

## 2. LANDASAN TEORI

Sistem instalasi tenaga listrik dapat diartikan sebagai suatu sistem yang menjelaskan bagaimana penyaluran suatu tenaga listrik untuk semua peralatan listrik yang memerlukan energi listrik, dimana pemasangan peralatan instalasi harus sesuai dengan standar atau peraturan yang telah ditetapkan di dalam persyaratan umum instalasi listrik (PUIL) 2000.

### 2.1 *Software Ecodial*

Ecodial adalah *software* instalasi tenaga listrik tegangan rendah yang didesain dan dikembangkan oleh Schneider *Electric*. *Software* ini dapat membantu menghitung jaringan listrik tegangan rendah dan membantu untuk memilih peralatan yang tepat dengan tujuan mengoptimalkan sistem instalasi tenaga listrik secara otomatis. Hal-hal yang dapat dilakukan dengan Ecodial antara lain :

1. *Network Calculation* / perhitungan pada jaringan
2. Perhitungan otomatis untuk menentukan dan memilih peralatan yang akan dipasang

Keuntungan *software* ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat menginformasikan apabila terdapat kesalahan pada susunan atau peralatan terpasang saat *software* dioperasikan.
2. Hasil dari laporan perhitungan dan informasi lain dari *ecodial* dapat digunakan sebagai gambaran dari perencanaan sistem
3. Untuk keperluan evaluasi, *ecodial* dapat digunakan sebagai pembanding, apakah sistem yang sekarang telah menggunakan peralatan dengan nilai yang tepat atau tidak.

### 2.2 *Single Line Diagram*

*Single line diagram* adalah *diagram* yang menjelaskan tentang beban yang terpasang dan pembagian *grouping*, ukuran dan jenis penghantar yang

digunakan, ukuran dan jenis pengaman serta sistem pentanahan yang digunakan. *Single line diagram* terdiri dari :

- a. Perlengkapan Hubung Bagi (PHB) yang dilengkapi dengan keterangan mengenai ukuran dan besaran pengenalan komponen yang dipakai
- b. Keterangan mengenai jenis dan besar beban yang terpasang
- c. Sistem pembumian
- d. Ukuran dan jenis penghantar yang dipakai

### **2.3 Grouping**

*Grouping* merupakan salah satu bagian yang paling penting dalam perencanaan instalasi tenaga listrik, pengelompokan ini memiliki tujuan untuk memudahkan dalam pemeliharaan peralatan listrik maupun penanganan ketika terjadi gangguan.

Dalam pengelompokan beban penerangan, beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah posisi titik beban yang akan dikelompokkan dalam satu *group* sebisa mungkin harus diusahakan berada dalam satu wilayah, dan satu wilayah tersebut dapat terdiri dari beberapa jenis lampu dan jumlah maksimum titik beban yang berada pada tiap *grouping* paling banyak adalah 20 titik.

Untuk pengelompokan stop kontak, hal yang perlu diperhatikan adalah stop kontak tiga fasa harus dikelompokkan dalam satu kelompok sendiri.

Untuk *grouping Air conditioner* (AC), mesin-mesin atau motor-motor harus dalam *group* tersendiri untuk memudahkan perawatan dan pemeliharaan ketika terjadi gangguan.

### **2.4 Sakelar**

Sakelar merupakan alat yang digunakan untuk memutuskan dan menghubungkan rangkaian listrik. Pada saat sakelar akan terbuka untuk memutuskan rangkaian, sebuah pegas akan diregangkan, Pegas inilah yang menggerakkan sakelar sehingga dapat memutuskan rangkaian dalam waktu yang sangat singkat. Jadi kecepatan pemutus sakelar ditentukan oleh pegas. Karena proses pemutusan berlangsung cepat, kemungkinan timbul busur api antara kontak-kontak pemutus

sangat kecil. Sakelar dapat digunakan untuk memutuskan rangkaian dalam keadaan berbeban.

Sakelar ditempatkan di tempat yang mudah dicapai seperti di dekat pintu. Sakelar ditempatkan  $\pm 1,25$  m - 1,5 m di atas lantai agar aman dari jangkauan anak-anak. Sakelar dapat dikelompokkan menjadi :

a. Sakelar Tunggal

Sakelar ini berfungsi sebagai pemutus dan penghubung rangkaian instalasi listrik dari satu lampu atau lebih secara bersamaan.

b. Sakelar Seri

Sakelar seri berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan dua buah kelompok lampu secara bergantian.

Contoh:

Lampu yang terdapat pada ruang tamu dan lampu yang terdapat pada taman dapat hidup sendiri-sendiri atau dapat dihidupkan pada waktu bersamaan.

c. Sakelar Hotel

Sakelar hotel digunakan apabila ingin melayani satu lampu dari dua tempat

Contoh:

Pada lorong yang memiliki dua pintu yang berjauhan, maka dapat memakai sakelar hotel yang ditempatkan pada dua tempat di dekat pintu yang ada.

## 2.5 Stop Kontak

Stop kontak digunakan untuk menghubungkan peralatan listrik yang dapat dipindah-pindahkan dengan saluran yang dipasang tetap atau tidak tetap. Stop kontak harus dibuat dari bahan yang tidak dapat terbakar dan secara mekanik cukup kuat.

Konstruksi stop kontak harus dibuat agar bagian-bagian yang bertegangan tidak dapat disentuh dengan jari dan dapat dimasukkan oleh dua kontak pena. Ketentuan pemasangan stop kontak antara lain sebagai berikut :

- a. Stop kontak dinding yang dipasang kurang dari 1,25 m di atas lantai harus dilengkapi dengan penutup.
- b. Stop kontak yang dipasang di lantai harus ditempatkan tertutup di dalam lantai.
- c. Stop kontak harus dipasang dengan hantaran pengaman.

- d. Pada stop kontak hanya boleh dihubungkan satu kabel yang dapat dipindah-pindahkan.

## 2.6 Pengaman

Agar pengaman sirkit listrik dapat menjamin keselamatan dan meningkatkan daya tahan instalasi serta menjaga kontinuitas penyaluran tenaga listrik, maka pengaman sirkit listrik tersebut harus :

- a. Tahan terhadap gangguan dan mampu menghilangkan gangguan dari sirkit secara cepat.
- b. Membatasi pengaruh gangguan hingga sesedikit mungkin dari bagian sirkit instalasi untuk menjamin kontinuitas tenaga listrik.

Jenis gangguan yang dapat terjadi dalam suatu instalasi listrik adalah gangguan arus hubung singkat (*short circuit*) dan beban berlebih (*overload*). Secara garis besar ada dua jenis pengaman pada tegangan rendah, yaitu sekering (*fuse*) dan *circuit breaker* (CB). Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk menentukan *rating* dan jenis pengaman yang dibutuhkan adalah :

- a. Arus nominal yang melalui saluran :

$$\text{Arus satu fasa : } I = P / ( V_{LN} \times \cos \varphi ) \quad (2.1)$$

Dimana :

I : arus (Ampere)

$V_{LN}$  : tegangan *line-netral* (220 Volt)

P : daya aktif (Watt)

$\cos \varphi$  : faktor daya

$$\text{Arus tiga fasa : } I = P / ( \sqrt{3} \times V_{LL} \times \cos \varphi ) \quad (2.2)$$

Dimana :

I : arus (Ampere)

$V_{LL}$  : tegangan *line-line* (380 Volt)

P : daya aktif (Watt)

$\cos \varphi$  : faktor daya

b. Arus hubung singkat dan arus beban penuh (IEC Part 0) :

$$I_{sc} = [ \text{kVA} \times 100 ] / [ \% Z \times \sqrt{3} \times \text{kV} ] \quad (2.3)$$

$$I_{FL} = S / [ \sqrt{3} \times V_{LL} ] \quad (2.4)$$

Dimana :

$I_{FL}$  : arus beban penuh (Ampere)

$S$  : daya nyata 3 fasa (Volt Ampere)

$V_{LL}$  : tegangan *line–line* (Volt)

$I_{SC}$  : arus hubung singkat (Ampere)

kVA : daya nyata dalam satuan kilo





kV : tegangan *line–line* dalam satuan kilo

c. Sekering (fuse)

Fuse berfungsi untuk mengamankan sistem instalasi dari arus hubung singkat atau beban lebih. Fuse bekerja berdasarkan besar arus yang dilewati, jadi ketika nilai arus yang lewat melebihi nilai yang tertera pada fuse, maka bagian dalam fuse yang menghubungkan kedua terminal akan melebur. Ciri khusus fuse adalah sebagai berikut :

- Bekerja langsung apabila batasan arus dalam rangkaian terlewati.
- Tidak mampu menghubungkan kembali rangkaian secara otomatis setelah terjadi gangguan.
- Bekerja pada sistem 1 fasa, tidak bisa untuk 3 fasa.

Sebagai contoh adalah isolator pengaman lebur HRC (*high rupturing capacity*) yang terbuat dari keramik yang dirancang sesuai dengan kondisi beban, pengoperasian yang handal serta memiliki teknologi pembatasan arus (*current limiting*).

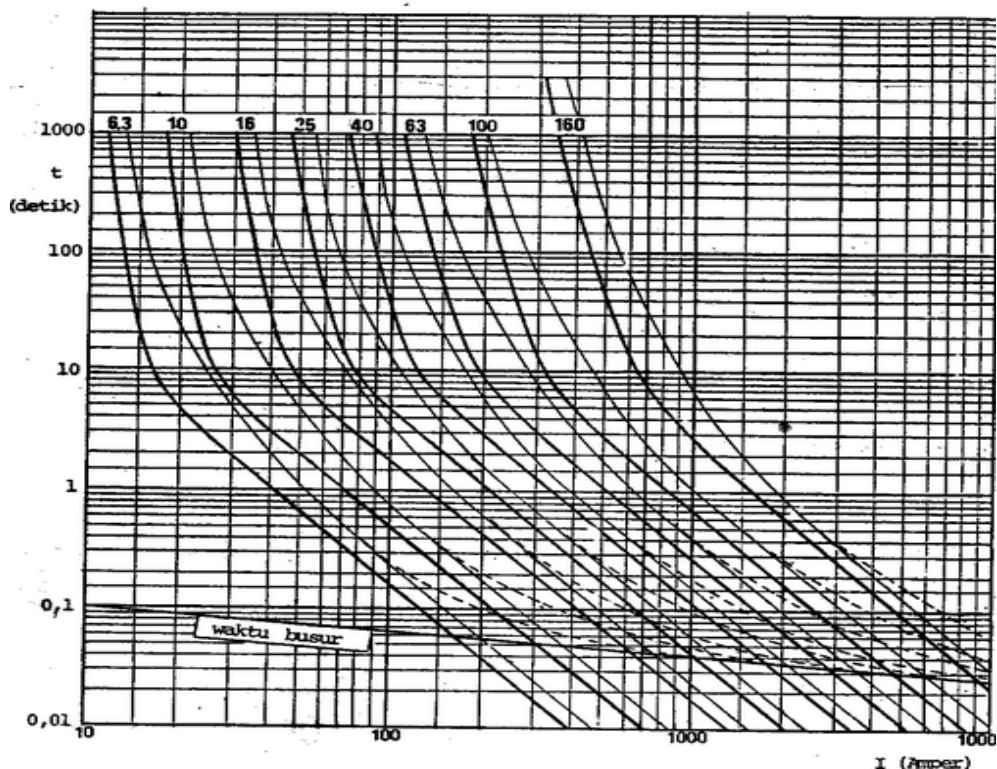
Ukuran	Arus nominal [A]	Tipe	Referensi
 NH00	2	NH00-2A	NHSN706033P0002
	4	NH00-4A	NHSN706033P0004
	6	NH00-6A	NHPL044541R0001
	10	NH00-10A	NHPL044542R0001
	16	NH00-16A	NHPL044543R0001
	20	NH00-20A	NHPL044544R0001
	25	NH00-25A	NHPL044545R0001
	32	NH00-32A	NHPL044546R0001
	35	NH00-35A	NHPL044540R0001
	40	NH00-40A	NHPL044547R0001
	50	NH00-50A	NHPL044548R0001
	63	NH00-63A	NHPL044549R0001
	80	NH00-80A	NHPL044550R0001
	100	NH00-100A	NHPL044551R0001
	125	NH00-125A	NHPL044552R0001
	160	NH00-160A	NHPL044553R0001
 NH1	63	NH1-63A	NHPL044641R0001
	80	NH1-80A	NHPL044642R0001
	100	NH1-100A	NHPL044643R0001
	125	NH1-125A	NHPL044644R0001
	160	NH1-160A	NHPL044645R0001
	200	NH1-200A	NHPL044646R0001
	225	NH1-225A	NHPL044647R0001
250	NH1-250A	NHPL044648R0001	
 NH2	125	NH2-125A	NHSN706033P2125
	160	NH2-160A	NHSN706033P2160
	200	NH2-200A	NHSN706033P2200
	224	NH2-224A	NHSN706033P2224
	250	NH2-250A	NHPL044744R0001
	300	NH2-300A	NHSN706033P2300
	315	NH2-315A	NHPL044745R0001
	355	NH2-355A	NHPL044746R0001
400	NH2-400A	NHPL044747R0001	
 NH3	355	NH3-355A	NHPL044843R0001
	400	NH3-400A	NHPL044844R0001
	500	NH3-500A	NHPL044845R0001
	630	NH3-630A	NHPL044846R0001

Gambar 2.1 Rating Fuse ABB Tipe HRC

Sumber : ABB – (2004, Katalog Pengaman Lebur Fuse HRC)

- Karakteristik Waktu - Arus

Karakteristik waktu - arus pengaman lebur HRC tipe gL direpresentasikan sebagai kurva karakteristik menengah. Kurva ini berada dalam jangkauan pemutusan yang ditetapkan oleh VFE 0636/21. Deviasi dalam koordinasi arus terhitung sampai  $\pm 7\%$ , tetapi pengaman lebur ABB memperlihatkan toleransi  $\pm 5\%$  (ABB - Katalog Pengaman Lebur Fuse HRC).



Gambar 2.2 Karakteristik Fuse Tipe K

Sumber : PT. PLN - (Standar Fuse *Link*)

- Pembatasan Arus

Kapasitas *thermal* dan dinamik komponen hubung bagi listrik ditentukan oleh nilai puncak arus hubung singkat prospektif ( $I_s$ ). Arus hubung singkat yang tinggi tidak akan menaikkan nilai puncak bila menggunakan pengaman lebur HRC pada arus nominal yang tepat, tetapi kenaikan yang terjadi akan terbatas. Efek pembatasan arus mulai pada waktu lebur 5 ms dan pada kasus komponen DC yang tinggi mulai pada waktu lebur 10 ms. Diagram pembatasan arus memperlihatkan fungsi arus hubung singkat prospektif  $I_s$  tergantung pada arus prospektif  $I_p$  (simetrikal RMS) pada garis curam yang naik (a dan b). Hubungan antara arus prospektif  $I_p$  (simetrikal RMS) dan efisiensi pembatasan arus (arus putus  $I_D$ ) oleh pengaman lebur HRC diberikan garis lebih datar untuk berbagai nilai nominal pengaman lebur (ABB – Katalog Pengaman Lebur Fuse HRC).

d. *Miniature Circuit Breaker* (MCB)

MCB adalah singkatan dari *Miniatur Circuit Breaker*, merupakan komponen listrik yang bekerja dengan sistem *thermal* atau panas. Didalam MCB terdapat bimetal, dimana bila arus listrik yang mengalir melebihi ukuran tertentu (karena beban lebih atau terjadi hubung singkat), maka bimetal ini secara mekanis akan memutus aliran listrik dan menggerakkan tuas ke posisi *OFF*. Untuk menormalkan kembali sangat mudah, hanya dengan mengembalikan tuas ke posisi *ON*. Jenis ini lebih banyak digunakan di instalasi listrik rumah, hanya saja komponen ini mempunyai kelemahan, yaitu bila secara mekanis terdapat masalah maka MCB ini tidak akan bekerja.

Pemakaian MCB lebih diutamakan untuk mengamankan instalasi atau konduktor. Sedangkan MCB pada APP (Alat Pembatas dan Pengukur) diutamakan sebagai pengaman arus dengan karakteristik *current limiter*, di samping itu juga sebagai pengaman arus hubung singkat yang bekerja dengan cepat. Arus nominal yang digunakan pada APP dengan pengenal tegangan 220/400V ialah: 1A, 2A, 4A, 6A, 10A, 16A, 20A, 25A, 35A dan 50A disesuaikan dengan tingkat kebutuhan daya konsumen. Adapun kemampuan *breaking capacity* bila terjadi hubung singkat adalah 3kA dan 6kA (SPLN 108-1993). MCB yang khusus digunakan oleh PLN mempunyai tombol biru. MCB saat ini paling banyak digunakan untuk instalasi rumah, instalasi industri dan instalasi gedung bertingkat.

e. *Moulded case Circuit Breaker* (MCCB)

*Moulded Case Circuit Breaker* (MCCB) adalah pengaman yang digunakan sebagai pemutus arus rangkaian, baik arus nominal maupun arus gangguan. MCCB biasa dipakai pada tegangan rendah 0 - 1000V dan dapat dilengkapi dengan *solid state* proteksi maupun *overload condition*. Oleh karena itu, ada jenis MCCB *thermal* dan magnetik, dan ada yang hanya magnetik. MCCB mempunyai unit *trip* dimana dengan unit *trip* tersebut maka  $I_r$  (merupakan pengaman terhadap arus lebih) dan  $I_m$  (merupakan pengaman terhadap arus *short circuit*) dapat di-*setting*.

MCCB harus benar-benar sesuai dengan standar IEC atau B.S 4752 : yaitu bagian kotak MCCB harus terbuat dari bahan *moulded* berinsulasi yang kuat secara mekanis dan tidak mudah tergores. MCCB harus didesain agar ketika pada kondisi *trip*, *circuit breaker* tidak dapat dihidupkan lagi jika *breaker* tersebut belum di-*reset* dengan memindahkan sakelar ke posisi *OFF* dahulu.

Kondisi pengoperasian (seperti *ON*, *OFF* atau *TRIP*) *circuit breaker* harus terlihat dengan jelas. MCCB harus berupa *Single Pole* (SP), *Double Pole* (DP), *Triple Pole* (TP) atau *Four Pole* (4P) seperti yang ditentukan dalam spesifikasi MCCB. Konstruksi dan pengoperasian *circuit breaker* harus sedemikian rupa sehingga jika *fault* muncul semua *pole-pole circuit breaker* harus beroperasi.

f. *Air Circuit Breaker* (ACB)

*Air circuit breaker* (ACB) adalah pengaman yang digunakan sebagai pemutus arus rangkaian, baik arus nominal maupun arus gangguan, dimana prinsip kerja ACB hampir sama dengan MCCB tetapi media yang digunakan adalah udara. Untuk mengetahui *rating* dari pengaman yang dipakai dapat diketahui dari arus nominal yang melalui saluran tersebut kemudian disesuaikan dengan *rating* dari katalog.

ACB memiliki ketahanan *thermal* yang tinggi sehingga memungkinkan cara kerja yang disebut dengan diskriminasi, yaitu jika gangguan terjadi pada suatu titik, maka pengaman yang bekerja hanya pada daerah itu saja. Dengan demikian hal ini dapat menjamin kontinuitas pelayanan sumber daya listrik ketika terjadi gangguan.

Seiring dengan teknologi yang meningkat dan kompleksitas fungsional instalasi listrik, maka listrik menjadi kebutuhan pokok untuk setiap komponen, sehingga dibutuhkan proteksi pemutus sirkit yang dapat memberikan perlindungan serta kontinuitas layanan listrik dengan kebutuhan perawatan minimal. (ABB – Katalog Pemutus Sirkit Udara ACB Tipe Emax).

g. Penentuan *rating* arus beban lebih

Untuk menentukan kapasitas pengaman MCB, MCCB, dan ACB, digunakan rumus kemampuan hantar arus (kHA) sebagai berikut (Setiawan. E dan P. Van Harten p.144) :

Untuk beban 1 fasa :

$$I = P / (V_{L-N} \cdot \text{Cos}\emptyset) \quad (2.5)$$

Keterangan : I = Arus (A)

P = Daya aktif (Watt)

$V_{L-N}$  = Tegangan *Line-Netral* (220 V)

$\text{Cos } \emptyset$  = faktor daya

Untuk beban 3 fasa :

$$I = P / (\sqrt{3} \cdot V_{L-L} \cdot \text{Cos}\emptyset) \quad (2.6)$$

Keterangan : I = Arus (A)

P = Daya aktif (Watt)

$V_{L-L}$  = Tegangan *Line-Line* (380 V)

$\text{Cos } \emptyset$  = faktor daya

Dari nilai arus yang didapatkan kemudian dicari di dalam katalog pengaman MCB, MCCB, dan ACB lalu ditentukan jenis dan kapasitas pengaman yang akan digunakan, khusus untuk pengaman yang mengamankan beban berupa motor perlu diketahui cara dari *starting* motor, seperti untuk *starting direct online* (DOL) maka arus *start* untuk beban jenis ini adalah 5-7 kali arus nominal.

h. Arus Hubung Singkat (*Short Circuit*)

Menurut PUIL 2000 ( 1.9 ) definisi arus hubung singkat adalah arus lebih yang diakibatkan oleh gangguan impedans yang sangat kecil mendekati nol antara dua penghantar aktif yang dalam kondisi operasi normal berbeda potensialnya.

Perhitungan arus hubung singkat diperlukan untuk menentukan kapasitas dari pengaman dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$I_{SC} = V_{LL} (\sqrt{3} \times \sqrt{(R_t^2 + X_t^2)}) \quad (2.7)$$

Dimana :

$I_{SC}$	=	Arus hubung singkat (kA)
$V_{LL}$	=	tegangan <i>Line-Line</i> (380V)
$R_t$	=	Resistansi total
$X_t$	=	Reaktansi total

Akibat arus hubung singkat :

- Timbulnya Api dan bahaya kebakaran
- Menyebabkan resiko kerusakan pada isolasi

Tujuan analisa hubung singkat antara lain adalah:

- Menentukan besarnya nilai arus hubung singkat pada titik tertentu dari sistem instalasi tenaga listrik.
- Untuk menentukan setingan relay dan koordinasi pengaman yang akan digunakan untuk mengamankan sistem dari keadaan abnormal dalam waktu yang sesingkat mungkin.

## 2.7 Kabel

Kabel memiliki peran yang sangat penting dalam instalasi tenaga listrik karena kabel menghantarkan arus dari sumber listrik ke beban-beban yang terpasang, maka pemilihan dan ukuran penampang kabel harus dihitung secara tepat melalui besar beban yang terpasang. Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan kabel adalah :

- a. Kabel harus mampu membawa arus beban penuh.
- b. Jenis kabel.
- c. Kondisi instalasi : diklep di bagian permukaan atau dipasang dengan kabel lain di dalam saluran.

- d. Temperatur lingkungan : seiring dengan temperatur yang meningkat isolasi dapat meleleh bila suhu terlalu tinggi.
- e. Jenis proteksi : untuk berapa lama kabel dapat bertahan mengalirkan arus berlebih.

Kabel yang biasa dipakai dalam instalasi tenaga listrik antara lain :

a. Kabel NYY

Kabel jenis NYY harus diberi pelindung khusus (contoh : duct, pipa baja PVC atau besi baja). Instalasi kabel ini bisa ditempatkan di luar atau di dalam bangunan. Kabel NYY mempunyai ukuran mulai dari 1 x (1.5-800) mm<sup>2</sup> 0.6/1 kV sampai dengan NYY 5 x (1.5-50) mm<sup>2</sup> 0.6/1 kV (PT. GT Kabel Indonesia-kabel NYY).

b. Kabel NYFGbY

Kabel NYFGbY adalah kabel tanah thermoplastik berperisai dan inti dari kabel ini terdiri dari penghantar tembaga dengan isolasi PVC. Penggabungan dua atau lebih inti dilengkapi dengan selubung atau pelindung yang terdiri dari karet dan perisai kawat baja bulat dimana perisai dan pembungkus diikat dengan spiral pita baja. Untuk menghindari korosi pada pita baja, maka kabel di selubungi pelindung PVC warna hitam. Kabel NYFGbY mempunyai ukuran mulai dari NYFGbY 2 x (1.5-300) mm<sup>2</sup> 0.6/1 kV sampai dengan NYFGbY 5 x (1.5-50) mm<sup>2</sup> 0.6/1 kV (PT. GT Kabel Indonesia-kabel NYFGbY).

c. Kabel NYA dan NGA

Tentang penggunaan kabel NYA dan NGA berlaku ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

- Untuk pemasangan tetap dalam jangkauan tangan, NYA dan NGA harus dilindungi dengan pipa instalasi.
- Di ruang lembab, NYA dan NGA harus dipasang dalam pipa PVC (PUIL 2000 - 7.12.1.9).

- Tidak boleh dipasang langsung menempel pada plesteran atau kayu, tetapi harus dilindungi dengan pipa instalasi (PUIL 2000 - 7.12.1.1).
- NYA dan NGA yang dipasang di dalam gedung harus dipasang sedemikian rupa sehingga mempunyai jarak minimum 1cm terhadap dinding atau bagian bangunan, bagian konstruksi dan rangka (PUIL 2000 - 7.12.1.2).
- NYA dan NGA dapat digunakan di dalam peralatan listrik dan perlengkapan hubung bagi.
- NYA dan NGA tidak boleh digunakan pada ruang basah, alam terbuka atau di tempat kerja dan gudang dengan bahaya kebakaran atau ledakan.

d. Kabel NYM

Tentang penggunaan NYM berlaku ketentuan sebagai berikut :

- NYM boleh dipasang langsung menempel pada plesteran, kayu atau ditanam langsung pada plesteran, juga di ruang lembab atau basah dan dapat dipasang langsung pada bagian-bagian lain dari bangunan, konstruksi dan rangka, dengan catatan proses pemasangan yang dilakukan tidak merusak selubung luar kabel (PUIL 2000 - 7.12.2.1)
- NYM tidak boleh dipasang di dalam tanah (PUIL 2000 catatan - 7.12.2.1)
- Untuk pemasangan NYM digunakan klem dengan jarak yang cukup rapat agar terpasang rapi, lurus dan tidak membengkok (PUIL 2000 - 7.12.2.2)
- Bila dipasang di ruang lembab harus menggunakan kotak sambung yang kedap air dan tahan terhadap lembab (PUIL 2000 - 7.12.2.3)

Kabel jenis ini dirancang dan direkomendasikan untuk digunakan pada instalasi tetap di dalam kotak distribusi atau rangkaian pada panel.

e. Kabel NYAF

Kabel NYAF adalah jenis kabel yang fleksibel dan dirancang untuk diinstalasikan di dalam pipa *duct* atau di dalam kotak distribusi. Karena sifat dari kabel ini yang fleksibel, kabel ini dapat dibengkokkan. Kabel dengan

ukuran kurang dari  $1.5 \text{ mm}^2$  ini hanya digunakan di dalam peralatan listrik atau papan pengontrol dan tidak dapat dipasang untuk instalasi permanen.

f. Kawat tembaga telanjang (BBC)

Kawat tembaga telanjang (BBC) ini digunakan untuk saluran distribusi udara yang direntangkan di antara tiang-tiang dan isolator-isolator yang memang khusus dirancang demikian. Disamping itu kabel ini juga bisa digunakan untuk hantaran pentanahan (*grounding*).

Jenis-jenis kabel dinyatakan dalam singkatan huruf dan angka, berikut adalah arti kode huruf-huruf yang digunakan untuk mengenali kabel listrik :

- N : Kabel jenis standar dengan penghantar tembaga
- Na : Kabel jenis standar dengan penghantar aluminium
- Y : Isolasi atau selubung PVC.
- F : Perisai kawat baja pipih
- R : Perisai kawat baja bulat
- Gb : Spiral pipa baja
- Re : Penghantar padat bulat
- Rm : Penghantar bulat kawat banyak
- Sc : Penghantar padat berbentuk *sector*
- Sm : Penghantar kawat banyak berbentuk *sector*

Untuk menentukan arus yang akan dilalui kabel digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Arus satu fasa: } I = P / ( V_{LN} \times \cos \varphi ) \quad (2.8)$$

Dimana :

- I : arus (Ampere)
- $V_{LN}$  : tegangan *line*-netral (220 Volt)
- P : daya aktif (Watt)
- $\cos \varphi$  : faktor daya

$$\text{Arus tiga fasa: } I = P / (\sqrt{3} \times V_{LL} \times \cos \phi) \quad (2.9)$$

Dimana:

I : arus (Ampere)

$V_{LL}$  : tegangan *line-line* (380 Volt)

P : daya aktif (Watt)

$\cos \phi$  : faktor daya

Setelah mendapatkan nilai arus (I), untuk pemilihan kabel maka nilai arus dikalikan safety factor sebagai berikut :

$$I_{\text{kabel}} = I \times \text{safety factor} \quad (2.10)$$

Dimana :

I : arus yang melewati penghantar

*Safety factor* : faktor pengaman 1,7

Maka dapat ditentukan jenis kabel yang sesuai dengan melihat pada tabel ukuran dan jenis kabel. Sebagai contoh, kabel NYM digunakan di dalam bangunan, NYY digunakan di luar bangunan, NYA digunakan pada hubungan panel-panel.

## 2.8 *Grounding / Pembumian*

Grounding atau pembumian adalah salah bentuk pengamanan baik terhadap peralatan maupun kepada makhluk hidup di sekitar peralatan listrik terpasang, karena kemampuan tubuh manusia sangat terbatas terhadap besarnya arus yang mengalir di dalamnya. Tetapi seberapa besar dan lamanya arus yang mampu ditahan oleh tubuh manusia sukar ditetapkan. Telah banyak dilakukan percobaan baik kepada manusia maupun hewan untuk mengetahui besarnya batas arus dan pengaruhnya terhadap tubuh yang menghasilkan batas-batas arus sebagai berikut : (Ir. T.S. Hutauruk, M.E.E 134)

1. Arus mulai terasa atau perpepsi (*perception current*)
2. Arus mempengaruhi otot (*let-go current*)
3. Arus mengakibatkan pingsan,mati atau fibrilasi (*fibrillating current*)

#### 4. Arus reaksi (*reaction current*)

Adapun tujuan dari pembedaan adalah :

- Mengurangi beda tegangan antara logam yang dekat dalam suatu area dari resiko kejutan listrik pada manusia yang berada dalam satu area.
- Agar arus gangguan yang timbul dapat langsung mengalir ke tanah, sehingga diharapkan pengamanan yang digunakan langsung bereaksi dalam waktu singkat.

Nilai tahanan pentanahan maksimal adalah 5 Ohm (PUIL 2000 – 3.13.2.10).

Untuk jenis-jenis elektroda pentanahan adalah sebagai berikut :

- Elektroda pita, terbuat dari pita yang ditanam secara dangkal dalam bentuk radial
- Elektroda batang, terbuat dari besi atau baja profil yang ditanam sedalam 3 – 6 meter
- Elektroda plat, terbuat dari lempengan plat tembaga dengan luas kurang lebih  $1\text{m}^2$

Bila nilai tahanan tanah dari elektroda terpasang lebih dari 5 Ohm, maka harus dipasang elektroda tanah secara paralel dengan jarak minimal antar plat 3m.

#### **2.8.1 Pemilihan Kawat Pentanahan**

Untuk pemilihan luas penampang dari kawat pentanahan atau *grounding* dapat menggunakan standar dari PUIL 2000 pada halaman 77 tabel 3.16-1, tentang luas penampang penghantar proteksi, dimana tidak boleh kurang dari nilai yang tercantum dalam tabel 3.16-1, jika penerapan tabel 3.16-1 menghasilkan ukuran yang tidak standar, maka digunakan penghantar yang mempunyai luas penampang standar terdekat.

Tabel 2.1. Luas Minimum Penghantar Proteksi

Luas Penampang Penghantar Fasa instalasi S (mm <sup>2</sup> )	Luas Penampang Minimum Penghantar Proyeksi Yang Berkaitan SP (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 32$	16
$S > 32$	S/2

Sumber : PUIL (2000, P.77)

Dalam sistem instalasi tenaga listrik diperlukan sebuah sistem *grounding* (pentanahan) yang baik dengan tujuan :

- a. Untuk mengurangi beda tegangan.
- b. Agar pada saat arus-arus gangguan timbul dapat langsung mengalir kembali ke titik jaringan suplai. Sehingga diharapkan bahwa pengaman-pengaman lebur yang digunakan akan putus dalam waktu yang singkat.

## 2.9 Penangkal Petir

Instalasi penangkal petir ialah instalasi suatu sistem dengan komponen-komponen dan peralatan-peralatan yang secara keseluruhan berfungsi untuk menangkap petir dan menyalurkan ke tanah. Sistem tersebut dipasang sedemikian rupa sehingga semua bagian dari bangunan, atau benda-benda yang dilindungi terhindar dari bahaya sambaran petir baik secara langsung maupun tidak langsung. Instalasi sistem tersebut dikelompokkan menjadi bagian penghantar di atas tanah dan penghantar di dalam tanah.

Penghantar di atas tanah adalah penghantar yang dipasang di atas atap sebagai penangkap petir, penghantar pada dinding atau di dalam bangunan sebagai penyalur arus petir ke tanah (*Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir Untuk Bangunan di Indonesia*

### **2.9.1 Penangkap Petir**

Penangkap petir adalah penghantar-penghantar di atas atap yang berupa elektroda logam yang dipasang tegak dan mendatar. Tiang-tiang dari logam dapat dimanfaatkan sebagai penangkap petir.

### **2.9.2 Finial**

Finial adalah penangkap petir batang pendek yang biasa dipasang pada bangunan atap datar yang mempergunakan instalasi penangkal petir sistem kurungan Faraday.

### **2.9.3 Penghantar Penyalur**

Penghantar penyalur terbagi dalam penghantar penyalur utama dan penghantar penyalur pembantu yang terbuat dari logam yang menghubungkan penangkap petir ke sistem pembumian. Berikut ini adalah jenis-jenis penghantar yang banyak digunakan pada instalasi penangkal petir secara umum :

- a. Penghantar penyalur utama, yaitu penghantar dari logam dengan fungsi utama dari penyalur utama adalah untuk menyalurkan arus petir ke tanah.
- b. Penghantar pembantu, yaitu semua penghantar lain seperti pipa air hujan yang terbuat dari logam, konstruksi-konstruksi logam lain yang dimanfaatkan sebagai pembantu penyalur arus petir.
- c. Penghantar hubung, yaitu penghantar dari logam yang menghubungkan masing-masing penangkap petir atau dengan bagian-bagian logam di dalam dan di luar bangunan atau dengan penghantar-penghantar lain yang berada di atas tanah.
- d. Terminal hubung, yaitu suatu dudukan dari logam yang berfungsi sebagai titik hubung bersama dari beberapa elektroda-elektroda pembumian atau beberapa penghantar penyalur dan benda logam lain yang akan dikebumikan.
- e. Penghantar sambungan, yaitu suatu konstruksi penyambung listrik antara penangkap petir dengan penghantar dan sistem pengebumian.
- f. Sambungan ukur yaitu sambungan listrik antara penghantar penyalur dengan pengebumian dengan suatu cara penyambungan yang dapat dilepas untuk pengukuran besar tahanan penghantar dan tahanan pembumian.

Untuk mengetahui tingkat kebutuhan instalasi penangkal petir dari sebuah bangunan dapat diketahui melalui penjumlahan nilai dari indeks tabel-tabel yang mewakili macam struktur bangunan, konstruksi bangunan, tinggi bangunan, situasi bangunan dan pengaruh kilat sebagai berikut :

Tabel 2.2. Macam Struktur Bangunan

No	Penggunaan dan Isi Bangunan	Indeks A
1	Bangunan biasa yang tidak perlu diamankan baik bangunan maupun isi bangunan.	-10
2	Bangunan dan isi jarang digunakan, seperti bangunan di tengah sawah, gudang, menara atau tiang metal.	0
3	Bangunan yang berisi peralatan sehari-hari atau tempat tinggal orang, seperti tempat tinggal rumah tangga, toko, pabrik kecil, tenda atau setasiun kereta api.	1
4	Bangunan atau isi bangunan cukup penting, seperti menara air, tenda yang berisi cukup banyak orang tinggal, toko barang-barang berharga, kantor, pabrik, gedung pemerintahan, tiang atau menara <i>non-metal</i> .	2
5	Bangunan yang berisi banyak sekali orang, seperti tempat ibadah, bioskop, sekolah, monumen bersejarah dan tempat-tempat penting.	3
6	Instalasi gas, minyak atau bensin, rumah sakit.	5
7	Bangunan yang mudah meledak.	15

Sumber : *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir Untuk Bangunan di Indonesia* (1983, p. 17-18)

Tabel 2.3. Konstruksi Bangunan

No	Konstruksi Bangunan	Indeks B
1	Seluruh bangunan terbuat dari logam (mudah menyalurkan listrik).	0
2	Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atap logam.	1
3	Bangunan dengan konstruksi beton bertulang kerangka besi dan atap bukan logam, bangunan kayu dengan atap bukan logam.	2
4	Bangunan kayu dengan atap bukan logam.	3

Sumber : *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir Untuk Bangunan di Indonesia* (1983, p. 18)

Tabel 2.4. Tinggi Bangunan

No	Tinggi Bangunan Sampai Dengan (m)	Indeks C
1	6	0
2	12	2
3	17	3
4	25	4
5	35	5
6	50	6
7	70	7
8	100	8
9	140	9
10	200	10

Sumber : *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir Untuk Bangunan di Indonesia* (1983, p. 18)

Tabel 2.5. Situasi Bangunan

No	Situasi Bangunan	Indeks D
1	Di tanah datar pada semua ketinggian	0
2	Di kaki bukit sampai $\frac{3}{4}$ tinggi bukit atau di pegunungan hingga 1000 m	1
3	Di puncak gunung atau pegunungan lebih dari 1000 m	2

Sumber : *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir Untuk Bangunan di Indonesia* (1983, p. 19)

Tabel 2.6. Pengaruh Kilat

No	Hari Guruh per Tahun	Indeks E
1	2	0
2	4	1
3	8	2
4	16	3
5	32	4
6	64	5
7	128	6
8	256	7

Sumber : *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir Untuk Bangunan di Indonesia* (1983, p. 19)

Tabel 2.7. Perkiraan Bahaya

<b>R = A + B + C + D + E</b>		<b>Perkiraan Bahaya</b>	<b>Pengamanan</b>
<	11	Diabaikan	Tidak Perlu
=	11	Kecil	Tidak Perlu
	12	Sedang	Agak Dianjurkan
	13	Agak Besar	Dianjurkan
	14	Besar	Sangat Dianjurkan
>	14	Sangat Besar	Sangat Perlu

Sumber : *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir Untuk Bangunan di Indonesia* (1983, p. 19)

Macam-macam teknik penangkal petir adalah :

a. Sistem pangkalan petir

Sistem ini menggunakan ujung metal yang runcing sebagai pengumpul muatan dan diletakkan pada tempat yang tinggi sehingga petir diharapkan menyambar ujung metal tersebut terlebih dahulu. Sistem ini memiliki kelemahan, apabila sistem penyaluran arus petir ke tanah tidak berfungsi, maka ada kemungkinan timbul kerusakan pada peralatan elektronik yang sangat peka terhadap medan *transient*.

b. *Dissipation array sistem* (DAS)

Sistem ini menggunakan banyak ujung runcing (*point discharge*) di mana tiap bagian benda yang runcing akan memindahkan muatan listrik dari benda itu sendiri ke molekul udara sekitar. Sistem ini mengakibatkan beda potensial antara awan dengan bumi menurun sehingga mengurangi kemampuan awan untuk melepaskan muatan listrik.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi dampak dari gangguan petir adalah dengan cara pemasangan instalasi penangkal petir dengan benar. Menurut peraturan umum instalasi penangkal petir untuk bangunan di Indonesia halaman 2, sistem instalasi tersebut dapat dikelompokkan sebagai berikut :

a. Penghantar atas tanah

Adalah penghantar yang dipasang di atas atap sebagai penangkap petir, penghantar pada dinding atau di dalam bangunan sebagai penyalur arus petir ke tanah. Penangkap petir ini adalah penghantar-penghantar di atas atap yang berupa elektroda logam yang dipasang tegak lurus dan mendatar. Tiang-tiang dari logam dapat dimanfaatkan sebagai penangkap petir, sedangkan penghantar penyalurnya adalah penghantar yang terbuat dari logam yang menghubungkan penangkap petir dengan sistem pembumian.

b. Penghantar di dalam tanah

Penghantar di dalam tanah (pembumian) yaitu suatu sistem dengan elektroda-elektroda (dapat berupa elektroda pita, elektroda batang, elektroda mendatar, dan pembumian pondasi) yang saling berhubungan dengan penghantar yang berfungsi untuk menyebarkan arus petir ke dalam tanah.

Tabel 2.8. Radius proteksi dari ketinggian sebuah bangunan

No	Tinggi (m)	Radius Proteksi (m)
1	5	95
2	10	100
3	20	110
4	30	120
5	40	130
6	50	140
7	60	150
8	70	160
9	80	170
10	90	180
11	100	190
12	110	200

Sumber : (\*E.F\*) Energie Friode (bagian : *Lighting Terminal* dan *Fibreglass Mounting*)

## 2.10 Kapasitor Bank

Untuk memperbaiki  $\cos \phi$  digunakan sebuah kapasitor *bank*, karena jika  $\cos \phi$  di bawah dari 0,85 maka akan dikenakan biaya pemakaian kVARh pada pelanggan. Selain memperbaiki  $\cos \phi$ , kapasitor *bank* juga memberikan keuntungan, yaitu :

- Optimasi jaringan (optimasi biaya, penurunan drop tegangan, penurunan rugi-rugi, peningkatan kemampuan jaringan dalam menyalurkan daya).
- Optimasi pengurangan kenaikan arus atau suhu pada kabel sehingga mengurangi rugi-rugi.

Kebutuhan unit kapasitor dapat ditentukan dengan rumusan berikut :

$$Q_c = P (\tan \text{Kapasitor}) \quad (2.11)$$

$$Q_c = P (\tan \phi \text{ awal} - \tan \phi \text{ target})$$

dimana :

$$P = \text{daya aktif (kW)}$$

$$Q_c = \text{unit kapasitor yang dibutuhkan (kVAR)}$$

Besarnya  $(\tan \phi \text{ awal} - \tan \phi \text{ target})$  dapat dilihat pada tabel konversi halaman 8-2 pada katalog ABB 2004 .

Contoh :

Diketahui bahwa suatu perusahaan menginginkan kompensasi  $\cos \phi$  menjadi 0.98. Data-data yang dapat dihimpun adalah  $\cos \phi$  awal 0.7,  $U_n = 400 \text{ VAC}$  dan arus maksimal  $I_b$  yang terukur di sisi *incoming* adalah 1000 A. Tentukan kapasitor yang diperlukan untuk kompensasi ini.

jawaban :

$$P = \sqrt{3} \times U_n \times I_b \times \cos \phi = 1.73 \times 400 \times 1000 \times 0.7 = 484.4 \text{ kW}$$

$$Q_c = P (\text{tg } \phi \text{ awal} - \text{tg } \phi \text{ target})$$

$$= 484400 \times 0.82 = 397.2 \text{ kVAR} \sim 400 \text{ kVAR}$$

Jadi unit kapasitor yang dibutuhkan adalah 50 kVAR x 8 step.

Beban-beban yang mempunyai sifat induktif memakai daya reaktif sehingga mengakibatkan daya aktif yang dipakai lebih kecil dari pada daya nyata. Untuk itu diperlukan beban yang mempunyai sifat kapasitif yaitu dengan menggunakan kapasitor bank.

$\cos \phi$  yang rendah harus dihindari karena menimbulkan kerugian sebagai berikut :

a. Daya yang dibutuhkan menjadi sangat besar

Sebagai contoh :

Bangunan dengan total = 200 kW

- Bila  $\cos \phi = 0,7$

maka daya yang dibutuhkan adalah :

$$200/0,7 = 285,714 \text{ kVA}$$

- Bila  $\cos \phi = 0,95$

maka daya yang dibutuhkan adalah :

$$200/0,95 = 210 \text{ kVA}$$

Dapat disimpulkan bahwa sistem dengan  $\cos \phi$  mendekati 0 akan membutuhkan daya yang lebih besar dibandingkan sistem dengan  $\cos \phi$  mendekati 1.

b. Kerugian daya

Bila  $\cos \phi$  rendah maka diperlukan arus listrik yang lebih besar dalam penghantar daya listrik pada sepanjang kabel instalasi sehingga mengakibatkan kehilangan daya dan penurunan tegangan yang besar.

Umumnya kapasitor yang ada dipasarkan berkisar pada 10.4 kVAR 400V, 12.5 kVAR 400V, 15 kVAR 400V, 20 kVAR 400V, 25 kVAR 400V, 50 kVAR 400V, 100 kVAR 400V. Oleh karena itu kapasitas kapasitor yang terpasang haruslah kelipatan dari angka-angka tersebut. Misalnya kapasitas yang dibutuhkan adalah 200 kVAR maka kapasitor yang digunakan adalah 4 x 50 kVAR (Schneider – Katalog Kapasitor Bank).

## 2.11 Transformator

Transformator adalah alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain melalui suatu gandengan magnet berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Transformator secara umum terdiri dari sebuah inti yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Rasio perubahan tegangan akan tergantung pada rasio jumlah lilitan pada kedua kumparan itu. Trafo-trafo daya ditanahkan pada titik netral sesuai dengan kebutuhan untuk sistem pengamanan. Transformator diproduksi dengan terlebih dahulu melalui pengujian sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

### 2.11.1 *Transformator Instrument*

Di dalam penerapan penggunaan trafo tidaklah aman menghubungkan instrumen, alat ukur dan peralatan kendali langsung ke rangkaian tegangan tinggi. Transformator instrumen secara umum digunakan untuk mengurangi tegangan dan arus yang tinggi hingga aman dan dapat dipergunakan untuk peralatan pengukuran. Transformator instrumen memiliki dua fungsi, yaitu :

- a. Sebagai alat perbandingan (*ratio device*) yang memungkinkan untuk menggunakan alat ukur dan instrumen tegangan rendah dan arus rendah.
- b. Sebagai alat pemisah (*insulating device*) untuk melindungi peralatan dan operator dari tegangan tinggi.

Ada 2 macam transformator instrumen, yaitu :

- a. *Transformator arus*

*Transformator arus* merupakan alat untuk sensor arus, *transformator arus* berfungsi untuk mengukur arus pada saluran dengan memberikan perbandingan, dimana output dari bagian sekunder trafo arus selalu sebesar 5 A atau 1 A. Besar arus yang dapat diukur oleh trafo arus ini tergantung oleh harga  $k$ , yaitu harga perbandingan antara arus primer dengan arus sekunder. Untuk mengetahui nilai arus yang ingin diukur adalah dengan cara memasukkan busbar atau kabel yang akan diukur ke dalam lubang trafo arus, lalu bagian output dapat langsung diambil dari tap yang tersedia.

b. *Transformator* Tegangan

*Transformator* tegangan bekerja dengan prinsip yang sama dengan *Transformator* arus, tetapi yang ditransformasikan adalah tegangan (dari tegangan tinggi ke tegangan rendah) untuk menghindari bahaya resiko sengatan tegangan tinggi (Nono Moelyono. W 49)

### 2.11.2 *Transformator* Distribusi

Secara umum trafo adalah suatu alat untuk memindahkan daya listrik arus bolak-balik AC (*alternating current*) dari suatu rangkaian ke rangkaian lainnya secara induksi elektromagnetik.

Trafo distribusi merupakan trafo yang memiliki kapasitas daya lebih kecil dari pada trafo gardu induk, dan berperan untuk mentransformasikan tegangan menengah (tegangan *Output* dari trafo gardu induk) ke tegangan rendah yang kemudian disalurkan ke beban.

### 2.12 Panel

Panel adalah suatu kotak yang berfungsi untuk menempatkan peralatan proteksi listrik seperti *circuit breaker*, *reel circuit breaker*, *busbar*, *current transformer*, *potential transformer*, peralatan ukur tegangan dan arus. Peralatan-peralatan tersebut, seperti *circuit breaker* dibagi-bagi dengan baik menjadi petak-petak tersusun, yaitu mendatar dan tegak.

Dalam pemilihan panel distribusi ada beberapa kriteria yang harus dipertimbangkan, kriteria tersebut digolongkan menjadi tiga kategori, yaitu sebagai berikut (Siep G. Gunter 128) :

a. Arus

- Rating arus dari *incoming feed*
- Rating arus dari *outgoing feeder*
- Besar nilai hubung singkat dari *busbar*

b. Tingkat proteksi dan jenis instalasi

- Tingkat proteksi terhadap kejut listrik (*safety class*)
- Material dari pelindung
- Jenis dari fasa operasional (1 fasa atau 3 fasa)

### 2.12.1 Panel Distribusi

Panel distribusi ini dibagi menjadi dua tingkatan, yaitu :

a. *Main distribution* panel (MDP)

Panel ini menghubungkan tenaga listrik dari sumber tegangan menengah (1kV-20 kV) dengan *sub distribution panel* (SDP) dan disuplai langsung oleh *transformator* atau genset. Untuk tiap bagian busbar diberi pengamanan *air circuit breaker* (ACB) dan sebelum masuk ke SDP juga diberi pengamanan *moulded case circuit breaker* (MCCB) atau ACB, tergantung berapa arus yang akan dilewatkan.

b. *Sub Distribution* Panel (SDP)

Panel ini menghubungkan tenaga listrik dari MDP menuju satu area tertentu yang dapat terdiri atas beberapa *group*. Sebelum menuju ke *group-group* tertentu juga diberi pengamanan yang secara umum berupa MCB atau MCCB, tergantung berapa arus yang dilewatkan.

Panel distribusi terdiri atas beberapa komponen yang secara umum sama untuk semua jenis panel distribusi. Komponen-komponen tersebut adalah :

a. *Busbar*

*Busbar* adalah batang konduktor yang terbuat dari aluminium atau tembaga berbentuk persegi panjang. Fungsi *busbar* adalah untuk mempermudah *wiring* di dalam panel dengan mengelompokkan masing-masing fasa ke dalam batangan *busbar*. Untuk mengambil daya listrik dari *busbar* kabel dipasang *cable scun* (sepatu kabel) untuk dipasangkan pada bagian *busbar* yang sudah dilubangi. Untuk mencegah korosi, *busbar* di-*vekrum* dengan warna yang berbeda-beda. Menurut standar PUIL pengelompokkan warna tersebut adalah sebagai berikut :

- Warna merah untuk fasa R
- Warna kuning untuk fasa S
- Warna hitam untuk fasa T
- Warna biru untuk fasa N

Berikut adalah tabel pengelompokan ukuran *busbar* menurut besar arus yang melewatinya :

Tabel 2.9. Pembebanan Penghantar Untuk Tembaga Penampang Persegi  
Arus Bolak-Balik

Ukuran	Penampang	Berat	Pembebanan kontinu (A)							
			Arus Bolak-balik							
			Dilapisi lapisan konduktif Jumlah batang				Telanjang Jumlah batang			
Mm	mm <sup>2</sup>	kg/m	1	2	3	4	1	2	3	4
12 x 2	24	0.23	123	202	-	-	100	182	-	-
15 x 2	30	0.27	148	240	-	-	128	252	-	-
15 x 3	45	0.4	187	316	-	-	162	282	-	-
20 x 2	40	0.36	205	350	-	-	185	315	-	-
20 x 3	60	0.53	237	394	-	-	204	384	-	-
20 x 5	100	0.89	325	470	-	-	290	495	-	-
25 x 3	75	0.67	287	766	-	-	245	412	-	-
25 x 5	125	1.11	385	670	-	-	350	600	-	-
30 x 3	90	0.8	350	600	-	-	315	540	-	-
30 x 5	150	1.34	448	760	-	-	379	672	-	-
40 x 3	120	1.07	460	780	-	-	420	710	-	-
40 x 5	200	1.78	576	952	-	-	482	836	-	-
40 x 10	400	3.56	865	1470	2060	2800	715	1290	1650	2500
50 x 5	250	2.23	703	1140	1750	2310	588	994	1550	2100
50 x 10	500	4.46	1050	1720	2450	3330	852	1510	2200	3000
60 x 5	300	2.67	825	1400	1983	2650	750	1300	1800	2400
60 x 10	600	5.34	1230	1960	2800	3800	985	1720	2500	3400
80 x 5	400	3.56	1060	1800	2450	3300	950	1650	2700	2900
80 x 10	800	7.2	1590	2410	3450	4600	1240	2110	3100	4200
100 x 5	500	4.45	1310	2200	2950	3800	1200	2000	2800	3400
100x10	1000	8.9	1940	2850	4000	5400	1490	2480	3600	4800

Sumber: Sumber: Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000, Jakarta: Badan  
Standarisasi Nasional, 2000, p.235

b. *Metering*

*Metering* terdapat pada panel-panel untuk mengetahui berapa tegangan kerja dari sistem yang ditangani oleh suatu panel dan berapa arus yang dibutuhkan beban dari sistem tersebut. *Metering* yang sering terdapat pada panel-panel adalah voltmeter dan ampere meter.