel NYA berinti tunggal, berlapis bahan isolasi PVC, untuk instalasi luar atau kabel udara. Kode warna isolasi ada warna merah, kuning, biru dan hitam sesuai dengan peraturan PUIL. Lapisan isolasinya hanya 1 lapis sehingga mudah cacat, tidak tahan air (NYA adalah tipe kabel udara) dan mudah digigit tikus. Agar aman memakai kabel tipe ini, kabel harus dipasang dalam pipa/conduit jenis PVC atau saluran tertutup. Sehingga tidak mudah menjadi sasaran gigitan tikus, dan apabila ada isolasi yang terkelupas tidak tersentuh langsung oleh orang

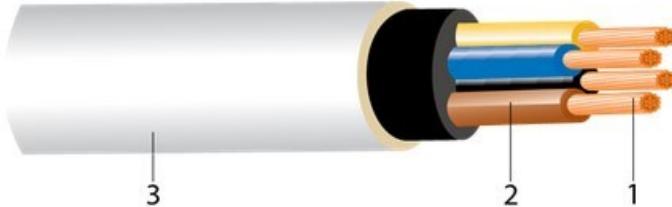


Gambar 4. 5 Kabel NYA

2) Kabel NYM

Kabel NYM memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna putih atau abu-abu), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYM memiliki lapisan isolasi dua lapis, sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari kabel NYA (harganya lebih mahal dari NYA). Kabel ini dapat dipergunakan dilingkungan yang kering dan basah, namun tidak boleh ditanam.

KABEL NYM



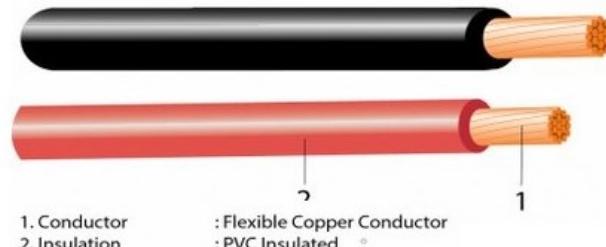
- | | |
|---------------------|-----------------------------|
| 1. Conductor | : Annealed Copper Conductor |
| 2. Conductor Screen | : Extruded PVC Insulated |
| 3. Outer Sheath | |

Gambar 4. 6 Kabel NYM

3) Kabel NYAF

Kabel NYAF merupakan jenis kabel fleksibel dengan pengantar tembaga serabut berisolasi PVC. Digunakan untuk instalasi panel-panel yang memerlukan fleksibilitas yang tinggi.

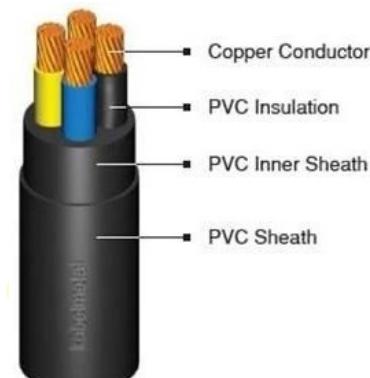
KABEL NYAF



Gambar 4. 7 Kabel NYAF

4) Kabel NYY

Kabel NYY memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya berwarna hitam), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYY dipergunakan untuk instalasi tertanam (kabel tanah), dan memiliki lapisan isolasi yang lebih kuat dari kabel NYM (harganya lebih mahal dari NYM). Kabel NYY memiliki isolasi yang terbuat dari bahan yang tidak disukai tikus.



Gambar 4. 8 Kabel NYY

5) Kabel NYFGbY

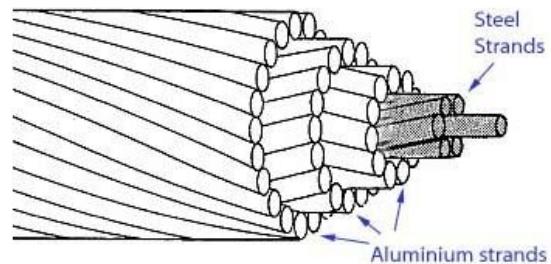
Kabel NYFGbY ini digunakan untuk instalasi bawah tanah, di dalam ruangan di dalam saluran-saluran dan pada tempat-tempat yang terbuka dimana perlindungan terhadap gangguan mekanis dibutuhkan, atau untuk tekanan rentangan yang tinggi selama dipasang dan dioperasikan.



Gambar 4. 9 Kabel NYFGbY

6) Kabel ACSR (*Aluminum Conduct Steel Reinforced*)

Kabel ACSR merupakan kawat penghantar yang terdiri dari aluminium berinti kawat baja. Kabel ini digunakan untuk saluran-saluran transmisi tegangan tinggi, dimana jarak antara menara atau tiang berjauhan, mencapai ratusan meter, maka dibutuhkan kuat tarik yang lebih tinggi, untuk itu digunakan kawat penghantar ACSR.



Gambar 4. 10 Kabel ACSR

7) Kabel AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*)

Kabel ini terbuat dari *aluminium-magnesium-silicon* campuran logam, keterhantaran elektris tinggi yang berisi magnesium silicide, untuk memberi sifat yang lebih baik. Kabel ini biasanya dibuat dari paduan aluminium 6201. AAC mempunyai suatu anti karat dan kekuatan yang baik, sehingga daya hantarnya lebih baik.



Gambar 4. 11 Kabel AAAC

Dalam pemilihan luas penampang harus mempertimbangkan hal-hal berikut:

1) Kemampuan Hantar Arus (KHA)

Menurut PUIL 2000 pasal 5.5.3.1 bahwa “penghantar sirkit akhir yang menyuplai motor tunggal tidak boleh mempunyai KHA kurang dari 125% arus pengenal beban penuh.”

- Untuk Arus Searah : $I_n = \frac{P}{V}$ (A)
- Untuk Arus Bolak-balik Satu Fasa: $I_n = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi}$ (A)
- Untuk Arus Bolak-balik tiga Fasa: $I_n = \frac{P}{\sqrt{3}V \cdot \cos\varphi}$ (A)

$$KHA = 125\% \times In$$

Dimana:

I = Arus Nominal Beban Penuh (A)

P = Daya Aktif (W) tember 13, 200

V = Tegangan (V) Cos φ = Faktor Daya

c. Kapasitor

Berfungsi untuk memperbesar faktor daya pada system penyaluran. Ukuran Kapasitor biasanya dinyatakan dalam kapasitansi. Secara fisis kapasitansi C adalah seberapa banyak sebuah kapasitor dapat menampung/diisi oleh muatan. Dalam hal ini

Dimana:

$$C = \frac{Q}{V_{AB}} = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

$$Q = C \cdot V$$

A = luasan penampang keping (m^2)

d = jarak antar keping (m)

Q = muatan electron dalam C (couloumb)

ϵ = permitivitas bahan penyekat (F/m), Jika antara kedua keping hanya ada udara atau vakum (tidak terdapat bahan penyekat), maka nilai permitivitasnya dipakai $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$.

Satuan dari kapasitansi dalam MKS/SI adalah Farad (F). Untuk rangkaian elektronik praktis, satuan farad adalah sangat besar sekali. Umumnya kapasitor yang ada di pasaran memiliki satuan : μF , nF dan pF .

1 Farad = 1.000.000 μF (mikro Farad)

1 μF = 1.000.000 pF (piko Farad)

1 μF = 1.000 nF (nano Farad)

1 nF = 1.000 pF (piko Farad)

1 pF = 1.000 $\mu\mu\text{F}$ (mikro-mikro Farad)

1 μF = 10^{-6} F

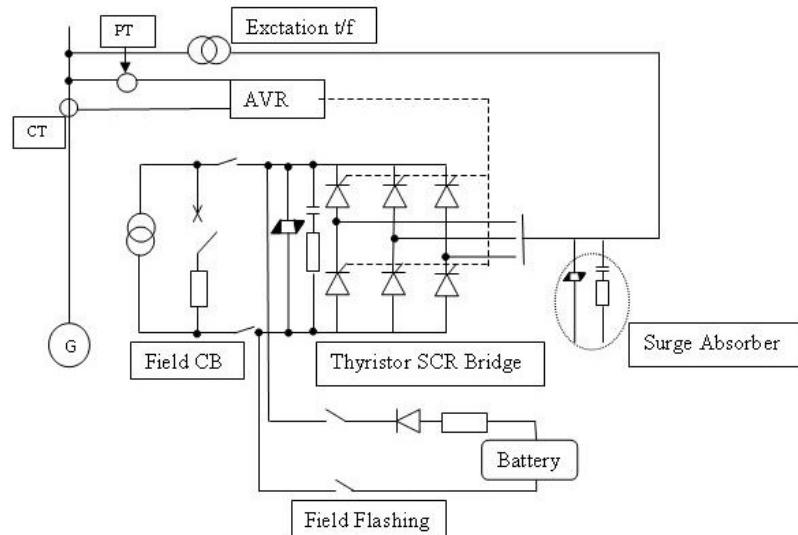
$$1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}$$

$$1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$$

Konversi satuan penting diketahui untuk memudahkan membaca besaran sebuah kapasitor. Misalnya $0.047\mu\text{F}$ dapat juga dibaca sebagai 47nF , atau contoh lain 0.1nF sama dengan 100pF .

d. Auto Voltage Regulator (AVR)

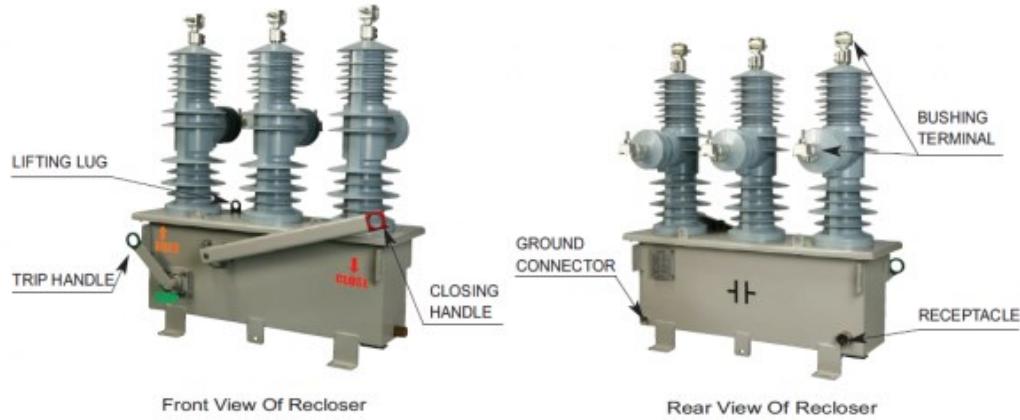
Auto Voltage Regulator (AVR) merupakan auto transformer yang berfungsi untuk mengatur/menaikan tegangan secara otomatis. Rangkaian dari regulator ini terdiri dari auto transformer penaik tegangan.



Gambar 4. 12 Auto Voltage Regulator

e. Recloser

Berfungsi untuk memutuskan saluran secara otomatis ketika terjadi gangguan dan akan segera menutup kembali beberapa waktu kemudian sesuai dengan setting waktunya. Biasanya alat ini disetting untuk dua kali bekerja, yaitu dua kali pemutusan dan dua kali penyambungan . Apabila hingga kerja recloser yang kedua keadaan masih membuka dan menutup, berarti telah terjadi gangguan permanen.

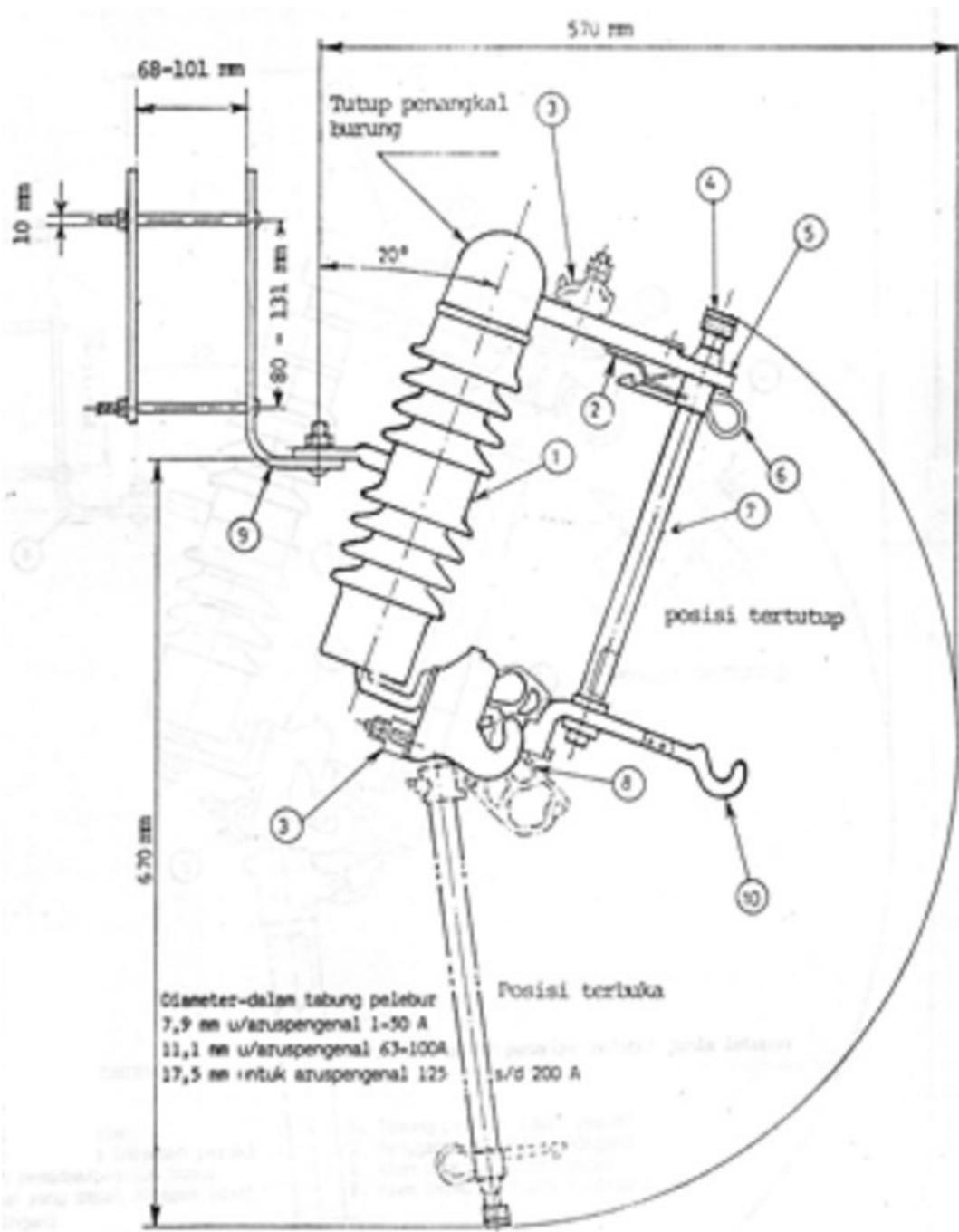


Gambar 4. 13 Recloser

f. *Fuse Cut Out (FCO)*

Fuse cut out (sekring) adalah suatu alat pengaman yang berfungsi untuk melindungi jaringan terhadap arus beban lebih (*overload current*) yang mengalir melebihi dari batas maksimum, yang disebabkan karena hubung singkat (*short circuit*) atau beban lebih (*overload*). FCO ini terdiri dari :

- Rumah Fuse (*Fuse Support*)
- Pemegang Fuse (*Fuse Holder*)
- *Fuse Link*



Gambar 5c- Contoh pasangan pelebur jenis letupan

Keterangan:

- | | |
|---|---|
| 1. Isolator porselein | 6. Mata kait (dari Brons) |
| 2. Kontak (dari tembaga disepuh perak) | 7. Tabung pelebur (dari resin) |
| 3. Klem terminal (dari kuningan) | 8. Pengantung (dari baja tahan karat) |
| 4. Tubup yang dapat dilepas (dari kuningan) | 9. Klem pemegang dari baja |
| 5. Batang pemegang atas (dari baja) | 10. Lengan pemutus hubungan (dari baja) |

Gambar 4.14 Fuse Cut Out

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

g. Pemutus Tenaga (PMT)

Berfungsi untuk memutuskan saluran secara keseluruhan pada tiap *output*. Pemutusan dapat terjadi karena adanya gangguan sehingga secara otomatis PMT akan membuka ataupun secara manual diputuskan karena adanya pemeliharaan jaringan.

h. Transformator

Suatu alat untuk memindahkan daya listrik arus bolak-balik dari suatu rangkaian ke rangkaian lainnya secara induksi elektromagnetik. Apabila kumparan primer dihubungkan dengan tegangan (sumber), maka akan mengalir arus bolak-balik I_1 pada kumparan tersebut karena kumparan mempunyai inti I_1 yang menimbulkan fluks magnit yang juga berubah-ubah pada intinya. Akibat adanya fluks magnit yang berubah-ubah, pada kumparan primer akan timbul GGL induksi E_p . Hal ini juga dialami oleh kumparan sekunder karena fluks bersama. Dengan demikian fluks tersebut menginduksi GGL Induksi e_s pada kumparan sekunder yang dapat dirumuskan:

$$e_p = -N_p \frac{d\phi}{dt} \text{ volt} \quad e_s = -N_s \frac{d\phi}{dt} \text{ volt}$$

Dimana, e_p = GGL induksi pada kumparan primer

e_s = GGL induksi pada kumparan sekunder

N_p = Jumlah lilitan kumparan primer

N_s = Jumlah lilitan kumparan sekunder

$d\phi$ = Perubahan garis-garis gaya magnit dalam satu weber
(1 weber = 10^8 maxwell)

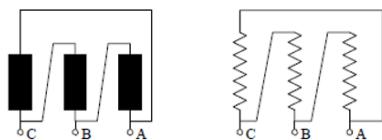
dt = Perubahan waktu dalam satuan detik

Transformator suatu komponen elektro yang berkerja untuk menaikan tegangan serta menurunkan tegangan dengan perinsip kerja gandengan elektromagnetik. Dalam sistem distribusi tenaga listrik transformator dapat dibagi berdasarkan sistem kerja menjadi dua macam yaitu:

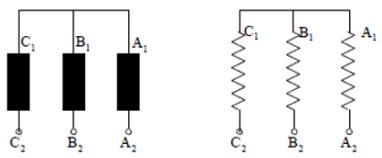
- Transformator Step Up (11,6 KV menjadi 150 KV)
- Transformator Down (150 KV menjadi 20 KV) dan (20 KV menjadi 380 / 220 Volt)

Sistem distribusi menggunakan jenis transformator step down untuk menghasilkan tegangan yang diinginkan. Berdasarkan jenis belitan transformator yang digunakan maka dalam sistem tenaga listrik terdapat dua macam jenis belitan antara lain:

1. Belitan bintang



2. Belitan delta



Gambar 4. 15 Transformator

i. Isolator

Berfungsi untuk melindungi kebocoran arus dari penghantar ke tiang maupun ke penghantar lainnya

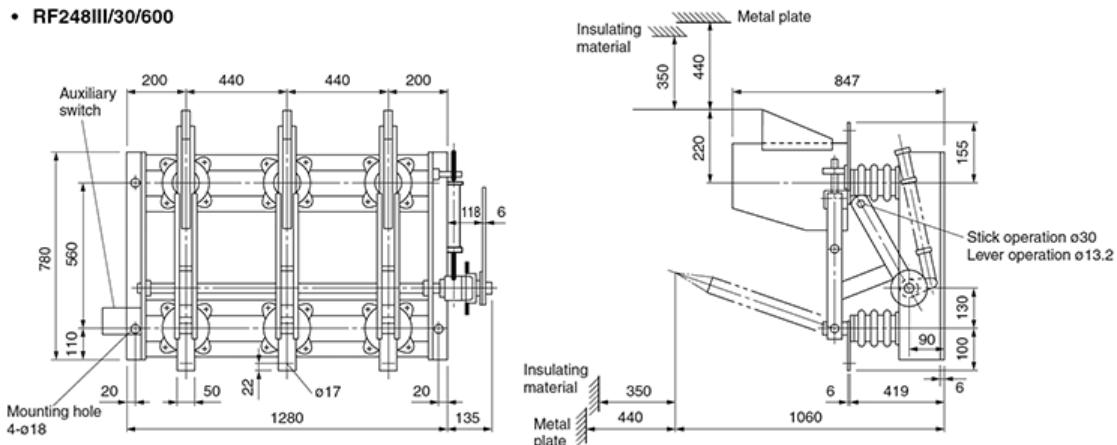


Gambar 4. 16 Isolator

j. *Air Break Switch (ABSw)*

Air Break Switch (ABSw) adalah peralatan hubung yang berfungsi sebagai pemisah dan biasa dipasang pada jaringan luar. Biasanya medium kontaknya adalah udara yang dilengkapi dengan peredam busur api / interrupter berupa hembusan udara. ABSw juga dilengkapi dengan peredam busur api yang berfungsi untuk meredam busur api yang ditimbulkan pada saat membuka / melepas pisau ABSw yang dalam kondisi bertegangan. ABSw juga dilengkapi dengan isolator tumpu sebagai penopang pisau ABSw , pisau kontak sebagai kontak gerak yang berfungsi membuka / memutus dan menghubung / memasukan ABSw , serta stang ABSw yang berfungsi sebagai tangki penggerak pisau ABSw. Perawatan rutin yang dilakukan untuk ABSw karena sering dioperasikan, mengakibatkan pisau pisaunya menjadi aus dan terdapat celah ketika dimasukkan ke

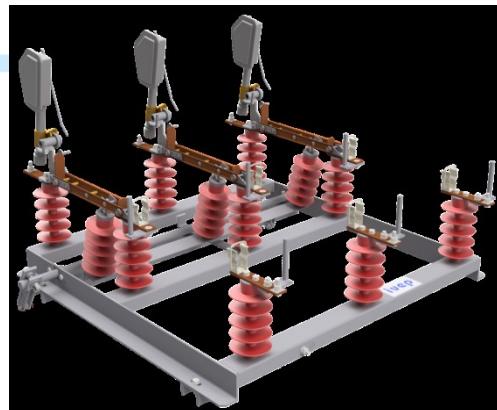
peredamnya / kontaknya. Celah ini yang mengakibatkan terjadi lonjakan bunga api yang dapat membuat ABSw terbakar.



Gambar 4. 17 Air Break Switch

k. *Load Break Switch (LBS)*

Load Break Switch (LBS) atau saklar pemutus beban adalah peralatan hubung yang digunakan sebagai pemisah ataupun pemutus tenaga dengan beban nominal. Proses pemutusan atau pelepasan jaringan dapat dilihat dengan mata telanjang. Saklar pemutus beban ini tidak dapat bekerja secara otomatis pada waktu terjadi gangguan, dibuka atau ditutup hanya untuk memanipulasi beban. Selain sebagai komponen pada jaringan distribusi LBS ini juga berfungsi sebagai sistem proteksi pada jaringan distribusi listrik.



Gambar 4. 18 Load Break Switch

4.5.Gardu Distribusi

Gardu Induk merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari saluran transmisi dan distribusi listrik. Dimana pada suatu sistem tenaga yang dipusatkan pada suatu tempat yang bagianya berisi saluran transmisi dan distribusi. Serta perlengkapan hubung bagi, transfomator, dan peralatan pengaman dan peralatan kontrol. Fungsi utama dari gardu induk :

- Untuk mengatur aliran daya listrik dari saluran transmisi ke saluran transmisi lainnya yang kemudian didistribusikan ke konsumen.
- Sebagai tempat kontrol.
- Sebagai pengaman operasi sistem.
- Sebagai tempat untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi.

Gardu Distribusi berfungsi merubah tegangan listrik dari jaringan distribusi primer menjadi tegangan terpakai yang digunakan untuk konsumen dan disebut sebagai jaringan distribusi sekunder. Kapasitas transformator yang digunakan pada Gardu Pembagi ini tergantung pada jumlah beban yang akan dilayani dan luas daerah pelayanan beban. Bisa berupa transformator satu fasa dan bisa juga berupa transformator tiga fasa.

Prosedur uji laik instalasi gardu; Sebelum dioperasikan instalasi gardu distribusi harus dilakukan uji laik yang meliputi:

- **Uji verifikasi rencana**
 - Meneliti kesesuaian hasil pelaksanaan dengan rancangan bahan referensi adalah persyaratan persyaratan teknis pada rancangan surat perintah kerja.
 - Meneliti kesesuaian spesifikasi teknis dengan material yang terpasang.
- **Uji fisik hasil pelaksanaan**
 - Meneliti apakah hasil pelaksanaan telah memenuhi persyaratan fisik hasil pekerjaan (kokoh, tidak goyang) tekukan, belokan kabel dan lain-lain.
 - Meneliti mekanisme kerja peralatan.
 - Meneliti kebenaran pengkabelan, pengawatan instalasi listrik.
 - Meneliti kekencangan ikatan-ikatan mur, baut, konektor dan lain-lain.

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

- Meniliti kabel-kabel instalasi tidak menahan beban mekanik selain beban sendiri.
- Meneliti pengkabelan (wiring) instalasi kontrol.
- **Uji Ketahanan Isolasi**
 - Melakukan uji ketahanan isolasi dengan alat *megger* pada tiap antar fasa dan fasa tanah (referensi PUIL 1 volt = 1 kilo ohm) pada sisi TM dan TR.
 - Uji dilakukan juga pada transformator.
- **Uji ketahanan Impulse**

Melakukan uji withstand test 50 kJ per 1 menit.
- **Uji Power Frekuensi**
 - Melakukan uji tegangan 24 kV selama 15 menit.
- **Uji alat proteksi**
 - Uji fisik pengaman lebur dengan multi meter.
 - Uji Rak proteksi (jika ada)
- **Uji alat-alat kontrol**
 - Setelah dioperasikan uji unjuk kerja alat-alat kontrol (lampu, *voltmeter*, ampere meter): Hasil uji laik didokumentasi untuk izin operasional.
- **Instalasi untuk pelanggan tegangan menengah, hanya ditambah:**
 - Satu sel kubikel transformator tegangan
 - Satu sel kubikel sambungan pelanggan dengan fasilitas:
 - Circuit breaker yang bekerja atas batas arus nominal. Daya tersambung pelanggan.
 - Transformator arus.
 - Satu sel kubikel untuk sambungan kabel milik pelanggan.
 - Satu set alat ukur (KWH meter, KVARH meter).
 - Satu set relai pembatas beban.
- **Spesifikasi teknis dan ketentuan instalasinya sama dengan ketentuan instalasi sel kubikel lain.**
- **Uji operasional dilaksanakan dengan tambahan, uji untuk kerja circuit breaker dan relai pembatas pelanggan.**

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

Gardu listrik pada dasarnya adalah rangkaian dari suatu perlengkapan hubung bagi ;

- a. PHB tegangan menengah;
- b. PHB tegangan rendah

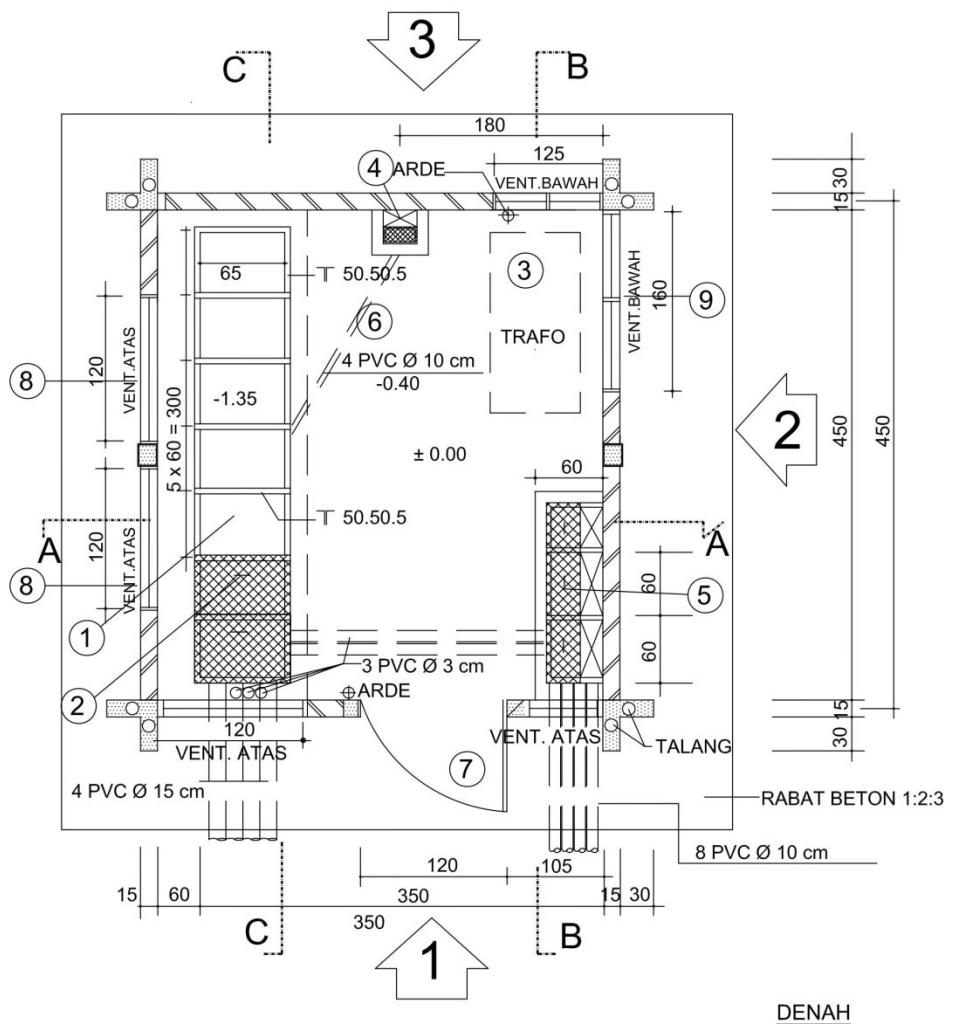
Masing-masing dilengkapi gawai-gawai kendali dengan komponen proteksinya. Jenis-jenis gardu listrik atau gardu distribusi didesain berdasarkan maksud dan tujuan penggunaannya sesuai dengan peraturan Pemda setempat, yaitu:

- a. Gardu Distribusi konstruksi beton (Gardu Beton)

Yaitu gardu distribusi yang bangunan pelindungnya terbuat dari beton (campuran pasir, batu dan semen). Gardu beton termasuk gardu jenis pasangan dalam, karena pada umumnya semua peralatan penghubung/pemutus, pemisah dan trafo distribusi terletak di dalam bangunan beton. Dalam pembangunannya semua peralatan tersebut di desain dan diinstalasi di lokasi sesuai dengan ukuran bangunan gardu.

Ketentuan teknis komponen gardu beton, komponen tegangan menengah (contoh rujukan PHB tegangan menengah), yaitu;

- Tegangan perencanaan 25 kV;
- *Power frekuensi withstand voltage* 50 kV untuk 1 menit;
- *Impulse withstand voltage* 125 kV;
- Arus nominal 400A;
- Arus nominal transformator 50A;
- Arus hubung singkat dalam 1 detik 12,5 kA;
- *Short circuit making current* 31,5 kA. Komponen tegangan rendah (contoh rujukan PHB tegangan rendah), yaitu;
 - Tegangan perencanaan 414 Volt (fasa-fasa);
 - Power frekuensi *withstand* 3 kV untuk 1 menit test fasa-fasa;
 - *Impulse withstand voltage* 20 kV;
 - Arus perencanaan rel/busbar 800 A, 1.200 A, 1.800 A;
 - Arus perencanaan sirkit keluar 400A;
 - Test ketahanan tegangan rendah.



| NO | URAIAN |
|----|-----------------------|
| 1 | Dudukan kubikel TM |
| 2 | Manhole |
| 3 | Dudukan Transformator |
| 4 | Kabel Trunk TM |
| 5 | Dudukan PHB-TR |

| NO | URAIAN |
|----|-----------------------------------|
| 6 | Jalur kabel TM arah Transformator |
| 7 | Pintu Gardu |
| 8 | Ventilasi Atas |
| 9 | Ventilasi Bawah |
| 10 | lampa indikator gangguan |

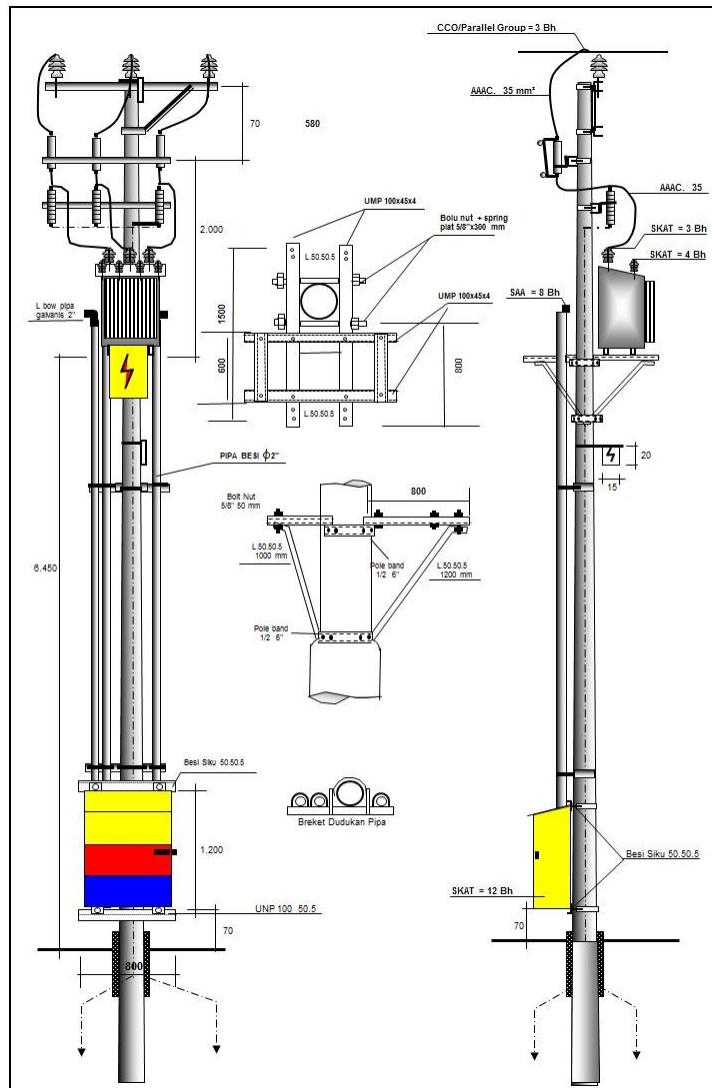
| | |
|--|---|
| PT. PLN (PERSERO) | |
| DENAH GARDU BETON TIPE SATU TRANSFORMATOR | |
| DIGAMBAR PPST UI DISETUJUI : DIV. DISTRIBUSI IT, IB, JB | STANDAR KONSTRUKSI JARINGAN DISTRIBUSI No. GAMBAR : GD/GB/02 EDISI 1 2010 29 |
| FOTO | |

tu
sa
ra

d. Distribusi Tipe Tiang Cantol (Gardu Tiang);

Gardu cantol adalah type gardu listrik dengan transformator yang dicantolkan pada tiang listrik besamya kekuatan tiang minimal 500 daN. Instalasi gardu dapat berupa :

- 1 *Cut out fused.*
- 1 *Lighting arrester.*
- 1 Panel PHB tegangan rendah dengan 2 jurusan atau transfor
- *Motor completely self protected (CSP - Transformator)*



Gambar 4. 22 Diagram Tipe Tiang Cantol

e. Gardu Distribusi Mobil (Gardu Mobil)

Yaitu gardu distribusi yang bangunan pelindungnya berupa sebuah mobil (diletakkan diatas mobil), sehingga bisa dipindah-pindah sesuai dengan tempat yang membutuhkan. Oleh karenanya gardu mobil ini pada umumnya untuk pemakaian sementara (darurat), yaitu untuk mengatasi kebutuhan daya yang sifatnya temporer. Secara umum ada dua jenis gardu mobil, yaitu pertama gardu mobil jenis pasangan dalam (mobil *box*) dimana semua peralatan gardu



Gambar 4. 23 Gardu Mobil

berada di dalam bangunan besi yang mirip dengan gardu besi. Kedua, gardu mobil jenis pasangan luar, yaitu gardu yang berada diatas mobil trailer, sehingga bentuk fisiknya lebih panjang dan semua peralatan penghubung/pemutus, pemisah dan trafo distribusi tampak dari luar.



4.6. Sistem Proteksi Jaringan Distribusi

sistem pengamanan yang dilakukan terhadap peralatan-peralatan listrik, yang terpasang pada sistem tenaga listrik tersebut. Misalnya Generator, Transformator, Jaringan transmisi / distribusi dan lain-lain terhadap kondisi operasi abnormal dari sistem itu sendiri. Yang dimaksud dengan kondisi abnormal tersebut antara lain dapat berupa :

- hubung singkat.
- tegangan lebih/kurang.
- beban lebih.
- frekuensi sistem turun/naik, dan lain-lain.

Ada tiga fungsi proteksi, yaitu untuk:

- Mencegah atau membatasi kerusakan pada jaringan beserta peralatannya.
- Menjaga keselamatan umum akibat gangguan listrik.
- Meningkatkan kelangsungan atau kontinyuitas pelayanan kepada pelanggan.

Sistem proteksi yang terdapat pada jaringan distribusi antara lain :

- *Relay*

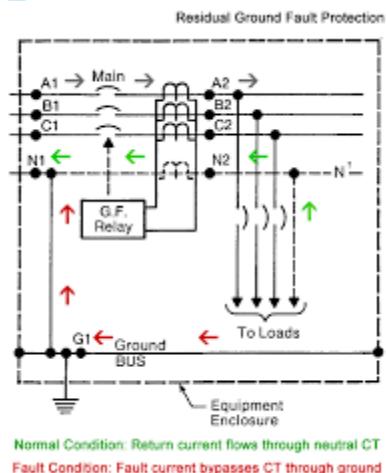
Relay merupakan alat yang bekerja secara otomatis untuk mengamankan suatu peralatan listrik saat terjadi gangguan, menghindari atau mengurangi terjadinya kerusakan peralatan akibat gangguan. Syarat-syarat agar peralatan relay pengaman dapat dikatakan bekerja dengan baik dan benar adalah :

- Cepat bereaksi
- Selektif
- Sensitif
- *Reliability / Andal*
- Sederhana
- Murah

Relai yang digunakan pada jaringan distribusi, yaitu :

- Relai Gangguan Tanah (*Ground Fault Relay*)

Relai gangguan tanah adalah suatu relai yang akan bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai setting pengaman tertentu dan dalam jangka waktu tertentu bekerja apabila terjadi gangguan hubung singkat fasa ke tanah. Relai arus gangguan tanah (*Ground Fault Relay*) merupakan pengaman utama terhadap gangguan hubung singkat fasa ke tanah untuk sistem yang ditanahkan langsung atau melalui tahanan rendah.



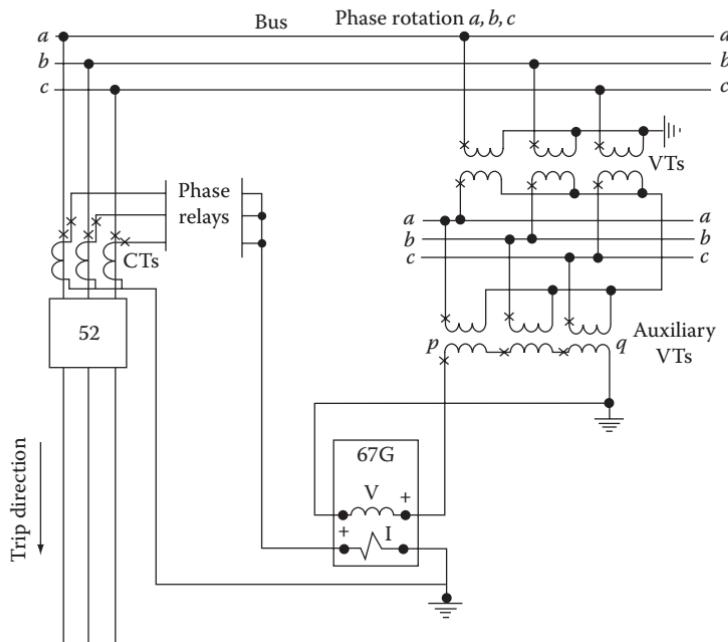
Gambar 4.24 *Ground Fault Relay*

- Relai Gangguan Tanah Berarah (*Directional Ground Fault Relay*)

Relai gangguan tanah berarah dipasang pada penyulang 20 kV sebagai pengaman utama untuk mengamankan gangguan 1 phasa ke tanah. Relai ini

bekerja berdasarkan dua besaran. Yaitu arus I_o (dari ZCT yang baru memang baru muncul kalau ada gangguan tanah) dan V_o (dari PT) *Open Delta* yang menghasilkan suatu sudut dan arah tertentu. Bila salah satu komponen tidak terpenuhi maka relai tidak akan bekerja. Jika relai arus gangguan tanah ditanahkan langsung atau melalui tahanan rendah maka Relai ganguan tanah berarah ditanahkan melalui tahanan tinggi. Relai ini berfungsi untuk mengamankan peralatan listrik akibat adanya gangguan phasa-phasa maupun phasa ke tanah. Relai ini mempunyai 2 buah parameter ukur yaitu tegangan dan arus yang masuk ke dalam relai untuk

Protective Relaying: Principles and Applications

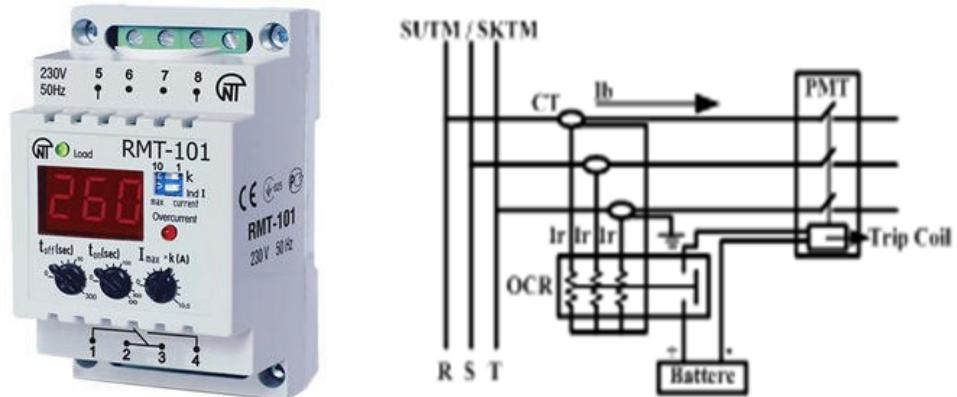


membedakan arah arus ke depan atau arah arus ke belakang.

- Relai Arus Lebih (*Over Current Relay*)

Relai arus lebih adalah relai yang bekerja terhadap arus lebih, ia akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai yang telah ditentukan atau settingnya. Pada dasarnya relai arus lebih adalah suatu alat yang mendeteksi besaran arus yang melalui suatu jaringan dengan bantuan trafo

arus. besaran arus yang boleh melewatinya disebut dengan setting.



Gambar 4. 26 Over Current Relay

- Pemutus Balik Otomatis (PBO)

PBO Penutup balik otomatis (*automatic circuit recloser*) digunakan sebagai pelengkap untuk pengamanan terhadap gangguan temporer dan membatasi luas daerah yang padam akibat gangguan. PBO akan memisahkan daerah gangguan sesaat sampai gangguan tersebut akan dianggap hilang, dengan demikian *recloser* akan masuk kembali sesuai settingannya sehingga jaringan akan aktif kembali secara otomatis. Penutup balik otomatis

(PBO, *automatic circuit recloser*) digunakan sebagai pelengkap untuk pengamanan terhadap gangguan temporer dan membatasi luas daerah yang padam akibat gangguan. PBO menurut media peredam busur apinya dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu: Media minyak, *vacuum*, SF6.

Urutan operasi PBO:

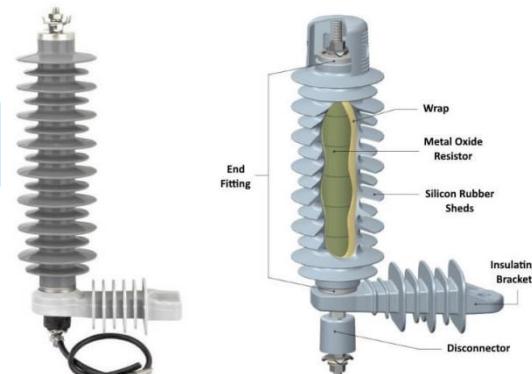


Gambar 4. 27 Pemutus Balik Otomatis

- (1) Pada saat terjadi gangguan, arus yang mengalir melalui PBO sangat besar sehingga menyebabkan kontak PBO terbuka (*trip*) dalam operasi cepat (*fast trip*).
- (2) Kontak PBO akan menutup kembali setelah melewati waktu reclose sesuai setting. Tujuan memberi selang waktu ini adalah untuk memberikan waktu pada penyebab gangguan agar hilang, terutama gangguan yang bersifat temporer.
- (3) Jika gangguan bersifat permanen, PBO akan membuka dan menutup balik sesuai dengan settingnya dan akan *lock-out* (terkunci).
- (4) Setelah gangguan dihilangkan oleh petugas, baru PBO dapat dimasukkan ke sistem.

- *Arrester*

Arrester atau *Lightning Arrester* adalah suatu alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap surja atau petir dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah. Sesuai dengan fungsinya itu maka arrester harus dapat menahan tegangan sistem pada frekuensi 50 Hz



Gambar 4. 28 Arrester

untuk waktu yang terbatas dan harus dapat melewatkannya arus ke tanah tanpa mengalami kerusakan pada *arrester* itu sendiri. Pada prinsipnya *arrester* membentuk jalan yang mudah dilalui oleh petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang tinggi pada peralatan. Pada kondisi normal arrester berlaku sebagai isolasi tetapi bila timbul surja *arrester* berlaku sebagai konduktor yang berfungsi melewatkannya aliran arus yang tinggi ke tanah. Setelah arus hilang, *arrester* harus dengan cepat kembali menjadi isolator.

- Saklar Seksi Otomatis (SSO)

SSO (Saklar Seksi Otomatis) atau *Auto Sectionalizer* adalah saklar yang dilengkapi dengan kontrol elektronik/ mekanik yang digunakan sebagai pengaman seksi Jaringan Tegangan Menengah. SSO sebagai alat pemutus rangkaian/beban untuk mengurangi luas daerah yang padam karena gangguan. Apabila SSO tidak dikoordinasikan dengan PBO, SSO hanya akan berfungsi sebagai saklar biasa. Ada dua jenis SSO yaitu : dengan pengindera arus yang disebut *Automatic Sectionalizer* dan pengindera tegangan yang disebut *Automatic Vacum Switch* (AVS).



Gambar 4. 29 Saklar Seksi Otomatis

Pemilihan Pengaman Arus Lebih

Pemilihan pengaman arus lebih untuk pengamanan sistem 20 kV disesuaikan dengan pola pengaman sistem SPLN 52-3:1983 berdasarkan sistem pentanahan netral

- Sistem distribusi 20 kV tiga fasa, tiga kawat dengan pentanahan netral melalui tahanan tinggi.
 - Sistem distribusi 20 kV tiga fasa, empat kawat dengan pentanahan langsung.
 - Sistem distribusi 20 kV tiga fasa, tiga kawat dengan pentanahan netral melalui tahanan rendah.
- Panel Hubung Bagi (PHB)
 - Panel Utama/MDP : *Main Distribution Panel*
 - Panel Cabang/SDP : *Sub-Distribution Panel*
 - Panel Beban/SSDP : *Subsub-Distribution Panel*

Untuk PHB sistem tegangan rendah, hantaran utamanya merupakan kabel feeder dan biasanya menggunakan NYFGBY. Di dalam panel biasanya busbar/rel dibagi menjadi dua segmen yang saling berhubungan dengan sakelar pemisah, yang satu mendapat saluran masuk dari APP (pengusaha ketenagalistrikan) dan satunya lagi dari sumber listrik sendiri (genset). Dari kedua busbar didistribusikan ke beban secara langsung atau melalui SDP dan atau SSDP. Tujuan busbar dibagi menjadi dua segmen ini adalah jika sumber listrik dari PLN mati akibat gangguan ataupun karena pemeliharaan, maka suplai ke beban tidak akan terganggu dengan adanya sumber listrik sendiri (genset) sebagai cadangan. Peralatan pengaman arus listrik untuk penghubung dan pemutus terdiri dari: CB (*Circuit Breaker*), MCB (*Miniatur Circuit Breaker*), MCCB (*Mold Case Circuit Breaker*), NFB (*No Fuse Circuit Breaker*), ACB (*Air Circuit Breaker*), OCB (*Oil Circuit Breaker*), VCB (*Vacuum Circuit Breaker*), SF6CB (*Sulfur Circuit Breaker*), Sekering dan pemisah, *Switch* dan DS (*Disconnecting Switch*).



Gambar 4. 30 Panel Hubung Bagi

Peralatan tambahan dalam PHB antara lain:

- *Relay proteksi*
- Trafo tegangan, Trafo arus.

Alat-alat listrik: Amperemeter, *Voltmeter*, Frekuensi meter, Cos meter, Lampu Indikator, dll.

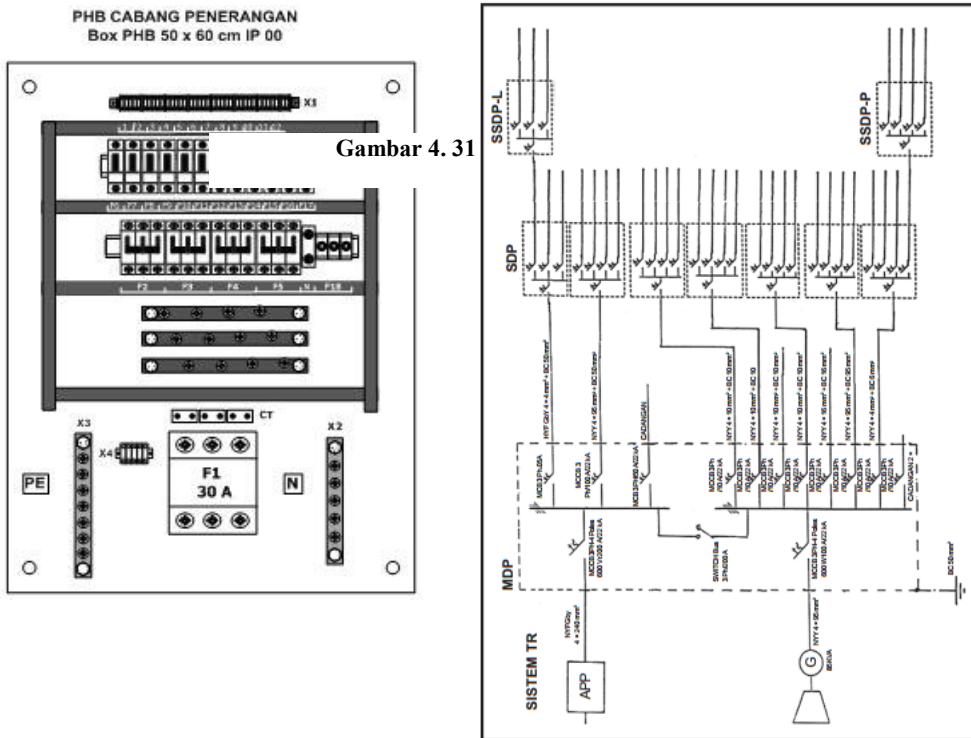
Langkah-langkah Kerja Pengoperasian PHB-TR:

- (1) Petugas Pelaksana Menerima PK dari Asman Distrbusi untuk melakukan pengoperasian Peralatan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB – TR) baru.
- (2) Siapkan Alat Kerja, Alat Ukur, Alat K-3. Material Kerja dan Alat Bantu sesuai dengan kebutuhan.
- (3) Setelah Petugas sampai di Lokasi gunakan Alat K-3 dan selanjutnya lapor ke Posko, petugas akan mengoperasikan PHB - TR baru.
- (4) Periksa konstruksi PHB – TR baru meliputi :

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

- Buka tutup Saklar Utama
- Lampu kerja dan Lampu Test
- *Isolator Fuse Holder* - Konduktor pentahanan (arde)
- Kekencangan Baut - Rating NH *Fuse* sesuai dengan kapasitas Trafo Terpasang

- (5) Berikan pelembab pada Pisau Saklar Utama dan *Fuse Holder*.
- (6) Lakukan pengukuran tahanan isolasi antar arel dan antara Rel dengan Body serta tahanan pembumian dan dicatat dalam Formulir Berita Acara (BA).
- (7) Bersihkan Rel. Dudukan *Fuse Holder*, Pisau Saklar Utama (*Hefboom* Saklar). Sepatu Kabel dari kotoran/korosi. Dan bersihkan ruangan dalam panel hubung bagi.
- (8) Periksa kekencangan peningkatan mur/baut pada Saklar Utama Sepatu Kabel, Rel, *Fuse Holder*, kondisi isolator binnen dan Sistem pembumian.
- (9) Lakukan pemeriksaan hasil pekerjaan secara visual dan amankan seluruh peralatan kerja.
- (10) Lapor ke posko bahwa kondisi PHB – TR dan Petugas dalam keadaan aman dan selanjutnya meminta tegangan dimasukkan (pemasukan CO gardu dilaksanakan oleh petugas operasi SUTM).
- (11) Setelah menerima ijin pemasukan tegangan dari posko masukan CUT OUT (CO). 12. Lakukan penukaran tegangan pada sisi masuk saklar utama dan amati putaran fasa dan selanjutnya catat dalam formulir BA. 13. Masukkan saklar utama (*Hefbom* Saklar). 14. Masukkan NH *Fuse* masing-masing jurusan. 15. Lapor ke posko, bahwa pekerjaan pengoperasian PHB – TR baru telah selesai dan petugas akan meninggalkan lokasi pekerjaan. 16. Lepaskan Alat K-3 yang sudah tidak dipergunakan lagi. 17. Buat laporan dan berita acara pelaksanaan pekerjaan pengoperasian PHB – TR baru. 18. Buat laporan pekerjaan pengoperasian PHB – TR baru dan berita acara diserahkan kepada Asman Distribusi.



Gambar 4.32 Sistem Tegangan Rendah (TR)

4.7.Dasar-Dasar Perancangan

4.7.1. Kriteria Teknik Saluran Listrik

Semua material, peralatan, perakitan dan struktur harus disesuaikan dengan kriteria teknik yang terurai di bawah ini:

- **Kriteria**

- a. **Tekanan angin**

Dengan mengacu kecepatan angin maksimum 80 km/jam atau 25 m/detik, temperatur minimum $26,8^{\circ}\text{C}$, maka diasumsikan tekanan adalah:

Konduktor tunggal : 40 kg/m^2

Tiang : 40 kg/m^2

- b. **Tegangan sistem**

SUTM: Nominal 20kV, maksimum 24 kV, 3 kawat

SUTR: Nominal 380V / 220 V, 4 kawat

- c. **Tingkat isolasi tegangan menengah**

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

Impulse withstand voltage : 125 kV

Power frequency test voltage : 50 kV

- d. Regulasi tegangan

Pada sisi konsumen + 5% - 10%

- e. Jatuh tegangan

Pada SUTM 5%, Trafo 3%, SUTR 4% dan pada SR yang disadap dari SUTR 2%, bila disadap langsung dari trafo 12%.

- f. Pentanahan titik

Netral pada sistem 20 kV Dengan tahanan 500 Ohm.

- g. Jarak bebas

| Batasan jarak bebas jaringan adalah: | SUTM | SUTR |
|--------------------------------------|-------|-------|
| Dari permukaan tanah | 6.0 m | 4,0 m |
| Menyilang jaringan 20 kV | 2.0 m | 2,0 m |
| Menyilang jaringan 220 V | 1.0 m | 1,0 m |
| Dengan bangunan | 3.0 m | 2,0 m |
| Dengan pohon | 2.0 m | 0,3 m |

- h. Pentanahan pada SUTM

Sebagai kelengkapan dari pemasangan *Arrester*, Trafo, LBS, *Recloser*, AVS dan pada ujung jaringan.

- i. Pentanahan pada SUTR

Dipasang pada setiap 5 gawang atau lebih, dan pada ujung jaringan. Besarnya tahanan pentanahan maksimum 5 Ohm.

▪ Standar

Pada perencanaan konstruksi standar yang dipakai sejauh tidak bertentangan adalah:

- Standar untuk material dan peralatan : SPLN (standar PLN), IEC (*International Electronical Commision*). JIS (*Japanese Industrial Standard*), ANSI (*American National Standard Institute*) dan standar lain yang setara.

- Pemberian warna penandaan kawat dan kabel : merah-kuninghitam untuk fasa, dan biru untuk netral.
- Fasa rotasi SUTM dari sisi jalan : R-S-T.

4.7.2. Perencanaan Konstruksi

(1) Tingkat isolasi

- Tingkat isolasi yang dipakai adalah:

Impulse withstand test voltage : 125 kV Crest

Power Frequency test voltage : 50 kV rms

Isolator crepage distance : 500 mm

Tegangan test tersebut sesuai dengan SPLN, selain itu untuk daerah kepulauan dan pantai yang diperhitungkan akan terjadi kontaminasi garam, maka dipakai isolator dengan crepage distance 500 mm.

(2) Pelindung Surja petir

- Pelepasan arus petir secara umum dibedakan dalam pelepasan di dalam antara awan” serta pelepasan dari awan ke tanah yang disebut sambaran ke tanah”. Kerusakan instalasi listrik disebabkan oleh sambaran ketanah dimaksud.
- Berdasarkan map isokeraunic level, dengan asumsi 120 IKL, maka *arrester* pelindung surja petir yang dapat diklasifikasikan:
 - Pada *Out Going cable* 20 kV : rating 10 kA
 - Pada bagian lain : rating 5 kA

Yang dimaksud bagian lain adalah, pada Trafo, pada tiang yang terpasang kabel tanah, pada pemasangan Saklar dan tiang akhir

(3) Konfigurasi Saluran

Sebagaimana dipaparkan pada bab ini, konfigurasi jaringan yang paling sesuai adalah :

- Jaringan distribusi primer:
 - Saluran udara 3 kawat / 3 fasa.
 - Tipe Radial.

- Saklar untuk mengisolasi gangguan: LBS, *Recloser*, untuk *Sectionalizer*
- Jaringan distribusi sekunder:
 - Saluran udara 4 kawat / 3 fasa.
 - Saluran udara 2 kawat / 1 fasa.
 - Tipe Radial.
 - Pengaman dengan *Fuse* atau Saklar Pemutus.

(4) Konduktor dan Kabel

- Kapasitas Arus

Jenis konduktor untuk SUTM dipakai AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*), suatu campuran aluminium dengan silicium (0,40,7%), magnesium (0,3-0,35%) dan ferum (0,2-0,3%), mempunyai kekuatan yang lebih besar daripada aluminium murni, tetapi kapasitas arusnya lebih rendah. Untuk SUTR dipakai kabel pilin udara (*twisted cable*) suatu kabel dengan inti AAC berisolasi XLPE (*Cross Linked polyethylene*), dilengkapi kawat netral AAAC sebagai penggantung, dan dipilin. Kapasitas arus adalah kemampuan daya hantar arus pada ambient temperatur 35⁰C, kecepatan angin 0,5 m/dt, serta daya tahan termal XLPE pada suhu 450⁰C.

| Temperatur (⁰ C) | Daya hantar arus (Ampere) | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| | AAAC | | XLPE cable | | |
| | 35 mm ² | 70 mm ² | 150 mm ² | 35 mm ² | 70mm ² |
| 90 | 156 | 244 | 402 | 129 | 210 |
| 75 | 129 | 199 | 323 | 106 | 171 |
| 60 | 92 | 138 | 214 | 74 | 116 |

Gambar 4. 33 Daya Hantar Arus AAAC & XLPE cable TR

- Pemilihan Ukuran

Konduktor AAC ukuran yang tersedia yaitu; 16, 25, 35, 50, 70, 110, 150 dan 240 mm², sedangkan untuk *Twisted Cable* tersedia usuran; 3x25, 1x25; 3x35 + 1x25; 3x50 +1x35; dan 3x70 + 1x50; 2x25 + 1x25; 2x35 + 1x25; 2x50 + 1x35; mm²

- Pemasangan Saluran Udara

Konduktor harus ditarik tidak terlalu kencang dan juga tidak boleh terlalu kendor, agar konduktor tidak menderita kerusakan mekanis maupun kelelahan akibat tarikan dan ayunan, dilain pihak dicapai penghematan pemakaian konduktor. Sebagaimana diketahui bahwa harga konduktor berkisar 40% dari harga perkilometer jaringan.

Batasan-batasannya sebagai berikut:

- Tarikan AAC yang diijinkan maksimum 30% dari tegangan putus (*Ultimate tensile strength*).
- Tarikan *Twisted cable* (TC) yang diijinkan maksimum 35% dari tegangan putus dari kawat penggantung.
- Andongan yang terjadi pada SUTM dengan jarak gawang 60-80 meter, dan pada SUTR dengan jarak gawang 35-50 meter, tidak boleh lebih dari 1 meter.

(5) Andongan

Menghitung andongan juga dapat dipakai rumus :

$$a = W_c \cdot S^2 / (P_t)$$

dimana:

a : andongan (m)

W_c : berat konduktor

S : Jarak gawang (m)

P_t : Kuat tarik konduktor (kg)

(6) Jarak Gawang

Penentuan jarak gawang dipengaruhi oleh:

- (a) Kondisi geografis dan lingkungan
- (b) Jarak aman konduktor dengan tanah
- (c) Perhitungan tarikan dan andongan
- (d) Efisiensi biaya Mengingat hal itu maka penentuan jarak gawang adalah:
 - Daerah permukiman : jarak gawang SUTM murni, sebesar 50-60 meter,
 - jarak gawang SUTR murni sebesar 40-50 meter.
- Di luar permukiman : jarak gawang SUTM murni sebesar 60-80 meter.

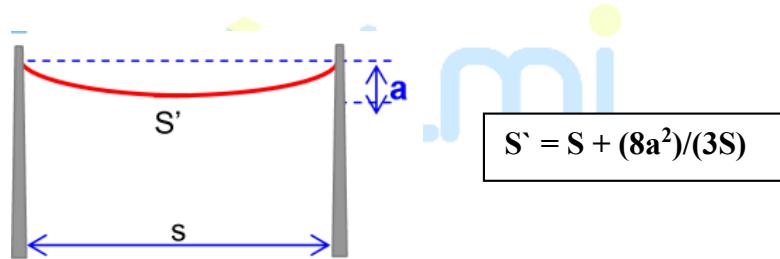
(7) Perhitungan Panjang Konduktor

Dengan mendasarkan penentuan dan perhitungan tersebut diatas, maka jarak gawang adalah:

AAAC : panjang konduktor = jarak gawang + 1%

TC : panjang konduktor = jarak gawang + 2%

Perhitungan ini diperoleh dengan cara dan rumus sebagai berikut:



(8) Transformator

Pemilihan tipe dan kapasitas.

(a) Tipe transformator dapat dipakai:

- 1) Konvensional tiga fasa.
- 2) CSP (*completely self protection*), tiga fasa.
- 3) Tegangan primer 20 kV antar fasa dan 11,54 kV fasa netral, tegangan sekunder 380 V antara fasa dan 220 V fasa-netral.
- 4) Model cantol, yaitu dicantolkan/digantungkan pada tiang SUTM.

(b) Kapasitas trafo tiga fasa.

Secara umum mulai dari : 25, 50, 100, 160, 200, 250 kVA.

(9) Papan bagi dan perlengkapan

(a) Papan Bagi

- 1) Pada trafo CSP fasa tiga tidak diperlukan papan bagi, SUTR langsung dihubungkan dengan terminal TR dari Trafo. Hal ini dimungkinkan karena pada CSP trafo sudah dilengkapi dengan saklar pengaman arus lebih.
- 2) Tidak demikian halnya pada konvensional trafo, diperlukan pengaman arus lebih tegangan rendah berupa fuse/pengaman lebur, atau pemutus tegangan rendah (*LVCB/low voltage circuit breaker*) sehingga diperlukan almari *fuse*, sekaligus sebagai papan bagi untuk keluaran lebih dari satu penyulang.
- 3) Menyesuaikan dengan penyebaran konsumen, dapat dipilih papan bagi 2 group dan 4 group.

(b) Pengaman untuk trafo konvensional

- 1) Pemisah lebur 20 kV / *Fuse Cut Out*, dengan rating arus kontinyu 100A, dan kawat lebur disesuaikan dengan kapasitas trafo.
- 2) *Arrester* 24 kV, 5 kA.
- 3) Pentanahan, terpisah antara pentanahan arrester dan pentanahan trafo.
- 4) Pemutus daya tegangan rendah (LVCB) untuk trafo sampai dengan dengan 50 kVA.

(10) Penentuan Konstruksi

Setelah kita membahas satu persatu atas standar yang dipakai, tentang kriteria-kriteria yang dipakai sebagai pedoman, serta berbagai hal yang berkaitan dengan material dan peralatan listrik, dan beberapa kondisi yang menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan/penentuan: jenis material, jenis peralatan, bahan dan ukuran dan lainnya, maka selanjutnya sudah dapat menentukan jenis konstruksi dari SUTM, SUTR dan Gardu Distribusi, dilengkapi dengan perhitungan jumlah dari material dan peralatan yang diperlukan.

Bila lokasi yang akan dibangun sudah disurvei dan dirancang rute jaringannya maka dapat dihasilkan perencanaan konstruksi yang lengkap untuk pembangunan jaringan Listrik pada lokasi yang dimaksud.

1) Jenis Konstruksi SUTM, GTT, SUTR

(a) Jenis Konstruksi SUTM

Berdasarkan hal-hal yang dibahas terdahulu, terdapat konstruksi SUTM yang dipasang pada tiang disesuaikan dengan sudut belok, awal dan akhir suatu jaringan, maupun fungsi jaringan lainnya.

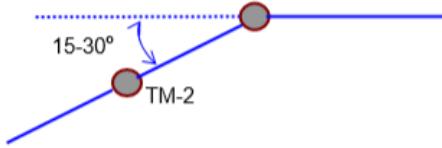
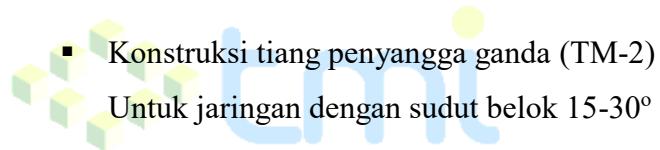
Konstruksi tiang penyangga

- Konstruksi tiang penyangga (TM-1)

Dipakai pada jaringan lurus dan jaringan dengan sudut belok maksimum 15 derajat.



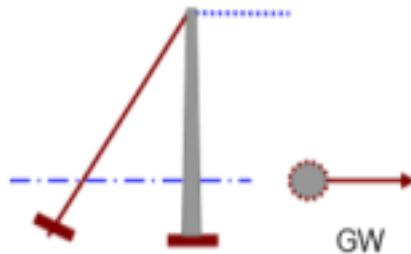
Gambar 4. 34 Konstruksi Tiang Penyangga (TM-1)



Gambar 4. 35 Konstruksi Tiang Penyangga Ganda (TM-2)

- Konstruksi *Guy Wire*

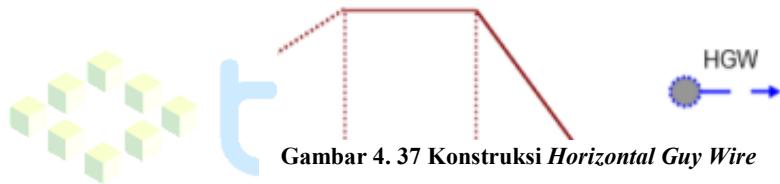
Yaitu konstruksi dari topang-tarik pada tiang, untuk menetralisir beban vertikal pada tiang.



Gambar 4. 36 Konstruksi Guy Wire

- Konstruksi *Horizontal Guy Wire*

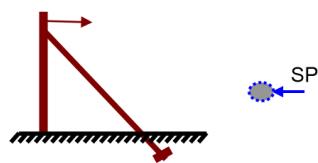
Bila topang tarik tidak dapat dipasang langsung pada tiang yang bersangkutan, maka dipasang konstruksi ini. Halangan pemasangan antara lain karena tempat untuk pemasangan *anchor* blok tidak tersedia dekat tiang.



Gambar 4. 37 Konstruksi Horizontal Guy Wire

- Konstruksi *Strut Pole*

Selanjutnya, pada lokasi yang tidak memungkinkan dipasang konstruksi guy wire maupun horisontal guy wire, maka dipilih konstruksi penyangga tiang yang disebut *strut pole*.



Gambar 4. 38 Konstruksi Strut Pole

(b) Jenis Konstruksi GTT

Gardu Trafo Tiang merupakan tipe yang lebih cocok untuk perkotaan yang padat maupun pedesaan karena tidak memerlukan lahan, dapat dipasang pada pusat beban, dan dengan daya bervariasi dapat mengurangi panjang jaringan tegangan rendah.

- Konstruksi GTT Tipe Cantol

Pada konstruksi ini dapat dipasang trafo fasa tunggal dan fasa tiga, yang dengan sendirinya ada perbedaan kebutuhan material/peralatannya.



Gambar 4.39 Konstruksi GTT Tipe Cantol

- Konstruksi GTT Tipe Dua Tiang

Untuk trafo dengan kapasitas > 50 kVA karena beratnya, tidak mampu dipikul oleh satu tiang, maka dipasang pada dua tiang. Trafo itu biasanya jenis konvensional.



Gambar 4.40 Konstruksi GTT Tipe Dua Tiang

(c) Jenis Konstruksi SUTR

- Konstruksi Tiang Penyangga

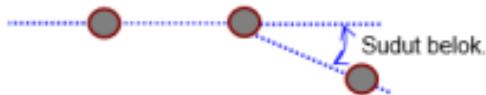
Pada jaringan tegangan rendah yang lurus atau dengan sudut belok maksimum 15 derajat, dipakai konstruksi tiang penyangga atau penggantung kabel.



Gambar 4.41 Konstruksi Tiang Penyangga

- Konstruksi Tiang Sudut

Jaringan dengan sudut belok lebih besar dari 15 derajat sampai dengan 90 derajat.



Gambar 4.42 Konstruksi Tiang Sudut

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

- Konstruksi Tiang Awal

Pada awal jaringan yaitu tempat dipasangnya trafo distribusi.

- Konstruksi *Guy Wire*

Seperti halnya pada SUTM, juga pada tiang awal, tiang akhir, dan tiang penegang, dari suatu SUTR diperlukan topang tarik untuk mengimbangi beban vertikal yang bekerja pada tiang.

- Konstruksi *Horizontal Guy Wire*

Bila penempatan *anchor block* di dekat tiang tersedia, maka dapat dipasang konstruksi ini, sama halnya dengan yang dipakai pada SUTM.

- Konstruksi *Strut Pole*

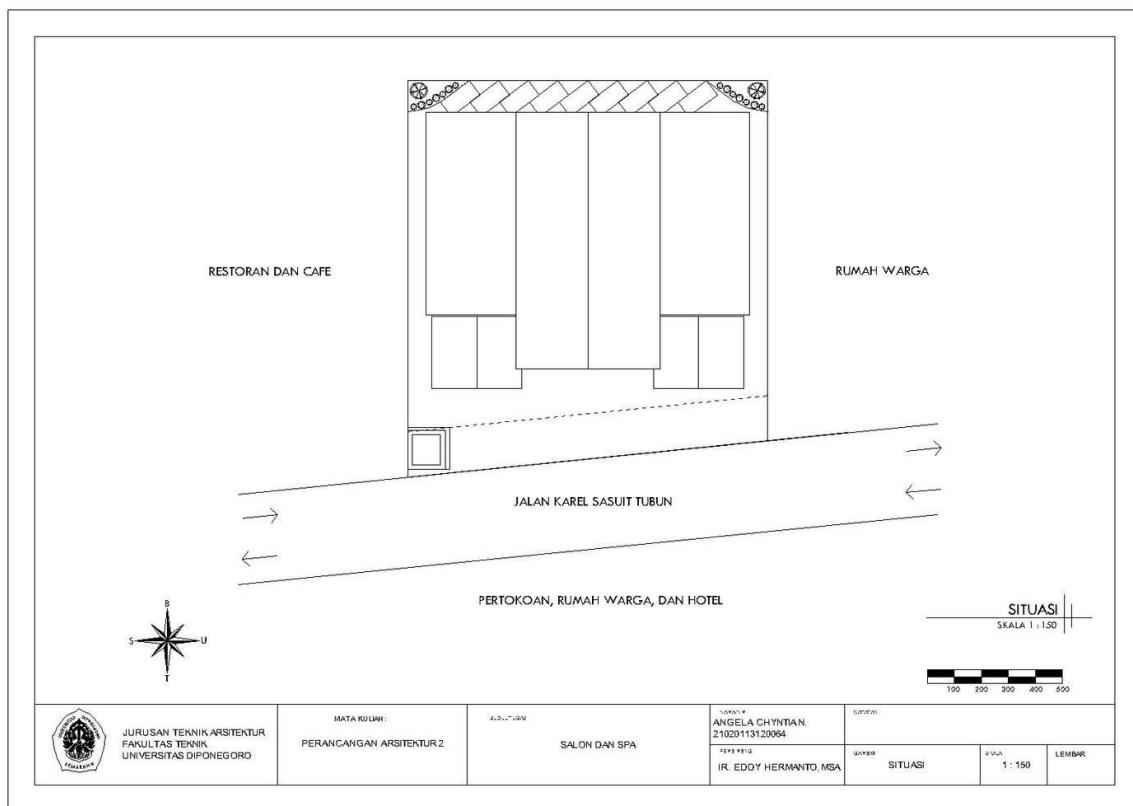
Dalam suatu kondisi tidak memungkinkan dipasang konstruksi guy wire maupun horizontal guy wire, dipasang suatu konstruksi penyanga yaitu konstruksi *Strut Pole*.



4.8.Gambar Instalasi Distribusi Listrik

4.8.1. Gambar Situasi

Yang menunjukan gambar posisi gedung/bangunan yang akan dipasang instalasi listriknya terhadap saluran/jaringan listrik terdekat. Data yang perlu ditulis pada gambar situasi ini adalah alamat lengkap, jarak terhadap sumber listrik terdekat (tiang listrik/bangunan yang sudah berlistrik) untuk daerah yang sudah ada jaringan listriknya. Bila belum ada jaringan listriknya, perlu digambarkan rencana pemasangan tiang-tiang listrik.



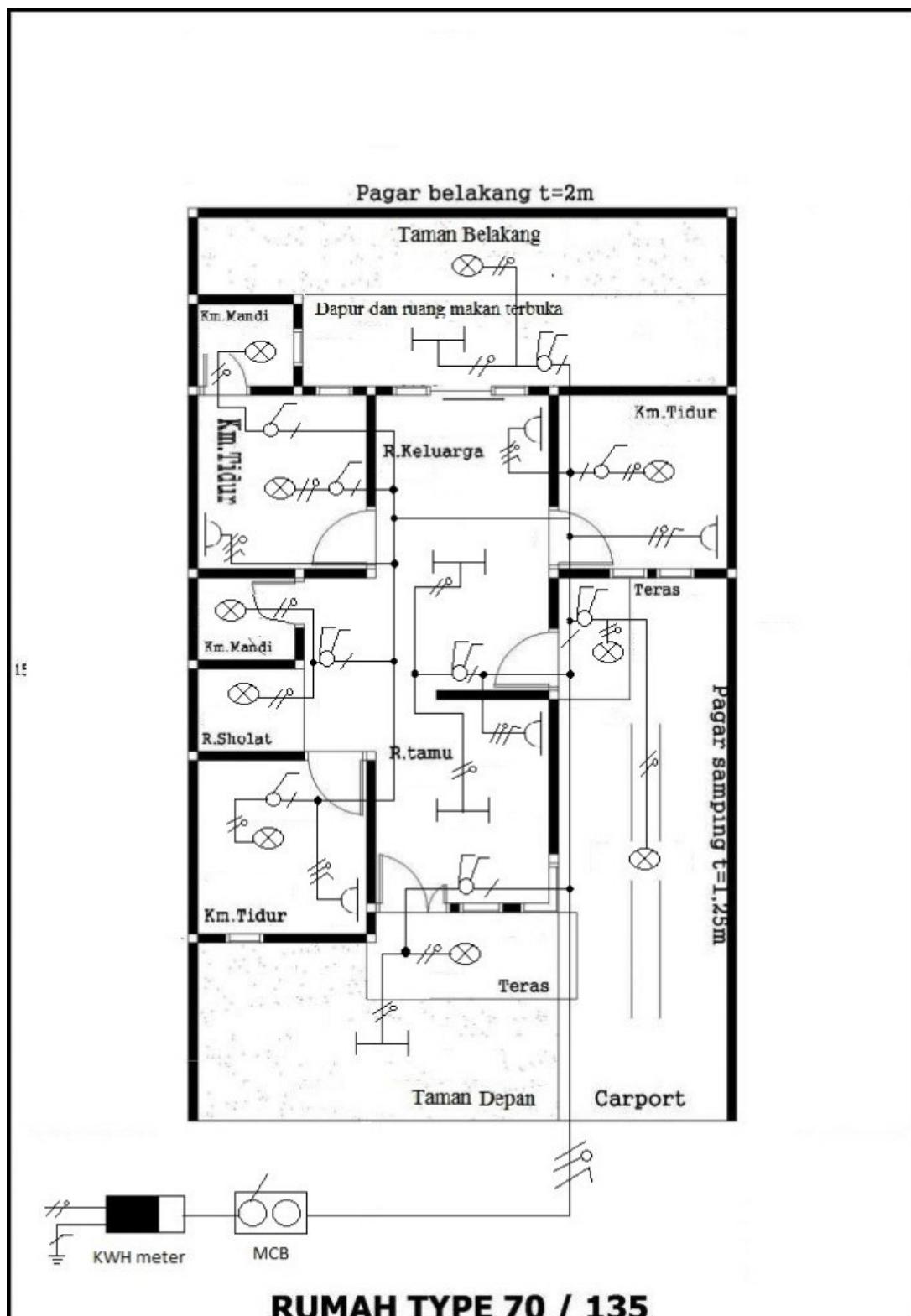
Gambar 4. 43 Gambar Situasi

4.8.2. Gambar Instalasi

Yang menunjukkan gambar denah bangunan (pandangan atas) dengan rencana tata letak perlengkapan listrik dan rencana hubungan perlengkapan listriknya. Saluran masuk langsung ke APP yang biasanya terletak didepan/bagian yang mudah dilihat dari luar. Dari APP ke PHB utama melalui kabel toefoer, yang biasanya berjarak rendah, dan posisinya ada di dalam bangunan. Pada PHB ini energi listrik didistribusikan ke beban menjadi beberapa grup/kelompok:

- Untuk konsumen domestik/bangunan kecil, dari PHB dibagi menjadi beberapa grup dan langsung ke beban. Biasanya dengan sistem satu fasa.
- Untuk konsumen industri karena areanya luas, sehingga jarak ke beban jauh dari PHB utama dibagi menjadi beberapa grup cabang/subdistribution panel baru disalurkan ke beban.

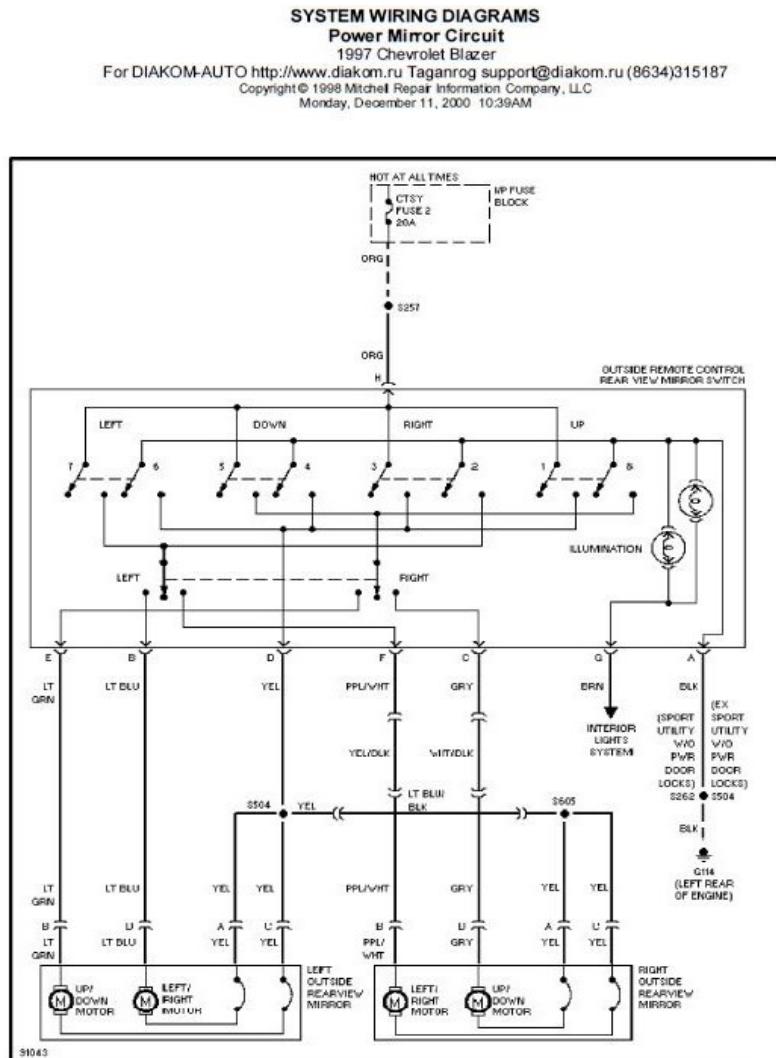




4.8.3. Diagram Garis Tunggal

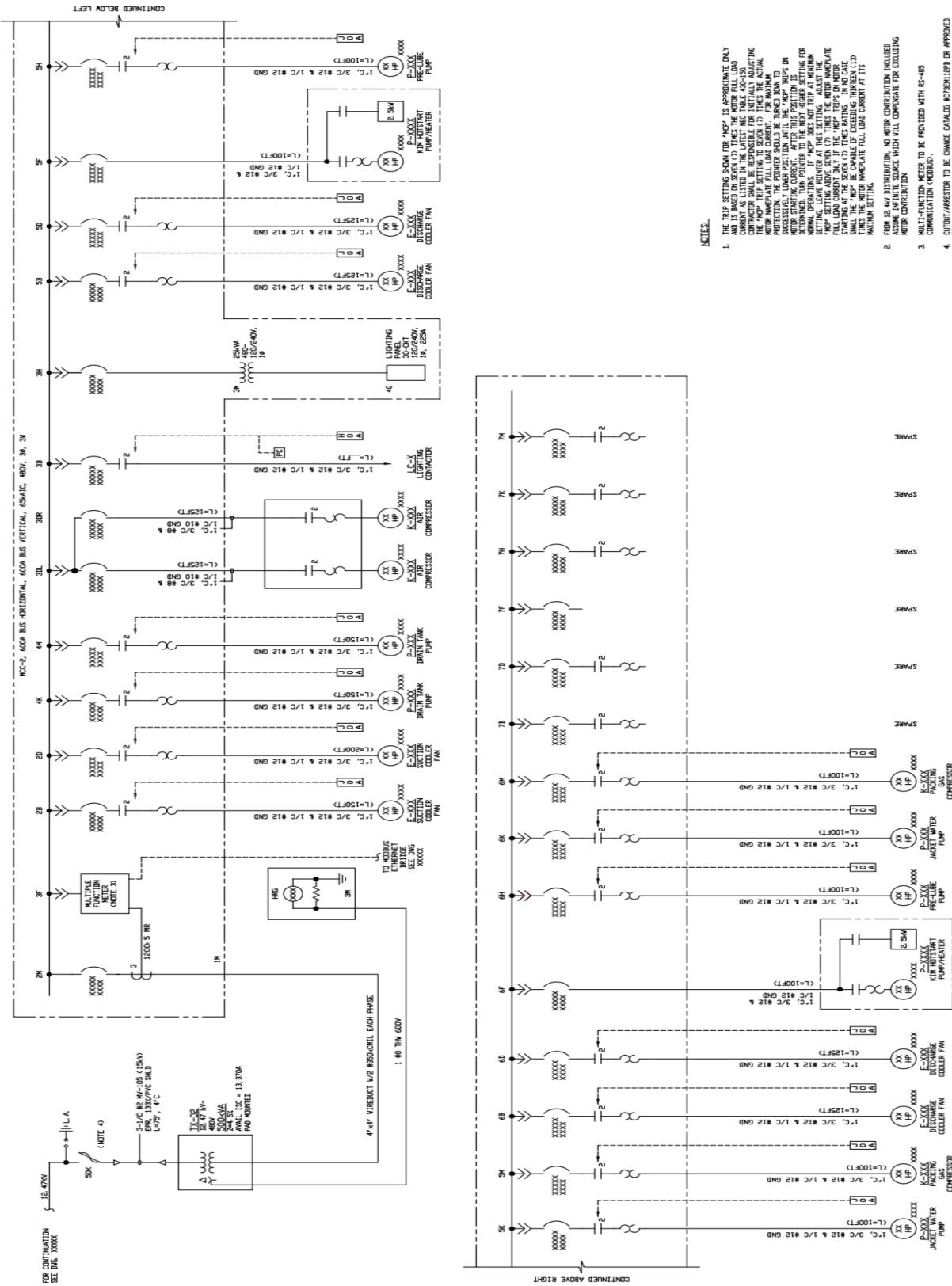
Diagram garis tunggal dari APP (alat pegukur dan pembatas) ke PHB (panel hubung bagi) utama yang didistribusikan ke beberapa grup langsung ke beban (untuk bangunan berkapasitas kecil) dan melalui panel cabang (SDP) maupun subpanel cabang (SSDP) baru ke beban. Pada diagram garis tunggal ini selain pembagian grup pada PHB utama/cabang/sub cabang juga menginformasikan jenis beban, ukuran dan jenis penghantar, ukuran dan jenis pengaman arusnya, dan sistem pembumian/pertanahannya.

Berikut ini adalah contoh diagram satu garis untuk konsumen tegangan rendah dan konsumen tegangan tinggi.



Gambar 4. 45 System Wiring Diagram

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK



Gambar 4.46 Diagram Garis Tunggal

4.8.4. Gambar Rinci

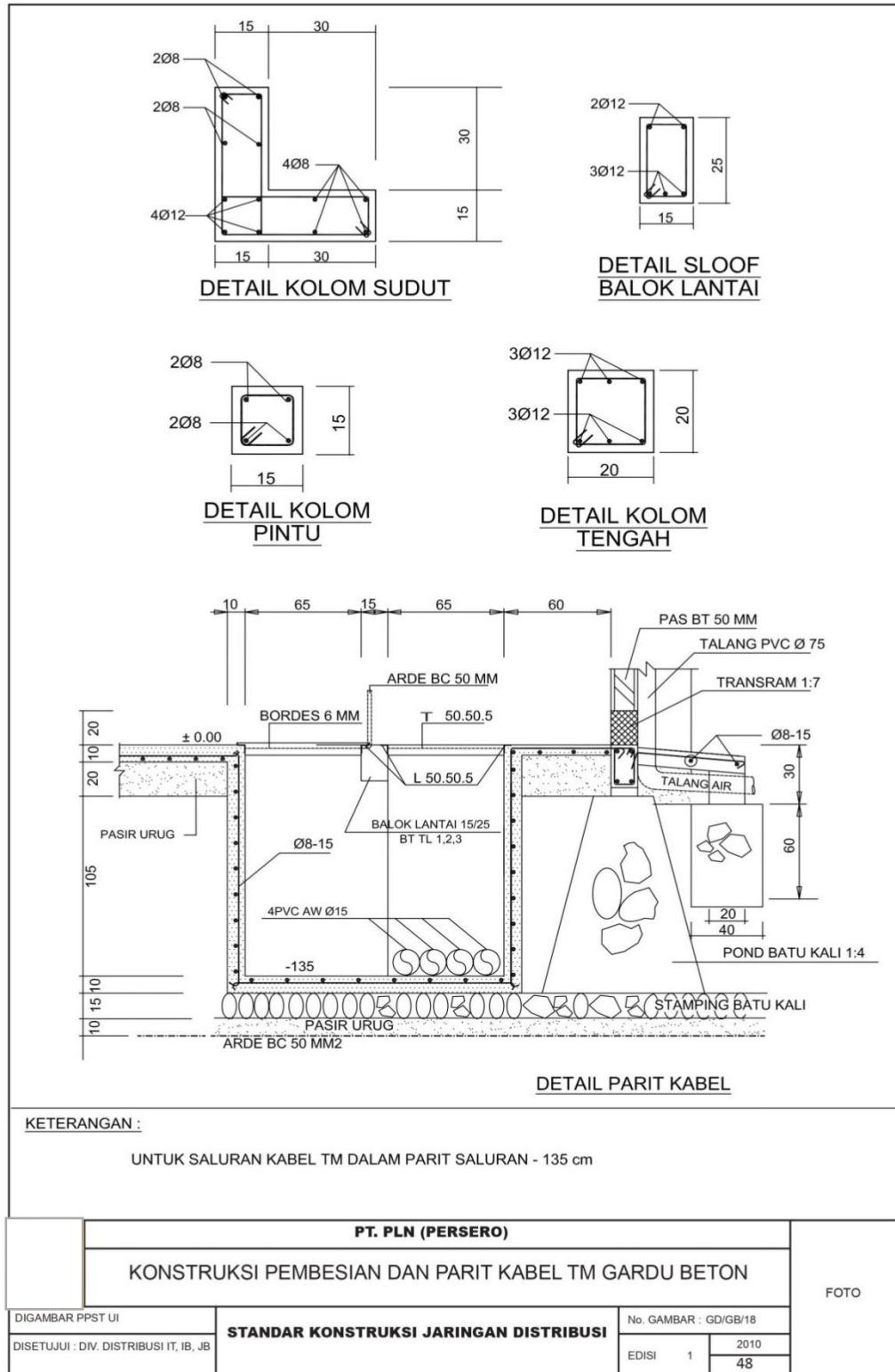
Gambar rinci dalam bangunan diperlukan untuk memberikan penjelasan yang rinci dari perancang ke pada pelaksana proyek atau dalam hal ini kontraktor. Dalam gambar rinci dapat diberikan ukuran (panjang × lebar × tinggi) suatu barang, misalkan panel hubung bagi. Bahkan cara pemasangan kabel, atau pemasangan detail instalasi penangkal petir dapat ditambahkan.

Gambar rinci sekurang-kurangnya meliputi:

- Ukuran fisik PHB
- Cara pemasangan perlengkapan listrik
- Cara pemasangan kabel/penghantar
- Cara kerja rangkaian kendali
- Dan lain-lain informasi/data yang diperlukan sebagai pelengkap.



MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK



Gambar 4. 4 / Konstruksi pembesian dan parit kabel TM. Gardu Beton

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

4.9. Job Safety Analysis

Job Safety Analysis digunakan untuk meminimalisir kecelakaan yang akan terjadi saat pekerjaan instalasi dilakukan. Contoh JSA yang dapat digunakan seperti di bawah ini

ANALISA KESELAMATAN PEKERJAAN (JOB SAFETY ANALISIS)

| | | | |
|---|-----------------|----------------|--|
| Nama Pekerjaan | Insulation Test | Tanggal | |
| Dept/Section | | Dianalisa Oleh | |
| Lokasi | TSP1 & TSP 2 | Disetujui Oleh | |
| Alat Pelindung Diri Yang Harus Digunakan : | | | |
| Helm Safety Sarung Tangan Listrik Sepatu Safety | | | |

| URAIAN LANGKAH PEKERJAAN | | BAHAYA YANG BISA TIMBUL | | TINDAKAN PENCEGAHAN/PENGENDALIAN | |
|--------------------------|---|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| A | Insulation Test | | | | |
| 1. | Matikan sumber tegangan di MCCB | 1.1 | Tersengat listrik | 1.1.1 | Gunakan sarung tangan listrik |
| | | | | 1.1.2 | Gunakan sepatu safety |
| 2. | Matikan MCB yang terhubung ke beban (mesin) | 2.1 | Tersengat listrik | 2.1.1 | Gunakan sarung tangan listrik |
| | | | | 2.1.2 | Gunakan sepatu safety |
| 3. | Lepas beban pada panel distribusi (Pilot Lamp, Volt meter, Kontaktor etc) | 3.1 | Tangan tergores ujung kabel | 3.1.1 | Gunakan sarung tangan listrik |

| | | | | | |
|----|--|-----|--|-------|-------------------------------|
| | | 3.2 | Tangan tergores obeng | 3.2.1 | Gunakan sarung tangan listrik |
| | | 3.3 | Kepala terbentur benda disekitar panel | 3.3.1 | Gunakan helm safety |
| 4. | Mengukur & mencatat tahanan isolasi pada panel | 4.1 | Tersengat insulation tester | 4.1.1 | Gunakan sarung tangan listrik |
| | | 4.2 | Tertusuk probe | 4.1.2 | Gunakan sarung tangan listrik |
| 5. | Memasang kembali beban yang terlepas | 5.1 | Tangan tergores ujung kabel | 5.1.1 | Gunakan sarung tangan listrik |
| | | 5.2 | Tangan tergores obeng | 5.2.1 | Gunakan sarung tangan listrik |
| | | 5.3 | Kepala terbentur benda disekitar panel | 5.3.1 | Gunakan helm safety |
| 6. | Menyalakan kembali MCB | 6.1 | Tersengat listrik | 6.1.1 | Gunakan sarung tangan listrik |
| | | | | 6.1.2 | Gunakan sepatu safety |
| B | Mengukur Arus Bocor | | | | |
| 1. | Memasang flex ampermeter pada kabel netral | 1.1 | Tersengat listrik | 1.1.1 | Gunakan sarung tangan listrik |
| | | | | 1.1.2 | Gunakan sepatu safety |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | | |
|----------|---|-----|-------------------------|-------|--|
| C | Mengukur voltase Netral - Ground | | | | |
| 1. | Memasang probe voltmeter pada netral - ground | 1.1 | Tertusuk probe | 1.1.1 | Gunakan sarung tangan listrik |
| | | 1.2 | Tersengat | 1.2.1 | Gunakan sarung tangan listrik Gunakan sepatu safety |
| D | Mengukur Temperature Panel | | | | |
| 1. | Mengukur suhu panel | 1.1 | Terbentur benda sekitar | 1.1.1 | Gunakan helm safety |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

4.10. Persiapan Inspeksi Instalasi Distribusi Tenaga Listrik

4.10.1. Persiapan Administrasi

Berdasarkan Standard Operational Procedure (SOP) pelaksanaan inspeksi Instalasi Distribusi Tenaga Listrik, beberapa persiapan administrasi yang perlu dilaksanakan oleh inspektur ketenagalistrikan adalah sebagai berikut:

- Surat Tugas Inspeksi Instalasi Distribusi Tenaga Listrik.
- Surat Pengantar Inspeksi Instalasi Distribusi Tenaga Listrik.
- Peralatan Pemeriksaan Inspeksi Instalasi Distribusi Tenaga Listrik.

4.10.2. Alat yang digunakan pada Distribusi listrik

➤ Sarung Tangan Dan Sarung Lengan

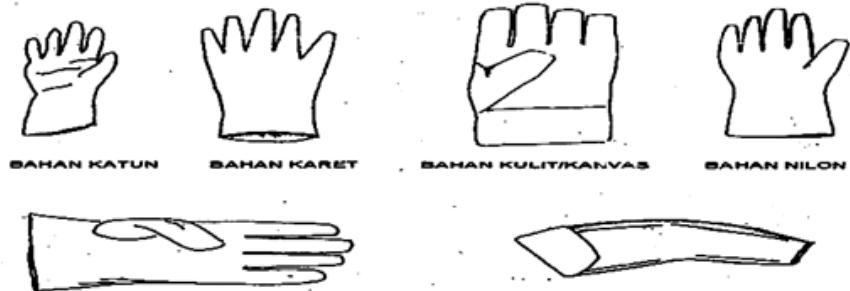
Kegunaan : melindungi tangan dan lengan terhadap bahaya listrik, mekanik, kimia, panas dan lain-lain.

Spesifikasi : Daya sekat 1.000 V; 1 – 6 KV; > 6 KV.

Bahan : Katun, nylon, kulit, lapisan asbes dan bahan sintetis lainnya.

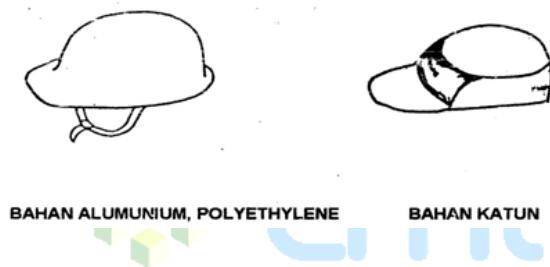
Ukuran : Pendek : 100 – 200 mm; 225 – 250 mm ; 275 – 300 mm

Panjang : 360 – 375 mm; 400 – 425 mm; > 450 mm



➤ **Topi Pelindung / Helm**

Kegunaannya untuk melindungi kepala terhadap bahaya listrik, mekanik, kimia panas. Bahan dari polyethylene, plastik, katun, aluminium dan bahan sintetis lainnya.



➤ **Sepatu Safety**



Kegunaannya untuk melindungi kaki terhadap bahaya listrik, mekanik, kimia, panas

Spesifikasi : daya sekat 1-6 KV ; 6 – 20 KV

Bahan : Karet, kulit, kanvas dan bahan sintetis lainnya

Ukuran : dari SII SP 114 – 1980 ; Standar nomor sepatu

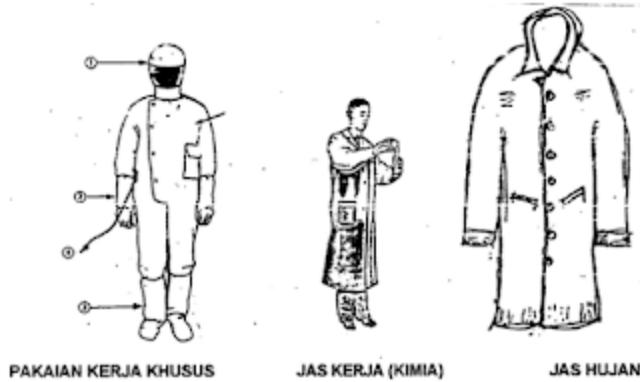
➤ **Pakaian Kerja**

Kegunaan : melindungi badan terhadap bahaya listrik, panas dan lain-lain

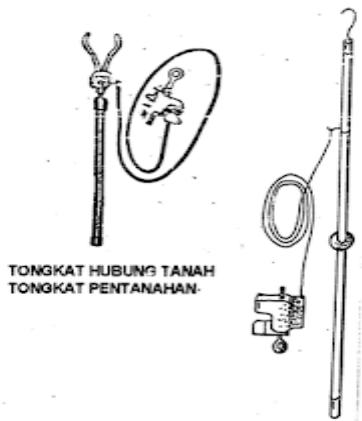
Spesifikasi : Besar (LL), Besar (L), Sedang (M), Kecil (S) .

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

Bahan : katun, karet, Polyethylene, Campuran lapisan asbes, timah hitam dan bahan sintetis lainnya.



➤ Tongkat Hubung Tanah / Tongkat Pentanahan



Kegunaannya untuk hilangkan tegangan sisa pada instalasi tegangan tinggi yang sudah dipadamkan.

Bahan nya, embaga, alumunium dengan tangkai bahan isolasi

Ukuran : panjang 150 cm, 200cm, 250 cm, diameter (\varnothing) : 3,125 cm

panjang kabel 500 cm – klem pentanahan 98 % CU

Catatan : perlu disimpan dalam kotak atau ruang tertutup, sehingga terhindar dari benturan dan kelembaban

➤ Alas Pengaman

Kegunaannya sebagai tempat petugas berdiri dan bekerja pada peralatan yang bertegangan, agar terhindar dari bahaya tegangan sentuh.

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

Bahan karpet plastik, kayu kering lapisan karet, bangku atau plastik tebal yang mudah dipindah-pindahkan.

| Bahan | Panjang (cm) | Lebar (cm) | Tinggi (cm) | Tebal | Ket |
|-------|-----------------|---------------|----------------|------------|-----|
| Kayu | 60 | 120 | | 6-10 | |
| Karet | 60 | 120 | | 0,6 – 1,2c | |



ALAS PENGAMAN KAYU



ALAS PENGAMAN (KARET)

➤ **Multi Tester**

Biasa disebut juga dengan AVO meter digunakan :

- Untuk mengukur tegangan keluaran trafo
- Untuk mengukur arus beban gardu
- Untuk mengukur kontinyuitas sirkuit



➤ **Meter**

Biasa disebut Meger, untuk mengukur tahanan isolasi instalasi tegangan menengah maupun tegangan rendah.

Untuk instalasi tegangan menengah digunakan Meger dengan batas ukur Mega sampai Giga Ohm dan tegangan alat ukur antara 5.000 sampai dengan 10.000 Volt arus searah.

Untuk instalasi tegangan rendah digunakan Meger dengan batas ukur sampai Mega Ohm dan tegangan alat ukur antara 500 sampai 1.000 Volt arus searah.

Ketelitian hasil ukur dari meger juga ditentukan oleh cukup tegangan batere yang dipasang pada alat ukur tersebut



➤ **Meter Tahanan Pentanahan**

Biasa disebut dengan Meger Tanah atau Earth Tester, digunakan untuk mengukur tahanan pentanahan kerangka kubikel dan pentanahan kabel. Terminal alat ukur terdiri dari 3 (tiga) buah, 1 (satu) dihubungkan dengan elektroda yang akan diukur nilai tahanan pentanahannya dan 2 (dua) dihubungkan dengan elektroda bantu yang merupakan bagian dari alat ukurnya. Ketelitian hasil tergantung dari cukupnya energi yang ada pada batere.



➤ **Tester 20 KV**

Untuk memeriksa adanya tegangan pada kabel masuk / keluar kubikel



➤ **Kunci Momen (Torque Wrench)**

Alat ini merupakan alat untuk mengencangkan pengikatan mur – baut yang sekaligus mengukur momen yang terjadi. Ada beberapa macam bentuknya : antara lain dikencangkan sambil dibaca momennya, disetel momennya terlebih dulu baru dilakukan pengencangan. Besarnya torsion yang dibutuhkan untuk pengencangan mur – baut sebanding dengan diameter ulir baut. Untuk mengukur diameter ulir digunakan jangka sorong (sitmat)



4.10.3. Persiapan Ceklist

Selain persiapan administrasi, Inspektor Ketenagalistrikan juga harus menyiapkan dokumen ceklist pemeriksaan Instalasi Distribusi Tenaga Listrik sebagai sarana untuk melaksanakan verifikasi administrasi dan visual di lapangan. Ada 2 (dua) jenis ceklist pemeriksaan, yaitu ceklist pemeriksaan penerapan Keselamatan Ketenagalistrikan (K2) dan ceklist pemeriksaan teknis pada Instalasi Distribusi Tenaga Listrik.

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

Ada beberapa contoh umtuk checklist yang digunakan dalam distribusi kelistrikan yaitu checklist pemeliharaan trafo tenaga dan ceklist pemeriksaan teknis pada Instalasi Distribusi Tenaga Listrik.

- Ceklist pemeliharaan trafo tenaga dengan rincian sebagai berikut:

| | |
|--|------------------------------------|
| PANDUAN PEMELIHARAAN TRAFO TENAGA | No. Dokumen : P3B/O&M Trafo/001.01 |
| Berlaku Efektif : 13 Juni 2003 | |

1.4. Uraian Kegiatan Pemeliharaan Trafo Tenaga (Sesuai Suplemen SE.032).

Uraian kegiatan pemeliharaan sesuai **Suplemen SE032**, khusus untuk transformator adalah seperti tabel berikut ini :

O / X = Jenis dan siklus waktu pemeliharaan

| No. | Kegiatan | Jenis pemeliharaan | | | Periode pemeliharaan | | | | | | | Dilaksanakan | Peralatan Kerja | | |
|-----|--|--------------------|------------|-----------|----------------------|----------|---------|----------|----------|---------|-----------|--------------|-----------------|----|---------------------------|
| | | Preventive | Corrective | Defective | Harian | Mingguan | Bulanan | Triwulan | Semester | Tahunan | 5 tahunan | 10 tahunan | | | |
| 1 | Pemeriksaan kebocoran minyak (khusus STET kondisi trafo di-off-kan). | O | | | | | O | | | | | | ON / OFF | RP | Visual. |
| 2 | Pemeriksaan kelainan bunyi atau bau-bauan. | O | | | | | O | | | | | | ON | RP | Visual. |
| 3 | Pemeriksaan dalam kondisi operasi pada terminal utama, rel, terminasi kabel, jumper-wire terhadap benda asing atau binatang. | O | | | | | O | | | | | | ON | RP | Visual. |
| 4 | Pemeriksaan level minyak konservator (main & OLTC tank). | O | | | | | O | | | | | | ON | RP | Visual, Meter Level. |
| 5 | Pemeriksaan pasokan tegangan AC / DC. | O | | | | | O | | | | | | ON | PP | Multi Meter |
| 6 | Pemeriksaan sistem pemadam api a.l. : tekanan gas N2, CO2, BCF dan alarm kebakaran. | O | | | | | O | | | | | | ON | PP | Manometer, Visual |
| 7 | Pemeriksaan temperatur / suhu minyak. | O | | | | | O | | | | | | ON | RP | Thermometer |
| 8 | Pemantauan beban. | O | | | | | O | | | | | | ON | RP | MW, MVAR Meter |
| 9 | Pemeriksaan terhadap gas Nitrogen (bagi trafo tanpa conservator). | O | | | | | O | | | | | | ON | RP | Visual, manometer tekanan |
| 10 | Pemeriksaan level / tekanan minyak silicon pada sealing end (trafo GIS). | O | | | | | O | | | | | | ON | PP | Visual |
| 11 | Pemeriksaan boks kontrol / proteksi terhadap kotoran atau binatang. | O | | | | | O | | | | | | ON | PP | Visual. |

4.10.4. Pelaksanaan Inspeksi Instalasi Distribusi Tenaga Listrik

Kegiatan inspeksi Instalasi Distribusi Tenaga Listrik dilaksanakan oleh Tim Inspektor Ketenagalistrikan yang terdiri dari 2 s.d. 4 orang Inspektor Ketenagalistrikan. Kegiatan inspeksi dilaksanakan selama 2 s.d. 4 hari tergantung dari lokasi Instalasi Pembangkit Tenaga Listrik dan tingkat kerumitan inspeksi.

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

Beberapa hal yang perlu diperhatikan oleh Inspektur Ketenagalistrikan saat kegiatan inspeksi Instalasi Distribusi Tenaga Listrik berlangsung adalah sebagai berikut:

- Inspektur Ketenagalistrikan harus selalu menggunakan atribut Inspektur Ketenagalistrikan (rompi dan safety shoes).
- Inspektur Ketenagalistrikan harus menaati peraturan yang berlaku di wilayah Instalasi Distribusi Tenaga Listrik.
- Inspektur Ketenagalistrikan harus bertindak secara profesional dan transparan dalam kegiatan inspeksi.

Langkah-langkah yang harus dilaksanakan oleh Inspektur Ketenagalistrikan dalam pelaksanaan inspeksi adalah sebagai berikut:

- Melakukan wawancara dengan pemilik Instalasi Distribusi Tenaga Listrik.
- Melakukan pemeriksaan dokumen dan pemeriksaan visual berdasarkan checklist pemeriksaan penerapan Keselamatan Ketenagalistrikan (K2) dan checklist pemeriksaan teknis.
- Mendokumentasikan kegiatan pemeriksaan penerapan Keselamatan Ketenagalistrikan (K2) dan pemeriksaan teknis.
- Melakukan klarifikasi kepada pemilik Instalasi Distribusi Tenaga Listrik apabila ditemukan ketidaksesuaian berdasarkan hasil pemeriksaan.
- Membuat risalah inspeksi yang berisi hasil pemeriksaan yang disepakati oleh Tim Inspektur Ketenagalistrikan dan pemilik Instalasi Distribusi Tenaga Listrik.

4.11. Studi Kasus

1. Suatu bangunan disuplai listrik 3 phasa, 4 kawat dengan tegangannya 220 V/380 V, frekuensi 50 HZ. Beban yang ada 900 lampu TL 40 W; 220 V; $\cos \varphi = 0,8$, balast 10 W, bagaimana instalasinya?

Jawaban:

Dengan cara sederhana bisa kita naikan sebagai berikut:

- Dengan jumlah lampu 900 TL, setiap phasa dibebani: $900/3 = 300$ TL.
- Tiap lampu TL 40 W; 220 V; $\cos \varphi = 0,8$;

$$\text{balast } 10\text{W memerlukan arus} = \frac{40+10}{0,8 \times 220} = 0,28A$$

Maka untuk 300 lampu = $300 \cdot 0,28A = 84 A$

- Bila lampu menyala sekaligus: $I_R = 84 A$; $I_S = 84 A$; $I_T = 84 A$.
- Lampu dibagi dalam grup (tiap grup maksimum 12-14 titik lampu), bila tiap titik terdiri dari 2 TL, maka tiap phasa terdapat $300 \text{ TL}/2 = 150$ armatur (titik lampu) dan tiap phasa mempunyai 150 armatur = $12,5 \sim 13$ group.
- Satu grup adalah $12 \text{ armatur} \times 2 \text{ TL} = 24 \text{ TL}$ jadi arus listrik tiap grup = $24 \times 0,28 = 6,72$ Ampere, dengan demikian pengaman yang digunakan (MCB atau sekering) tiap grup dapat digunakan 10A.
- Arus listrik tiap phasa panel utama = $13 \times 6,72 A = 87,36 A$ maka pengaman utama (MCB atau Sekering) yang digunakan sebesar 100 A.

2. Gambar skema pemasangan relai untuk proteksi arus lebih pada jaringan distribusi di sebuah gardu induk!

4.12. Rangkuman

- ❖ Sistem distribusi memiliki fungsi sebagai pembagian tenaga listrik ke beberapa tempat dan merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan
- ❖ Secara umum pembagian jaringan distribusi tenaga listrik dibagi menjadi Jaringan Sistem Distribusi Primer dan Sekunder.
- ❖ Distribusi primer adalah jaringan distribusi daya listrik yang bertegangan menengah (20 KV).
- ❖ Jaringan distribusi sekunder atau jaringan distribusi tegangan rendah (JDTR) merupakan jaringan tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen.
- ❖ Jaringan distribusi memiliki perlengkapan dan peralatan seperti Tiang Penyangga, Penghantar, Kapasitor, *Auto Voltage Regulator*, *Recloser*, *Fuse Cut Out*, Pemutus Tenaga, Transformator, Isolator, *Air Break Switch*, *Load Break Switch*.
- ❖ Tiang Penyangga berfungsi untuk meletakkan penghantar serta perlengkapan sistem seperti transformator, *Fuse*, *isolator*, *arrester*, *recloser* dan sebagainya.
- ❖ Penghantar berfungsi sebagai penyalur arus listrik dari trafo daya pada gardu induk ke konsumen.
- ❖ *Auto Voltage Regulator* berfungsi untuk mengatur/menaikan tegangan secara otomatis.
- ❖ *Recloser* berfungsi untuk memutuskan saluran secara otomatis ketika terjadi gangguan dan akan segera menutup kembali beberapa waktu kemudian sesuai dengan setting waktunya.
- ❖ *Fuse Cut Out* berfungsi untuk melindungi jaringan terhadap arus beban lebih (*over load current*) yang mengalir melebihi dari batas maksimum, yang disebabkan karena hubung singkat (*short circuit*) atau beban lebih (*overload*).
- ❖ Pemutus Tenaga berfungsi untuk memutuskan saluran secara keseluruhan pada tiap *output*.
- ❖ Transformator adalah alat untuk memindahkan daya listrik arus bolak-balik dari suatu rangkaian ke rangkaian lainnya secara induksi elektromagnetik.
- ❖ Isolator berfungsi untuk melindungi kebocoran arus dari penghantar ke tiang maupun ke penghantar lainnya.
- ❖ *Air Break Switch* berfungsi sebagai pemisah dan biasa dipasang pada jaringan luar.
- ❖ *Load Break Switch* digunakan sebagai pemisah ataupun pemutus tenaga dengan beban nominal.

MODUL TEKNIKI K3 LISTRIK

- ❖ Instalasi gardu distribusi sebaiknya dilakukan uji laik seperti: Uji verifikasi rencana, Uji fisik hasil pelaksanaan, Uji Ketahanan Isolasi, Uji ketahanan *Impulse*, Uji Power Frekuensi, Uji alat proteksi, Uji alat-alat kontrol.
- ❖ Rangkaian Gardu listrik dibagi menjadi dua, PHB tegangan menengah dan PHB tegangan rendah.
- ❖ Gardu distribusi memiliki beberapa jenis, yaitu: Gardu Distribusi konstruksi beton (Gardu Beton), Gardu Distribusi Konstruksi *Metal Clad* (Gardu Besi), Gardu Distribusi Tipe Tiang Portal, Distribusi Tipe Tiang Cantol (Gardu Tiang), dan Gardu Distribusi Mobil (Gardu Mobil).
- ❖ Sistem proteksi jaringan distribusi dilakukan agar menjaga keberlangsungan distribusi listrik dari operasi abnormal.
- ❖ Sistem proteksi yang terdapat pada jaringan distribusi antara lain: *Relay*, Pemutus Balik Otomatis (PBO), *Arrester*, dan Saklar Seksi Otomatis (SSO).
- ❖ Panel Hubung Bagi (PHB) berfungsi jika sumber listrik dari PLN mati akibat gangguan ataupun karena pemeliharaan, maka suplai ke beban tidak akan terganggu dengan adanya sumber listrik sendiri (*genset*) sebagai cadangan.
- ❖ Perencanaan Jaringan Distribusi perlu memerhatikan Kriteria Teknik Saluran Listrik dan Perencanaan Konstruksi.
- ❖ Gambar Instalasi Distribusi Listrik berfungsi sebagai pemetaan untuk pemasangan instalasi distribusi listrik.
- ❖ *Job Safety Analysis* perlu digunakan untuk identifikasi potensi bahaya sebelum melakukan pekerjaan.
- ❖ Persiapan inspeksi instalasi distribusi tenaga listrik dibagi menjadi 2 dua, yaitu: Persiapan administrasi dan Persiapan ceklist.