



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Instalasi Listrik**

Instalasi listrik adalah sebuah sistem yang digunakan untuk menyalurkan energi listrik untuk memenuhi kebutuhan manusia dalam kehidupannya. Instalasi listrik terdiri atas instalasi penerangan, Instalasi PHB, Gawai Proteksi dan Penumbumian. Rancangan instalasi listrik ialah berkas gambar rancangan dan uraian teknik yang digunakan sebagai pedoman untuk melaksanakan pemasangan suatu instalasi listrik<sup>13</sup>. Rancangan instalasi listrik harus mengacu berdasarkan ketentuan PUIL 2000 dan peraturan lain yang terkait seperti Undang – Undang Nomor 15 tahun 2002 tentang Ketenagalistrikan.

#### **2.2 Prinsip Dasar Instalasi Listrik**

Perencanaan instalasi penerangan harus memenuhi ketentuan yang ada pada PUIL. Selain itu agar instalasi yang di pasang dapat di gunakan secara optimal harus memenuhi hal-hal mendasar yaitu sebagaai berikut:

1. Keandalan

Kelangsungan kerja suatu instalasi listrik dapat dicapai, apabila instalasi listrik direncanakan sedemikian rupa sehingga kemungkinan terputusnya atau terhentinya aliran listrik dangat kecil. Kalau masih terjadi gangguan yang mengakibatkan terhentinya aliran listrik, maka gangguan tersebut harus mudah dan cepat diatasi atau diperbaiki.

2. Ketersedian

Suatu instalasi yang baik harus memiliki kesiapan untuk melayani kebutuhan, yaitu daya yang digunakan pada setiap ruangan, jenis pengaman terhadap suatu gangguan arus listrik dan suplai energi listrik yang untuk perluasan.

3. Keindahan

---

<sup>3</sup> PUIL 2000, 4.1.2.1



Instalasi listrik juga harus disusun sedemikian rupa, sehingga terlihat rapi dan indah untuk dipandangberlaku.

#### 4. Ketercapaian

Instalasi yang baik harus memperhatikan pengguna dan sekitarnya. Instalasi listrik harus mudah dijangkau oleh pengguna, agar saat terjadi gangguan pengguna dapat langsung menjangkau masalah tersebut. Selain itu tata letak pemasangan komponen juga harus mudah dijangkau untuk pengoperasian untuk on dan off.

#### 5. Keamanan

Suatu instalasi listrik dikatakan Suatu instalasi listrik dikatakan aman, apa bila tidak membahayakan bagi manusia terjamin benda-benda disekitarnya, dari kerusakan akibat adanya gangguan listrik. Gangguan listrik tersebut seperti; gangguan tegangan lebih, beban lebih, gangguan hubungan singkat dan sebagainya.

#### 6. Ekonomis

Syarat instalasi listrik dikatakan ekonomis apabila harga keseluruhan instalasi listrik tersebut, ongkos pemasangan dan ongkos pemeliharaan semurah mungkin. Rugi daya listrik yang hilang serendah mungkin. Oleh karena itu instalasi listrik harus direncanakan sesederhana mungkin, agar alat-alat yang dipakai sedikit.

### **2.3 Standarisasi dan Peraturan**

Standarisasi merupakan hal penting dalam perencanaan instalasi listrik, tujuan dari standarisasi adalah mencapai keseragaman mengenai ukuran, bentuk dan mutu barang, dan cara menggambar dan cara kerja. Sementara dalam perancangan instalasi listrik juga terdapat peraturan. Tujuan dari peraturan – peraturan ini adalah pengaman terhadap manusia dan benda kerja, penyediaan tenaga listrik yang aman dan efisien, dan pendistribusian listrik dapat digunakan seaman mungkin.



## 2.4 Penghantar

Penghantar adalah benda untuk mengantarkan arus listrik. Penghantar biasanya berupa kawat (tanpa isolasi) dan kabel (penghantar yang dilindungi isolasi). Penghantar atau kabel yang sering digunakan untuk instalasi listrik penerangan umumnya adalah kabel terbuat dari tembaga. Fungsi penghantar ialah untuk menyalurkan energi listrik dari sumber listrik satu titik beban listrik ke titik beban listrik yang lain.<sup>4</sup> Pada instalasi ada 3 jenis kabel yang sering digunakan yaitu kabel instalasi, kabel tanah dan kabel fleksibel.

Kabel instalasi yaitu kabel yang digunakan pada instalasi penerangan atau jenis kabel yang banyak digunakan pada rumah tinggal. Kabel instalasi biasanya menggunakan kabeal NYA dan NYM. Pada penggunaanya kabel NYA menggunakan pipa untuk melindungi secara mekanis ataupun melindungi dari air dan kelembaban yang dapat merusak kabel tersebut. PUIL tahun 2000 mengatur satuan ukuran nominal kabel dalam mm<sup>2</sup>, seperti 1,5 mm<sup>2</sup>, 2,5 mm<sup>2</sup>, sampai dengan seterusnya. Pengertian ukuran nominal adalah luas penampang dari inti kabel penghantar. Pengaturan selengkapnya dapat dilihat pada tabel PUIL berikut.

**Tabel 2.1 Pengenal Inti atau Rel**

Inti atau Rel	Pengenal		
	Dengan Huruf	Dengan Angka	Dengan Warna
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
A. Instalasi arus bolak balik :			
- Fase 1	L1/R		Merah
- Fase 2	L2/S		Kuning
- Fase 3	L3/T		Hitam
- Netral	N		Biru
B. Instalasi Perlengkapan Listrik			
- Fase 1	L1/R	U/X	Merah

<sup>4</sup> Agus Adiarta, "Dasar-Dasar Instalasi Listrik", hlm. 84



- Fase 2	L2/S	V/Y	Kuning
- Fase 3	L3/T	W/Z	Hitam
C. Instalasi arus searah			
- Positif	L+	+	Tidak ditetapkan
- Negatif	L-	-	Tidak ditetapkan
- Kabel tengah	M		Biru
D. Penghantar Netral	N		Biru
E. Penghantar/Pembumihan	PE		Loresng Hijau Kuning

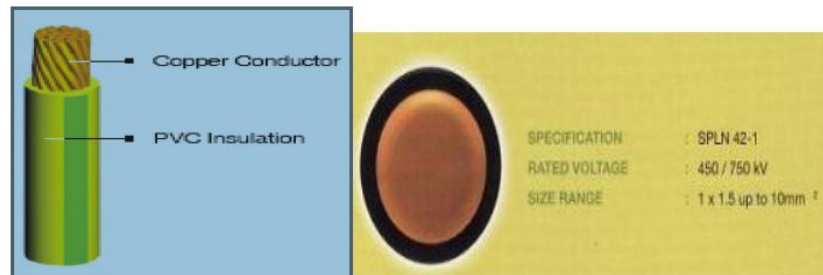
*Sumber: SNI, BSN, PUIL 2000*

Pada dasarnya kabel listrik pasti memiliki life time, yang lama masa pakai tergantung kualitas kabel itu sendiri, di mana kualitas juga selalu berhubungan dengan harga. Biasanya lifetime kabel listrik berkisar antara 10-15 tahun. Dalam rentang waktu penggunaan kabel, sampai melewati lifetime-nya, tentu nilai maksimum KHA akan menurun karena kekuatan isolasi inti penghantar pada kabel juga menurun. Jenis kabel yang biasanya digunakan dalam instalasi listrik adalah:

#### 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<sup>5</sup>.

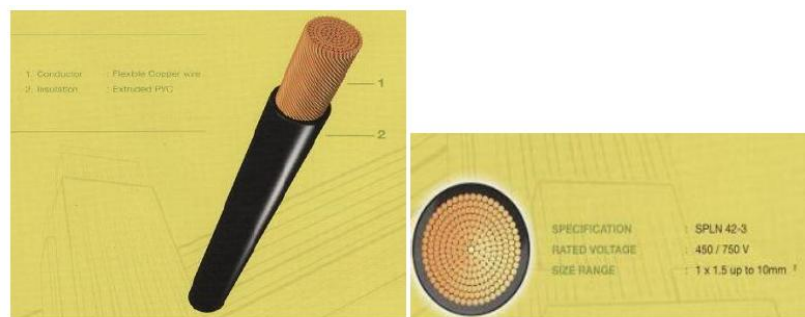
<sup>5</sup> <http://www.anekabel.com/product/2/5/NYA-Cable>



**Gambar 2.1 Konstruksi Kabel NYA<sup>6</sup>**

## 2. Kabel NYAF

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



**Gambar 2.2 Konstruksi Kabel NYAF<sup>7</sup>**

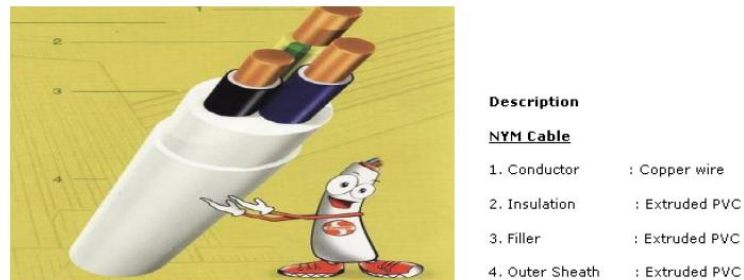
Sumber : <http://www.anekabel.com/product/2/5/NYA-Cable>

## 3. 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.

<sup>6</sup> <http://www.anekabel.com/product/2/5/NYA-Cable>

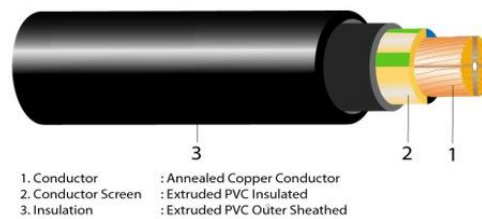
<sup>7</sup> <http://www.anekabel.com/product/2/5/NYA-Cable>



**Gambar 2.3 Konstruksi Kabel NYM<sup>8</sup>**

#### 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.



**Gambar 2.4 Konstruksi Kabel NYY**

#### 5. Kabel NYFGbY

Selain itu untuk instalasi kabel tanah juga menggunakan kabel tanah termo plastik berperisai yaitu 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.

<sup>8</sup> <http://www.anekabel.com/product/2/5/NYA-Cable>



**Gambar 2.5 Konstruksi Kabel NYFGbY**

#### 2.4.1 Pemilihan Penghantar

Pemilihan penghantar Kemampuan Hantar Arus (KHA) Penghantar dan Arus Nominal pengendali dan pengamanan. Luas penampang dan jenis penghantar yang dipasang dalam suatu instalasi ditentukan berdasarkan pertimbangan: kemampuan hantar arus, kondisi suhu, susut tegangan, sifat lingkungan, kekuatan mekanis, dan kemungkinan perluasan. Semua penghantar harus mempunyai KHA sekurang – kurangnya sama dengan arus yang mengalir melaluinya, yang ditentukan sesuai dengan kebutuhan arus maksimum yang ditaksir atau dihitung<sup>9</sup>.

#### 2.4.2 Kemampuan Hantar Arus

Kemampuan hantar arus adalah batas arus maksimum yang dapat dialirkan secara kontinyu pada keadaan tertentu tanpa mengakibatkan kenaikan suhu melampaui nilai tertentu. Penghantar sirkit akhir yang menyuplai motor tunggal tidak boleh mempunyai KHA kurang dari 125% arus pengenal beban penuh, disamping itu untuk jarak jauh perlu digunakan penghantar yang cukup ukurannya hingga tidak terjadi susut tegangan yang berlebihan<sup>10</sup>. KHA dari setiap kabel akan menentukan luas penampang penghantar yang akan digunakan.

Arus nominal yang melewati penghantar dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut :

Untuk arus AC satu Fasa

$$I = \frac{P}{V \times \cos \phi} \text{ A} \dots\dots\dots [2.1]$$

Untuk arus AC tiga fasa

<sup>9</sup> Agus Adiarta, “Dasar-Dasar Instalasi Listrik”, hlm. 87

<sup>10</sup> PUIL 2000, 5.3.3.1



$$I = \frac{P}{V \times \cos \phi \times \sqrt{3}} \text{ A} \dots\dots\dots [2.2]$$

Keterangan :

I = Arus Nominal (A)

V = Tegangan (volt)

P = Daya Aktif (watt)

$\cos \phi$  = Faktor daya

Menentukan KHA pada Penghantar

$$\text{KHA} = I \times 1,25 \dots\dots\dots [2.3]$$

Keterangan :

I = Arus Nominal (A)

Setelah nilai KHA ditentukan, maka untuk penentuan penampang kabel mengacu pada tabel 2.2 sesuai standar PUIL<sup>11</sup>. Nilai KHA tersedia pada kabel yang memiliki inti tunggal, dua, tiga dan empat. Terdapat keterangan Luas Penampang (mm<sup>2</sup>) dan rating arusnya sesuai dengan kebutuhan. Tabel 2.2 dan Tabel 2.3 adalah standarisasi PUIL untuk penghantar pada penelitian kali ini. Tabel ini dilampirkan sebagai berikut.

**Tabel 2.2 KHA untuk Kabel NYM**

Jenis kabel	Luas penampang	KHA terus menerus	KHA pengenal gawai proteksi
	mm <sup>2</sup>	A	A
1	2	3	4
	1,5	18	10
	2,5	26	20
	4	34	25
	6	44	35
	10	61	50
NYIF	16	82	63
NYIFY			
NYPLYw	25	108	80
NYM/NYM-0	35	135	100
NYRAMZ	50	168	125
NYRUZY			
NYRUZYr	70	207	160
NHYRUZY	95	250	200
NHYRUZYr	120	292	250
NYBUY			
NYLRZY, dan	150	335	250
Kabel fleksibel	185	382	315
berisolasi PVC	240	453	400
	300	504	400
	400	-	-
	500	-	-

<sup>11</sup> PUIL 2000,



**Tabel 2.3 KHA untuk Kabel NYY dan NYFGbY**

Jenis kabel	Luas penampang mm <sup>2</sup>	KHA terus menerus					
		Berinti tunggal		Berinti dua		Berinti tiga dan empat	
		di tanah	di udara	di tanah	di udara	di tanah	di udara
1	2	A	A	A	A	A	A
	1,5	40	26	31	20	26	18,5
	2,5	54	35	41	27	34	25
	4	70	46	54	37	44	34
	6	90	58	68	48	56	43
NYY	10	122	79	92	66	75	60
NYBY	16	160	105	121	89	98	80
NYFGbY							
NYRGbY	25	206	140	153	118	128	106
NYCY	35	249	174	187	145	157	131
NYCWY	50	296	212	222	176	185	159
NYSY							
NYCEY	70	365	269	272	224	228	202
NYSEY	95	438	331	328	271	275	244
NYHSY	120	499	386	375	314	313	282
NYKY							
NYKBY	150	561	442	419	361	353	324
NYKFGbY	185	637	511	475	412	399	371
NYKRGbY	240	743	612	550	484	464	436
	300	843	707	525	590	524	481
	400	986	859	605	710	600	560
	500	1125	1000	-	-	-	-

## 2.5 Pengaman

Pengaman adalah komponen elektrik yang berfungsi untuk proteksi aliran arus listrik yang dimulai dari arus incoming pada PHB menuju beban. Komponen pengaman biasanya berupa Circuit Breaker atau Sekering. Circuit Breaker adalah komponen pemutus dan penghubung aliran arus dimana pemutusan arusnya bisa terjadi melalui operasi manual ataupun secara otomatis. Adapun simbol circuit breaker adalah seperti pada gambar berikut.

**Gambar 2.6 Simbol Circuit Breaker**

Pada komponen pengaman pemutusan arus yang terjadi secara otomatis disebut juga dengan istilah trip. Trip yang terjadi pada sebuah komponen pengaman ada tiga jenis, yaitu :



1. Thermal Trip, adalah trip breaker yang disebabkan adanya over current atau arus yang mengalir ke beban melebihi dari kapasitas arus nominal ( $I_n$ ) dari circuit breaker.
2. Magnetic Trip, adalah trip breaker yang disebabkan adanya hubung singkat atau short circuit dimana arus yang mengalir pada breaker sangat besar sehingga trip breaker terjadi beberapa milidetik setelah terjadinya arus short circuit (ISC).
3. Earth leakage trip, Proses trip dimana trip ini terjadi akibat adanya arus bocor yang pada umumnya terjadi akibat rusaknya isolasi kabel atau isolasi kabel yang berkualitas rendah, kelembaban udara yang tinggi atau basah, dan tersentuh oleh manusia.

Komponen yang biasanya ada pada perancangan instalasi listrik adalah :

1. MCB (Miniature Circuit Breaker)
2. MCCB (Moulded Case Circuit Breaker)
3. ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker)

### **2.5.1 MCB (*Miniature Circuit Breaker*)**

MCB adalah suatu rangkaian pemangma yang dilengkapi dengan komponen thermis (bimetal) untuk pengaman terhadap beban lebih dan juga dilengkapi dengan komponen elektromagnetis untuk pengaman terhadap hubung singkat. MCB banyak digunakan untuk pengaman sirkit satu fase dan tiga fase.

MCB (Miniature Circuit Breaker) yang berfungsi sebagai switch pembatas arus akibat dari kenaikan daya/tegangan yang melebihi batas dan/atau hubung singkat. Biasanya arus nominal yang terdapat pada MCB adalah 1A, 2 A, 4 A, 6 A, 10 A, 16 A, 20 A, 25A, 32 A, dan lain sebagainya. Komponen panel listrik ini biasanya terbatas pada arus nominal kecil sampai dengan  $\leq 63$  A. Untuk pole dari MCB terdiri dari 1P, 2P, 3P, dan 4P. Berdasarkan penggunaan dan daerah kerjanya, MCB dapat digolongkan menjadi 5 jenis ciri yaitu :



- Tipe Z (rating dan breaking capacity kecil) Digunakan untuk pengaman rangkaian semikonduktor dan trafo-trafo yang sensitif terhadap tegangan.
- Tipe K (rating dan breaking capacity kecil) Digunakan untuk mengamankan alat-alat rumah tangga.
- Tipe G (rating besar) untuk pengaman motor.
- Tipe L (rating besar) untuk pengaman kabel atau jaringan.
- Tipe H untuk pengaman instalasi penerangan bangunan

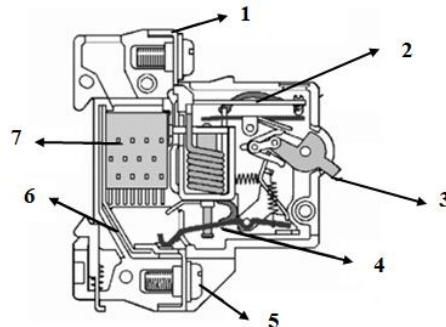


Sumber : <https://www.se.com/id/id/>

**Gambar 2.7 Miniature Circuit Breaker**

Pada MCB terjadi pemutusan arus secara otomatis disebut juga dengan istilah *trip*. Trip yang terjadi pada sebuah circuit breaker ada tiga jenis trip yaitu ***Thermal trip*** adalah trip breaker yang disebabkan adanya over current. ***Magnetic trip*** adalah trip breaker yang disebabkan adanya hubung singkat atau short circuit, ***Thermal trip dan Magnetic trip*** adalah trip pada breaker yang bertujuan untuk proteksi arus lebih pada beban dan proteksi hubung singkat yang kedua proteksi ini berfungsi untuk menghindari resiko kerusakan.

Secara umum MCB bekerja berdasarkan 2 buah keping bimetal yang memiliki koefisien muai yang berbeda untuk memutuskan rangkaian. Ketika dialiri arus listrik keping bimetal ini akan menerima panas sehingga *Batang Bimetal* [2] akan melekung secara terus, lengkungannya ini menyebabkan *Trip Lever* [3] bergerak sehingga lengan kontak [4] bergerak memutuskan rangkaian.



**Gambar 2.8 Bagian Bagian MCB**

Keterangan Gambar :

1. Terminal Utama
2. Batang Bimetal
3. Tuas Utama
4. Kontak Tetap
5. Terminal Koneksi
6. Plat Penahan Busur Api
7. Pemadam Busur Api

### **2.5.2 MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker*)**

MCCB merupakan salah satu alat pengaman yang dalam proses operasinya mempunyai dua fungsi yaitu sebagai pengaman dan sebagai alat untuk penghubung. Jika dilihat dari segi pengaman, maka MCCB dapat berfungsi sebagai pengaman gangguan arus hubung singkat dan arus beban lebih. Pada jenis tertentu pengaman ini, mempunyai kemampuan pemutusan yang dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan.



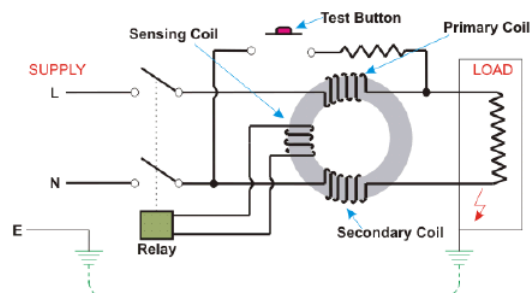
**Gambar 2.9 Moulded Case Circuit Breaker**

### 2.5.3 ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*)

Earth fault/leakage *protection system* adalah sistem proteksi untuk memutus aliran arus listrik saat terdeteksi adanya arus fault ke tanah/earth. Komponen yang berfungsi sebagai pemutus saat terjadi arus fault ke tanah disebut dengan ELCB (earth leakage circuit breaker) atau RCCB (residual current circuit breaker).



**Gambar 2.10 ELCB Legrand**



**Gambar 2.11 Prinsip Kerja ELCB**



Prinsip kerja ELCB dapat dijelaskan secara sederhana pada gambar 10. Pada saat tidak ada arus earth fault maka konfigurasi gulungan primary coil dan secondary coil yang arahnya berlawanan akan menyebabkan flux magnetis pada toroida adalah nol. Apabila ada terjadi earth fault maka ada perbedaan nilai arus yang mengalir pada primary coil dan secondary coil dimana arus primer lebih besar (arus primer = arus beban + arus earth fault; arus secondary = arus beban).

Perbedaan nilai arus pada kedua coil tersebut akan menyebabkan flux magnetis pada toroida yang akan mengenergize sensing coil untuk melepas mekanis breaker relay untuk trip dan memutus arus listrik ke beban. Sensitivitas pendeteksian earth leakage disetting pada nilai tertentu tergantung fungsi proteksi yang diperlukan. Secara umum ELCB disetting pada nilai 30 mA dan 300 mA. ELCB 30mA di gunakan untuk proteksi terhadap manusia yg biasanya di instalasi untuk stop kontak dan ELCB 300 mA digunakan untuk proteksi arus bocor ke tanah pada penginstalasian rumah atau gedung dengan skala yang kecil. Sedangkan untuk skala beban beban yang besar digunakan *earth fault protection device* yang memiliki nilai setting yang lebih besar.

## 2.6 Kotak Hubung Bagi (PHB)

PHB adalah box panel yang didalamnya terdiri dari MCB (Miniature Circuit Breaker) yang berfungsi sebagai penghubung atau penyalur arus listrik dari sumber APP dan pembagi arus listrik ke beban listrik (lampu, kotak kontak, dan lain lain). Kotak hubung bagi harus dari bahan yang tidak dapat terbakar, tahan lembab dan kokoh. Perlengkapan hubung bagi harus dipasangkan di tempat yang mudah dicapai dari jalan masuk bangunan<sup>12</sup>. PHB utama atau panel untuk kendali jarak jauh dari sakelar utama sesuai dengan<sup>13</sup> harus ditempatkan tidak lebih jauh dari satu tingkat di atas atau di bawah jalan masuk gedung dan harus dapat dicapai dengan mudah dari jalan masuk. PHB harus:

1. Dipasang di lokasi yang cocok, yang kering dengan ventilasi yang cukup, kecuali bila PHB dilindungi terhadap lembab, dan

<sup>12</sup> Agus Adiarta, "Dasar-Dasar Instalasi Listrik", hlm. 88

<sup>13</sup> PUIL 4.8.1.5



2. Ditempatkan sedemikian hingga PHB dan pencapaiannya tidak terhalang oleh bagian atau isi gedung atau bagian lainnya dalam gedung.

Pada saluran masuk PHB yang berdiri sendiri harus sekurang kurangnya satu sakelar. Kemampuan hantar arus sakelar ini harus sekurang kurangnya sama dengan arus nominal pengamannya tetapi tidak boleh kurang dari 10 Ampere.

Pada hantaran netral tidak boleh dipasangkan pengamnan arus, kecuali bila potensial hantaran netralnya tidak selalu mendekati potensial. Pada keadaan berikut ini :

1. Jika saluran keluar memberi suplai kepada lebih dari dua PHB lain.
2. Jika saluran keluar memberi suplai kepada lebih dari dua motor atau lebih dari dua peralatan listrik tegangan rendah
3. Jika saluran keluar dihubungkan dengan lenih dari dua kotak konrak yang masing masing sebesar 16 Ampere.
4. Jika arus nominal saluran keluar sama dengan atau melebihi 100A atau 100A per fase, maka pada saluran keluar permukaan PHB harus dipasangkan sakelar keluar.



**Gambar 2.12** Perlengkapan Hubung Bagi

## 2.7 Sakelar

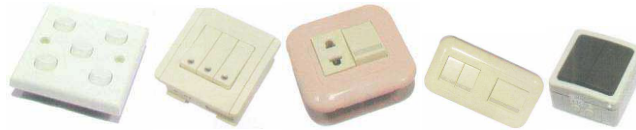
Sakelar digunakan memutuskan dan menghubungkan rangkaian. Menurut PUIL sakelar adalah gawai untuk menghubungkan dan memutuskan rangkaian



dan mengubahnya menjadi berbeban atau tidak. Sakelar mempunyai nilai nominal mengenai arus dan, tegangan dan, kutub dan jumlah beroperasi.

Arus nominal sakelar adalah besarnya arus yang dapat mengalir terus menerus dan pemutusan tanpa menyebabkan kerusakan. Setiap sakelar yang melayani irkit utama atau sirkit cabang harus mempunyai arus nominal tidak kurang dari kebutuhan arus maksimum dari bagian instalasi yang dilayani sirkit bersangkutan.

Sakelar ada kalanya juga disebut dengan sakelar beban, memiliki pemutusan sesaat. Pada saat sakelarnya akan membuka untuk memutuskan rangkaian dalam waktu dekat yang sangat pendek. Jadi kecepatan pemutusannya ditentukan oleh pegas dan tidak tergantung pada pelayanan. Karena cepat pemutusannya, kemungkinan timbulnya busur api antara kontak – kotak pemutusan hanya kecil. Berbeda dengan pemisah, sakelar (beban) dapat digunakan untuk memutuskan rangkaian dalam keadaan berbeban.



**Gambar 2.13 Sakelar**

Sakelar dan pemisah harus memenuhi beberapa persyaratan yang ditetapkan PUIL, antara lain:

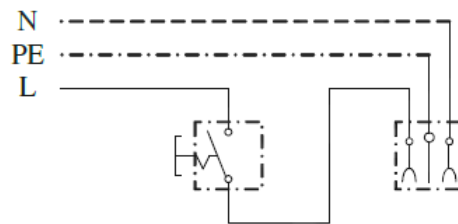
1. Harus dapat dilayani secara aman tanpa memerlukan alat barang.
2. Jumlahnya harus sedemikian hingga semua pekerjaan pelayanan, pemeliharaan dan perbaikan pada instalasi dapat dilakukan dengan aman.
3. Dalam keadaan terbuka, bagian – bagian sakelar atau pemisah yang bergerak harus tidak bertegangan.
4. Harus tidak dapat menghubungkan dengan sendirinya karena pengaruh gaya berat.
5. Kemampuan sakelar sekurang-kurangnya harus sesuai dengan daya alat yang dihubungkannya, tetapi tidak boleh kurang dari 5A.





### 2.7.1 Pengawatan Sakelar Tunggal

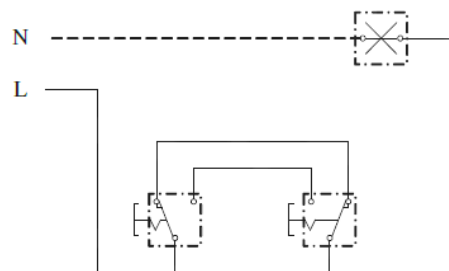
Pengawatan saklar tunggal Saklar tunggal digunakan untuk pengoperasian penerangan satu arah. Saklar ini mempunyai dua posisi pengoperasian, yaitu mengatur untuk ON dan OFF. Dalam instalasi penerangan yang dipakai gedung ini



**Gambar 2.14 Pengawatan Sakelar Tunggal**

### 2.7.2 Pengawatan Sakelar Tukar

Saklar tukar dipakai untuk sistem pengaturan dua arah. Yang dimaksud dengan sistem pengaturan dua arah tersebut adalah untuk menghidupkan dan mematikan rangkaian dari suatu pemakai, di mana pengoperasiannya dapat dilakukan dari dua tempat secara terpisah. Pada setiap pengoperasian dari salah satu saklar akan mengganti keadaan kerja dari pemakai.



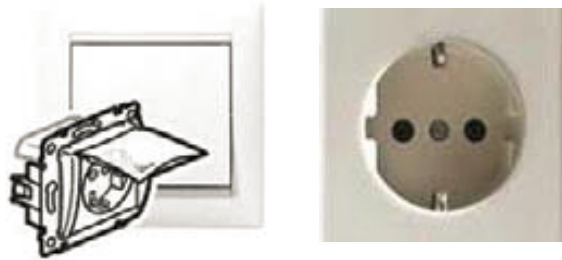
**Gambar 2.15 Pengawatan Sakelar Tukar**

## 2.8 Kotak Kontak

Kotak kontak adalah suatu alat yang mempunyai kontak untuk hantaran/kawat fasa dan kontak untuk hantaran/kawat nol yang dihubungkan dari hantaran PLN. Stop kontak ini bisa terpasang antara lain seperti pada dinding



dimana ada yang tertanam dan ada juga dipasang biasa. Maksud dipasangnya stop kontak pada dinding seperti yang terdapat biasanya pada rumah tinggal atau gedung ialah untuk memudahkan kita mendapatkan tegangan yang kita perlukan misalnya untuk TV, AC, Lemari Kulkas dan lain-lain sebagainya. Bentuk stop kontak dapat dilihat pada gambar 2.10 dibawah ini.



**Gambar 2.16 Bentuk Stop Kontak**

Dalam PUIL 2000, stop kontak dinamakan KKB (Kotak Kontak Biasa) dimana KKB ini dipasang untuk digunakan sewaktu-waktu (tidak secara tetap bagi piranti listrik jenis apapun yang memerlukannya, asalkan tidak melebihi batas kemampuannya. Menurut PUIL, kontak tusuk harus dibuat dari bahan yang tidak dapat terbakar dan tahan lembab, dan harus cukup kuat. Kontak tusuk konsentris untuk 16A atau kurang yang digunakan untuk tegangan rumah juga boleh dibuat dari kayu keras<sup>14</sup>.

Menurut PUIL, penggunaan dan pemasangan kontak tusuk terdapat ketentuan yang perlu diperhatikan, antara lain :

1. Kotak kontak dinding fase – satu harus dipasang sedemikian hingga kontak netralnya berada disebelah kanan.
2. Kotak kontak dinding yang dipasang kurang dari 1,25 meter diatas permukaan lantai harus dipasang dengan tutup.
3. Kotak kontak yang dipasang di lantai harus ditempatkan tertutup di dalam kotak lantai yang khusus untuk penggunaan itu.
4. Kotak kontak dinding dengan kontak pengaman harus dipasang dengan hantaran pengaman.

<sup>14</sup> Agus Adiarta, “Dasar-Dasar Instalasi Listrik”, hlm. 91



5. Di dalam ruangan yang diperlengkapi dengan kotak kontak dengan kontak pengaman, tidak boleh dipasang kontak tanpa kontak pengaman, kecuali kotak kontak untuk tegangan rendah pengaman dan untuk pemisahan pengaman.
6. Pada satu tusuk kontak hanya boleh dihubungkan satu kabel yang dapat dipindah – pindahkan.
7. Kemampuan kotak kontak harus sekurang – kurangnya sesuai dengan daya alat yang dihubungkan padanya, tetapi tidak boleh kurang dari 5 A.

## 2.9 Pipa Instalasi

Pipa instalasi adalah perlengkapan peralatan listrik yang digunakan sebagai pelindung kabel/penghantar jika pemasangan kabel ditanam (dalam tembok, tanah, dan lain – lain). Fungsi pipa pelindung untuk melindungi pemasangan kawat penghantar. Dengan pemasangan pipa akan memperoleh bentuk instalasi yang baik dan rapih. Pipa listrik yang dipakai dalam instalasi listrik dapat dibagi menjadi 3 golongan yaitu

1. Pipa Union
2. Pipa *Polyvinil Chloride* (PVC)
3. Pipa Fleksibel

### 2.9.1 Pipa Union

Pipa union adalah pipa yang terbuat dari plat besi dan dibuat oleh pabrik tanpa menggunakan las dan diberi cat berwarna merah. Pipa jenis ini dalam pengerjaannya mudah karena dapat dengan mudah dibengkokkan dalam keadaan dingin.



**Gambar 2.17 Pipa Union (Prih Sumardjati dkk, 2008).**



### 2.9.2 Pipa *Polyvinil Chloride* (PVC)

Pipa ini terbuat dari *Polyvinil Chloride* (PVC). Keuntungan menggunakan pipa PVC ini dibanding dengan pipa union antara lain adalah pipa PVC lebih ringan, mudah pengerjaannya mudah dibengkokkan, dan yang lebih penting adalah pipa *Polyvinil Chloride* (PVC) sendiri merupakan bahan isolasi sehingga dalam pemasangannya tidak akan mengakibatkan terjadi hubungan pendek antara penghantar dengan pipa.



**Gambar 2.18 Pipa *Polyvinil Chloride* (PVC) (Prih Sumardjati dkk, 2008).**

### 2.9.3 Pipa Fleksibel

Pipa ini dibuat dari logam dan ada juga yang terbuat dari *Polyvinil Chloride* (PVC) yang mudah diatur dan lentur. Sebagai contoh misalnya dipakai dari dak standar menuju APP atau PHB dan sebagai belokan jalur penghantar.



**Gambar 2.19 Pipa Fleksibel**



Pipa instalasi yang tidak ditanam dengan sempurna, harus dipasang secara baik dengan menggunakan alat penopang atau klem yang cocok. Jarak antara alat – alat penopang itu tidak boleh melebihi satu meter (30 cm, Menurut PUIL 2000). Khusus untuk pipa baja dengan *kampuh* terbuka atau *kampuh* terlipat berlaku:

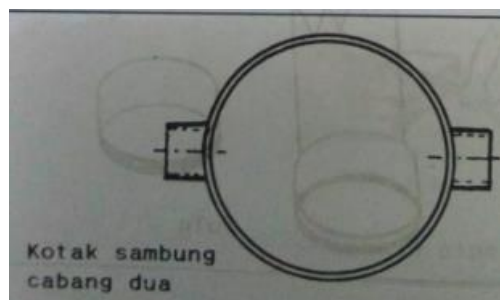
1. Pipanya tidak boleh dibengkokkan;
2. Pada pemasangan mendatar, alur *kampuh*nya harus berada di bawah, dan pada pemasangan tegak lurus *kampuh*nya harus menghadap dinding.

## 2.10 Kotak Hubung

Menurut PUIL 2011, Penyambungan tidak boleh dilakukan didalam conduit, tetapi boleh dilakukan dalam kotak penghubung atau kotak tarik. Kotak sambung harus dipasang sedemikian sehingga dapat dipertahankan kelangsungan mekanis dari conduit, lapisan conduit dan sebagainya yang dimasukkan di dalamnya. Kelangsungan listriknnya harus dipertahankan secara efektif.

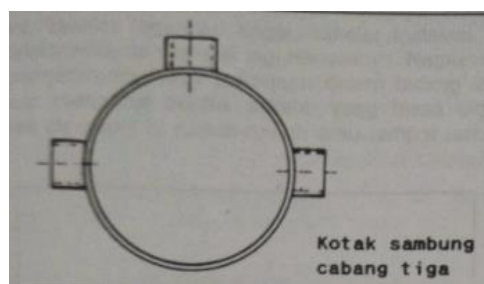
Ada 3 jenis kotak hubung yang sering kita jumpai dalam instalasi listrik adalah

1. Kotak hubung cabang dua, digunakan untuk penyambungan lurus



**Gambar 2.20 Kotak Hubung Cabang Dua**

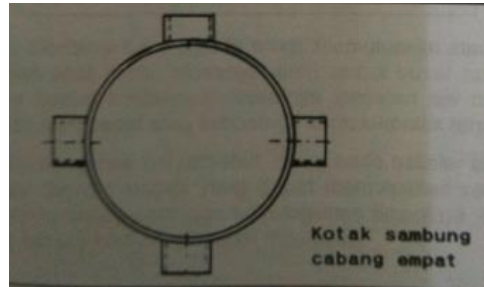
2. Kotak hubung cabang tiga, digunakan pada sambungan percabangan



**Gambar 2.21 Kotak Hubung Cabang Tiga**



3. Kotak hubung cabang empat, digunakan untuk cabang cross atau empat sambungan.



**Gambar 2.22 Kotak Hubung Cabang Empat**

## 2.11 Teknik Penerangan

Cahaya adalah suatu gejala fisis, suatu sumber cahaya memancarkan energi. Sebagian dari energi ini diubah menjadi cahaya tampak. Perambatan cahaya di ruang bebas dilakukan oleh gelombang– gelombang elektromagnetik. Jadi cahaya itu suatu gejala getaran. Instalasi penerangan dalam suatu ruangan sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya, flux cahaya, intensitas penerangan, dan luminasi.

### 2.11.1 Istilah dan Definisi

Dalam sistem penerangan terdapat beberapa konsep satuan penerangan yang digunakan untuk penentuan banyak dan kekuatan cahaya yang dibutuhkan, satuan satuan dari instalasi penerangan tersebut antara lain :

- a. 1 watt cahaya adalah energi yang dipancarkan oleh suatu sumber cahaya sebesar 1 watt dengan panjang gelombang 555 m $\mu$ .
- b. 1 watt cahaya = 680 lumen
- c. Flux cahaya (lumen) adalah jumlah seluruh cahaya yang dipancarkan oleh suatu sumber cahaya dalam satu detik. Flux cahaya spesifik atau Efikasi = lumen/watt. Efikasi menunjukkan tingkat efisiensi sebuah lampu. Angka yang diberikan menunjukkan besarnya Lumen Output sebuah lampu untuk setiap Watt energy listrik yang dikonsumsi untuk menyalakan lampu tersebut.



d. Intensitas penerangan atau iluminansi (E) adalah flux cahaya persatuan luas permukaan  $A = m^2$

$$E_{\text{rata rata}} = \frac{\phi}{A} \text{ (Lux)}$$

Dimana :  $\phi$  = Flux cahaya (Lumen)

$A$  = Luas permukaan suatu ruangan ( $m^2$ )

**Tabel 2.4 Iluminasi yang Diizinkan Setiap Ruangan**

Sifat penerangan	Penerangan sangat baik	Penerangan Baik
<b><i>Kantor</i></b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruangan gambar</li> <li>Ruangan kantor (untuk pekerjaan kantor biasa, pembukuan, menetik Pembukuan, surat menyurat, membaca, menulis, melayani</li> </ul>	2000 lux  1000 lux	1000 lux  500 lux
Mesin-mesin kantor) <ul style="list-style-type: none"> <li>Ruangan yang tidak digunakan terus-menerus untuk Pekerjaan(ruang arsip, tangga, gang, ruangan tunggu)</li> </ul>	250 lux	150 lux
<b><i>Ruangan sekolah</i></b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruangan kelas</li> <li>Ruangan gambar</li> <li>Ruangan untuk pelajaran jahit-menjahit</li> <li>Laboratorium, Perpustakaan, dan Ruang Seni</li> </ul>	500 lux 1000 lux 1000 lux 500 lux	250 lux 500 lux 500 lux 250 lux
<b><i>Industri</i></b>		



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerjaan sangat halus (pembuatan jam tangan, instrument kecil dan halus mengukir)</li> </ul>	5000 lux	2500 lux
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerjaan halus (pekerjaan pemasangan halus, menyetel mesin bubut otomatis, pekerjaan bubut halus, kempa halus, poles)</li> </ul>	2000 lux	1000 lux
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerjaan biasa (pekerjaan bor, bubut kasar, pemasangan biasa)</li> </ul>	1000 lux	500 lux
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerjaan kasar (menempa dan menggiling)</li> </ul>	500 lux	250 lux
<b><i>Toko</i></b>		
Ruang jual dan pameran :		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toko-toko besar</li> </ul>	1000 lux	500 lux
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toko-toko lain</li> </ul>	500 lux	250 lux
<b><i>Etalase :</i></b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toko-toko besar</li> </ul>	2000 lux	1000 lux
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toko-toko lain</li> </ul>	1000 lux	500 lux
Masjid, gereja dan sebagainya	250 lux	125 lux
<b><i>Rumah tinggal</i></b>		





• Kamar tamu	1000 lux	500 lux
• Penerangan setempat (bidang kerja)	100 lux	50 lux
• Penerangan umum, suasana		
• Dapur	500 lux	250 lux
• Penerangan setempat	250 lux	125 lux
• Penerangan umum	500 lux	250 lux
• Ruang-ruangan Lain	500 lux	250 lux
• Kamar tidur, kamar mandi, kamar rias (penerangan setempat)	250 lux	125 lux
• Gang, tangga, gudang, garasi	500 lux	250 lux
• Penerangan setempat untuk pekerjaan-pekerjaan ringan (hobby, dan sebagainya)	250 lux	125 lux
• Penerangan umum		

### 2.11.2 Sistem Penerangan dan Armatur

Berdasarkan pembagian flux cahayanya oleh sumber cahaya dan armatur yang digunakan, dapat dibedakan sistem-sistem penerangan di bawah ini.

**Tabel 2.5 Sistem Penerangan**

<b>Sistem Penerangan</b>	<b>Langsung ke bidang kerja</b>
Penerangan langsung	90 – 100 %
Terutama penerangan langsung	60 – 90 %
Penerangan campuran atau penerangan baur (difus )	40 – 60 %
Terutama penerangan tidak langsung	10 – 40 %
Penerangan tidak langsung	0 – 10 %



### 2.11.3 Menghitung Penerangan Dalam

Faktor faktor yang mempengaruhi penentuan penerangan dalam adalah

1. Penggunaan ruangan (fungsi ruangan), setiap macam penggunaan ruangan mempunyai kebutuhan kuat penerangan yang berbeda
2. Ukuran ruangan, semakin besar ruangan maka semakin besar pula kuat penerangan yang dibutuhkan
3. Faktor refleksi dari dinding dan langit langir
4. Jenis lampu dan armatur yang digunakan, tiap lampu memiliki konstruksi dan karakteristik yang berbeda. Letak dan jumlah lampu pada suatu ruangan harus dihitung sedemikian rupa, sehingga ruangan tersebut mendapatkan sinar yang merata.

Disamping itu harus diperhitungkan juga hal hal berikut :

1. Intensitas penerangan, Intensitas penerangan ditentukan oleh :
  - a. Tempat di mana pekerjaan akan dilakukan.
  - b. Sifat pekerjaan.
2. Efisiensi Penerangan

Perbandingan antara flux cahaya yang dipancarkan oleh armatur dan flux cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya.

$$n = \frac{\phi_g}{\phi_o} \dots\dots\dots [2.4]$$

Dimana :

$\phi_o$  = flux cahaya yang dipancarkan oleh semua sumber cahaya yang ada dalam ruangan.

$\phi_g$  = flux cahaya berguna yang mencapai bidang kerja, langsung atau tidak langsung setelah dipantulkan oleh dinding dan langit-langit.

3. Faktor Refleksi

Faktor refleksi  $r_w$  dan  $r_p$  masing-masing menyatakan bagian yang dipantulkan dari fluks cahaya yang diterima oleh dinding dan langit-langit, dan kemudian mencapai bidang kerja.



**Tabel 2.6 Faktor refleksi berdasarkan warna dinding dan langit  
– langit**

Warna	Faktor Refleksi	Warna	Faktor Refleksi
Putih	0,7 – 0,8	Oranye	0,2 – 0,25
Coklat Terang	0,7 – 0,8	Hijau tua	0,1 – 0,15
Kuning Terang	0,55 – 0,65	Biru Tua	0,1 – 0,15
Hijau Terang	0,45 – 0,5	Merah Tua	0,1 – 0,15
Merah Muda	0,45 – 0,5	Hitam	0,004
Biru Langit	0,4 – 0,45	Abu – abu	0,25 – 0,35

#### 4. Indeks ruangan atau indeks bentuk (k)

Indeks ruangan atau indeks bentuk (k) menyatakan perbandingan antara ukuran- ukuran utama suatu ruangan berbentuk bujur sangkar. Besar indeks ruangan dinyatakan dengan rumus

$$k = \frac{P \times l}{h \times (P+l)} \dots\dots\dots [2.5]$$

Keterangan :

k = Indeks ruangan atau indeks bentuk

P = Panjang ruangan (m)

l = Lebar ruangan (m)

h = tinggi sumber cahaya diatas bidang kerja (m)

#### 5. Faktor Depresiasi

Faktor depresiasi terdiri atas 3 golongan utama:

##### a. Pengotoran ringan

Terjadi di toko-toko, kantor-kantor dan gedung-gedung sekolah yang berada di daerah-daerah yang hampir tidak berdebu.

##### b. Pengotoran berat



Terjadi di ruangan-ruangan dengan banyak debu atau pengotoran lainnya. Misalnya di pabrik-pabrik cor, pertambangan, pemintalan, dan sebagainya.

c. Pengotoran biasa

Terjadi di perusahaan-perusahaan lainnya.

Kalau tingkat pengotorannya tidak ditentukan, digunakan faktor depresiasi = 0,8.

**Pengotoran ringan**

0,90      0,80    0,75

**Pengotoran sedang**

0,80      0,75    0,70

**Pengotoran berat**

X          X          X

**Gambar 2.23 Faktor Depresiasi**

6. Efisiensi Penerangan ( $k_p$ )

Flux cahaya yang dipancarkan lampu – lampu tidak semuanya menacpai bidang kerja karena sebagian akan dipancarkan ke dinding dan langit – langit, karena itu itu untuk menentukan efisiensi penerangan yang baik digunakan perhitungan interpolasi sebagai berikut.

$$k_p = k_{p1} + \frac{k - k_1}{k_2 - k_1} (k_{p2} - k_{p1}) \dots \dots \dots [2.6]$$

Keterangan :

$k_p$  = Faktor utility yang akan ditentukan

$k_{p1}$  = Faktor utility batas atas

$k_{p2}$  = Faktor utility batas bawah

$k_1$  = Indeks ruangan batas atas

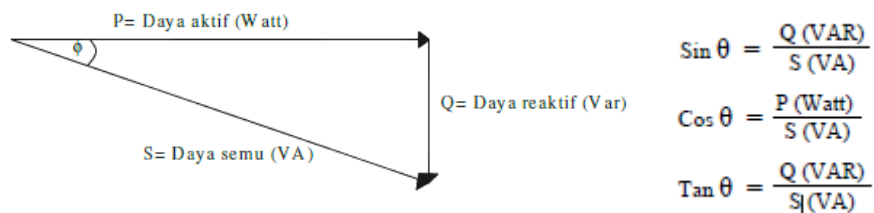




- $k_p$  = Efisiensi penerangan
- $k_d$  = Faktor depresiasi
- CU = Faktor Pemanfaatan (0,65)

### 2.12 Daya

Segitiga siku-siku dapat juga digunakan untuk mempresentasikan daya semu, daya aktif dan daya reaktif, karena persamaan yang menunjukkan hubungan antara 3 daya tersebut adalah identik dengan persamaan phitagoras yang mana persamaannya diberikan sebagai berikut :



**Gambar 2.24 Segitiga Daya**

Persamaan  $\text{Cos } \theta$  diatas adalah menunjukkan factor daya dari beban yang mana factor daya ini mempresentasikan efisiensi dari penggunaan daya listrik oleh beban. Baik segitiga impedansi 12 atau segitiga daya adalah metode yang digunakan untuk mempermudah dalam perhitungan parameter-parameter pada perancangan ini. Rumus perhitungan daya yang digunakan adalah

$$S = \frac{P}{\text{cos } \phi} \dots\dots\dots [2.8]$$

$$P = V \times I \times \text{cos } \phi \dots\dots\dots [2.9]$$

#### 2.12.1 Menentukan Daya AC

Dalam menentukan kapasitas suatu AC dalam setiap ruangan ditemukan 2 macam informasi yang berbeda, yaitu BTU/H dan juga satuan PK.

BTU/Hours atau BTU/jam adalah singkatan dari *British Thermal Unit per Hours*, satuan daya pendinginan AC yang berasal dari inggris dan PK (Paard Krcht) yang berarti satuan tenaga kuda, yang dipergunakan dalam sistem AC merujuk pada daya kompressor AC. Konversi 1 PK sebesar 736 watt



#### Konversi PK ke BTU/H

- ½ PK           Setara dengan   5000BTU/Hr
- ¾ PK           Setara dengan 7000BTU/Hr
- 1 PK           Setara dengan 9000BTU/Hr
- 1 ½ PK        Setara dengan 12000BTU/Hr
- 2 PK           Setara dengan 18000BTU/Hr
- 3 PK           Setara Dengan 27000BTU/Hr

Rumus menghitung daya/kapasitas AC yaitu :

$$BTU = \frac{W \times H \times I \times L \times E}{60} \dots\dots\dots [2.10]$$

Dimana,

- W = Panjang ruangan (Feet)
- H = Tinggi Ruangan (Feet)
- I = Bernilai 10 jika ruangan berinsulasi (Ruangan berada dilantai, atau berhimpit dengan ruangan lain. Bernilai 18 jika ruang tidak berinsulasi
- L = Lebar ruangan (Feet)

### 2.13 Faktor Keserempakan

Faktor keserempakan adalah daya tersambung adalah jumlah dari daya tersambung dari seluruh beban dari setiap konsumen. Daya tersambung dan kebutuhan maksimum satuannya harus sama. Faktor keserempakan biasanya bernilai kurang dari satu. Faktor keserempakan ini dapat menjadi satu bila keseluruhan beban yang tersambung serentak diberi energy dalam sebagian besar periodenya<sup>15</sup>.

Faktor keserempakan menunjukkan tingkat dimana beban yang tersambung beroperasi serentak. Faktor keserempakan dipakai untuk menentukan kapasitas (juga biaya) dari peralatan tenaga listrik yang diperlukan untuk melayani beban tersebut. Karena ada pengaruhnya terhadap investasi, maka faktor kebutuhan ini menjadi penting dalam menentukan jadwal pembiayaannya.

<sup>15</sup> Daman Susanto, Sistem Distribusi Tenaga Listrik, hlm 196



Faktor kebutuhan dari beberapa jenis bangunan :

- a. Perumahan sederhana : 50 – 75%
- b. Perumahan besar : 40 – 65%
- c. Kantor : 60 – 80%
- d. Toko sedang : 40 – 60%
- e. Toko serba ada : 70 – 90%
- f. Industry sedang : 35 – 65%

Besarnya faktor kebutuhan (biasanya dinyatakan dalam %) dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu :

1. Besarnya beban terpasang Sebagai contoh : Rumah tinggal yang mempunyai beban terpasang yang relatif besar, pada umumnya memiliki faktor kebutuhan yang lebih rendah bila dibandingkan dengan rumah tinggal yang mempunyai beban terpasang lebih kecil.
2. Sifat pemakaian Toko-toko, pusat perbelanjaan, kantor-kantor dan bangunan industri biasanya memiliki faktor kebutuhan tinggi sedangkan gudang dan tempat rekreasi memiliki faktor demand yang rendah

Menentukan Daya terpasang adalah :

$$\text{Daya Terpasang} = S_{\text{total}} \times f_k \dots\dots\dots [2.11]$$

Ket :

$S_{\text{total}}$  = Total daya terpasang (VA)

$F_k$  = Faktor keserempakan