

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

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

Instalasi listrik adalah saluran listrik beserta gawai maupun peralatan yang terpasang baik di dalam maupun di luar bangunan untuk menyalurkan arus listrik. Rancangan instalasi listrik harus memenuhi ketentuan PUIL 2000 dan peraturan yang terkait dalam dokumen seperti UU No. 18 Tahun 1999 tentang jasa konstruksi, Peraturan Pemerintah No. 51 Tahun 1995 tentang Usaha Penunjang Tenaga Listrik dan peraturan lainnya.

#### **2.2 Ketentuan Umum Perancangan Instalasi Listrik**

Rancangan suatu sistem instalasi listrik harus memenuhi ketentuan Peraturan Umum Instalasi Listrik ( PUIL ) dan peraturan lain .

Adapun beberapa peraturan yang terdapat pada PUIL 2000:

1. Maksud dan tujuan Persyaratan Umum Instalasi Listrik ini ialah agar perusahaan instalasi listrik terselenggara dengan baik, untuk menjamin keselamatan manusia dari bahaya kejutan listrik, keamanan instalasi listrik beserta perlengkapannya, keamanan gedung serta isinya dari kebakaran akibat listrik, dan perlindungan lingkungan.(1.1)
2. Setiap bagian perlengkapan listrik yang digunakan dalam instalasi listrik harus memenuhi PUIL 2000 dan/atau standar yang berlaku.(2.4.1.1)
3. Rancangan instalasi listrik harus memenuhi ketentuan PUIL ini dan peraturan lain yang tersebut dalam 1.3.(4.1.1.1)

4. Rancangan instalasi listrik harus berdasarkan persyaratan dasar yang ditentukan dalam BAB 2 (terutama 2.3) dan memperhitungkan serta memenuhi proteksi untuk keselamatan yang ditentukan dalam BAB 3.(4.1.1.2)
5. Sebelum merancang suatu instalasi listrik harus dilakukan penilaian (*assessment*) dan survai lokasi.(4.1.1.3)
6. Rancangan instalasi listrik ialah berkas gambar rancangan dan uraian teknik, yang digunakan sebagai pedoman untuk melaksanakan pemasangan suatu instalasi listrik.(4.1.2.1)
7. Rancangan instalasi listrik harus dibuat dengan jelas, serta mudah dibaca dan dipahami oleh para teknisi listrik. Untuk itu harus diikuti ketentuan dan standar yang berlaku. .(4.1.2.2)
8. Perlengkapan listrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga dalam kerja normal tidak membahayakan atau merusak, dipasang secara baik dan harus tahan terhadap kerusakan mekanis, termal dan kimiawi.(5.1.1.1)
9. Armatur penerangan, fitting lampu, lampu, dan roset harus dibuat sedemikian rupa sehingga semua bagian yang bertegangan dan bagian yang terbuat dari logam, pada waktu pemasangan atau penggantian lampu, atau dalam keadaan lampu terpasang, teramankan dengan baik dari kemungkinan sentuhan.(5.3.1.1)

Sedangkan peraturan – peraturan lain yang mendukung PUIL 2000, diantaranya :

- a) Undang – Undang No. 1 tahun 1970 tentang keselamatan kerja, beserta Peraturan Pelaksanaannya.
- b) Undang – Undang No. 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup

c) Undang – Undang No. 15 tahun 2002 tentang ketenagalistrikan

Beberapa peraturan yang terdapat pada PUIL 2000 antara lain :

Dalam perancangan, sistem instalasi listrik harus memperhatikan tentang keselamatan manusia, makhluk hidup lain dan keamanan harta benda dari bahaya dan kerusakan yang bisa ditimbulkan oleh penggunaan instalasi listrik. Selain itu, berfungsinya instalasi listrik harus dalam keadaan baik dan sesuai dengan maksud penggunaannya.

### **2.3 Prinsip – Prinsip Dasar instalasi Listrik**

Beberapa prinsip instalasi listrik yang harus menjadi pertimbangan pada pemasangan suatu instalasi listrik agar instalasi yang dipasang dapat digunakan secara optimum, efektif, dan efisien. Adapun prinsip dasar tersebut ialah sebagai berikut :

#### **1. Keandalan**

Artinya seluruh peralatan yang dipakai pada instalasi tersebut haruslah handal dan baik secara mekanik maupun secara kelistrikannya. Keandalan juga berkaitan dengan sesuai tidaknya pemakaian pengamanan jika terjadi gangguan.

#### **2. Ketercapaian**

Artinya, dalam pemasangan peralatan instalasi listrik yang relative mudah dijangkau oleh pengguna pada saat mengoperasikannya dan tata letak komponen listrik tidak susah untuk dioperasikan, sebagai contoh pemasangan sakelar tidak terlalu tinggi atau terlalu rendah.

#### **3. Ketersediaan**

Artinya, kesiapan suatu instalasi listrik dalam melayani kebutuhan baik berupa daya, peralatan maupun kemungkinan perluasan instalasi.

#### 4. Keindahan

Artinya, dalam pemasangan komponen atau peralatan instalasi listrik harus ditata sedemikian rupa, sehingga dapat terlihat rapi dan indah serta tidak menyalahi peraturan yang berlaku.

#### 5. Keamanan

Artinya, harus mempertimbangkan faktor keamanan dari suatu instalasi listrik, baik keamanan terhadap manusia, bangunan atau harta benda, makhluk hidup lain dan peralatan itu sendiri.

#### 6. Ekonomis

Artinya, biaya yang dikeluarkan dalam pemasangan instalasi listrik harus diperhitungkan dengan teliti dengan pertimbangan – pertimbangan tertentu sehingga biaya yang dikeluarkan dapat sehemat mungkin tanpa harus mengesampingkan hal – hal di atas.

### **2.4 Penghantar**

Komponen – komponen perancangan instalasi listrik ialah bahan – bahan yang diperlukan oleh suatu sistem sebagai rangkaian kontrol maupun rangkaian daya. Dimana rangkaian control dan rangkaian daya ini dirancang untuk menjalankan fungsi sistem sesuai dengan deskripsi kerja.

#### **2.4.1 Jenis Penghantar**

Penghantar adalah zat yang dapat menghantarkan arus listrik, baik berupa zat padat, cair atau gas. Karena sifatnya yang konduktif maka disebut konduktor. Konduktor yang baik adalah yang memiliki tahanan jenis yang kecil. Pada umumnya logam bersifat konduktif. Emas, perak, tembaga, aluminium, zink, besi berturut-turut memiliki

tahanan jenis semakin besar. Jadi sebagai penghantar emas adalah sangat baik, tetapi karena sangat mahal harganya, maka secara ekonomis tembaga dan aluminium paling banyak digunakan.

Penghantar dapat berupa kawat penghantar ataupun kabel. Kawat penghantar adalah penghantar yang tidak diberi isolasi, contohnya ialah BC ( Bare Conductor ), penghantar berlubang ( Hollow Conductor ), ACSR ( Alluminium Conductor Steel Reinforced ), dsb.

Sedangkan Kabel adalah penghantar yang dilindungi dengan isolasi dan keseluruhan inti dilengkapi dengan selubung pelindung bersama, contohnya kabel NYM, NYA, dan sebagainya.

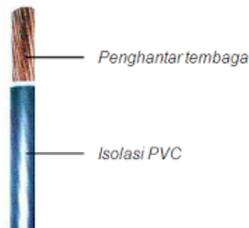
Kabel penghantar yang terbungkus isolasi, ada yang berinti tunggal atau banyak, ada yang kaku atau berserabut, ada yang dipasang di udara atau di dalam tanah, dan masing - masing digunakan sesuai dengan kondisi pemasangannya.

Dilihat dari jenisnya, kabel penghantar dibedakan menjadi 3 yaitu :

a. Kabel Instalasi

Kabel instalasi yang biasa digunakan pada instalasi penerangan, jenis kabel yang banyak digunakan dalam instalasi rumah tinggal untuk pemasangan tetap ialah NYA dan NYM. Pada penggunaannya kabel NYA menggunakan pipa untuk melindungi secara mekanis ataupun melindungi dari air dan kelembaban yang dapat merusak kabel tersebut.

## 1. Kabel NYA



**Gambar 2.1.** Konstruksi kabel NYA

Kabel NYA hanya memiliki satu penghantar berbentuk pejal, kabel ini pada umumnya digunakan pada instalasi rumah tinggal. Dalam pemakaiannya pada instalasi listrik harus menggunakan pelindung dari pipa union atau paralon / PVC ataupun pipa fleksibel.

## 2. Kabel NYM



**Gambar 2.2.** Konstruksi kabel NYM

Kabel NYM adalah kabel yang memiliki beberapa penghantar dan memiliki isolasi luar sebagai pelindung. Konstruksi dari kabel NYM terlihat pada gambar. Penghantar dalam pemasangan pada instalasi listrik, boleh tidak menggunakan pelindung pipa. Namun untuk memudahkan saat pergantian kabel / revisi, sebaliknya pada

pemasangan dalam dinding / beton menggunakan selongsong pipa.

b. Kabel Tanah

Kabel tanah terbagi menjadi dua yaitu :

1. Kabel tanah thermoplastik tanpa perisai

a). Kabel NYY



**Gambar 2.3.** Konstruksi kabel NYY

Kabel tanah thermoplastik tanpa perisai seperti NYY, biasanya digunakan untuk kabel tenaga pada industri. Kabel ini juga dapat ditanam dalam tanah, dengan syarat diberikan perlindungan terhadap kemungkinan kerusakan mekanis. Perlindungannya bisa berupa pipa atau pasir dan di atasnya diberi batu.

Pada prinsipnya susunan NYY ini sama dengan susunan NYM. Hanya tebal isolasi dan selubung luarnya serta jenis PVC yang digunakan berbeda. Warna selubung luarnya hitam.

Penggunaan utama NYY sebagai kabel tenaga adalah untuk instalasi industri di dalam gedung maupun di alam terbuka, di saluran kabel dan dalam lemari hubung bagi, apabila diperkirakan tidak akan ada gangguan mekanis. NYY dapat juga ditanam di dalam tanah asalkan diberi perlindungan secukupnya terhadap kemungkinan terjadinya kerusakan mekanis.

b). Kabel N2XY



**Gambar 2.4.** Konstruksi kabel N2XY

Kabel N2XY intinya terdiri dari penghantar tembaga, dengan isolasi XLPE, berpelindung bebat tembaga serta berselubung PVC dengan tegangan pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV) yang dipasang sejajar pada suatu sistem fase tiga.

2. Kabel tanah thermoplastik berperisai

Kabel tanah thermoplastik berperisai seperti NYFGbY, biasanya digunakan apabila ada kemungkinan terjadi gangguan kabel secara mekanis, kabel NYFGbY intinya terdiri dari penghantar tembaga, dengan isolasi PVC, penggabungan dua atau lebih inti dilengkapi selubung atau pelindung yang terdiri dari karet dan perisai kawat baja bulat. Perisai dan pembungkus diikat dengan spiral pita baja, untuk menghindari korosi pada pita baja, maka kabel di selubungi pelindung PVC warna hitam.



**Gambar 2.5.** Konstruksi kabel NYFGbY

### c. Kabel Fleksibel

Kabel fleksibel ialah : kabel yang karena sifat penghantar, isolasi dan selubung yang fleksibel dimaksudkan untuk dihubungkan dengan perlengkapan listrik yang dapat dipindah - pindahkan dan atau bergerak.

#### 2.4.2 Pemilihan Penghantar

Pemilihan jenis penghantar luas penghantar yang akan di pakai dalam suatu instalasi ditentukan berdasarkan pertimbangan :

##### a. Kemampuan hantar arus

Kemampuan hantar arus yang dipakai dalam pemilihan penghantar adalah 1,25 kali dari arus nominal yang melewati penghantar tersebut. Sedangkan untuk penghantar sirkit akhir yang mensuplai dua motor atau lebih tidak boleh mempunyai KHA kurang dari jumlah arus beban penuh semua motor itu ditambah 25 % dari arus beban penuh motor yang terbesar dalam kelompok tersebut, apabila kemampuan hantar arus sudah diketahui maka

tinggal menyesuaikan dengan tabel untuk mencari luas penampang yang diperlukan.

b. Kondisi suhu

Setiap penghantar memiliki suatu resistansi ( $R$ ), jika penghantar tersebut dialiri oleh arus maka terjadi rugi – rugi  $I^2 R$ , yang kemudian rugi – rugi tersebut berubah menjadi panas, jika dialiri dalam waktu  $t$  detik maka panas yang terjadi ialah  $I^2 R t$ , jika dialiri dalam waktu yang cukup lama maka ada kemungkinan terjadinya kerusakan pada penghantar tersebut. Oleh karena itu dalam pemilihan penghantar faktor koreksi juga diperhitungkan.

c. Jatuh tegangan

Perhitungan Voltage Drop (Tegangan Jatuh) Pada Kabel

Pada kabel konduktor pasti memiliki nilai impedansi dan sehingga setiap kali arus mengalir melalui kabel tersebut, akan ada jatuh tegangan disepanjang kabel, yang dapat diturunkan dengan Hukum Ohm (yaitu  $V = IZ$  ). Penurunan tegangan tersebut tergantung pada dua hal, yaitu

1. Aliran arus melalui kabel - semakin tinggi arus, semakin besar tegangan drop
2. Impedansi konduktor - semakin besar impedansi, semakin besar tegangan drop

**Tegangan Jatuh (Voltage Drop) Maksimum**

Tegangan Jatuh (Voltage Drop) Maksimum merupakan drop tegangan tertinggi yang diperbolehkan timbul sepanjang kabel yang dialiri oleh arus listrik. Bila drop tegangan yang timbul melebihi batas maksimum, maka ukuran kabel yang lebih besar harus dipilih.

Tegangan Jatuh (Voltage Drop) disepanjang kabel lebih ditentukan karena beban konsumen (misalnya peralatan) sehingga tegangan yang sampai diinput peralatan

tidak melebihi batas toleransi. Ini berarti, jika tegangan pada alat tersebut lebih rendah dari tegangan minimum, maka alat tidak dapat beroperasi dengan benar .

d. Kondisi lingkungan

Di dalam pemilihan jenis penghantar yang digunakan, harus disesuaikan dengan kondisi dan tempat penghantar tersebut akan ditempatkan atau dipasang. Apakah penghantar tersebut akan ditanam di dalam tanah atau di udara.

e. Kekuatan mekanis

Penentuan luas penampang penghantar kabel juga harus diperhitungkan apakah kemungkinan adanya tekanan mekanis di tempat pemasangan kabel itu besar atau tidak, dengan demikian dapat diperkirakan besar kekuatan mekanis yang mungkin terjadi pada kabel tersebut.

f. Kemungkinan perluasan

Setiap instalasi listrik dirancang dan dipasang dengan perkiraan adanya penambahan beban di masa yang akan datang, oleh karena itu luas penampang penghantar harus dipilih lebih besar minimal satu tingkat di atas luas penampang sebenarnya.

### 2.4.3 Nomenklatur Kabel

Penentuan besar kecil dan jumlah serabut / inti yang digunakan dapat diketahui dari PUIL ( Persyaratan Umum Instalasi Listrik )

**Tabel 2.1.** Nomenklatur Kode-kode kabel di Indonesia

Kode	Keterangan
N	Kabel standard dengan penghantar/inti tembaga
NA	Kabel dengan penghantar aluminium

Y	Isolasi PVC
G	Isolasi karet
A	Kawat berisolasi
Y	Selubung PVC (Polyvinyl Chloride) untuk kabel luar
M	Selubung PVC untuk kabel luar
R	Kawat baja bulat (perisai)
Gb	Kawat pipa baja (perisai)
B	Pipa baja
I	Untuk isolasi tetap diluar jangkauan tangan
re	Penghantar padat buat
rm	Penghantar bulat berkawat banyak
Se	Penghantar bentuk pejal(padat)
Sm	Penghantar dipilin bentuk sektor
f	Penghantar halus dipintal bulat
ff	Penghantar sangat fleksibel
Z	Penghantar Z
D	Penghantar 3 jalur yang ditengah sebagai pelindung
H	Kabel untuk alat bergerak
Rd	Inti dipilin bentuk bulat
Fe	Inti pipih
-1	Kabel dengan sistem pengenalan warna urat dengan hijau-kuning
-0	Kabel dengan sistem pengenalan warna urat tanpa hijau-kuning

## 2.5 Pengaman

Pengaman adalah suatu peralatan listrik yang digunakan untuk melindungi komponen listrik dari kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan seperti arus beban lebih ataupun arus hubung singkat.

### 2.5.1 MCB



**Gambar 2.6.** Konstruksi MCB

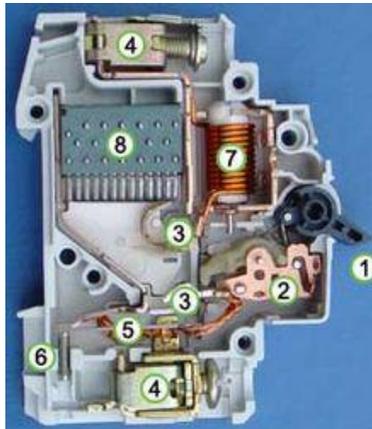
Merupakan suatu alat yang digunakan untuk pengamanan dari arus hubung singkat dan juga sebagai pembatas arus. Untuk pengamanan dari hubung singkat MCB didesain dengan komponen relay elektromagnetik sedangkan untuk mengamankan dari beban lebih MCB dilengkapi dengan komponen Thermis (Bimetal), atau bisa juga berfungsi sebagai pembatas arus.

Contoh penggunaannya dapat kita lihat pada KWH Meter yang umumnya terpasang di rumah-rumah. Fungsinya adalah untuk membatasi pemakaian arus sesuai daya yang terpasang. Sedangkan apabila MCB yang dipasang setelah KWH Meter, atau di dalam rumah biasanya di fungsikan sebagai pembagi instalasi jika MCB nya dirancang lebih dari 1 buah. Jika terjadi gangguan pada instalasi baik disebabkan oleh hubung singkat atau beban lebih maka salah satu dari pengamanan akan Trip (Jatuh), tergantung tingkat sensitifitasnya.

MCB dirancang dengan 1 kutub digunakan untuk 1 fasa dan 3 kutub untuk 3 fasa pemakaiannya tergantung

kebutuhan. Pada terminalnya hanya dipasang untuk kabel dengan polaritas fasa (yang menyala jika di tes dengan tespen), bukan Netral (Polaritas Nol/tidak menyala).

### Bagian-bagian MCB



**Gambar 2.7.** Bagian-bagian MCB

Keterangan gambar :

1. *Actuator Lever* atau *toggle switch*, digunakan sebagai *Switch On-Off* dari MCB. Juga menunjukkan status dari MCB, apakah ON atau OFF.
2. *Switch* mekanis yang membuat kontak arus listrik bekerja.
3. Kontak arus listrik sebagai penyambung dan pemutus arus listrik.
4. Terminal tempat koneksi kabel listrik dengan MCB.
5. *Bimetal*, yang berfungsi sebagai *thermal trip*
6. Baut untuk kalibrasi yang memungkinkan pabrikan untuk mengatur secara presisi arus trip dari MCB setelah

pabrikasi (MCB yang dijual dipasaran tidak memiliki fasilitas ini, karena tujuannya bukan untuk umum)

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.

### 2.5.2 MCCB

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 2.8.** Konstruksi MCCB

Keterangan :

1. Bahan BMC untuk bodi dan tutup
2. Peredam busur api
3. Blok sambungan untuk pemasangan ST dan UVT
4. Penggerak lepas-sambung
5. Kontak bergerak
6. Data kelistrikan dan pabrik pembuat
7. Unit magnetik trip

### 2.5.3 ELCB

Earth Leakaque Circuit Breaker atau alat pengaman arus bocor tanah atau juga disebut saklar pengaman arus sisa ( SPAS ) bekerja dengan sistim differential, saklar ini memiliki sebuah transformator arus dengan inti berbentuk gelang, inti ini melingkari semua hantaran suplay ke mesin atau peralatan yang diamankan, termasuk hantaran netral, ini berlaku untuk semua sambungan satu-fasa, sambungan tiga-fasa tanpa netral maupun sambungan tiga-fasa dengan netral. Dalam keadaan normal, jumlah arus yang dilingkari oleh inti trafo adalah sama dengan nol, kalau terjadi arus bocor ketanah, misalkan 0,5 ampere, maka keadaan setimbang ini akan terganggu, karena itu dalam inti trafo akan timbul medan magnet yang membangkitkan suatu tegangan dalam kumparan sekunder, Arus defferntial terkecil yang masih menyebabkan saklar ini bekerja disebut arus jatuh nominal ( $I_f$ ) dari saklar. Saklar ini direncanakan untuk suatu arus jatuh nominal tertentu.

#### Prinsip kerja ELCB

Pada saat terjadi gangguan arus yang mengalir di penghantar fasa tidak sama lagi dengan arus yang mengalir pada netral (  $I_L = I_N + I_f$  ) atau sistim dikatatakan dalam keadaan tidak seimbang, arus differensial ini dibandingkan

dalam sebuah sistem trafo toroida. Ketidakseimbangan antara arus fasa dengan arus netral menandakan adanya arus bocor ke tanah akibat kegagalan isolasi, ketidakseimbangan arus ini akan menyebabkan fluks magnet pada toroida sehingga pada belitan sekunder toroida akan dibangkitkan suatu tegangan yang berfungsi untuk menggerakkan relai pemutus mekanisme kontak, kemudian kontak utama ELCB akan memutuskan hubungan dengan peralatan. Untuk instalasi rumah kita dapat memilih ELCB dengan kepekaan yang lebih tinggi yakni ELCB dengan rating arus sisa 10 mA atau 30 mA. Perlindungan yang ideal untuk instalasi listrik apapun seharusnya memiliki perangkat pengaman terhadap beban lebih, hubung singkat dan arus bocor.

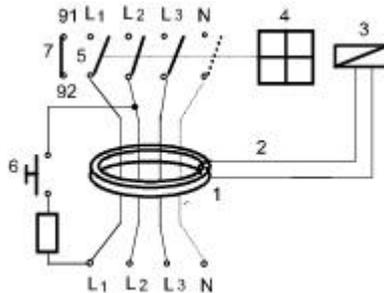
Untuk mengamankan sistem dan peralatan yang kita gunakan sebaiknya sistem kita memiliki pentanahan yang baik dalam arti nilai impedansi pentanahan harus sekecil mungkin agar pengaliran arus gangguan ke tanah berlangsung dengan sempurna. Bagaimanapun juga kenaikan nilai impedansi beberapa ohm saja bisa mempengaruhi pengaliran arus gangguan ke tanah menjadi tidak sempurna, sehingga pada kondisi ini terjadi penambahan waktu pemutusan rangkaian dalam beberapa menit untuk ELCB tersebut bekerja, atau ada kemungkinan sama sekali ELCB tersebut tidak bisa bekerja. Banyak contoh yang terkait dengan pentanahan peralatan yang mengalami gangguan, sehingga satu-satunya cara perlindungan yang dapat diberikan adalah melalui pemakaian ELCB dengan kepekaan tinggi. Perlu dicatat bahwa tidak tertutup kemungkinan terjadinya gangguan yang dapat membahayakan manusia atau makhluk hidup akibat dari pentanahan yang tidak baik, yang mana nilai

impedansi pentanahan yang bisa berubah. Kalau tegangan pada badan peralatan yang ditanahkan tidak boleh melebihi 50 Volt, maka syarat untuk tahanan dari lingkaran arus pentanahannya adalah :  $R_{ka} < 50/I$ , Pemutusan dari saklar berlangsung sebagai berikut : kalau dalam lingkaran arus utama terjadi hubung tanah, maka dalam kumparan sekunder dari transformator akan timbul suatu tegangan, karena itu dalam kumparan dari magnet halang yang dihubungkan dengan magnet sekunder akan mengalir arus. Arus ini akan membangkitkan suatu medan magnet, garis-garis gaya dari medan tersebut harus juga melalui tempat-tempat sempit E, karena itu ditempat ini garis-garis gaya itu akan tertutup, oleh karena itu magnet tersebut diberi nama magnet halang.

Dengan demikian seluruh garis gaya dari magnet permanent sekarang terpaksa harus melaluishunt magnet tersebut. Garis gaya yang semula melalui angker, sekarang tertarik ke shunt magnet, karena itu angker tersebut akan terlepas dan ditarik oleh pegasnya gerakan ini akan menyebabkan saklar arus bocor tanah akan membuka secara mekanis.



**Gambar 2.9.** Konstruksi ELCB



**Gambar 2.10.** Diagram ELCB

Keterangan :

1. *Inti transformator arus (jumlah)*
2. *Lilitan sekunder*
3. *Pemutus magnetis*
4. *Pemutus kontak (mekanis)*
5. *Kontak utama*
6. *Tombol tester*
7. *kontak bantu*

## 2.6 Penerangan

### 2.6.1 Pengertian Instalasi Penerangan

Instalasi Listrik adalah suatu system / rangkaian yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik ( electric power ) untuk kebutuhan manusia.

Instalasi pada garis besarnya dapat dibagi dalam :

1. Instalasi Penerangan Listrik
2. Instalasi Daya Listrik

Yang termasuk di dalam instalasi penerangan listrik adalah seluruh instalasi listrik yang digunakan untuk memberikan daya listrik pada lampu. Pada lampu ini daya listrik / tenaga listrik diubah menjadi cahaya yang digunakan untuk menerangi tempat / bagian sesuai dengan kebutuhannya.

Instalasi penerangan listrik ada 2 (dua) macam :

1. Instalasi di dalam gedung / bangunan / rumah
2. Instalasi di luar gedung / bangunan / rumah

Faktor-faktor yang harus diperhatikan di dalam merencanakan suatu instalasi penerangan listrik adalah :

1. Comfort (kenyamanan); berhubungan tingkat pencahayaan pada berbagai fungsi ruangan

2. Estetika (Keindahan); berhubungan dengan jenis warna cahaya dan kekuatan penerangan
  3. Memenuhi syarat-syarat teknis
- Syarat-syarat teknis dalam merencanakan instalasi listrik penerangan adalah :
1. Aman bagi manusia, hewan dan barang
  2. Material yang dipasang harus mempunyai kualitas yang baik
  3. Penghantar (kabel) yang digunakan harus mampu dialiri arus (current carrying capacity) yang lewat
  4. Kerugian tegangan / drop voltage pada beban tidak boleh melebihi 2% dari tegangan nominal pada penerangan

### **2.6.2 Perhitungan Penerangan**

Ruang pada bangunan rumah, kantor, apartement, gudang, pabrik, dan lainnya pasti membutuhkan penerangan. Intensitas penerangan merupakan aspek penting di tempat - tempat tersebut karena berbagai masalah akan timbul ketika kualitas intensitas penerangan di tempat tersebut tidak memenuhi standard yang perlu diterapkan.

Perencanaan penerangan suatu tempat harus mempertimbangkan beberapa faktor antara lain intensitas penerangan saat digunakan untuk bekerja, intensitas penerangan ruang pada umumnya, biaya instalasi, biaya pemakaian energi dan biaya pemeliharannya. Perlu diperhatikan, perbedaan intensitas penerangan yang terlalu besar antara bidang kerja dan sekitarnya harus dihindari karena mata kita akan memerlukan daya yang besar untuk beradaptasi dengan kondisi tersebut yang menyebabkan mata mudah lelah.

Untuk mendapatkan hasil penerangan / pencahayaan yang baik dan merata, kita harus mempertimbangkan iluminasi ( kuat penerangan ), suduy penyinaran lampu, jenis dan jarak penempatan lampu yang diperlukan sesuai dengan kegiatan yang ada dalam suatu ruangan atau fungsi ruang tersebut.

Pada dasarnya dalam perhitungan jumlah titik lampu pada suatu ruang dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain : dimensi ruang, kegunaan / fungsi ruang, warna dinding, type armature yang akan digunakan, dan masih banyak lagi. Daya Pencahayaan Maksimum Menurut SNI

1. Untuk Ruang Kantor / Industri adalah 15 watt / m<sup>2</sup>
2. Untuk Rumah tak melebihi 10 watt / m<sup>2</sup>
3. Untuk Toko 20-40 watt / m<sup>2</sup>
4. Untuk Hotel 10-30 watt / m<sup>2</sup>
5. Untuk Sekolah 15-30 watt / m<sup>2</sup>
6. Untuk Rumah sakit 10-30 watt / m<sup>2</sup>

Terdapat dua aspek penting dari perencanaan penerangan, pertama yaitu menentukan jumlah armature yang dibutuhkan berdasarkan nilai intensitas yang diberikan, sedangkan yang kedua adalah rekomendasi pemasangan berdasarkan bentuk ruangan.

#### 1. Flux Cahaya

Flux cahaya adalah sumber cahaya yang memancarkan sinar ke segala arah yang berbentuk garis – garis cahaya. Flux Cahaya bisa diketahui melalui rumus berikut :

$$\Phi = W \times L/w \dots\dots\dots ( 2.1 )$$

Dimana :

$$\Phi = \text{Flux Cahaya ( Lumen )}$$

W = daya lampu ( Watt )

L/w = Luminous Efficacy Lamp ( Lumen / watt )

Beberapa data tersebut di atas dapat dilihat pada catalog ( kardus ) lampu.

## 2. Faktor Ruangan

Faktor Ruangan ( k ) dapat diketahui dari data dimensi ruangan, rumusnya sebagai berikut :

$$K = \frac{p \times l}{h (p+l)} \dots\dots\dots ( 2.2 )$$

Dimana :

L = lebar ruangan ( meter )

p = panjang ruangan ( meter )

h = tinggi ruangan ( meter )

tb = jarak / tinggi armature terhadap bidang kerja

= h - 0.8 ( meter )

## 3. Intensitas Penerangan

Intensitas penerangan ialah flux cahaya per satuan sudut ruang yang dipancarkan ke suatu arah tertentu.

**Tabel 2.2.** Kuat Penerangan ( E )

RUANGAN	KUAT PENERANGAN ( LUX )
Perkantoran	200 - 500
Apartemen / rumah	100 - 250
Hotel	200 - 400
Rumah sakit / sekolah	200 - 800
Basement / toilet / Coridor / Hall / Gudang / Lobby	100 - 200
Restaurant / Store / Toko	200 - 500

#### 4. Efisiensi Armatur ( $\nu$ )

Efisiensi sebuah armature ditentukan oleh konstruksi dan bahan yang digunakan.

$$\nu = \frac{\text{fluks cahaya yang dipantulkan}}{\text{fluks cahaya yang dipancarkan sumber}} \dots\dots\dots ( 2.3 )$$

#### 5. Iluminasi

Iluminasi ialah suatu ukuran untuk terang suatu benda.

**Tabel 2.3.** luminansi yang diijinkan berdasarkan ruangan :

Interior and tasks	Standard Service luminance (Lux)	Quality Class
<i>General Building areas</i>		
1. circulation areas, corridors	100	D - E
2. Stairs, escalators, cloakrooms	150	C - D
3. Stores, stockrooms, toilets	150	C - D
<i>Assembly shops</i>		
1. Rough work & medium work	300	C - D
2. Body assembly	500	B - C
3. Fine work ( Electronic & Office )	750	A - B
4. Very fine work ( Instrument assembly )	1500	A - B
<i>Electrical industry</i>		
1. Cable manufacturing	300	B - C
2. Assembly of radio & television receivers	1000	A - B

3. Electronic component	1500	A - B
<i>Schools</i>		
1. Classrooms, lecture theaters	300	A - B
2. Libraries, reading rooms, Art rooms	500	A - B
<i>Home and Hotels</i>		
<b>Homes :</b>		
1. Bedrooms		
General	50	B - C
Bed head	200	B - C
2. Bathrooms		
General	100	B - C
Shaving, make up	500	B - C
3. Living rooms		
General	100	B - C
Reading, sewing	500	B - C
4. Straits	100	B - C
5. Kitchens		
General	300	B - C
Working areas	500	B - C
6. Work room	300	B - C
7. Nursery	150	B - C
<b>Hotels :</b>		
1. Entrance halls	300	B - C
2. Dining rooms	200	B - C
3. Kitchens	500	B - C

*Sumber : Phillips ( lighting manual third edition )*

## 6. Faktor – Faktor Refleksi

Faktor – faktor refleksi dinding ( rw ) dan faktor refleksi ( rp ) masing –masing menyatakan bagian yang dipantulkan dari fluks cahaya yang diterima oleh dinding dan langit – langit yang mencapai bidang kerja.

**Tabel 2.4.** 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	0.04
Biru langit	0.4 - 0.45	Abu - abu	0.25 - 0.35

## 7. Faktor utilitas ruangan

$$Kp = kp_1 + \frac{k - k_1}{k_2 - k_1} (kp_2 - kp_1) \dots\dots\dots (2.4)$$

## 8. Faktor penyusutan / depresiasi

$$Kd = \frac{E \text{ dalam keadaan dipakai}}{E \text{ dalam keadaan baru}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Untuk memperoleh efisiensi penerangan dalam keadaan dipakai, nilai efisiensi yang didapat dari tabel harus dikalikan dengan faktor penyusutan. Faktor penyusutan ini dibagi menjadi tiga golongan utama, yaitu :

- a. Pengotoran ringan ( daerah yang hampir tak berdebu )
- b. Pengotoran sedang / biasa
- c. Pengotoran berat ( daerah banyak debu )

Bila tingkat pengotoran tidak diketahui, maka faktor depresi yang digunakan ialah 0,8.

Dari data - data tersebut dapat diketahui jumlah armature dan pemasangannya. Untuk mendapatkan jumlah lampu pada suatu ruang dapat dihitung dengan metode faktor utilisasi ruangan, rumusnya adalah sebagai berikut :

$$n = \frac{E X A}{F x kp x \eta_{arm} x kd} \dots\dots\dots ( 2.6 )$$

Dimana :

- n = Jumlah armature  
 E = Intensitas Penerangan ( Lux )  
 A = luas ruangan ( m<sup>2</sup> )  
 F = Flux Cahaya ( Lumen )  
 H = Efisiensi armature ( % )  
 kp = faktor Utilisasi Ruangan ( % )  
 kd = faktor depresiasi

### 2.6.3 Lampu Penerangan

#### *Prinsip kerja*

Lampu pijar mengeluarkan cahaya berdasarkan prinsip pemijaran sehingga lampu ini dapat di atur secara mudah dengan menggunakann tahanan geser. Oleh karena prinsip inilah maka lampu ini dinamakan lampu pijar ( incandscen lamp ). Umur lampu ini biasanya cukup pendek (hanya sekitar 1000 jam). Konstruksi lampu ini sangat sderhana sehingga harga dari lampu ini cukup murah dibandingkan dengna lampu jenis lain.

Lampu pijar yang sering digunakan untuk penerangan yang umumnya terdiri dari dua macam :

*Lampu GLS (General Lighting Service)*

Lampu pijar jenis ini sering digunakan untuk penerangan yang umum (General Lighting), contohnya : untuk penerangan ruang tamu, penerangan kamar tidur, dll

*Lampu Reflektor (Reflector Lamps)*

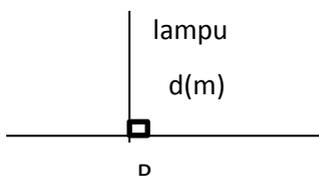
Lampu pijar jenis ini sering digunakan untuk penerangan sorot (spot lighting), contohnya : penerangan panggung (stage lighting), penerangan studio, dll.

## 2.7 Penempatan Titik Lampu

*Hukum Kuadrat Terbalik*

Sebuah lampu dengan intensitas cahaya  $I$  Kandel dalam segala arah di bawah bidang mendatar apabila digantung  $d$  meter di atas suatu permukaan ( lihat 4.4 ), akan menghasilkan iluminasi di  $P$  di bawah lampu bersangkutan yang diberikan oleh :

$$E_p = \frac{I}{d^2} \text{ lumen / m}^2 \text{ atau Lux(lx)} \dots \dots \dots (2.7)$$

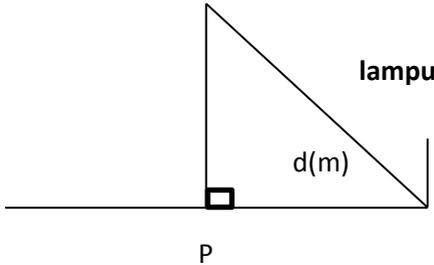


**Gb 4.4** iluminasi pada titik P

*Hukum Kosinus*

Iluminasi pada sembarang titik  $Q$ ,  $x$  meter dari  $P$  dan berada pada bidang mendatar yang sama melalui  $P$  ( lihat gambar 4.5) diberikan oleh

$$E_q = \frac{1}{h^2} \cos \theta \cdot I_x \dots\dots\dots (2.8)$$



**Gb 4.5.** P illuminasi di sembarang titik Q

Dengan h dan  $\theta$  seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5

$$\text{Juga } h^2 = d^2 + x^2 \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\text{Dan } \cos \theta = \frac{d}{h} = \frac{d}{\sqrt{d^2+x^2}} \dots\dots\dots (2.10)$$

*Penghitungan Fluks Cahaya Dengan menggunakan faktor pemanfaatan (UF) dan rugi – rugi cahaya (LLF)*

$$\text{Fluks cahaya total} = \frac{\text{nilai layanan iluminasi} \times \text{luas}}{\text{faktor pemanfaatan} \times \text{faktor rugi cahaya}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan iluminasi diberikan dalam luks dan luas diukur dalam meter persegi.

Faktor pemanfaatan memperhitungkan kenyataan bahwa tidak semua fluks cahaya yang dipancarkan dari sebuah lampu penerang benar – benar jatuh pada bidang kerja, misalnya, apabila cahaya hilang oleh jendela gelap atau permukaan dekoratif gelap tak memantul.

Faktor rugi – rugi cahaya memperhitungkan iluminasi yang berkurang yang dihasilkan oleh instalasi lampu yang kotor dibandingkan dengan yang diberikan oleh instalasi yang sama ketika instalasi itu masih bersih. Faktor ini umumnya tingkat iluminasiantisipasi ketika instalasi lampu baru telah digunakan untuk beberapa lama. Untuk pengaturan umum dari pemasangan ini adalah

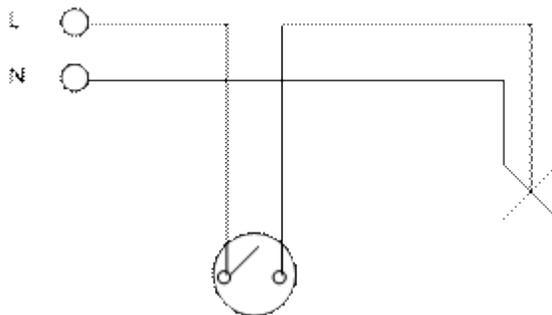
$$= \frac{\text{jarak antara penerang}}{\text{tinggi penerang di atas area kerja}} \dots\dots\dots (2.12)$$

## 2.7 Saklar

Saklar merupakan suatu komponen listrik yang berfungsi sebagai penghubung dan pemutus aliran listrik. Macam – macam saklar yang ada :

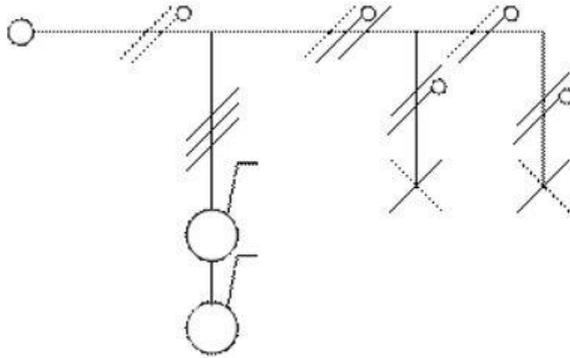
### 2.7.1 Saklar Tunggal

Saklar tunggal atau sering juga disebut saklar engkel. Saklar ini hanya mempunyai satu aliran penghubung.



**Gambar 2.11.** Diagram pengawatan satu lampu dengan satu saklar.

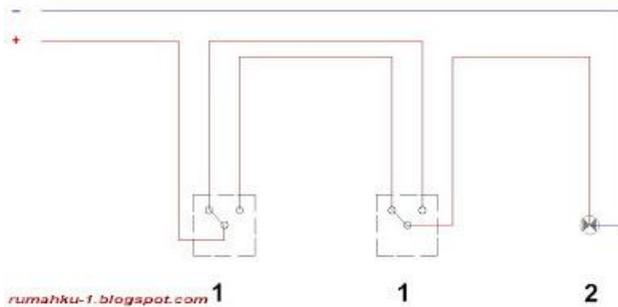




**Gambar 2.14.** Diagram satu garis saklar seri

### 2.7.3 Saklar Tukar

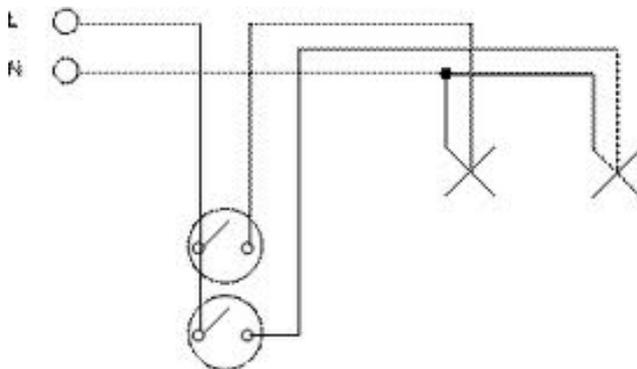
Saklar tukar merupakan saklar yang dapat bekerja secara bergantian dan dapat pula dikombinasikan dengan dua atau lebih saklar lagi sehingga dapat membentuk suatu kombinasi control.



**Gambar 2.15.** Rangkaian instalasi saklar tukar (saklar hotel)

### 2.7.4 Saklar Silang

Saklar silang tidak dapat bekerja sendiri, saklar ini dapat bekerja dengan kombinasi dari macam saklar lain.



**Gambar 2.16.** Diagram pengawatan saklar silang

**Tabel 2.5.** Simbol-simbol yang biasa ditemui pada instalasi listrik gedung / rumah:

No.	Simbol	Keterangan	Simbol pengawatan
1.		Beban penerangan, lampu	-
2.		Saklar putar	 Satu normally close dan satu normally open.
3.		Saklar tunggal	 Satu normally open
4.		Saklar ganda	Dua normally open

5.		Stop contact	 Sumber pencatu
6.		Stop contact dengan pengamanan proteksi	 Sumber pencatu
7.		Sekering (fuse)	
8.		Kontak termis (MCB)	

### 2.7.5 Tata Letak Saklar Lampu Penerangan

Saklar dinding biasanya dipasang kurang lebih 120 cm di atas lantai jalan yang biasa dilalui. Jika harus dilayani dengan membuka pintu terlebih dahulu, maka saklar dinding ditempatkan di dekat dan di sisi daun pintu yang membuka. Rating saklar yang dipilih yaitu harus mampu untuk menghantarkan arus 115% dari arus nominal yang melewatinya. Cara penghitungan untuk menentukan rating saklar.

$$I = \frac{P}{V \times \cos \varphi} \dots\dots\dots (2.13)$$

### 2.7.6 Tata Letak Stop Kontak

Stop kontak yang digunakan harus memenuhi Standart Internasional ( SI ) dan sesuai dengan ketentuan yang terdapat pada PUIL 2000. Dimana dalam PUIL dijelaskan bahwa untuk kotak kontak biasa, kebutuhan maksimum diambil 200 VA atau 200 VA per fasa untuk kotak kontak dengan kemampuan setinggi – tingginya 16 A atau 16 A per fasa.

Stop kontak ditempatkan di dekat ujung dinding. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terhalang karena penempatan mebel atau lemari. Stop kontak sebaiknya dipasang kurang lebih 30 cm di atas lantai dengan penutup atau 30 cm di atas landasan bidang kerja meja. Pemasangan kotak kontak harus dipasang sedemikian rupa sehingga ketika dihubungkan tidak mungkin terjadi sentuhan dengan bagian aktif.

## **2.8 Pemilihan Penghantar**

Untuk pemilihan kabel penghantar, sebaiknya dilihat terlebih dahulu dari tanda pengenal yang tertera pada kabel tersebut. Pilihlah kabel yang sepanjang permukaannya tertera sekurang – kurangnya :

1. Tanda pengenal standar misalnya SNI, IEC, SPLN
2. Tanda pengenal produsen
3. Jumlah dan ukuran inti

Jangan menggunakan kabel polos, karena tidak memenuhi standar.

### **2.8.1 Perhitungan Luas Penampang Penghantar**

Untuk menghindari terjadinya kerusakan pada sebuah penghantar, maka luas penampang penghantar harus diperhitungkan dengan teliti. Kerusakan pada sebuah penghantar dapat diakibatkan oleh arus yang melalui penghantar tersebut melebihi kapasitas KHAny.

Jenis penghantar yang tepat akan sangat menentukan kemampuan dan keandalan untuk peralatan listrik yang bekerja.

Sesuai dengan PUIL 2000 :

- Semua penghantar yang digunakan harus dibuat dari bahan yang memenuhi syarat<sup>10</sup>, sesuai dengan tujuan dan

penggunaannya, serta telah diperiksa dan diuji menurut standar penghantar yang dikeluarkan atau diakui oleh instansi yang berwenang.

- Penghantar harus diamankan dengan alat pengaman ( pengaman lebur atau pemutus daya ) yang harus membuka sirkit dalam waktu yang tepat bila timbul bahaya bahwa suhu penghantar akan menjadi terlalu tinggi<sup>11</sup>.

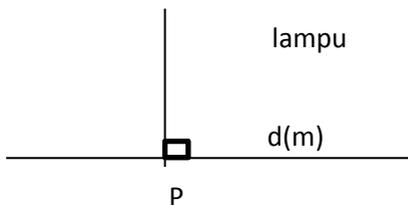
Untuk mendapatkan besarnya nilai KHA pada sebuah penghantar, maka terlebih dahulu harus didapatkan nilai arus maksimum yang akan mengalir pada penghantar tersebut.

## 2.8.2 Penempatan Titik Lampu

### *Hukum Kuadrat Terbalik*

Sebuah lampu dengan intensitas cahaya  $I$  Kandela dalam segala arah di bawah bidang mendatar apabila digantung  $d$  meter di atas suatu permukaan ( lihat 4.4 ), akan menghasilkan iluminasi di  $P$  di bawah lampu bersangkutan yang diberikan oleh :

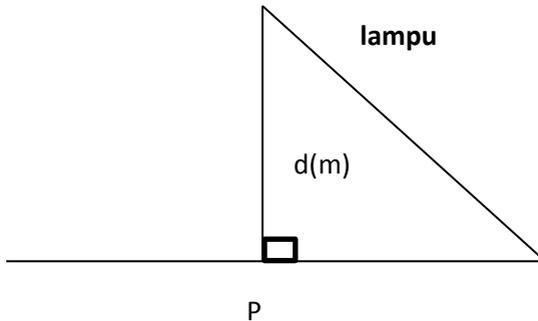
$$E_p = \frac{I}{d^2} \text{ lumen / m}^2 \text{ atau Lux(lx) ..... (2.14)}$$



**Gb 4.4** iluminasi pada titik P

### *Hukum Kosinus*

Iluminasi pada sembarang titik Q, x meter dari P dan berada pada bidang mendatar yang sama melalui P ( lihat gambar 4.5) diberikan oleh



**Gb 4.5.** iluminasi di sembarang titik Q

$$E_q = \frac{1}{h^2} \cos \theta \text{ lx} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dengan  $h$  dan  $\theta$  seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5

$$\text{Juga } h^2 = d^2 + x^2 \dots\dots\dots (2.16)$$

$$\text{Dan } \cos \theta = \frac{d}{h} = \frac{d}{d^2 + x^2}$$

*Penghitungan Fluks Cahaya Dengan menggunakan faktor pemanfaatan (UF) dan rugi – rugi cahaya (LLF)*

Fluks cahaya total

$$= \frac{\text{nilai layanan iluminasi} \times \text{luas}}{\text{faktor pemanfaatan} \times \text{faktor rugi-rugi cahaya}} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan iluminasi diberikan dalam luks dan luas diukur dalam meter persegi.

Faktor pemanfaatan memperhitungkan kenyataan bahwa tidak semua fluks cahaya yang dipancarkan dari sebuah lampu penerang benar – benar jatuh pada bidang kerja, misalnya, apabila cahaya hilang oleh jendela gelap atau permukaan dekoratif gelap tak memantul.

Faktor rugi – rugi cahaya memperhitungkan iluminasi yang berkurang yang dihasilkan oleh instalasi lampu yang kotor dibandingkan dengan yang diberikan oleh instalasi yang sama ketika instalasi itu masih bersih. Faktor ini umumnya tingkat iluminasiantisipasi ketika instalasi lampu baru telah digunakan untuk beberapa lama.

Untuk pengaturan umum dari pemasangan ini adalah

$$= \frac{\text{jarak antara penerang}}{\text{tinggi penerang di atas area kerja}} \dots\dots\dots (2.18)$$

## 2.8.2 Tata Letak Saklar Lampu Penerangan

Saklar dinding biasanya dipasang kurang lebih 120 cm di atas lantai jalan yang biasa dilalui. Jika harus dilayani dengan membuka pintu terlebih dahulu, maka saklar dinding ditempatkan di dekat dan di sisi daun pintu yang membuka. Rating saklar yang dipilih yaitu harus mampu untuk menghantarkan arus 115% dari arus nominal yang melewatinya. Cara penghitungan untuk menentukan rating saklar

$$I = \frac{P}{V \times \text{Cos } \varphi} \dots\dots\dots (2.19)$$

## 2.8.3 Tata Letak Stop Kontak

Stop kontak yang digunakan harus memenuhi Standart Internasional ( SI ) dan sesuai dengan ketentuan

yang terdapat pada PUIL 2000. Dimana dalam PUIL dijelaskan bahwa untuk kotak kontak biasa, kebutuhan maksimum diambil 200 VA atau 200 VA per fasa untuk kotak kontak dengan kemampuan setinggi – tingginya 16 A atau 16 A per fasa.

Stop kontak ditempatkan di dekat ujung dinding. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terhalang karena penempatan mebel atau lemari. Stop kontak sebaiknya dipasang kurang lebih 30 cm di atas lantai dengan penutup atau 30 cm di atas landasan bidang kerja meja. Pemasangan kotak kontak harus dipasang sedemikian rupa sehingga ketika dihubungkan tidak mungkin terjadi sentuhan tak sengaja dengan bagian aktif.

## **2.9 Pemilihan Penghantar**

Untuk pemilihan kabel penghantar, sebaiknya dilihat terlebih dahulu dari tanda pengenal yang tertera pada kabel tersebut. Pilihlah kabel yang sepanjang permukaannya tertera sekurang – kurangnya :

1. Tanda pengenal standar misalnya SNI, IEC, SPLN
2. Tanda pengenal produsen
3. Jumlah dan ukuran inti

Jangan menggunakan kabel polos, karena tidak memenuhi standar.

### **2.9.1 Perhitungan Luas Penampang Penghantar**

Untuk menghindari terjadinya kerusakan pada sebuah penghantar, maka luas penampang penghantar harus diperhitungkan dengan teliti. Kerusakan pada sebuah penghantar dapat diakibatkan oleh arus yang melalui penghantar tersebut melebihi kapasitas KHAny.

Jenis penghantar yang tepat akan sangat menentukan kemampuan dan keandalan untuk peralatan listrik yang bekerja.

Sesuai dengan PUIL 2000 :

- Semua penghantar yang digunakan harus dibuat dari bahan yang memenuhi syarat<sup>10</sup>, sesuai dengan tujuan dan penggunaannya, serta telah diperiksa dan diuji menurut standar penghantar yang dikeluarkan atau diakui oleh instansi yang berwenang.
- Penghantar harus diamankan dengan alat pengaman ( pengaman lebur atau pemutus daya ) yang harus membuka sirkit dalam waktu yang tepat bila vtimbul bahaya bahwa suhu penghantar akan menjadi terlalu tinggi<sup>11</sup>.

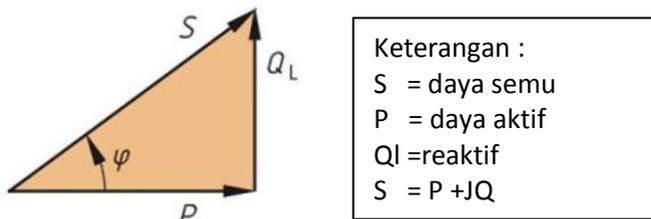
Untuk mendapatkan besarnya nilai KHA pada sebuah penghantar, maka terlebih dahulu harus didapatkan nilai arus maksimum yang akan mengalir pada penghantar tersebut.

### 2.10 Perbaikan Faktor Daya

Untuk rangkaian listrik AC, bentuk gelombang tegangan dan arus sinusoida, besarnya daya setiap saat tidak sama. Maka daya yang merupakan daya rata-rata diukur dengan satuan Watt. Daya ini membentuk energi aktif per satuan waktu dan dapat diukur dengan Kwh meter dan juga merupakan daya nyata atau daya aktif (daya poros, daya yang sebenarnya) yang digunakan oleh beban untuk melakukan tugas tertentu. Sedangkan daya semu dinyatakan dengan satuan Volt-Ampere (disingkat, VA), menyatakan kapasitas peralatan listrik, seperti yang tertera pada peralatan generator dan transformator.

Pada suatu instalasi, khususnya di pabrik / industri juga terdapat beban tertentu seperti motor listrik, yang

memerlukan bentuk lain dari daya, yaitu daya reaktif (VAR) untuk membuat *medan magnet* atau dengan kata lain daya reaktif adalah daya yang terpakai sebagai energi pembangkitan flux magnetik sehingga timbul magnetisasi dan daya ini dikembalikan ke sistem karena efek induksi elektromagnetik itu sendiri, sehingga daya ini sebenarnya merupakan beban (kebutuhan) pada suatu sistem tenaga listrik.



**Gambar 2.17.** Segitiga Daya

Faktor daya atau faktor kerja adalah perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu / daya total (VA), atau cosinus sudut antara daya aktif dan daya semu / daya total ( lihat gambar 2.17 ). Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah. Faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu.

Secara teoritis, jika seluruh beban daya yang dipasok oleh perusahaan listrik memiliki faktor daya satu, maka daya maksimum yang ditransfer setara dengan kapasitas sistem pendistribusian. Sehingga, dengan beban yang terinduksi dan jika faktor daya berkisar dari 0,2 hingga 0,5, maka kapasitas jaringan distribusi listrik menjadi tertekan. Jadi, daya reaktif (VAR) harus serendah mungkin untuk keluaran kW yang sama dalam rangka meminimalkan

kebutuhan daya total (VA). Faktor Daya / Faktor kerja menggambarkan sudut phasa antara daya aktif dan daya semu. Faktor daya yang rendah merugikan karena mengakibatkan arus beban tinggi.

Faktor daya dinyatakan dalam suatu persamaan :

$$\text{Cos } \varphi = \frac{\text{Daya Nyata}}{\text{Daya Semu}} \dots\dots\dots ( 2.7 )$$

atau

$$\text{Cos } \varphi = \frac{W}{VA} \dots\dots\dots ( 2.8 )$$

### **2.11 Panel Hubung Bagi ( PHB )**

Panel hubung bagi adalah peralatan yang berfungsi menerima energi listrik dari PLN dan selanjutnya mendistribusikan dan sekaligus mengontrol penyaluran energi listrik tersebut melalui sirkit panel utama dan cabang ke PHB cabang atau langsung melalui sirkit akhir ke beban yang berupa beberapa titik lampu dan melalui kotak-kontak ke peralatan pemanfaatan listrik yang berada di dalam bangunan.

Sesuai dengan kegunaan dari panel listrik, maka dalam perancangannya harus sesuai dengan syarat dan ketentuan serta standar panel listrik yang ada. Untuk penempatan panel listrik hendaknya disesuaikan dengan situasi bangunan dan terletak ditempat yang mudah dijangkau dalam memudahkan pelayanan. Panel harus mendapatkan ruang yang cukup luas sehingga pemeliharaan, perbaikan, pelayanan dan lalu lintas dapat dilakukan dengan mudah dan aman.

Dalam penempatan panel ini sangat mempengaruhi proses kelangsungan penyaluran energi listrik, karena apabila penempatan dari panel tersebut tidak diperhatikan maka kontinuitas pelayanan panel tersebut tidak akan bertahan lama dan dapat mengurangi keandalan dalam penyaluran energi listrik.

### **2.11.1 Jenis PHB**

Menurut PUIL 2000, jenis Panel Hubung Bagi terdiri-dari:

1. Panel Hubung Bagi tertutup pasang dalam

Panel Hubung Bagi tertutup pasang dalam adalah panel yang komponen-komponennya sudah ditempatkan di dalam kotak panel yang tertutup dan terpasang di dalam ruangan.

2. Panel Hubung Bagi tertutup pasang luar

Panel Hubung Bagi tertutup pasang luar adalah panel yang seluruh komponen-komponennya ditempatkan di dalam kotak panel yang tertutup dan dipasang di luar ruangan. Bahan yang digunakan harus tahan cuaca.

3. Panel Hubung Bagi terbuka pasang dalam

Panel Hubung Bagi terbuka pasang dalam tidak boleh ditempatkan dekat saluran gas, saluran uap, saluran air atau saluran lainnya yang tidak ada kaitannya dengan Panel Hubung Bagi (PHB) tersebut.

4. Panel Hubung Bagi terbuka pasang luar

Tempat pemasangan Panel Hubung Bagi (PHB) terbuka pasang luar harus merupakan perlengkapan yang tahan cuaca. Perlengkapan atau harus mempunyai saluran air sehingga dapat dicegah terjadinya genangan air.

### **2.11.2 Syarat Penempatan PHB**

Penempatan panel harus memenuhi syarat-syarat berikut ini sesuai dengan PUIL 2000 (6.3-6.4) yaitu :

1. Tinggi maksimal dari lantai 1,2 – 2m.
2. Di depan panel harus memiliki ruang bebas yang cukup luas.
3. Saat membuka panel ini tidak terganggu oleh benda apapun.
4. Pintu harus bisa terbuka penuh.
5. Panel dipasang pada tempat yang sesuai, kering dan berventilasi cukup.

### **2.11.3 Konstruksi Panel Hubung Bagi**

Konstruksi panel listrik ini dibuat sesuai dengan dengan cuaca dan lingkungan setempat dan dengan ketebalan dindingnya tertentu, hingga ketahanannya terhadap gaya mekanis memenuhi persyaratan. Selain itu panel ini dibuat sedemikian rupa, artinya panjang, lebar, dan tingginya agar semua komponen yang diperlukan dapat terpasang dengan sempurna sebagaimana fungsi dan kegunaannya. Lemari hubung bagi juga harus di pasang pada tempat yang sesuai , kering dan berventilasi cukup. Sebagai finising tentunya dilakukan pengecatan untuk menambah keindahan sehingga tidak merusak suasana ruangan tempat pemasangan.

## **2.12 Pentanahan**

Sistem pentanahan / pembumian merupakan bagian dari sebuah instalasi listrik. Sistem pembumian adalah sistem yang dirancang sedemikian rupa untuk menghubungkan bagian konduktif terbuka dari peralatan-peralatan listrik yang dipakai dengan bumi sebagai referensi

hbbbbbtegangannya nol, pembuatan sistem pembumian ini bertujuan untuk menghindarkan manusia dari kejutan listrik apabila tersentuh bagian konduktif terbuka yang bertegangan. Bagian konduktif ini bisa bertegangan apabila instalasi listrik mengalami kegagalan isolasi sehingga kawat fasa terhubung dengan bagian konduktif tertentu.

Sistem pembumian terdiri dari beberapa sistem sesuai dengan cara pemasangannya. Sistem-sistem tersebut adalah sistem TT, Sistem TN yang terdiri dari TN-C, TN-S, dan TN-CS, serta sistem IT.

Sistem pembumian terdiri dari beberapa perlengkapan listrik berupa penghantar pembumian dan elektroda pembumian.

Pemasangan sistem pembumian sangat tergantung pada kondisi lingkungan dimana sistem pembumian dibuat, sehingga sebuah sistem pembumian tidak bisa disamakan di semua tempat, misalkan tempat dengan jenis tanah lembab dan kering pasti akan sangat berbeda usaha-usaha yang dilakukan supaya sistem yang dibuat sesuai dengan standar yang ditetapkan.

### **2.12.1 Pembumian instalasi rumah**

Di dalam PUIL 2000 disebutkan bahwa pada instalasi listrik ada dua jenis resiko utama yaitu:

- a. Arus kejutan listrik
- b. Suhu berlebihan yang sangat mungkin mengakibatkan kebakaran, luka bakar atau efek cedera listrik.

Untuk menghindarkan manusia ataupun ternak dari bahaya yang timbul karena sentuhan dengan bagian aktif instalasi listrik maka dapat dilakukan cara-cara berikut:

- a. Mencegah mengalirnya arus melalui badan manusia atau ternak.

- b. Membatasi arus yang dapat mengalir melalui badan manusia sampai suatu nilai yang lebih kecil dari arus kejut.
- c. Pemutusan suplai secara otomatis dalam waktu yang ditentukan pada saat terjadi gangguan yang sangat mungkin menyebabkan mengalirnya arus melalui manusia yang bersentuhan dengan body peralatan, yang nilai arusnya sama dengan atau lebih besar dari arus kejut listrik.

### 2.12.2 Tahanan Pembumian

Tahanan pembumian adalah hambatan yang dialami oleh arus ketika mengalir ke tanah. Arus ini mengalir menuju tanah melalui elektroda pembumian yang ditanam atau ditancapkan ke dalam tanah pada ke dalam tertentu. PUIL 2000 mendefenisikan tahanan pembumian sebagai jumlah tahanan elektroda pembumian dan tahanan penghantar pembumian. Tahanan ini terdiri dari tahanan yang disebabkan penghantar logam dan tanah. Tahanan yang ditimbulkan penghantar sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Tahanan yang paling besar adalah tahanan yang ditimbulkan oleh tanah.

Tahanan yang dimiliki lapisan tanah yang merupakan bola dengan jari-jari  $r$  dan dengan menganggap bahwa jarak  $r$  berada di jauh tak hingga maka tahanan tanah dengan elektroda yang memiliki jari-jari  $r_0$  menjadi seperti Persamaan berikut :

$$dR = \rho \frac{dr}{2\pi r^2} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$R = \int_{r_0}^{\infty} dR = \frac{\rho}{2\pi r_0} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana

$R$  = Tahanan Tanah

$R$  = Jari-jari bola luar (m)

$R_o$  = Jari-jari/ panjang elektroda (m)

$P$  = Tahanan jenis tanah ( Ohm-m)

Beberapa jenis tanah yang nilai tahanan jenisnya dicantumkan dalam PUIL 2000 dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.6.** Tahanan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Tahanan Jenis ( $\Omega$ -m)
Tanah Rawa	30
Tanah Liat dan Tanah Ladang	100
Pasir Basah	200
Kerikil basah	500
Pasir dan kerikil kering	1000
Tanah Berbatu	3000

### 2.12.3 Persyaratan Pembedian

Menurut PUIL 2000 ada beberapa persyaratan dalam instalasi sistem pembedian. Syarat-syarat tersebut adalah sebagai berikut:

#### a. Warna Penghantar Pembedian

Penghantar proteksi diberi warna loreng hijau kuning sebagai pengenal, termasuk penghantar proteksi yang merupakan salah satu inti dari kabel dan kabel tanah. Pengecualiannya adalah terhadap penghantar geser jika penghantarnya dapat dikenal dengan jelas, misalnya melalui bentuknya dan tulisan yang ada padanya.

#### b. Luas Penghantar pembedian

Luas penampang penghantar proteksi tidak boleh kurang dari nilai yang tercantum dalam tabel berikut :

**Tabel 2.7.** Ukuran Penampang Penghantar Pembumian

Luas Penampang penghantar phasa Instalasi $S$ ( mm <sup>2</sup> )	Luas Penampang Minimum Penghantar Proteksi Yang Berkaitan $S$ ( mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	$S$
$16 \leq S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Tabel ini hanya berlaku jika penghantar proteksi dibuat dari bahan yang sama dengan penghantar phasa. Jika bahannya tidak sama, maka luas penampang penghantar proteksi ditentukan dengan cara memilih luas penampang yang mempunyai konduktansi yang ekuivalen dengan hasil dari Tabel. Luas penampang setiap penghantar proteksi yang tidak merupakan bagian dari kabel suplai atau selungkup kabel, dalam setiap hal tidak boleh kurang dari 2,5 mm<sup>2</sup> jika terdapat proteksi mekanis dan 4 mm<sup>2</sup> jika tidak terdapat proteksi mekanis.

### c. Ukuran Elektroda

Ukuran minimum elektroda dapat dipilih menurut tabel berikut :

**Tabel 2.8.** Ukuran Elektroda Pembumian

		1	2	3
No.	Bahan jenis Elektroda	Baja digalvanisasi dengan proses pemanasan	Baja berlapis tembaga	Tembaga
1	elektroda pita	Pita baja 100 mm <sup>2</sup> setebal minimum 3 mm	50 mm <sup>2</sup>	Pita tembaga 50 mm <sup>2</sup> tebal min 2

				mm
		Pita tembaga 50 mm <sup>2</sup> tebal min. 2 mm		Pita tembaga 50 mm <sup>2</sup> tebal min 2 mm
2	Elektroda batang	Pita baja 25 mm <sup>2</sup>  Baja profil (mm)  L 65 mm <sup>2</sup> x 65 x 7 U 6.5 T 6 x 50 x 3  Batang profil lain yang Setaraf	Baja berdiameter 15 mm dilapisi tembaga setebal 250 μm	
3	elektroda pelat	Pelat besi tebal 3 mm luas 0,5 m <sup>2</sup>		Pelat tembaga tebal 2mm luas 0,5 m <sup>2</sup> sampai 1 m <sup>2</sup>

#### d. Nilai Tanah Pembumian

Untuk sistem pembumian rumah tangga kondisi berikut harus terpenuhi.

$$R_a \times I_a \leq 50 \text{ V} \dots\dots\dots ( 2.11 )$$

Dimana :

$R_a$  = Besar tahanan pembumian

$I_a$  = Arus listrik yang menyebabkan operasi otomatis dari gawai proteksi yang tergantung dari jenis dan karakteristik gawai proteksi yang digunakan.

Dalam hal ini gawai dengan karakteristik waktu terbalik (invers) yaitu pengaman lebur (PL atau sekering) atau pemutus sirkit (misalnya MCB) dan  $I_a$  haruslah arus yang menyebabkan bekerjanya gawai proteksi dalam waktu 5 detik.