

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

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

Instalasi listrik merupakan suatu sistem atau rangkaian yang berfungsi untuk menyalurkan daya listrik untuk keberlangsungan hidup manusia. Instalasi listrik juga bisa diartikan sebagai saluran listrik beserta gawai maupun peralatan yang terpasang baik didalam maupun luar bangunan untuk menyalurkan energi listrik.

Instalasi listrik pada dasarnya terbagi atas dua jenis yaitu instalasi daya listrik dan instalasi penerangan. Apabila motor – motor listrik serta peralatan – peralatan yang menggunakan daya listrik yang dipasang pada suatu instalasi listrik disebut instalasi daya listrik, sedangkan instalasi penerangan apabila beban yang dilayani pada suatu instalasi listrik berupa lampu disebut instalasi penerangan.

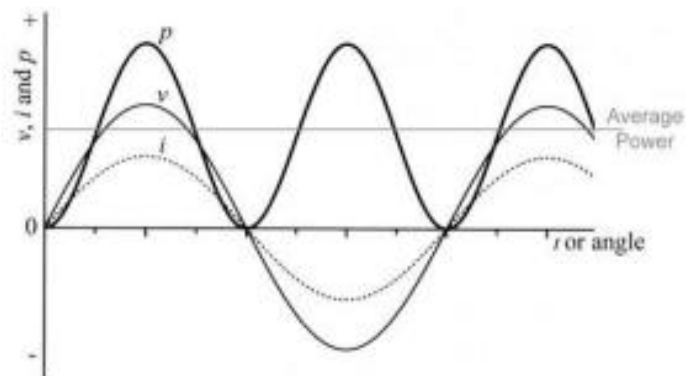
Rancangan instalasi listrik harus memenuhi ketentuan PUIL 2011 dan instalasi listrik terpasang harus diverifikasi oleh KONSUIL (Komite Nasional Keselamatan untuk Instalasi Listrik) atau PPILN (Perkumpulan Pemeriksa Instalasi Listrik Nasional), yang saat ini telah mendapatkan izin dan pengesahan dari instansi/Lembaga yang berwenang, seperti Direktorat Jendral Ketenagalistrikan dan Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. Setelah dinyatakan memenuhi syarat maka instalasi listrik layak operasi dan akan diterbitkan sertifikat layak operasi.

#### **2.2 Beban Listrik**

Beban listrik pada jaringan listrik AC harus ditunjang dengan keberadaan pembangkit listrik. Pembangkit listrik umumnya bisa mensuplai tiga jenis beban listrik, ketiga beban tersebut adalah beban *resistif*, beban *induktif* dan beban *kapasitif*. Ketiga beban ini memiliki karakteristik dan fungsi yang berbeda antara satu dengan yang lainnya.

Beban resistif dapat ditemukan pada alat – alat listrik yang bersifat murni tahanan (*resistor*), seperti yang ada pada elemen pemanas dan lampu pijar. Beban resistif umumnya bersifat pasif, yang artinya resistor berperan mengambil energi

listrik dari sumber dan tidak dapat mengembalikannya. *Resistor* tidak dapat memproduksi energi listrik secara mandiri, dimana resistor hanya dapat menjadi konsumen energi listrik. Daya yang diserap secara fisika akan terbaca dalam bentuk kalor atau cahaya dan akan selalu bernilai positif.

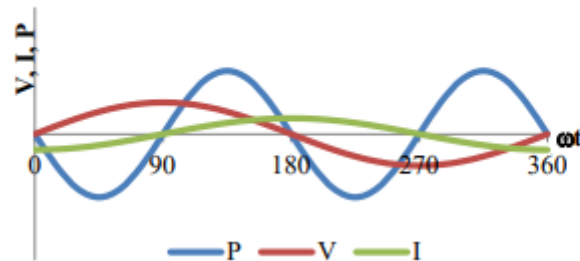


**Gambar 2.1** beban resistif

(Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri Vol. 3 No. 2)

Gelombang arus dan tegangan listrik yang melewati *resistor* akan selalu bersamaan, karena pada beban resistif ini arus dan tegangan bergerak satu fasa. Beban listrik induktif umumnya terjadi pada alat – alat listrik yang memiliki lilitan kumparan seperti motor, *generator*, *transformator*, dan *relay*. Induktor merupakan sebuah elemen rangkaian yang dapat menyimpan energi selama satu periode waktu dan mengembalikannya dalam satu periode waktu lain. Tegangan dalam sebuah induktansi merupakan laju perubahan arus terhadap waktu yang menghasilkan medan magnet sebagai medium kerjanya. Pembangkitan medan magnet pada kumparan inilah yang menjadi beban induktif pada rangkaian arus listrik *sinusoidal*.

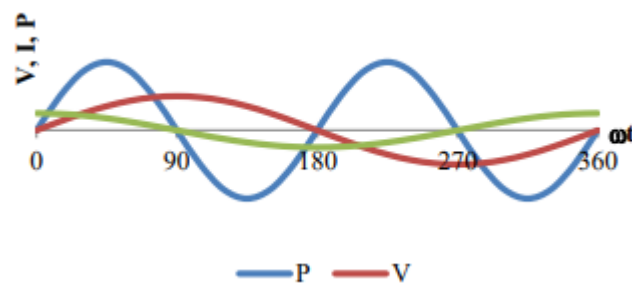
Kurva sinusoidal arus dan tegangan listrik dari sebuah induktor seperti pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2.2** beban *induktif*

(jurnal surya dan energi Vol.1 No.2, 2017)

Kapasitor adalah komponen listrik yang terdiri dari dua konduktor yang dipisahkan oleh isolator atau bahan dielektrik. Kapasitor merupakan perangkat selain baterai yang dapat menyimpan muatan listrik. Cara kerja kapasitor didasarkan pada fenomena terkait dengan medan listrik. Sumber medan listrik adalah pemisahan muatan atau tegangan, dimana jika tegangan berubah terhadap waktu, maka medan listrik juga akan berubah terhadap waktu. Beban kapasitif merupakan kebalikan dari beban induktif, artinya beban kapasitif berfungsi untuk menghalangi terjadinya perubahan nilai tegangan listrik. Sifat ini dapat menunjukkan bahwa kapasitor bersifat sebagai medium penyimpanan tegangan listrik sesaat.



**Gambar 2.3** Beban *kapasitif* (jurnal surya dan energi Vol.1 No.2, 2017)

### 2.3 Penghantar

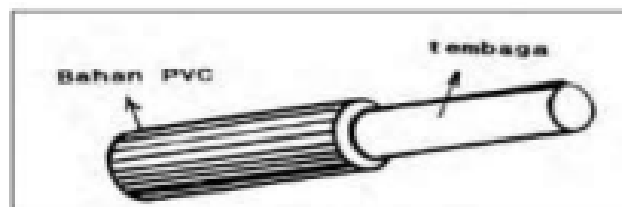
Kabel listrik adalah media untuk mengantarkan arus listrik ataupun informasi. Bahan dari kabel ini beraneka ragam, khusus sebagai penghantar arus

listrik, umumnya terbuat dari tembaga dan umumnya dilapisi dengan pelindung. Selain tembaga, ada juga kabel yang terbuat dari serat optik, yang disebut dengan *fiber optic cable*.

Penghantar atau kabel yang sering digunakan untuk instalasi listrik penerangan umumnya terbuat dari tembaga. Penghantar tembaga setengah keras (BCC  $\frac{1}{2}$  H = *Bare Copper Conductor Half Hard*) memiliki nilai tahanan jenis 0,0185 ohm mm<sup>2</sup>/m dengan tegangan tarik putus kurang dari 41 kg/mm<sup>2</sup>. sedangkan penghantar tembaga keras (BCCH = *Bare Copper Conductor Hard*), kekuatan tegangan tariknya 41 kg/mm<sup>2</sup>. Pemakaian tembaga sebagai penghantar adalah dengan pertimbangan bahwa tembaga merupakan suatu bahan yang mempunyai daya hantar yang baik setelah perak. Penghantar yang dibuat oleh pabrik yang dibuat oleh pabrik terdapat beraneka ragamnya. Berdasarkan konstruksinya, penghantar diklasifikasikan sebagai berikut:

a. Penghantar pejal (solid)

Penghantar yang berbentuk kawat pejal yang berukuran sampai 10 mm<sup>2</sup>. Tidak dibuat lebih besar lagi dengan maksud untuk memudahkan penggulungan maupun pemasangannya.



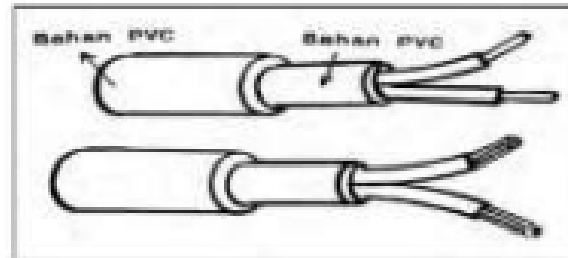
**Gambar 2.4** Penghantar Pejal

(Al Ulum Sains dan Teknologi Vol. 6 No.2 2021)

b. Penghantar Berlilit (stranded)

Kabel ini terbuat dari beberapa logam tembaga (berinti banyak) dengan diameter kecil dan dipilin menjadi satu kesatuan yang mana bagian luarnya dilapisi dengan plastik pvc yang disebut dengan kabel serabut/berlilit (*stranded*) disebut dengan kabel berlilit/serabut (*Stranded*). Kabel Serabut/berlilit (*stranded*) mempunyai diameter bulat dengan ukuran

1 mm<sup>2</sup> – 500 mm<sup>2</sup>.



**Gambar 2.5** Penghantar serabut

(Al Ulum Sains dan Teknologi Vol. 6 No.2 2021)

c. Penghantar Persegi (*Busbar*)

Penampang penghantar ini berbentuk persegi empat yang biasanya digunakan pada PHB (Papan Hubung Bagi) sebagai rel-rel pembagi atau rel penghubung, penghantar ini tidak berisolasi.



**Gambar 2.5** Penghantar Persegi

(Al Ulum Sains dan Teknologi Vol. 6 No.2 2021)

Adapun bila ditinjau dari jumlah penghantar dalam satu kabel, penghantar dapat diklasifikasikan menjadi:

a. Penghantar *Simplex*

kabel yang dapat berfungsi untuk satu macam penghantar saja (misal: untuk fasa atau netral saja). Contoh penghantar simplex ini antara lain: NYA 1,5 mm<sup>2</sup>; NYAF 2,5 mm<sup>2</sup> dan sebagainya.



**Gambar 2.6** Penghantar *Simplex* (PUIL 2011)

b. Penghantar *Duplex*

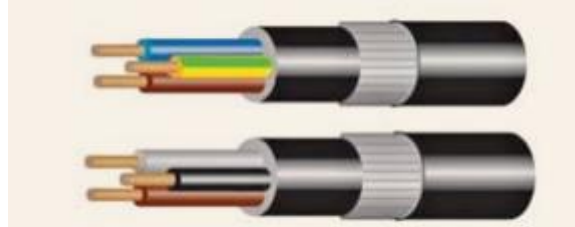
kabel yang dapat menghantarkan dua aliran (dua fasa yang berbeda atau fasa dengan netral). Setiap penghantarnya diisolasi kemudian diikat menjadi satu menggunakan selubung. Penghantar jenis ini contohnya NYM 2x2,5 mm<sup>2</sup>, NYY 2x2,5mm<sup>2</sup>.



**Gambar 2.7** Penghantar *Duplex* (PUIL 2011)

c. Kabel *Triplex*

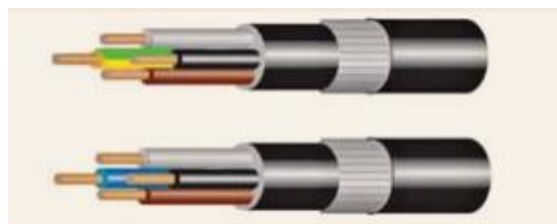
kabel dengan tiga penghantar yang dapat menghantarkan aliran 3 fasa (R, S dan T) atau fasa, netral dan *arde*. Contoh kabel jenis ini: NYM 3x2,5 mm<sup>2</sup>, NYY 3x2,5 mm<sup>2</sup> dan sebagainya.



**Gambar 2.7** Penghantar *Triplex* (PUIL 2011)

d. Kabel *Quadruplex*

kabel dengan empat penghantar untuk mengalirkan arus 3 fasa dan netral atau 3 fasa dan pentanahan. Susunan hantarannya ada yang pejal, berlilit ataupun serabut. Contoh penghantar *quadruplex* misalnya NYM 4x2,5 mm<sup>2</sup>, NYMHY 4x2,5mm<sup>2</sup> dan sebagainya.



**Gambar 2.8** Penghantar *Quadruplex* (PUIL 2011)

**Tabel 2.1** nomenklatur kode – kode kabel di indonesia

Huruf	Keterangan
N	Kabel standard dengan penghantar/inti tembaga
NA	Kabel dengan aluminium sebagai penghantar
Y	Isolasi PVC
G	Isolasi Karet
A	Kawat Berisolasi
Y	Selubung PVC ( <i>polyvinyl chloride</i> ) 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 bulat
Rm	Penghantar bulat berkawat banyak
Se	Penghantar bentuk pejal (padat)
Sm	Penghantar dipilin bentuk <i>sector</i>
F	Penghantar halus dipintal bulat
FF	Penghantar sangat fleksibel
Z	Penghantar z
D	Penghantar 3 jalur yang di tengah sebagai pelindung
H	Kabel untuk alat bergerak
Rd	Inti dipilih bentuk bulat
Fe	Inti pipih
-1	Kabel dengan sistem pengenal warna urat dengan hijau – kuning
0	Kabel dengan sistem pengenal warna urat tanpa hijau –kuning

Misalkan Kabel NYM dengan diameter 0 4 x 2.5 mm 500 V Menunjukkan kabel multi-inti untuk tegangan nominal 500 V, berinsulasi dan dilapisi PVC, dengan konduktor tembaga bundar multi-inti dengan luas penampang nominal 2,5 mm<sup>2</sup>,

dalam sistem kode warna tanpa garis hijau dan kuning.

### 2.3.1 Pemilihan Luas Penampang Penghantar

Dalam pemilihan luas penampang penghantar harus mempertimbangkan hal-hal seperti dibawah ini:

1. Kemampuan Hantar Arus (KHA)

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

a. Untuk Arus Searah :

$$I_n = \frac{P}{V} \quad (2.1)$$

b. Untuk Arus Bolak-balik Satu Fasa:

$$I_n = \frac{P}{(V \cdot \cos\phi)} \quad (2.2)$$

c. Untuk Arus Bolak-balik tiga Fasa :

$$I_n = \frac{P}{(\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi)} \quad (2.3)$$

d. Untuk Kemampuan Hantar Arus

$$KHA = 125\% \times I_n \quad (2.4)$$

Dimana: I = Arus Nominal Beban Penuh (A)

P = Daya Aktif (W)

V = Tegangan (V)

cos φ = Faktor Daya

2. *Drop Voltage*

*Drop voltage* atau disebut dengan susut tegangan merupakan perbedaan antara tegangan sumber dengan tegangan di beban, karena tegangan di beban tidak sama dengan tegangan sumber yaitu tegangan di beban lebih kecil dari tegangan sumber dapat disebabkan oleh faktor arus dan impedansi.



### 3. Sifat Lingkungan

Sifat lingkungan merupakan kondisi dimana penghantar itu dipasang. Faktor-faktor berikut harus diperhatikan:

- a. Penghantar dapat dipasang atau ditanam dalam tanah dengan memperhatikan kondisi tanah yang basah, kering atau lembab. Ini akan berhubungan dengan pertimbangan bahan isolasi penghantar yang digunakan.
- b. Suhu lingkungan seperti suhu kamar dan suhu tinggi, penghantar yang digunakan akan berbeda.
- c. Kekuatan mekanis, misalnya: pemasangan penghantar di jalan raya berbeda dengan di dalam ruangan atau tempat tinggal. Penghantar yang terkena beban mekanis, harus dipasang di dalam pipa baja atau pipa beton sebagai pelindungnya.

### 4. Kemungkinan Lainnya

Kemungkinan lainnya merupakan kemungkinan-kemungkinan yang akan terjadi di masa yang akan datang. Seperti penambahan beban yang akan mengacu pada kenaikan arus beban sehingga perhitungan KHA penghantar untuk memilih luas penampang penghantar akan berbeda. Drop tegangan maksimum yang diizinkan adalah dua persen untuk penerangan dan lima persen untuk instalasi daya.

## 2.4 Sistem Pengaman

### 2.4.1 Pengaman dari Hubung – singkat dan Beban Lebih

Untuk menjaga peralatan dari kerusakan, maka perlu diberi pengaman. Karena arus yang mengalir dalam suatu penghantar akan menimbulkan panas dalam kondisi yang normal, maka panas yang ditimbulkan oleh arus tidak menimbulkan efek yang dapat mempengaruhi sistem. Tetapi dalam kondisi yang abnormal, maka akan berpengaruh terhadap sistem, bahkan akan menimbulkan kerusakan terhadap peralatan. Kondisi panas atau kenaikan temperatur yang abnormal pada penghantar bisa diakibatkan karena terjadinya hubung singkat dan beban lebih.

Arus hubung singkat dapat terjadi disebabkan adanya hubung- singkat

antara fasa dengan netral, antara fasa dengan fasa dan antara fasa dengan bodi peralatan, sehingga arus akan mengalir melampaui batas arus nominal dari suatu sistem, Sedangkan arus beban lebih dapat terjadi karena beban lebih dan arus asut yang diberikan sangat besar melampaui batas maksimum yang diperkenankan dari suatu mesin listrik ( motor).

Untuk mencegah hal tersebut di atas maka perlu dipasang suatu alat pengaman atau proteksi terhadap akibat yang dapat terjadi dari arus hubung singkat dan arus beban lebih. Proteksi terhadap arus hubung- singkat pada suatu instalasi listrik biasanya digunakan fuse dan circuit- breaker. Sedangkan untuk beban lebih digunakan *thermal overload relay* (TOR).

#### **2.4.1.1 Pengaman dengan Fuse**

Proteksi dengan fuse dimaksudkan untuk mengamankan peralatan dari arus hubung-singkat dan juga sebagai pembatas arus. Fuse akan dapat memutuskan rangkaian dan mengamankan peralatan dari *Jala-Jala* bila arus yang mengalir ke rangkaian melampaui batas maksimum yang diperkenalkan terhadap rangkaian yang diamankannya. Proteksi dengan fuse mempunyai keuntungan dan ke-lebihan karena lebih ekonomis sebab harganya yang murah. Tetapi fuse mempunyai kekurangan-kekurangan seperti :

1. Hanya dapat memutuskan rangkaian yang diamankannya dalam kondisi abnormal
2. Hanya dapat dipergunakan dalam satu kali saja terjadi gangguan.
3. Tidak dapat memutuskan saluran tiga fasa sekaligus.
4. Tidak dapat disetting kapasitas arus pemutusny.

#### **2.4.1.2 Pengaman dengan MCB dan MCCB**

*Miniatur Circuit Breaker* (MCB) dan *Moulded Case Circuit Breaker* (MCCB) juga digunakan sehingga proteksi terhadap akibat yang dapat ditimbulkan oleh arus hubung-singkat. MCB dan MCCB merupakan *relay elektro-magnetis* yang bekerja secara otomatis untuk memutuskan, bagian rangkaian yang mengalami gangguan dengan bagian yang bertegangan.

MCB digunakan pada kapasitas pemutus arus yang lebih kecil dan tidak dapat disetting. Sedangkan MCCB digunakan pada kapasitas arus pemutus yang

lebih besar dan dapat disetting.

Sistem proteksi dengan MCB dan MCCB mempunyai keuntungan-keuntungan sebagai berikut :

1. Dapat memutuskan rangkaian tiga-fasa sekaligus dalam keadaan abnormal, maupun dalam keadaan normal dengan *jala-jala*.
2. Dapat digunakan berulang-ulang sepanjang MCB dan MCCB tidak rusak.
3. Untuk saluran tiga fasa cukup menggunakan satu MCB dan MCCB tiga fasa.
4. MCCB dapat disetting kapasitas arus pemutusny sesuai dengan yang diinginkan.

Sedangkan kelemahan dari kedua alat pengaman tersebut yaitu harganya mahal bila dibandingkan dengan fuse dalam kapasitas arus yang sama. Ketentuan-ketentuan penggunaan MCB dan KCCB untuk proteksi hubung-singkat untuk motor-motor listrik, menurut PUIL 2000 adalah :

1. Nilai nominal atau setelah alat pengaman arus hubung-singkat harus dipilih sehingga motor dapat diasut sedangkan penghantar rangkaian akhir, alat kendali dan motor tetap diamankan terhadap arus hubung-singkat.
2. Untuk rangkaian akhir yang menyuplai motor tunggal nilai nominal atau setelah alat pengaman arus hubung-singkat.
3. Untuk rangkaian akhir yang menyuplai beberapa motor nilai nominal atau setelah alat pengaman hubung-singkat tidak boleh melebihi nilai terbesar. Untuk masing- masing motor, ditambah dengan jumlah arus beban penuh motor lain dalam rangkaian akhir.

#### **2.4.1.3 Pengaman dengan *Thermal Overload Relay***

Alat pengaman dengan *thermal overload relay* (TOR) dipasang sebelum peralatan (motor). Hal ini dimaksudkan apabila terjadi gangguan arus beban lebih pada sistem maka *thermal overload relay* (TOR) ini dengan cepat memutuskan hubungan rangkaian. *Thermal overload relay* ini apabila terjadi kondisi overload maka akan bekerja secara otomatis.

Pengaman beban lebih (arus lebih) dimaksudkan untuk melindungi motor, perlengkapan kendali motor dan penghantar rangkaian terhadap pemanasan

berlebihan sebagai akibat beban lebih atau sebagai akibat motor tak dapat diasut. Beban lebih atau arus lebih pada waktu motor beroperasi., bila bertahan cukup lama, akan mengakibatkan kerusakan atau pemanasan yang berbahaya pada motor tersebut.

Ketentuan-ketentuan penggunaan proteksi arus beban lebih dengan menggunakan *thermal overload relay* untuk motor listrik menurut PUIL 2000, adalah ;

1. Dalam lingkungan dengan gas, uap atau debu yang mudah terbakar atau mudah meledak, setiap motor yang dipasang tetap, harus diamankan terhadap beban lebih.
2. Setiap motor fasa tiga atau motor berdaya nominal atau daya kuda atau lebih, yang dipasang tetap dan dijalankan tanpa pengawasan harus diamankan terhadap beban lebih.
3. Alat pengaman beban lebih tidak boleh mempunyai nilai nominal atau disetel pada nilai yang lebih tinggi dari yang diperlukan untuk mengasut motor pada beban penuh. Dalam pada itu waktu tanda alat pengaman beban lebih tersebut tidak boleh lebih lama dari yang diperlukan untuk memungkinkan motor diasut dan dipercepat pada beban penuh.

#### **2.4.2 Pengaman Terhadap Tegangan Sentuh**

Tegangan sentuh adalah tegangan yang terdapat diantara suatu obyek yang disentuh dan satu titik berjarak satu. meter, dengan asumsi bahwa obyek yang disentuh dihubungkan dengan kisi-kisi pengetahanan yang ada dibawahnya. Tegangan sentuh sangat berbahaya bagi keselamatan manusia dan hewan, karena dapat menimbulkan kecelakaan yang fatal. Dampak yang akan ditimbulkan terhadap manusia dapat dilihat pada tabel 2.2 Untuk menghindari adanya tegangan sentuh yang membahayakan, maka perlu adanya tindakan proteksi, baik dari sentuhan langsung maupun dari sentuhan tidak langsung. Tujuan dari proteksi tersebut untuk menjamin keselamatan manusia dan hewan dalam keadaan apapun.

**Tabel 2.2** Pengaruh arus listrik pada badan manusia.

Kuat arus melalui badan	Pengaruh pada badan manusia	Waktu tahan	Tegangan Bagian Yang ditanamkan Jika 5000 Ohm
0.5 mA	Terasa, Kaget	Tidak tentu	2.5 V
1 mA	Terasa jelas, mulai kejang	Tidak tentu	5 V
2 mA	Kejang	Tidak tentu	10 V
5 mA	Kejang keras	Tidak tentu	25 V
10 mA	Sulit melepaskan pegangan	Tidak tentu	50 V
15 mA	Kejang dengan rasa nyeri (tidak mungkin melepaskan pegangan)	1.5 detik	75 V
20 mA	Nyeri hebat	5 detik	100 V
30 mA	Nyeri tak tertahankan	1 detik	150 V
40 mA	Tidak sadar, bahaya atau maut	0.2 detik	200 V

#### 2.4.2.1 Proteksi Terhadap Sentuh Langsung

Yang dimaksud sentuhan langsung adalah sentuh langsung pada bagian aktif perlengkapan atau instalasi listrik. Bahan aktif perlengkapan atau instalasi listrik adalah bagian konduktif yang merupakan bagian dari rangkaian listriknya yang dalam keadaan kerja normal umumnya bertegangan dan atau dialiri arus. Bahaya sentuh langsung dapat diatasi/ditanggulangi dengan cara:

1. Mencegah terjadinya sentuh langsung.
2. Menghindari bahaya sentuh langsung.

#### **2.4.2.2 Proteksi Terhadap sentuh tidak langsung**

Sentuh tak langsung adalah sentuh pada bagian konduktif terbuka perlengkapan atau instalasi listrik yang bertegangan akibat kegagalan isolasi. Kegagalan isolasi tersebut harus dicegah dengan cara perlengkapan listrik harus dirancang dan dibuat dengan baik bagian aktif harus diisolasi dengan bahan yang tepat, instalasi listrik harus dipasang dengan baik.

### **2.5 Peralatan Sistem Pencahayaan**

#### **2.5.1 Lampu**

Lampu adalah sebuah piranti untuk memproduksi cahaya. Lampu berfungsi sebagai penerang. Ada beberapa jenis lampu antara lain :

1. Lampu Pijar

Lampu pijar adalah lampu yang biasa digunakan sehari-hari. Cahaya dari lampu pijar dihasilkan dari berpijarnya filament, kawat tipis yang dialiri arus listrik. Kestabilan cahaya dari lampu ini tergantung dari kestabilan aliran listrik, sehingga untuk menghasilkan cahaya yang lebih terang dibutuhkan energi listrik yang lebih besar.

2. Lampu Pendar

Lampu pendar adalah lampu hasil dari pengembangan teknologi untuk menghasilkan lampu yang lebih efisien daripada lampu pijar. Cahaya yang dihasilkan lampu ini berasal dari proses eksitasi gas. Proses ini terjadi sebanyak dua kali, yang pertama menghasilkan sinar ultraviolet kemudian saat sinar ultraviolet bereaksi dengan atom fosfor maka menghasilkan cahaya.

3. Lampu LED

Lampu LED merupakan lampu dengan efisiensi lebih tinggi namun juga ramah lingkungan. Lampu LED mempunyai intensitas cahaya dikisaran 70-100 lumen/watt sehingga suhu kinerja dari lampu ini tidak terlalu panas dan memperpanjang usia lampu. Efisiensi lampu LED juga mencapai 50% dari energy listrik yang diubah menjadi energy cahaya, sehingga lampu LED menjadi lampu dengan efisiensi yang baik dan ramah lingkungan.

### 2.5.2 *Armatur*

*Armatur* adalah komponen yang digunakan sebagai pengendali dan pendistribusi cahaya yang dipancarkan lampu. Fungsi *armatur* selain pengendali dan mendistribusikan cahaya lampu yang dipasang di dalamnya adalah antara lain melindungi terhadap kejutan listrik, ketahanan terhadap air dan debu, ketahanan terhadap ledakan maupun kebakaran, serta kebisingan yang akan ditimbulkan.

### 2.5.3 Sistem Pencahayaan

Menurut sumbernya, pencahayaan dapat dibagi menjadi 2 yaitu :

#### 1. Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami ialah pencahayaan yang sumbernya dari sinar matahari. Pencahayaan alami memiliki beberapa keuntungan, antara lain menghemat energi dan juga dapat membunuh kuman. Faktor yang perlu diperhatikan dalam penggunaan sinar matahari sebagai pencahayaan alami adalah :

- a. Variasi intensitas matahari.
- b. Distribusi cahaya matahari.
- c. Pemantulan cahaya, jarak, dan efek lokasi.
- d. Letak geografis.

#### 2. Pencahayaan Buatan

Pencahayaan buatan ialah sistem pencahayaan yang dihasilkan dari selain sumber cahaya alami. Pencahayaan buatan diperlukan ketika posisi ruangan atau area tidak atau sulit terjangkau sinar matahari atau ketika gelap malam. Sistem pencahayaan buatan dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu :

- a. Sistem Pencahayaan Merata.
- b. Sistem Pencahayaan Terarah.
- c. Sistem Pencahayaan Setempat.

**Table 2.3** Rekomendasi Tingkat Pencahayaan Minimum dan Kelompok Renderasi Warna pada Rumah Ibadah.

Fungsi Ruang	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Kelompok Renderasi Warna	Keterangan
Masjid	200	1 atau 2	Untuk tempat-tempat yang membutuhkan tingkat pencahayaan yang lebih tinggi dapat digunakan pencahayaan setempat.
Gereja	200	1 atau 2	Idem
Vihara	200	1 atau 2	Idem

Penentuan jumlah dan kekuatan lampu berdasarkan kondisi berikut :

- Macam penggunaan ruangan (fungsi ruangan)
- Ukuran ruangan,
- Keadaan dinding
- Macam jenis lampu dan *armatur* yang dipakai

Disamping itu harus diperhitungkan juga halhal berikut;

- Effisiensi *Armatur* ( $v$ ) .

$$V = \frac{\text{Fluks cahaya yang dipantulkan}}{\text{Fluks cahaya yang dipancarkan sumber}} \quad (2.5)$$

- Faktor-faktor refleksi

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

- Indeks ruangan atau indeks bentuk ( $k$ )

$$k = \frac{p \times l}{h(p+l)} \quad (2.6)$$

Dimana:

$p$  = Panjang ruangan (meter)

$l$  = Lebar ruangan

$h$  = Jarak/ tinggi *armatur* terhadap bidang kerja

- Faktor penyusutan / depresiasi ( $kd$ )

$$kd = \frac{\text{E dalam keadaan dipakai}}{\text{E dalam keadaan baru}} \quad (2.7)$$



5. Bidang kerja dan Effisiensi Intensitas penerangan harus ditentukan dimana pekerjaan akan dilaksanakan. Bidang kerja pada umumnya diambil 0,8 cm diatas lantai.
6. Koefisien Penggunaan ( $kp$ ) Koefisien penggunaan atau *Coefficient of Utilization* (CU) didefinisikan sebagai perbandingan antara fluks luminus yang sampai ke bidang kerja terhadap keluaran cahaya yang dipancarkan oleh semua lampu.

Koefisien penggunaan dapat ditentukan dengan tabel efisiensi penerangan dengan mencari indeks ruangan ( $k$ ) yang tepat pada tabel sistem penerangan, efisiensi, dan depresiasi yang sudah ada, bila tidak terdapat secara tepat pada tabel, maka efisiensi penerangan dapat diperoleh dengan metode interpolasi sebagai berikut:

$$kp = kp1 + \frac{k-k1}{k2-k1} (kp2 - kp1) \quad (2.8)$$

Dimana :

$kp$  = koefisien penggunaan yang akan ditentukan

$kp 1$  = koefisien penggunaan batas bawah

$kp 2$  = koefisien penggunaan batas atas

$k$  = indeks ruangan

$k1$  = indeks ruangan batas bawah

$k2$  = indeks ruangan batas atas

Dari beberapa parameter di atas, maka untuk mencari jumlah lampu digunakan persamaan sebagai berikut :

$$n = \frac{E \times A}{F \times kp \times kd} \quad (2.9)$$

Dimana :

$n$  = jumlah lampu

$E$  = iluminasi penerangan yang dibutuhkan ruangan (lux)

$A$  = luas ruangan (m<sup>2</sup>)

$F$  = fluks cahaya yang dikeluarkan oleh lampu (lumen)

$kd$  = koefisien depresiasi

$kp$  = koefisien penggunaan

## 2.6 Amplifier

Penguat (bahasa Inggris: *Amplifier*) adalah rangkaian komponen elektronika yang dipakai untuk menguatkan daya (atau tenaga secara umum). Dalam bidang audio, *amplifier* akan menguatkan signal suara yaitu memperkuat signal arus (I) dan tegangan (V) listrik dari inputnya menjadi arus listrik dan tegangan yang lebih besar (daya lebih besar) di bagian outputnya. Besarnya penguatan ini sering dikenal dengan istilah *gain*. Nilai dari *gain* yang dinyatakan sebagai fungsi penguat frekuensi audio, *gain power amplifier* antara 20 kali sampai 100 kali dari signal input.

Dimana *gain* merupakan hasil bagi dari daya di bagian output ( $P_{out}$ ) dengan daya di bagian inputnya ( $P_{in}$ ) dalam bentuk fungsi frekuensi. Ukuran dari *gain*, ( $G$ ) ini biasanya memakai decibel (dB). Dalam bentuk rumus hal ini dinyatakan sebagai berikut:

$$G(\text{dB}) = G(\text{dB}) = 10 \text{Log} \left( \frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \quad (2.10)$$

Dimana  $P_{out}$  adalah Power atau daya pada bagian output, dan  $P_{in}$  adalah daya pada bagian inputnya.

Dalam bagian rangkaian *amplifier* pada proses penguatan audio ini terbagi menjadi dua kelompok bagian penting yaitu bagian penguat *signal* tegangan (V) kebanyakan menggunakan susunan transistor darlington, dan bagian penguat arus susunannya transistor paralel dan masing-masing transistor berdaya besar dan menggunakan sirip pendingin untuk membuang panas ke udara, sekarang ini banyak yang menggunakan transistor simetris.