

BAB II

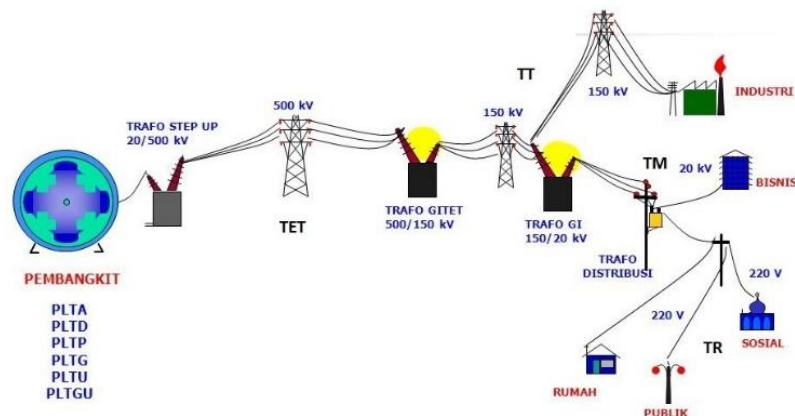
KAJIAN TEORI

A. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Menurut Suhadi, dkk (2008), Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari pembangkit sampai ke konsumen. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 150kV, 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 adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ($I^2.R$) (Suhadi, dkk: 2008).

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi 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 220/380Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan. Suhadi, dkk (2000).



Gambar 1. Penyaluran Tenaga Listrik

(Sumber: yukpodosinaubareng.wordpress.com)

B. Gardu Ditribusi

Gardu distribusi merupakan salah satu komponen dari suatu sistem distribusi yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan ke konsumen atau untuk membagikan/mendistribusikan tenaga listrik pada beban/konsumen baik konsumen tegangan menengah maupun konsumen tegangan rendah.

Gardu Distribusi merupakan kumpulan/gabungan dari perlengkapan hubung bagi baik tegangan menengah dan tegangan rendah. Jenis perlengkapan hubung bagi tegangan menengah pada gardu distribusi berbeda sesuai dengan jenis konstruksi gardunya.

1. Jenis gardu distribusi

a. Jenis pemasangannya :

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

b. Jenis Konstruksinya :

- 1) Gardu Beton (bangunan sipil : Batu, beton)

2) Gardu Tiang : Gardu Portal dan Gardu Cantol

3) Gardu Kios Jenis Penggunaannya :

4) Gardu Pelanggan Umum

5) Gardu Pelanggan Khusus

2. Macam-macam gardu distribusi

a. Gardu Beton

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



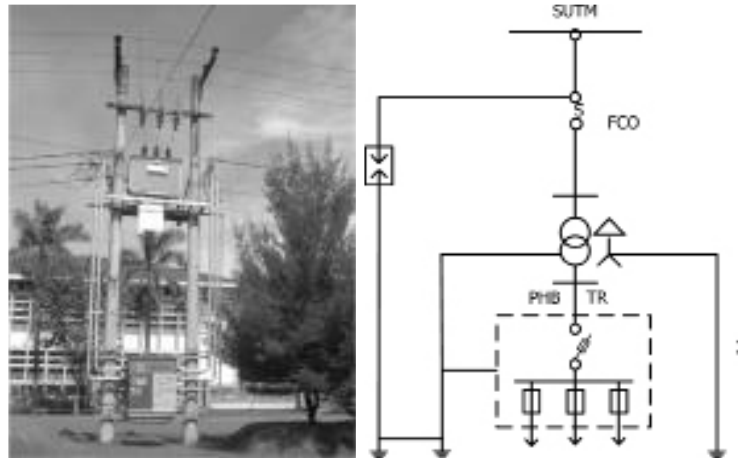
Gambar 2. Gardu Beton

(Sumber: Suhadi, Dkk. Teknik distribusi tenaga listrik)

b. Gardu Portal

Gardu portal adalah gardu listrik tipe terbuka (*out-door*) dengan memakai konstruksi dua tiang atau lebih. Tempat kedudukan transformator sekurang-kurangnya 3 meter di atas tanah dan

ditambahkan platform sebagai fasilitas kemudahan kerja teknisi operasi dan pemeliharaan.



Gambar 3. Gardu Portal dan Bagan satu garis

(Sumber: Suhadi, Dkk. Teknik distribusi tenaga listrik)

c. Gardu Cantol

Gardu cantol menggunakan transformator yang terpasang adalah jenis CSP (*Completely Self Protected Transformer*) yaitu peralatan *switching* dan proteksinya sudah terpasang lengkap dalam tangki transformator.



Gambar 4. Gardu Cantol

(Sumber: Suhadi, Dkk. Teknik distribusi tenaga listrik)

d. Gardu kios

Kotak tempat peralatan listrik terbuat dari bahan besi. Gardu kios bukan merupakan gardu permanen tetapi hanya merupakan gardu sementara, sehingga dapat mudah untuk dipindah-pindahkan.



Gambar 5. Gardu Kios

(Sumber: Suhadi, Dkk. Teknik distribusi tenaga listrik)

e. Gardu Hubung disingkat GH atau *Switching Substation*

Gardu Hubung disingkat GH atau *Switching Substation* adalah gardu yang berfungsi sebagai sarana manuver pengendali beban listrik jika terjadi gangguan aliran listrik, program pelaksanaan pemeliharaan atau untuk maksud mempertahankan kontinuitas pelayanan. Isi dari instalasi Gardu Hubung adalah rangkaian saklar beban (*Load Break switch – LBS*), dan atau pemutus tenaga yang terhubung paralel. Gardu Hubung juga dapat dilengkapi sarana pemutus tenaga pembatas beban pelanggan khusus Tegangan Menengah. Konstruksi Gardu Hubung sama dengan Gardu Distribusi tipe beton. Pada ruang dalam Gardu Hubung dapat dilengkapi dengan

ruang untuk Gardu Distribusi yang terpisah dan ruang untuk sarana pelayanan kontrol jarak jauh. Ruang untuk sarana pelayanan kontrol jarak jauh dapat berada pada ruang yang sama dengan ruang Gardu Hubung, namun terpisah dengan ruang Gardu Distribusinya.

C. Travo distribusi

Transformator adalah peralatan pada tenaga listrik yang berfungsi untuk memindahkan/menyalurkan tenaga listrik arus bolak-balik tegangan rendah ke tegangan menengah atau sebaliknya, pada frekuensi yang sama, sedangkan prinsip kerjanya melalui kopling magnet atau induksi magnet, dan menghasilkan nilai tegangan dan arus yang berbeda. Mohamad Fikri Ibrahim (2016) Transformator merupakan salah satu peralatan tegangan yang berfungsi untuk menaikkan tegangan dan menurunkan tegangan keluaran pada sistem pendistribusian energi listrik. Untuk mengatasi hal tersebut, maka peralatan yang digunakan adalah transformator yang terbagi menjadi dua jenis, yaitu: *Transformator Step-Up* yang dapat menaikkan tegangan dan *Transformator Step-Down* untuk menurunkan tegangan.

Bagian-Bagian Dari Transformator :

1. Inti Besi

Inti besi tersebut berfungsi untuk membangkitkan fluksi yang timbul karena arus listrik dalam belitan atau kumparan trafo, sedang bahan ini terbuat dari lempengan-lempengan baja tipis, hal ini dimaksudkan untuk mengurangi panas yang diakibatkan oleh arus *eddy (eddy current)*.

2. Kumparan Primer dan Kumparan Sekunder

Kawat email yang berisolasi terbentuk kumparan serta terisolasi baik antar kumparan maupun antara kumparan dan inti besi. Terdapat dua kumparan pada inti tersebut yaitu kumparan primair dan kumparan sekunder, bila salah satu kumparan tersebut diberikan tegangan maka pada kumparan akan membangkitkan fluksi pada inti serta menginduksi kumparan lainnya sehingga pada kumparan sisi lain akan timbul tegangan.

3. Minyak Trafo

Belitan primer dan sekunder pada inti besi pada trafo terendam minyak trafo, hal ini dimaksudkan agar panas yang terjadi pada kedua kumparan dan inti trafo oleh minyak trafo dan selain itu minyak tersebut juga sebagai isolasi pada kumparan dan inti besi.

4. Isolator Bushing Pada ujung kedua kumparan trafo baik primer ataupun sekunder keluar menjadi terminal melalui isolator yang juga sebagai penyekat antar kumparan dengan body badan trafo.

5. Tangki dan Konservator

Bagian-bagian trafo yang terendam minyak trafo berada dalam tangki, sedangkan untuk pemuaian minyak tangki dilengkapi dengan konserfator yang berfungsi untuk menampung pemuaian minyak akibat perubahan temperature.

6. Katub Pembuangan dan Pengisian

Katup pembuangan pada trafo berfungsi untuk menguras pada penggantian minyak trafo, hal ini terdapat pada trafo diatas 100kVA,

sedangkan katup pengisian berfungsi untuk menambahkan atau mengambil sample minyak pada trafo.

7. *Oil Level*

Fungsi dari *oil level* tersebut adalah untuk mengetahui minyak pada tangki trafo, oil level inipun hanya terdapat pada trafo diatas 100kVA.

8. Indikator Suhu Trafo

Untuk mengetahui serta memantau keberadaan temperature pada oil trafo saat beroperasi, untuk trafo yang berkapasitas besar indikator limit tersebut dihubungkan dengan rele temperature.

9. Pernapasan Trafo

Karena naik turunnya beban trafo maupun suhu udara luar, maka suhu minyaknya akan berubah-ubah mengikuti keadaan tersebut. Bila suhu minyak tinggi, minyak akan memuai dan mendesak udara diatas permukaan minyak keluar dari tangki, sebaliknya bila suhu turun, minyak akan menyusut maka udara luar akan masuk kedalam tangki. Kedua proses tersebut diatas disebut pernapasan trafo, akibatnya permukaan minyak akan bersinggungan dengan udara luar, udara luar tersebut lembab. Oleh sebab itu pada ujung pernapasan diberikan alat dengan bahan yang mampu menyerap kelembaban udara luar yang disebut kristal zat Hygrokopis (*Clilicagel*).

10. Pendingin Trafo

Perubahan temperature akibat perubahan beban maka seluruh komponen trafo akan menjadi panas, guna mengurangi panas pada trafo dilakukan

pendingin pada trafo, guna mengurangi pada trafo dilakukan pendinginan pada trafo. Sedangkan cara pendinginan trafo terdapat dua macam yaitu : alamiah/natural (*Onan*) dan paksa/tekanan (*Onaf*). Pada pendinginan alamiah (natural) melalui sirip-sirip radiator yang bersirkulasi dengan udara luar dan untuk trafo yang besar minyak pada trafo disirkulasikan dengan pompa. Sedangkan pada pendinginan paksa pada sirip-sirip trafo terdapat fan yang bekerjanya sesuai setting temperaturnya.

11. *Tap Canger Trafo* (Perubahan Tap)

Tap changer adalah alat perubah pembanding transformasi untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang sesuai dengan tegangan sekunder yang diinginkan dari tegangan primer yang berubah-ubah. Tiap changer hanya dapat dioperasikan pada keadaan trafo tidakbertegangan atau disebut dengan “*Off Load Tap Changer*” serta dilakukan secara manual.

D. Kubikel

Kubikel ialah suatu perlengkapan atau peralatan listrik yang berfungsi sebagai pengendali, penghubung dan pelindung serta membagi tenaga listrik dari sumber tenaga listrik, Kubikel istilah umum yang mencakup peralatan switching dan kombinasinya dengan peralatan kontrol, pengukuran, proteksi dan peralatan pengatur. Peralatan tersebut dirakit dan saling terkait dengan perlengkapan, selungkup dan penyangga. Sesuai IEC 298 : 1990 dispesifikasikan sebagai perlengkapan hubung bagi dan kontrol berselungkup logam rakitan pabrik untuk arus bolak-balik dengan tegangan pengenalan diatas 1 kV sampai dengan dan termasuk 35 kV, untuk pasangan dalam dan pasangan luar, dan untuk frekuensi sampai 50 Hz.

E. Panel hubung bagi

Panel adalah suatu lemari hubung atau suatu kesatuan dari alat penghubung, pengaman, dan pengontrolan untuk suatu instalasi kelistrikan yang ditempatkan dalam suatu kotak tertentu sesuai dengan banyaknya komponen yang digunakan.

PHB dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Panel Utama / MDP : *Main Distribution Panel*
2. Panel Cabang / SDP : *Sub Distribution Panel*
3. Panel Beban / SSDP : *Sub-sub Distribution Panel*

Fungsi panel dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam yaitu (Drs.Aslimeri,M.T: 1991: 92) :

1. Penghubung

Panel berfungsi untuk menghubungkan antara satu rangkaian listrik dengan rangkaian listrik lainnya pada suatu operasi kerja. Panel menghubungkan suplay tenaga listrik dari panel utama sampai ke beban-beban baik instalasi penerangan maupun instalasi tenaga.

2. Pengaman

Suatu panel akan bekerja secara otomatis melepas sumber atau suplay tenaga listrik apabila terjadi gangguan pada rangkaian. Komponen yang berfungsi sebagai pengaman pada panel listrik ini adalah MCCB dan MCB.

3. Pembagi

Panel membagi kelompok beban baik pada instalasi penerangan maupun pada instalasi tenaga. Panel dapat memisahkan atau membagi suplay tenaga listrik berdasarkan jumlah beban dan banyak ruangan yang merupakan pusat beban. Pembagian tersebut dibagi menjadi beberapa group beban dan juga untuk membagi fasa R, fasa S, fasa T agar mempunyai beban yang seimbang antar fasa.

4. Penyuplai

Panel menyuplai tenaga listrik dari sumber ke beban. Panel sebagai penyuplai, dan mendistribusikan tenaga listrik dari panel utama, panel cabang sampai ke pusat beban baik untuk instalasi penerangan maupun instalasi tenaga.

5. Pengontrol

Fungsi panel sebagai pengontrol merupakan fungsi paling utama, karena dari panel tersebut masing-masing rangkaian beban dapat dikontrol. Seluruh beban pada bangunan baik instalasi penerangan maupun instalasi tenaga dapat dikontrol dari satu tempat. Pada panel dilengkapi dengan penandaan berupa :

- a. Lampu orientasi atau indikator lamp yang terletak pada pintu panel.
- b. Gambar distribusi diagram yang berguna untuk pemeliharaan, atau petunjuk apabila terjadi kesalahan.
- c. Alat ukur yang berguna untuk mengukur satuan-satuan listrik yang dibutuhkan.



Gambar 6. Panel

(Sumber: Suhadi, Dkk. Teknik distribusi tenaga listrik)

F. Penghantar atau kabel

Penghantar atau kabel listrik adalah media yang digunakan untuk menghantarkan arus listrik. Pemilihan penghantar / kabel listrik harus memiliki tanda pengenal atau standar pemakaian. Tanda pengenal, ukuran dan standar untuk pemakaian kabel bisa dilihat dari permukaan kabel tersebut. Untuk memilih penghantar dipermukaan kabel harus tertara diantaranya:

1. Tanda pengenal ; SNI, LMK, IEC, SPLN.
2. Tanda pengenal produsen
3. Jumlah dan ukuran inti dari kabel penghantar.

Untuk pemilihan penghantar listrik yang akan digunakan dalam pemasangan tergantung kepada kemampuan hantar arus (KHA) suatu penghantar, yang dipengaruhi oleh beban yang digunakan. Luas penampang penghantar harus dipehitungkan dengan baik, untuk mencegah terjadinya kerusakan pada sebuah penghantar yang diakibatkan arus yang melewati

penghantar tersebut melebihi kemampuan hantar arusnya (KHA). Untuk kemampuan hantar arus (KHA) dapat dilihat pada lampiran.

Pemilihan jenis penghantar yang tepat, akan menentukan kehandalan dan kemampuan komponen listrik untuk bisa beroperasi dengan baik, serta akan mencegah terjadinya masalah dalam instalasi listrik saat beroperasi.

Pemasangan penghantar listrik :

1. Penghantar listrik yang dipilih harus dibuat memenuhi syarat, dan digunakan sesuai dengan fungsinya serta telah teruji dan diperiksa menurut standar penghantar yang dikeluarkan dan diakui oleh instansi yang berwenang.
2. Penghantar harus diamankan dengan pengaman (pengaman lebur / sekering atau pemutus daya / MCB) yang membuka sirkuit apabila terjadi bahaya, jika rangkaian tidak terbuka maka pengantar akan panas dan bisa menyebabkan percikan api dan kebakaran.

Menurut Suhadi dkk (2008), untuk menghitung luas penampang kabel dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$In = \frac{P}{V \times \sqrt{3} \times \cos \phi} \dots \dots \dots (1)$$

$$KHA = 125\% \times In \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

In = Arus nominal

V = Tegangan

Cos ϕ = 0.8

G. Pengaman

Pengaman adalah suatu peralatan listrik yang digunakan untuk melindungi komponen listrik dari kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan seperti arus beban lebih ataupun arus beban singkat, untuk menjaga agar jangan terjadi kerusakan–kerusakan pada instalasi listrik yang disebabkan karena terjadinya panas tersebut oleh beban yang berlebihan atau adanya hubung singkat, maka perlu adanya pengaman instalasi tersebut. Macam peralatan pengaman yang sering dipakai pada instalasi penerangan listrik adalah :

1. Pengaman lebur (Fuse)

Pengaman lebur yang kita kenal sebagai fuse atau sekering dipergunakan untuk mengatasi gangguan arus hubung singkat. Pengaman lebur harus dapat menghentikan arus apabila arus tersebut pada temperatur ruang 35°C atau lebih dalam waktu tertentu pada saluran atau hantaran kabel, dengan kata lain suatu saluran atau kabel dengan penampang tertentu mempunyai pengaman lebur untuk arus maksimum yang diperbolehkan (biasanya dinamai arus nominal). Pada waktu hubung singkat arus yang ditimbulkan adalah besar sekali dan pengaman lebur harus segera dapat mematikan arus hubung singkat tersebut.



Gambar 7. Fuse

(Sumber: Suhadi, Dkk. Teknik distribusi tenaga listrik)

2. MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) berfungsi sebagai alat pengaman beban lebih dan hubung singkat. Cara kerja MCB adalah memproteksi arus lebih yang disebabkan oleh terjadinya beban dan arus yang lebih karena adanya hubung singkat. Prinsip kerjanya yaitu penggunaan electromagnet untuk melakukan pemutusan hubungan yang disebabkan oleh kelebihan beban dengan relai arus lebih. Bila electromagnet yang dihasilkan dari dua keping logam yang disatukan atau lebih dikenal dengan bimetal bekerja, maka akan memutus kontak yang terletak pada pemadam busur dan kemudian bekerja membuka saklar. MCB yang digunakan di rumah-rumah diutamakan untuk memproteksi instalasi dari hubungan arus pendek, sehingga pemakaiannya lebih diutamakan untuk mengamankan instalasi atau konduktornya. Sedangkan MCB pada APP diutamakan sebagai pembawa arus dengan karakteristik *CL* (*current limiter*) disamping itu juga sebagai gawai pengaman arus hubung pendek yang bekerja dengan

seketika. Mengacu standar SNI, IEC, PUIL, perhitungan Circuit Breaker dihitung berdasarkan beban daya yang digunakan. Menurut Suhadi dkk (2008), yaitu :

$$I_n = P / (\sqrt{3}) \cdot V \cdot \cos \Phi \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

I_n = Arus Beban Nominal

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

Safety Factor Kapasitas Breaker

Untuk Panel = 1,25 x I_n

Selain menentukan kapasitas breaker, nilai *breaking capacity breaker* juga perlu dihitung. Mengacu pada standar SNI, menurut Suhadi dkk (2008), untuk menentukan breaking capacity breaker dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$I_{sc} = \frac{P \times 100}{3 \times V^2 \times Z} \dots \dots \dots (4)$$

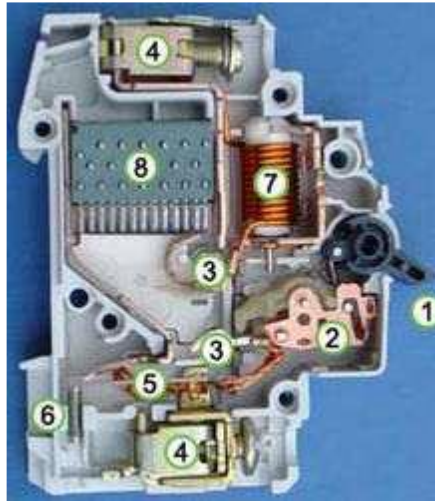
Dimana :

I_{sc} = Breaking capacity breaker atau Arus hubung singkat (kA)

P = Total beban

V = Tegangan phase to phase (380 V)

Z = Impedansi (%)



Gambar 8. MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

(Sumber: Suhadi, Dkk. Teknik distribusi tenaga listrik)

Keterangan :

1. *Toggle switch*, sebagai *Switch on-off* dari MCB
2. *Switch mekanis*, membuat kontak arus listrik bekerja.
3. Kontak arus listrik, sebagai penyambung dan pemutus arus listrik.
4. Terminal, koneksi kabel listrik dengan MCB.
5. Bimetal, yang berfungsi sebagai thermal trip
6. Baut
7. *Solenoid coil* atau lilitan yang berfungsi sebagai *magnetic trip* dan bekerja bila terjadi hubung singkat arus listrik.
8. Pemadam busur api jika terjadi percikan api saat terjadi pemutusan atau pengaliran kembali arus listrik.

3. MCCB

MCCB merupakan sebuah pemutus tenaga yang memiliki fungsi sama dengan MCB, yaitu mengamankan peralatan dan instalasi listrik saat terjadi hubung singkat dan membatasi kenaikan arus karena kenaikan beban. Hanya saja yang membedakan MCCB dengan MCB adalah bentuknya, dimana untuk MCB tiga fasa memiliki bentuk dari tiga buah MCB satu fasa yang dikopel secara mekanis, sementara MCCB memiliki tiga buah terminal fasa dalam satu casing yang sama, itulah sebabnya MCCB dikenal sebagai *Molded Case Circuit Breaker*.



Gambar 9. MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker*)

(MCCB Moulded Case Circuit Breaker.html)

H. Penerangan

Dalam merencanakan suatu instalasi penerang ini bertujuan supaya cahaya yang dihasilkan dalam instalasi penerangan suatu ruangan sesuai dengan kebutuhan, penerangan yang dihasilkan harus merata dan tidak terlalu silau (terang) ataupun terlalu redup. Menurut Suhadi dkk (2008), cara menentukan jumlah titik lampu pada suatu ruangan dengan persamaan berikut:

$$N = \frac{E \times L \times W}{\phi \times LLF \times CU \times n} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

N = Jumlah titik lampu

E = Intensitas penerangan (lux)

L = Panjang ruang (meter)

W = Lebar ruang (meter)

ϕ = Total lumen lampu

LLF = Faktor rugi cahaya (0.7-0.8)

CU = Faktor pemanfaatan (50-65%)

N = jumlah lampu dalam satu titik

I. AC

Air Conditioner (AC) merupakan suatu komponen atau peralatan yang dipergunakan untuk mengatur suhu, sirkulasi, kelembapan dan kebersihan udara di dalam ruangan. *Air Conditioner (AC)* mempertahankan kondisi udara, baik suhu dan kelembabannya.

Banyak dari kita sering mengabaikan luas ruangan dengan tingkat kebutuhan AC. Karena kita pikir tempatnya kecil, maka cukup hanya ½ PK, atau sebaliknya, karena tempatnya besar, maka kita kasih 2 PK. Kita pikir sudah lebih berhemat membeli suatu AC dari pada 2 AC jangan sampai AC yang anda beli terlalu besar alias pemborosan atau terlalu kecil alias kurang dingin. Ada rumus sederhana yang bisa kita manfaatkan:

$$BTU = \frac{L \times W \times H \times I \times E}{60} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

L = Panjang ruang (*feet*)

W = Lebar ruang (*feet*)

I = Nilai 10, jika ruang berinsulasi (berada di lantai bawah, atau berhimpit dengan ruang lain). Nilai 18, jika ruang tidak berinsulasi (di lantai atas)

H = Tinggi ruang (*feet*)

E = Nilai 16, jika dinding terpanjang menghadap utara. Nilai 17, jika menghadap timur. Nilai 18, jika menghadap selatan. Nilai 20, jika menghadap barat.

1 Meter = 3,28 *Feet*

Kapasitas AC berdasarkan PK:

AC½ PK = ± 5.000 BTU/h

AC¾ PK = ± 7.000 BTU/h

AC1 PK = ± 9.000 BTU/h

AC1½ PK = ±12.000 BTU/h

AC2 PK = ±18.000 BTU/h

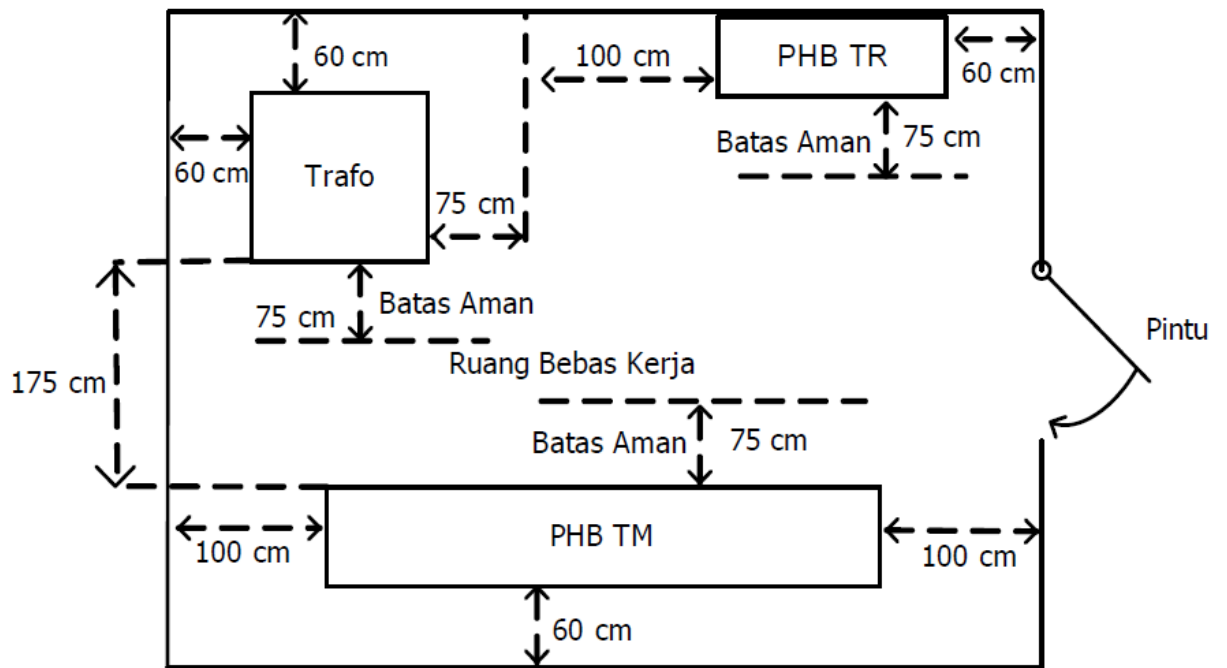
J. Konstruksi Gardu Beton

1. Standar Tata-Letak (lay-out)

Karena seluruh peralatan berada dalam ruang tertutup, bangunan gardu secara keseluruhan tidak dipersyaratkan ruang bebas hambatan atau *Right of Way (ROW)* dari tegangan sentuh. Untuk kondisi di

wilayah/perkotaan yang seringkali tidak dapat dikendalikan peruntukan/kepemilikan tanah gardu, maka diperlukan ruang bebas hambatan untuk tujuan perolehan udara yang dipersyaratkan bagi temperatur lingkungan (*ambient temperature*).

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



Gambar 10. Peletakan (lay-out) Perlengkapan Gardu Distribusi Beton

(Sumber: Buku PLN 4)

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

1. Tinggi bangunan minimum 3 meter.1.
2. PHB-TR ditempatkan pada sisi masuk sebelah kanan. 2.
3. Jarak kiri kanan PHB-TM terhadap tembok minimum 1 meter.3.
4. Jarak belakang PHB-TM terhadap dinding minimal 60 cm (0,6 meter). 4.
5. Jarak Badan Transformator terhadap dinding minimal 60 cm (0,6 meter).
6. Jarak Ruang Tempat Petugas dengan bagian depan PHB minimal 0,75 meter.6.
7. Jarak batas antara PHB-TM dengan PHB TR minimal 1 mater.

8. Jarak batas antara PHB-TM dengan transformator minimal 1 meter.
9. Jarak terluar peralatan dengan BKT minimal 20 cm (0,2 meter). Jarak bagian konduktif dan BKT minimal 60 cm (0,6 meter).
10. Lubang kabel naik ke PHB minimal sedalam 1,2 meter dan harus diberikan lobang 10. kerja (*manhole*) minimal ukuran 0,8 x 0,6 meter.

2. Ketentuan Ventilasi

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

3. Ketentuan Ketinggian Muka Lantai

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