

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Instalasi Listrik

Instalasi listrik adalah sebuah sistem yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik untuk memenuhi kebutuhan manusia dalam kehidupannya. Dalam perancangan sistem instalasi listrik sebuah gedung, instalasi listrik dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Instalasi pencahayaan buatan
2. Instalasi daya listrik

Instalasi pencahayaan buatan adalah upaya untuk memberikan daya listrik pada lampu sehingga dapat dijadikan sumber cahaya ketika pencahayaan alami terkendala waktu dan lingkungan. Pencahayaan buatan ini meliputi lampu, armatur lampu, kabel/penghantar dan sakelar. Instalasi pencahayaan buatan ini bertujuan untuk memberikan kenyamanan pada penghuni sebuah gedung dalam menjalankan aktivitas keseharian.

Instalasi daya listrik merupakan instalasi untuk menjalankan mesin-mesin listrik yang ada dalam gedung untuk memberikan *supply* daya listrik pada seluruh peralatan yang membutuhkan daya listrik dalam sebuah gedung.

Sebuah rancangan instalasi listrik harus memenuhi standar dan undang-undang yang berlaku di Indonesia. Ketentuan mengenai komponen-komponen instalasi listrik sudah terangkum dalam Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) dan ketentuan-ketentuan lain sebagai berikut:

1. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 Tentang Persyaratn Teknis Bangunan dan Prasarana Rumah Sakit.
2. Kementrian Kesehatan Republik Indonesia Pedoman-Pedoman Teknis Bangunan dan Prasarana Rumah Sakit Tahun 2014.
3. SNI 03-0711-2004, atau edisi terakhir, Keselamatan pada bangunan fasilitas kesehatan.
4. SNI 04-7018-2004, atau edisi terakhir, Sistem pasokan daya listrik darurat dan siaga.

5. SNI 04-7019-2004, atau edisi terakhir, Sistem pasokan daya listrik darurat dan menggunakan energi tersimpan.
6. Kriteria desain konsultan.

## 2.2. Perancangan sistem pencahayaan buatan

### 2.2.1 Pencahayaan

Pencahayaan (illuminasi) adalah kepadatan cahaya dari suatu sumber yang bercahaya (Stein et.al., 1986). Intensitas pencahayaan adalah flux cahaya yang jatuh pada 1 m<sup>2</sup> dari bidang itu, yang memiliki satuan lux (lx) dan dilambangkan dengan huruf E. Maka:

$$1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen per m}^2$$

Jika sebuah bola lampu dianalogikan sebagai sebuah kran penyiram air, maka air yang disemburkan adalah lumen dan jumlah air yang dikeluarkan per satuan waktu per meter persegi dari luas lantai adalah intensitas pencahayaannya. Secara matematis:

$$E = \frac{\phi}{A} \text{ lux}$$

dimana:

E = Intensitas pencahayaan (lux)

$\Phi$  = flux cahaya (lumen)

A = Luas bidang yang diterangi (m<sup>2</sup>)

Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan pada umumnya didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja. Yang dimaksud dengan bidang kerja ialah bidang horisontal imajiner yang terletak 0,75 meter di atas lantai pada seluruh ruangan (SNI 03-6575-75 2001).

Berikut ini merupakan tabel tingkat pencahayaan minimum dan renderasi warna oleh SNI berdasarkan fungsi ruangan:

Tabel : 2.1. Tingkat pencahayaan minimum dan renderasi warna yang direkomendasikan

Fungsi ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok renderasi warna	Keterangan

<b>Rumah Tinggal :</b>			
Teras	60	1 atau 2	
Ruang tamu	120 ~ 250	1 atau 2	
Ruang makan	120 ~ 250	1 atau 2	
Ruang kerja	120 ~ 250	1	
Kamar tidur	120 ~ 250	1 atau 2	
Kamar mandi	250	1 atau 2	
Dapur	250	1 atau 2	
Garasi	60	3 atau 4	
<b>Perkantoran :</b>			
Ruang Direktur	350	1 atau 2	
Ruang kerja	350	1 atau 2	
Ruang komputer	350	1 atau 2	Gunakan armatur berkisi untuk mencegah silau akibat pantulan layar monitor.
Ruang rapat	300	1 atau 2	
Ruang gambar	750	1 atau 2	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar.
Gudang arsip	150	3 atau 4	
Ruang arsip aktif.	300	1 atau 2	
<b>Lembaga Pendidikan :</b>			
Ruang kelas	250	1 atau 2	
Perpustakaan	300	1 atau 2	
Laboratorium	500	1	
Ruang gambar	750	1	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar.
Kantin	200	1	
<b>Hotel dan Restoran</b>			
Lobby, koridor	100	1	Pencahayaan pada bidang vertikal sangat penting untuk menciptakan suasana/kesan ruang yang baik.
Ballroom/ruang sidang.	200	1	Sistem pencahayaan harus dirancang untuk menciptakan suasana yang sesuai. Sistem pengendalian "switching" dan "dimming" dapat digunakan untuk memperoleh beberapa efek pencahayaan.
Ruang makan.	250	1	

Cafeteria.	250	1	
Kamar tidur.	150	1 atau 2	Diperlukan lampu tambahan pada bagian kepala tempat tidur dan cermin.
Dapur.	300	1	
<b>Rumah Sakit/Balai pengobatan</b>			
Ruang rawat inap.	250	1 atau 2	
Ruang operasi, ruang bersalin.	300	1	Gunakan pencahayaan setempat pada tempat yang diperlukan.
Laboratorium	500	1 atau 2	
Ruang rekreasi dan rehabilitasi.	250	1	
<b>Pertokoan/ruang pameran.</b>			
Ruang pameran dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil)	500	1	Tingkat pencahayaan ini harus dipenuhi pada lantai. Untuk beberapa produk tingkat pencahayaan pada bidang vertikal juga penting.
Toko kue dan makanan.	250	1	
Toko buku dan alat tulis/gambar.	300	1	
Toko perhiasan, arloji.	500	1	
Toko Barang kulit dan sepatu.	500	1	
Toko pakaian.	500	1	
Pasar Swalayan.	500	1 atau 2	Pencahayaan pada bidang vertikal pada rak barang.
Toko alat listrik (TV, Radio/tape, mesin cuci, dan lain-lain).	250	1 atau 2	
<b>stri (Umum).</b>			
Ruang Parkir	50	3	
Gudang	100	3	
Pekerjaan kasar.	100 ~ 200	2 atau 3	
Pekerjaan sedang	200 ~ 500	1 atau 2	
Pekerjaan halus	500 ~ 1000	1	
Pekerjaan amat halus	1000 ~ 2000	1	

Pemeriksaan warna.	750	1	
<b>Rumah ibadah.</b>			
Mesjid	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

### 2.2.2. Lampu

Menurut SNI 03-6575-2001, dalam pemilihan lampu, ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu tampak warna yang dinyatakan dalam temperatur warna dan efek warna yang dinyatakan dalam indeks renderasi warna. Temperatur warna yang lebih besar dari 5300 Kelvin tampak warnanya dingin, 3300 ~ 5300 Kelvin tampak warnanya sedang dan lebih kecil dari 3300 Kelvin tampak warnanya hangat.

Indeks renderasi warna dinyatakan dengan angka 0 sampai dengan 100, dimana angka 100 menyatakan warna benda yang dilihat akan sesuai dengan warna aslinya. Lampu pijar dan lampu halogen mempunyai indeks renderasi warna mendekati 100. Penjelasan lebih lanjut dapat dilihat pada butir 4.4 perihal kualitas warna cahaya.

#### 2.2.2.1. Jenis Lampu

Jenis lampu listrik dibedakan menjadi dua yaitu lampu pijar dan lampu pelepasan gas (SNI 03-6575-2001).

##### a. Lampu Pijar

Lampu pijar menghasilkan cahayanya dengan pemanasan listrik dari kawat filamennya pada temperatur yang tinggi. Temperatur ini memberi radiasi dalam daerah tampak dari spektrum radiasi yang dihasilkan. Komponen utama lampu pijar terdiri dari : filamen, bola lampu, gas pengisi dan kaki lampu (*fitting*).

##### 1. Filamen

Makin tinggi temperatur filamen, makin besar energi yang jatuh pada spektrum radiasi tampak dan makin besar efikasi dari lampu. Pada saat ini jenis filamen yang dipakai adalah tungsten.

## 2. Bola Lampu

Filamen suatu lampu pijar ditutup rapat dengan selubung gelas yang dinamakan bola lampu. Bentuk bola lampu bermacam-macam dan juga warna gelasnya. Bentuk bola (bentuk A), jamur (bentuk E), bentuk lilin dan *lustre* dengan bola lampu bening, susu atau buram dan dengan warna merah, hijau, biru atau kuning (SNI No. 04-1704-1989 ).

## 3. Gas Pengisi

Penguapan filamen dikurangi dengan diisinya bola lampu dengan gas inert. Gas yang umumnya dipakai adalah Nitrogen dan Argon.

## 4. Kaki Lampu

Untuk pemakaian umum, tersedia dua jenis yaitu : kaki lampu berulir dan kaki lampu bayonet, yang diidentifikasi dengan huruf E (edison) dan B (Bayonet), selanjutnya diikuti dengan angka yang menyatakan diameter kaki lampu dalam milimeter (E27, E14 dan lain-lain). Bahan kaki lampu dari aluminium atau kuningan.

Terdapat dua jenis lampu pijar khusus yaitu lampu reflektor dan lampu halogen:

### 1. Lampu Reflektor

Lampu pijar yang mempunyai reflektor yang terbuat dari lapisan metal tipis pada permukaan dalam dari bola lampu yang memberikan arah intensitas cahaya yang dipilih. Reflektor dalam tidak boleh rusak, korosi atau terkontaminasi.

Ada dua jenis lampu berreflektor yaitu jenis *Pressed glass* dan jenis *Blown bulb*.

1. Lampu *Pressed glass*, adalah lampu yang kokoh dan gelas tahan panas. Gelas depan mempunyai beberapa jenis pancaran cahaya seperti *spot*, *flood*, *wide flood*. Lampu ini dapat dipasang langsung sebagai pasangan instalasi luar, tahan terhadap cuaca.
2. Lampu *Blown bulb*, menyerupai lampu *pressed glass*, tetapi lampu ini hanya dipasang di dalam ruangan.

## 2. Lampu Halogen

Lampu Halogen adalah Lampu pijar biasa yang mempunyai filamen temperatur tinggi dan menyebabkan partikel tungsten akan menguap serta berkondensasi pada dinding bola lampu yang selanjutnya mengakibatkan penghitaman. Lampu halogen berisi gas halogen (iodine, chlorine, chromine) yang dapat mencegah penghitaman lampu.

## 3. Lampu Pelepasan Gas

Lampu ini tidak sama bekerjanya seperti lampu pijar. Lampu ini bekerja berdasarkan pelepasan elektron secara terus menerus di dalam uap yang diionisasi. Kadang-kadang dikombinasikan dengan fosfor yang dapat berpendar.

Pada umumnya lampu ini tidak dapat bekerja tanpa balast sebagai pembatas arus pada sirkit lampu.

Lampu pelepasan gas mempunyai tekanan gas tinggi atau tekanan gas rendah. Gas yang dipakai adalah merkuri atau natrium. Salah satu lampu pelepasan gas tekanan rendah dan memakai merkuri adalah lampu fluoresen tabung atau disebut TL (*Tube Lamp*). Pada lampu fluoresen tabung, sebagian besar cahayanya dihasilkan oleh bubuk fluoresen pada dinding bola lampu yang diaktifkan oleh energi ultraviolet dari pelepasan energi elektron. Umumnya lampu ini berbentuk panjang yang mempunyai elektroda pada kedua ujungnya, berisi uap merkuri pada tekanan rendah dengan gas inert untuk penyalanya.

Jenis fosfor pada permukaan bagian dalam tabung lampu menentukan jumlah dan warna cahaya yang dihasilkan.

Lampu fluoresen mempunyai diameter antara lain 26 mm dan 38 mm, mempunyai bermacam-macam warna; merah, kuning, hijau, putih, daylight dan lain-lain serta tersedia dalam bentuk bulat (TLE).

Lampu fluoresen mempunyai dua sistem penyalan, yaitu memakai starter dan tanpa starter. Starternya dibahas dalam butir 5.2.1. Lampu fluoresen jenis tanpa starter antara lain TL-RS, TL-X dan TL-M.

Ada dua jenis lampu fluoresen tanpa starter yaitu *rapid start* dan *instant start*.

Bentuk lampu fluoresen dapat berbentuk miniatur dan ada yang dilengkapi dengan balast dan starter dalam satu selungkup gelas dan kaki lampunya sesuai dengan kaki lampu pijar . Lampu ini memakai balast elektronik atau balast konvensional dan disebut lampu fluoresen kompak.

Lampu ini mengkonsumsi hanya 25% energi dibandingkan dengan lampu pijar untuk fluks luminus yang sama serta umurnya lebih panjang.

### 2.2.3. Sakelar dalam pencahayaan buatan

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) sakelar adalah penghubung dan pemutus aliran listrik (untuk menghidupkan atau mematikan lampu).

#### 1. Sakelar tunggal

Saklar tunggal adalah saklar yang menghubungkan dan memutuskan sebuah lampu atau kelompok lampu. Saklar ini hanya mempunyai satu tuas penghubung. Untuk mengoperasikan saklar tunggal, caranya adalah dengan menekan tuas penghubung hingga saklar berkondisi ON atau OFF (1 atau 0). Gambar berikut ini merupakan simbol dari sakelar tunggal.



Gambar 2.1. Simbol sakelar tunggal

#### 2. Sakelar Seri

Saklar seri adalah saklar yang menghubungkan dan memutuskan dua buah lampu atau kelompok lampu secara sendiri-sendiri atau bersamaan. Saklar ini mempunyai dua tuas penghubung atau lebih. Untuk mengoperasikan saklar



seri, caranya adalah adalah tekan masing-masing tuas penghubung secara sendiri-sendiri atau bersamaan hingga saklar berkondisi ON atau OFF (1 atau 0). Gambar berikut ini merupakan simbol dari sakelar seri.



Gambar 2.2. Simbol sakelar seri

### 3. Sakelar Tukar

Saklar tukar adalah saklar yang menghubungkan dan memutuskan dua buah lampu atau kelompok lampu secara bergantian. Saklar ini hanya mempunyai satu tuas penghubung dengan dua posisi dan sering disebut dengan Sakelar Hotel. Untuk mengoperasikan saklar tukar, caranya adalah : Tekan tuas penghubung hingga saklar berkondisi ON atau OFF pada posisi 1 atau 2. Jika saklar ditekan pada posisi 1, berarti posisi 1 ON dan posisi 2 OFF. Gambar berikut ini merupakan simbol dari sakelar seri.



Gambar 2.3. Simbol sakelar tukar

### 2.3. Kotak Kontak

Kotak kontak atau orang awam menyebutnya stop kontak adalah salah satu komponen instalasi listrik yang berfungsi sebagai muara daya listrik dari penyuplai daya menuju beban atau peralatan yang membutuhkan suplai daya listrik. Dalam instalasinya, kotak kontak harus dipasang dengan rapat dan kuat agar tidak menimbulkan panas berlebih ketika sedang diberi beban. Kotak kontak dapat dipasang pada dinding atau lantai. Pada pemasangan kotak kontak dinding di rumah sakit, hendaknya dipasang 1.5 m dari permukaan lantai dan tahan terhadap ledakan. Sedangkan kotak kontak lantai standarnya adalah diberi penutup atau yang memenuhi standar SNI untuk dipasang di lantai. Terdapat dua tipe kotak kontak yaitu:

1. Kotak kontak dengan pembumian yaitu secara fisik mempunyai 3 lubang kontak atau lempeng logam pada salah satu lubangnya, lempeng logam ini yang menghubungkan kotak kontak dengan *grounding*.
2. Kotak kontak tanpa pembumian yaitu hanya memiliki 2 lubang, 1 lubang sebagai fase dan lubang lainnya sebagai netral.

## 2.4. Distribusi Daya Listrik dalam Gedung

### 2.4.1. Gardu Tegangan Menengah PLN

Daya listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) didistribusikan menuju pelanggan melalui sebuah gardu distribusi. Gardu distribusi menyalurkan daya listrik dari PLN melalui panel tegangan menengah atau *medium voltage main distribution panel* (MVMDP) untuk menyuplai kebutuhan listrik dalam sebuah gedung.



Gambar 2.4. Gardu induk tegangan menengah PLN  
(sumber: <http://maharoni-institute.blogspot.co.id>)

### 2.4.2. Transformator *Step-down*

Transformator penurun tegangan (*step down*) merupakan transformator yang memiliki tegangan output pada kumparan sekundernya lebih rendah daripada tegangan input pada kumparan primernya. Jumlah lilitan sekunder pada transformator ini lebih kecil daripada jumlah lilitan primernya. Secara matematis, perbandingan antara tegangan output-input dan jumlah lilitan primer dan sekundernya adalah sebagai berikut:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s}$$

keterangan:

$N_p$  = Jumlah lilitan pada kumparan primer

$N_s$  = Jumlah lilitan pada kumparan sekunder

$V_p$  = Tegangan pada kumparan primer (Volt)

$V_s$  = Tegangan pada kumparan sekunder (Volt)



Gambar 2.5. Transformator Step-down

(sumber: <http://fjb.kaskus.co.id>)

### 2.4.3. Panel Distribusi

Dalam pendistribusian listrik pada sebuah gedung bertingkat, dibutuhkan panel-panel listrik setiap zona agar memudahkan dalam perawatan dan pengontrolan. Panel-panel distribusi listrik pada sebuah rumah sakit, umumnya adalah sebagai berikut:

- a. Panel utama tegangan menengah PLN
- b. Panel utama tegangan rendah
- c. Panel tiap lantai
- d. Panel *generator set* (*genset*)
- e. Panel lift
- f. Panel Elektronika

#### 2.4.3.1. Panel Utama Tegangan Menengah

Panel utama tegangan menengah merupakan “pintu masuk” aliran listrik dari gardu induk PLN menuju gedung. Panel ini berfungsi sebagai penghubung

dan pemutus arus antara tegangan menengah dengan trafo distribusi. Panel utama tegangan menengah disebut juga *cubicle*.



Gambar 2.6. Panel Utama Tegangan Menengah  
(sumber: <http://binateknik.indonetwork.co.id/>)

#### 2.4.3.2. Panel Utama Tegangan Rendah

Panel utama tegangan menengah adalah panel distribusi induk yang menyalurkan listrik menuju panel sub-distribusi dalam gedung dengan tegangan 380V/220V yang merupakan hasil dari penurunan tegangan dari trafo panel utama tegangan menengah maupun dari *genset*.



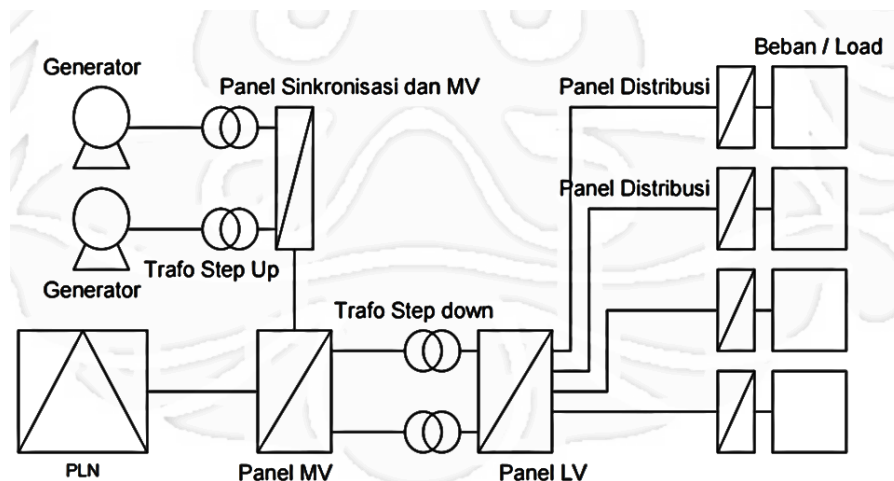
Gambar 2.7. Panel Utama Tegangan Rendah  
(sumber: <http://sentradayaabadi01.blogspot.com/>)

#### 2.4.3.3. Panel *Generator Set (Genset)*

Sumber daya listrik pada bangunan Rumah Sakit termasuk kategori “sistem kelistrikan esensial 3”, dimana sumber daya listrik normal dilengkapi

dengan sumber daya listrik darurat untuk menggantikannya apabila terjadi gangguan pada sumber daya listrik normal.

*Generator Set* (genset) merupakan pembangkit listrik yang dimiliki oleh sebuah gedung untuk memenuhi kebutuhan listrik pada saat keadaan darurat, misalnya pada saat pemadaman listrik dari PLN. Genset menghasilkan tegangan setara dengan yang dihasilkan oleh panel utama tegangan menengah dari PLN.



Gambar 2.8. Suplai genset menuju panel tegangan menengah  
(sumber: Muhammad Hasan Bisri. 2008)

Genset akan otomatis menyuplai daya listrik ke panel tegangan menengah ketika terjadi pemadaman listrik oleh PLN. Untuk menghidupkan genset secara otomatis, panel genset ini dilengkapi dengan AMF – ATS. AMF (*Automatic Main Failure*) berfungsi untuk menyalakan genset segera setelah suplai listrik dari PLN berhenti, umumnya selang beberapa detik setelah sumber listrik PLN padam. ATS (*Automatic Transfer Switch*) berfungsi sebagai saklar yang menghidupkan genset ketika sumber listrik dari PLN mati dan mematikan genset ketika sumber listrik dari PLN beroperasi kembali.

Pada waktu operasinya, pada distribusi listrik yang membutuhkan lebih dari satu buah genset perlu dilakukan sinkronisasi genset pada panel sinkron. Sinkronisasi Generator adalah menggabungkan atau parallel beberapa generator sehingga daya output generator menjadi satu. Bila dua sistem

tegangan bolak-balik ( AC ) akan di paralel, maka kesamaan dari empat kondisi atau parameter berikut ini harus dipenuhi. Kondisi tersebut adalah:

1. Tegangan
2. Frekuensi
3. Perbedaan fasa (sudut fasa )
4. Urutan fasa

Tujuan dari sinkronisasi genset adalah untuk mendapatkan daya yang lebih besar dan menghemat biaya pemakaian operasional dan menghemat biaya pembelian. Selain itu sinkronisasi genset dilakukan untuk memudahkan dalam penentuan kapasitas genset yang diperlukan dan untuk menjamin kontinuitas ketersediaan daya listrik.

#### **2.4.3.4. Panel Tiap lantai**

Panel distribusi pada setiap lantai bertanggung jawab mendistribusikan daya listrik menuju masing-masing peralatan yang membutuhkan daya seperti pencahayaan, kotak kontak, dsb. Pada panel tiap lantai ini seringkali dilakukan pemeliharaan (*maintenance*) sehingga dipasang pada ujung koridor tiap lantai pada gendung. Dari panel lantai ini, daya listrik disalurkan menuju panel-panel yang lebih kecil sesuai zona kerja.

#### **2.4.3.5. Panel Lift**

Panel lift bertanggung jawab untuk menyuplai listrik semua lift yang ada dalam gedung. Panel lift terasuk dalam beban emergency karena tidak boleh mati meskipun supply listrik dari MVMDP padam misalnya disebabkan oleh kebakaran dalam gedung.

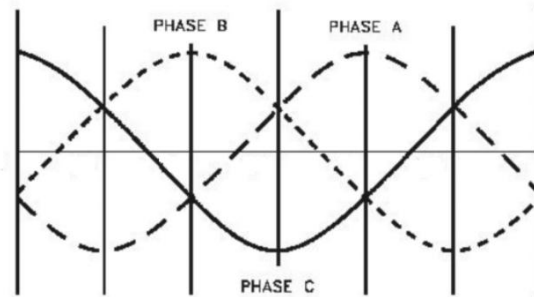
#### **2.4.3.6. Panel Elektronika**

Panel elektronika bertanggung jawab untuk menyuplai daya listrik pada masing-masing peralatan elektronik dalam gedung seperti misalnya MATV, *Fire Alarm*, telepon, CCTV, *sound system*.

### **2.5. Sistem Listrik 3 Fasa**

Instalasi listrik pada sebuah bangunan komersil atau industri seperti pabrik, hotel, rumah sakit membutuhkan daya listrik yang cukup besar sekurangnya menggunakan panel utama tegangan menengah dari gardu induk PLN

dengan tegangan 20 kV. Untuk itu diperlukan sistem listrik tiga fasa agar diperoleh keseimbangan dan stabilitas dalam pendistribusian daya yang relatif besar. Rangkaian listrik 3 fasa merupakan rangkaian listrik yang mempunyai 3 keluaran sismetris yang memiliki perbedaan sudut fasa sebesar  $120^\circ$ . Berikut ini ditunjukkan gambar gelombang keluaran sistem 3 fasa.



Gambar 2.9. Gelombang 3 fasa

(sumber: <http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/126802-R0308157-Analisis%20perbandingan-Literatur.pdf>)

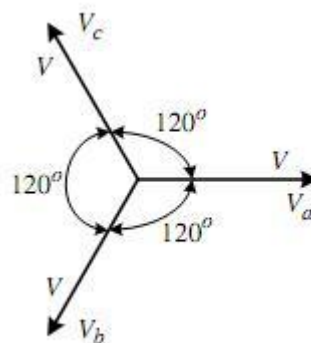
Dari gambar keluaran sistem tiga fasa dapat dilihat bahwa ada perbedaan sudut antara ketiga fasa tersebut. Maka dapat diperoleh hubungan antara tegangan dan sudut fasanya sebagai berikut:

$$V_a = V_m \angle 0^\circ$$

$$V_b = V_m \angle -120^\circ$$

$$V_c = V_m \angle -240^\circ$$

Apabila digambarkan dalam diagram fasor pada keadaan tegangan seimbang adalah sebagai berikut:

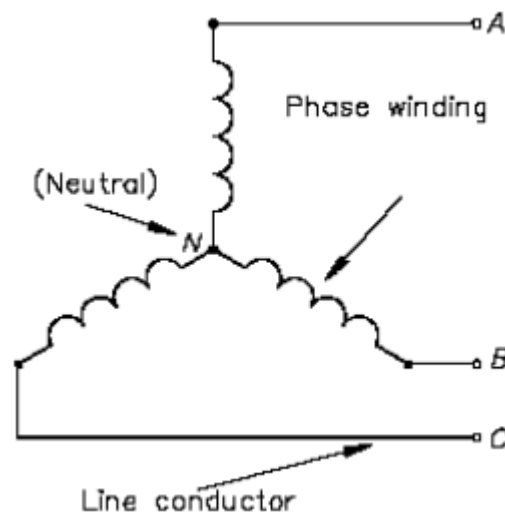


Gambar 2.10 Diagram fasor pada tegangan seimbang

(sumber: [konversi.wordpress.com/2011/04/15/ketidakseimbangan-tegangan-dan-pengaruhnya/](http://konversi.wordpress.com/2011/04/15/ketidakseimbangan-tegangan-dan-pengaruhnya/))

### 2.5.1. Hubung Bintang (Y, wye)

Pada sistem listrik 3 fasa hubung bintang, ketiga ujung fasenya dihubungkan sehingga membentuk titik netral. Tegangan antara dua terminal dari tiga terminal a – b – c mempunyai besar magnitude dan beda fasa yang berbeda dengan tegangan tiap terminal terhadap titik netral. Tegangan  $V_a$ ,  $V_b$  dan  $V_c$  disebut tegangan fase atau  $V_f$ .



Gambar 2.11 Hubung bintang

(sumber: [dunia-listrik.blogspot.co.id](http://dunia-listrik.blogspot.co.id))

Fungsi dari titik netral dalam hubung bintang ini adalah untuk menghitung tegangan fase terhadap titik netralnya dan juga membentuk sistem tegangan 3 fase yang seimbang dengan magnitudenya (akar 3 dikali magnitude dari tegangan fase).

$$V_{line} = \text{akar } 3 V_{fase} = 1,73V_{fase}$$

Sedangkan arus yang mengalir yang pada semua fase mempunyai nilai yang sama yaitu:

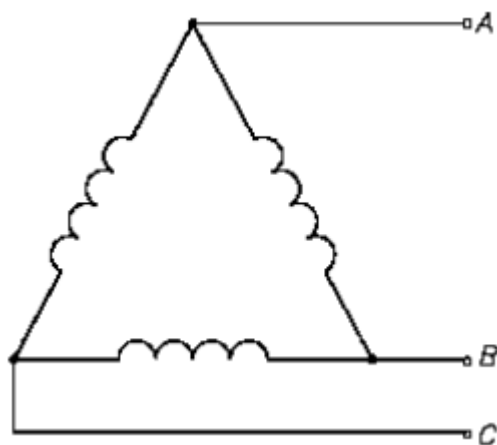
$$I_{line} = I_{fase}$$

$$I_a = I_b = I_c$$

### 2.5.2. Hubung Segitiga (delta, $\Delta$ )



Pada hubung segitiga hnaya dua ujung fase yang saling bertemu sehingga membentuk suatu hubungan segitiga.



Gambar 2.12 Hubung segitiga  
(sumber: [dunia-listrik.blogspot.co.id](http://dunia-listrik.blogspot.co.id))

Dalam hubung bintang, tidak ada titik netral, maka besar tegangan saluran harus dihitung antar fase, karena tegangan saluran dan tegangan fasa mempunyai besar magnitude yang sama, maka:

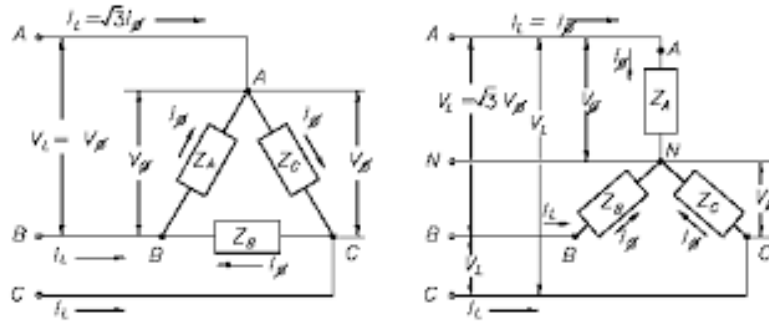
$$V_{line} = V_{fase}$$

Akan tetapi arus saluran dan arus fasa tidaklah sama dan hubungan antara kedua arus dapat diperoleh dengan menggunakan hukum kirchoff, sehingga:

$$I_{line} = \text{akar } 3 I_{fase} = 1,73 I_{fase}$$

### 2.5.3. Daya pada sistem yang seimbang

Daya yang diberikan oleh generator 3 fase atau daya yang diserap oleh beban 3 fase, dapat diperoleh dengan menjumlahkan daya dari tiap fasenya. Pada sistem yang seimbang, daya total sama dengan tiga kali daya tiap fase, karena daya pada tiap fasenya adalah sama. Gambar berikut ini menunjukkan beban yang seimbang pada sistem listrik 3 fase hubung bintang dan hubung segitiga.



Gambar 2.13 Daya seimbang pada hubung bintang dan hubung segitiga

(sumber: [dunia-listrik.blogspot.co.id/](http://dunia-listrik.blogspot.co.id/))

Jika sudut yang terletak di antara arus dan tegangan adalah  $\theta$ , maka besarnya daya per fasa adalah:

$$P_{\text{fase}} = V_{\text{fase}} \cdot I_{\text{fase}} \cdot \cos \theta$$

Dan besarnya daya total adalah penjumlahan dari besarnya daya tiap fasa, maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_t = 3 \cdot V_{\text{fase}} \cdot I_{\text{fase}} \cdot \cos \theta$$

Pada hubung bintang, dikarenakan besarnya tegangan saluran adalah  $1,73V_{\text{fase}}$  maka tegangan perfasanya menjadi  $V_{\text{line}}/1,73$ , dengan nilai arus saluran sama dengan arus fasa,  $I_L = I_f$ , maka daya total ( $P_{\text{total}}$ ) pada rangkaian hubung bintang (Y) adalah:

$$P_t = 3 \cdot V_L/1,73 \cdot I_L \cdot \cos \theta = 1,73 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta$$

Pada hubung segitiga, dengan kondisi besaran tegangan line yang sama dengan tegangan fasanya ( $V_L = V_{\text{fase}}$ ), dan besaran arusnya  $I_{\text{line}} = 1,73I_{\text{fase}}$ , sehingga arus perfasanya menjadi  $I_L/1,73$ , maka daya total ( $P_{\text{total}}$ ) pada rangkaian segitiga adalah:

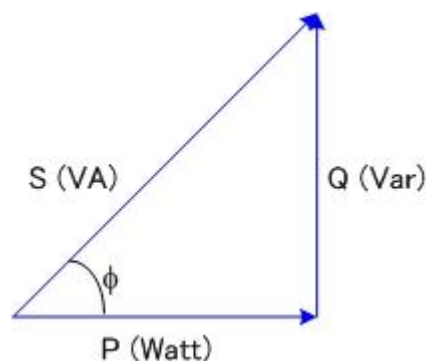
$$P_t = 3 \cdot I_L/1,73 \cdot V_L \cdot \cos \theta = 1,73 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta$$

Dari persamaan total daya pada kedua jenis hubungan terlihat bahwa besarnya daya pada kedua jenis hubungan adalah sama, yang membedakan hanya pada tegangan kerja dan arus yang mengalirinya saja, dan berlaku pada kondisi beban yang seimbang.

## 2.6. Perbaikan Faktor Daya dengan Kapasitor

### 2.6.1. Pengertian Faktor Daya

Dalam kehidupan sehari-hari, daya listrik yang dihasilkan oleh sebuah sumber merupakan daya semu ( $S$ ) dengan satuan Volt Amper ( $VA$ ) karena tidak semua daya listrik tersebut dapat digunakan. Hanya sebagian daya listrik yang dapat digunakan untuk menggerakkan motor atau memanaskan elemen pemanas, daya ini disebut daya nyata ( $P$ ) dengan satuan watt ( $W$ ). Sedangkan sebagian lainnya disebut daya reaktif ( $Q$ ) dengan satuan volt amper reaktif ( $Var$ ) yang merupakan daya listrik yang tidak terpakai. Terdapat rasio perbedaan antara daya semu yang dihasilkan oleh sumber dan daya nyata yang terpakai, rasio ini disebut faktor daya. Besarnya faktor daya menunjukkan besarnya tingkat efisiensi sebuah jaringan dalam mendistribusikan daya listrik. Besarnya faktor daya dibatasi dari 0 sampai 1. Semakin nilai faktor daya mendekati 1 maka semakin baik karena daya yang terpakai semakin maksimal, sebaliknya semakin mendekati 0 daya yang terpakai semakin minimal (relatif buruk).



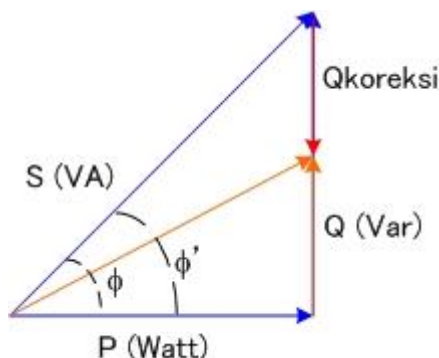
Gambar 2.14 Segitiga daya

(sumber: [konversi.files.wordpress.com/2010/05/sgtg1.jpg](http://konversi.files.wordpress.com/2010/05/sgtg1.jpg))

### 2.6.2. Perbaikan Faktor Daya

Faktor daya yang relatif rendah atau mendekati 0 menandakan bahwa daya nyata ( $P$ ) yang digunakan adalah semakin sedikit dan daya reaktif semakin besar. Hal tersebut mengakibatkan kerugian secara ekonomis maupun teknis, maka daripada itu perlu dilakukan suatu perbaikan faktor daya. Perbaikan faktor daya ini dilakukan dengan menggunakan sebuah komponen yang kapasitif untuk menghasilkan daya reaktif, sehingga sumber tidak perlu

menghasilkan daya reaktif dan tidak mengurangi daya nyata. Apabila sebuah kapasitor dipasang pada jaringan daya listrik, maka segitiga daya akan berubah seperti ditunjukkan pada gambar 2. . Daya reaktif yang harus dihasilkan berkurang sebesar  $Q_{\text{koreksi}}$  sehingga besarnya  $\cos\phi$  akan naik.



Gambar 2.15 Segitiga daya dengan  $Q_{\text{koreksi}}$

(sumber : [konversi.files.wordpress.com/2010/05/sgtg2.jpg](http://konversi.files.wordpress.com/2010/05/sgtg2.jpg))

### 2.6.3. Kapasitor Bank

Kapasitor bank merupakan rangkaian yang terdiri dari beberapa unit kapasitor yang berfungsi untuk men-*supply* daya reaktif dalam sebuah rangkaian instalasi listrik yang cenderung memiliki beban induktif.



Gambar 2.16 Kapasitor bank

(sumber: [www.rangkaianelektronika.org/kapasitor-bank.htm](http://www.rangkaianelektronika.org/kapasitor-bank.htm))

Kapasitor bank dipasang secara paralel pada suatu jaringan distribusi listrik dalam gedung. Ketika kapasitor diberi tegangan, maka elektron akan masuk ke dalam kapasitor hingga memenuhi kapasitas tertentu. Setelah

kapasitor terpenuhi oleh elektron, maka tegangan berubah yang mengakibatkan elektron keluar dari kapasitor dan masuk ke dalam rangkaian. Elektron yang masuk ke dalam rangkaian dapat membangkitkan daya reaktif. Apabila tegangan sudah kembali normal maka elektron disimpan kembali dalam kapasitor.

Fungsi utama dari pemasangan kapasitor bank adalah sebagai penyuplai daya reaktif pada rangkaian, selain itu terdapat beberapa keuntungan menggunakan kapasitor bank, antara lain:

- a. Meningkatkan kemampuan pembangkitan generator.
- b. Meningkatkan kemampuan penyaluran daya pada jaringan transmisi.
- c. Meningkatkan kemampuan penyaluran daya gardu-gardu distribusi.
- d. Mengurangi rugi-rugi pada sistem distribusi.
- e. Menjaga kualitas tegangan pada sistem distribusi.
- f. Meningkatkan kemampuan feeder dan peralatan yang ada pada sistem distribusi;

#### **2.6.4. Reactive Power Regulator**

*Reactive poer regulator* berfungsi sebagai pengatur kerja kontaktor agar daya reaktif yang akan disupply menuju jaringan atau system dapat bekerja sesuai kapasitas yang dibutuhkan. Dengan acuan pembacaan besaran arus dan tegangan pada sisi utama Breaker maka daya reaktif yang dibutuhkan dapat terbaca dan regulator inilah yang akan mengatur kapan dan berapa daya reaktif yang diperlukan. Peralatan ini mempunyai bermacam macam steps dari 6 steps , 12 steps sampai 18 steps.

Peralatan tambahan yang biasa digunakan pada panel kapasitor antara lain :

- Push button on dan push button off yang berfungsi mengoperasikan magnetic contactor secara manual.
- Selektor auto – off – manual yang berfungsi memilih system operasional auto dari modul atau manual dari push button.
- Exhaust fan + thermostat yang berfungsi mengatur ambein temperature dalam ruang panel kapasitor. Karena kapasitor , kontaktor dan kabel penghantar mempunyai disipasi daya panas yang besar maka temperature ruang panel

meningkat. setelah setting dari thermostat terlampaui maka exhaust fan akan otomatis berhenti.

## **2.7. Kapasitas Hubung Singkat**

Hubung singkat adalah terjadinya hubungan penghantar bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung melalui media (resistor/beban) yang semestinya sehingga terjadi aliran arus yang tidak normal (sangat besar). Hubung singkat dapat berpotensi menghasilkan kebakaran apabila tidak segera diatasi, untuk itu diperlukan sebuah proteksi terhadap arus/beban yang berlebih yaitu menggunakan MCB (*Miniatur Circuit Breaker*). MCB berfungsi sebagai pengaman, yaitu memutus arus yang mengalir apabila arus yang melewatinya melebihi kapasitasnya.

Nilai rating *circuit breaker* untuk beban listrik ditentukan dari nilai KHA penghantarnya. Misalnya, nilai KHA suatu kabel penghantar adalah sebesar 23A. Maka nilai minimal rating CB harus lebih besar daripada 23A. Sesuai brosur di pasaran, nilai rating CB yang tersedia adalah 32A (untuk MCB) dan 30A (untuk MCCB). Namun jika di kemudian hari diprediksikan akan terjadi penambahan beban listrik, bisa dipasang CB dengan rating 40A dan seterusnya.

## **2.8. Sistem Grounding**

### **2.8.1. Pengertian**

*Grounding* atau pembumian adalah upaya menyalurkan arus listrik pada sebuah instalasi listrik dalam sebuah gedung atau rumah menuju bumi agar tidak terjadi lonjakan listrik dan sambaran petir. Tujuan dari dipasangnya sistem grounding pada instalasi listrik sebuah gedung adalah untuk mencegah terjadinya kontak antara makhluk hidup dengan tegangan listrik akibat kebocoran isolasi. Penghantar yang digunakan pada sistem grounding adalah yang berbahan tembaga, karena tembaga merupakan konduktor yang paling efektif untuk mengalirkan arus listrik. Selain itu, tembaga juga tidak mudah berkarat dan cocok digunakan pada semua kondisi lingkungan.

Dalam instalasi sistem penangkal petir, grounding berfungsi untuk menghantarkan arus yang besar menuju bumi. Walaupun memiliki sifat yang sama, pemasangan sistem grounding dan sistem penyalur petir harus terpisah

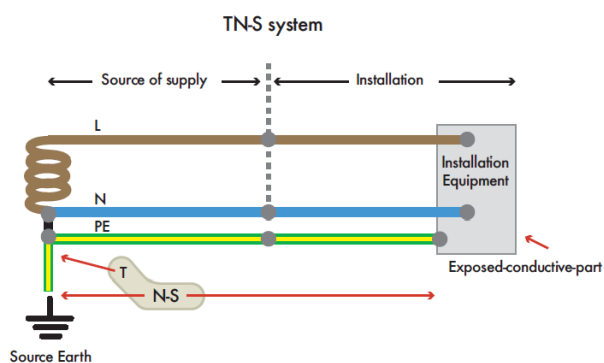
sekurang-kurangnya 10 meter. Berdasarkan PUIL 2000, agar gedung terhindar dari sambaran petir maka dibutuhkan nilai tahanan grounding  $< 5$  ohm,  $< 3$  ohm untuk peralatan elektronika dan beberapa perangkat membutuhkan nilai tahanan grounding  $< 1$  ohm. Nilai tahanan grounding dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: jenis sistem grounding, jenis tanah, kandungan elektrolit tanah, suhu dan kelembaban, dll.

### 2.8.2. Jenis-jenis sistem grounding

Dalam instalasi sebuah sistem grounding, terdapat beberapa jenis grounding berdasarkan kebutuhan dan tingkat keamanan yang dibutuhkan. Berdasarkan standar IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineer*), jenis-jenis sistem grounding adalah sebagai berikut:

#### 1. TN-S (Terre Neutral - Separate)

Pada sistem pembumian TN-S, bagian netral dari sumber energi listrik terhubung dengan bumi pada satu titik, sehingga bagian netral dari sebuah instalasi beban terhubung langsung dengan bagian netral sumber listrik. Pentanahan jenis ini sesuai apabila digunakan pada instalasi yang dekat dengan sumber listrik, seperti pada konsumen besar yang memiliki satu atau lebih HV/LV transformer untuk kebutuhan sendiri dan instalasi/peralatannya berdekatan dengan sumber energi tersebut (transformer).



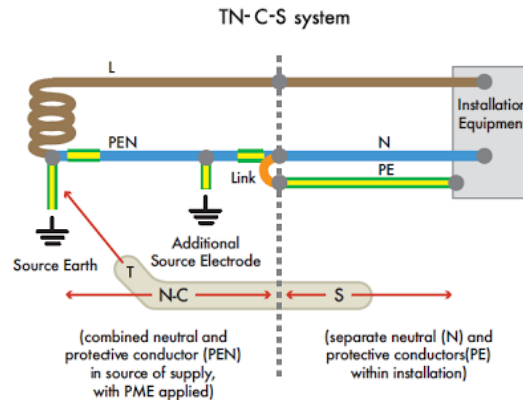
Gambar 2. Jenis pentanahan TN-S

(sumber: direktorilistrik.blogspot.co.id)

#### 2. TN-C-S (Terre Neutral - Combined - Separate)

Pada sistem TN-C-S, saluran netral dari sumber listrik terhubung dengan bumi dan pembumian pada jarak tertentu disepanjang saluran netral yang

menuju konsumen, biasanya disebut sebagai Protective Multiple Earthing (PME). Dengan sistem ini konduktor netral dapat berfungsi untuk mengembalikan arus gangguan pentanahan yang mungkin timbul disisi instalasi kembali ke sumber listrik. Pada sistem ini, instalasi peralatan pada beban dihubungkan pentanahannya pada terminal yang telah disediakan sumber listrik.

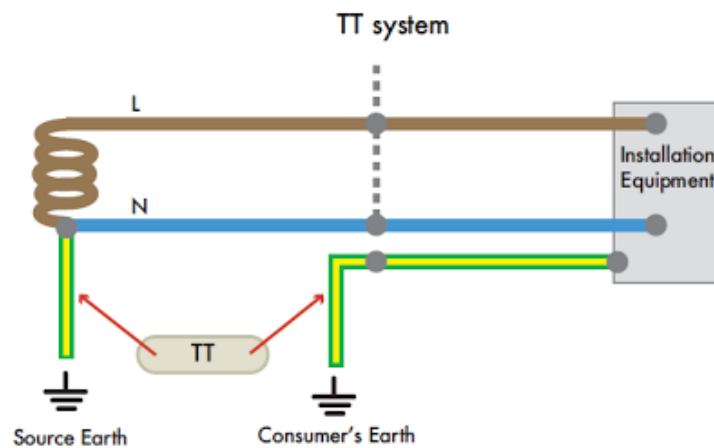


Gambar 2.18. Jenis Pentanahan TN-C-S

(sumber: direktorilistrik.blogspot.co.id)

### 3. TT (Double Terre)

Pada sistem TT, bagian netral sumber listrik tidak terhubung langsung dengan pembumian netral pada sisi konsumen (instalasi peralatan). Pada sistem TT, konsumen harus menyediakan koneksi mereka sendiri ke bumi, yaitu dengan memasang elektroda bumi yang cocok untuk instalasi tersebut.



Gambar 2.19 Jenis Pentanahan TT

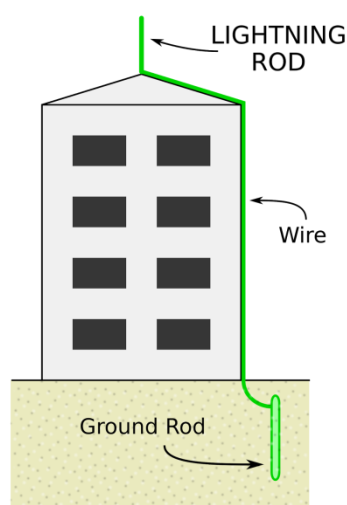
(sumber: direktorilistrik.blogspot.co.id)



## 2.9. Sistem Penyalur Petir

### 2.9.1. Pengertian

Sistem penyalur petir adalah sebuah sistem yang menyalurkan muatan listrik dari awan menuju bumi agar tidak menimbulkan dampak yang membahayakan bagi manusia. Dalam pembangunan sebuah gedung bertingkat, instalasi penyalur petir harus ada terlebih lagi pada bangunan rumah sakit karena di dalamnya terdapat peralatan medis yang rentan terhadap sambaran petir. Penyalur petir berfungsi untuk menghantarkan arus yang dihasilkan oleh petir menuju bumi tanpa merusak benda-benda yang dilewatinya.



Gambar 2.20 Bagian utama penyalur petir

(sumber: [kepodunia.blogspot.co.id/](http://kepodunia.blogspot.co.id/))

Peralatan penyalur petir memiliki 3 bagian utama yaitu:

1. Batang penangkal petir

Batang penangkal petir terbuat dari batang tembaga yang runcing pada ujungnya. Ujungnya runcing karena untuk memudahkan dalam pengumpulan dan pelepasan muatan listrik sesuai dengan sifat alamiahnya. Hal tersebut dilakukan sebagai upaya untuk memperlancar proses tarik menarik antara muatan listrik yang ada di awan. Batang penangkal petir dipasang pada bagian puncak suatu bangunan untuk memicu etir untuk menyambar pada batang.

2. Kabel Konduktor

Kabel konduktor merupakan kabel penghantar yang terbuat dari tembaga yang memiliki diameter sekitar 2 cm. Kabel konduktor berfungsi sebagai media perantara untuk meneruskan aliran muatan yang berasal dari batang penangkal petir menuju tanah. Pada sebuah instalasi penyalur petir, kabel konduktor dipasang di luar bangunan gedung.

### 3. Tempat pembumian (*grounding*)

Tempat pembumian (*grounding*) merupakan tempat muatan listrik yang ditangkap oleh batang penangkal petir disalurkan ke bumi. *Grounding* ini berupa batang yang terbuat dari tembaga yang dilapisi baja dengan diameter 1.5 cm dengan panjang 1.8 – 3 m.

### 2.9.2. Jenis-jenis Sistem Penyalur Petir

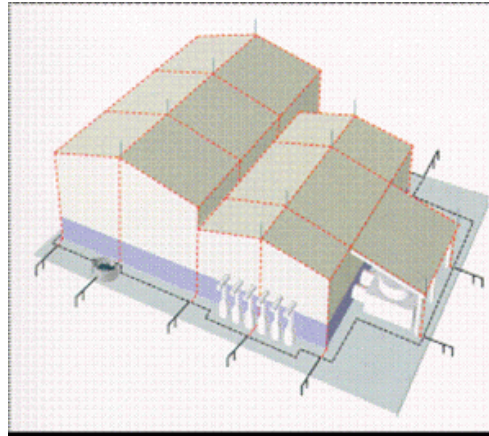
Secara umum, sistem penyalur petir dibedakan menjadi dua yaitu sistem penyalur petir konvensional dan sistem penyalur petir non konvensional.

#### a. Franklin Rod (Konvensional)

Sistem proteksi petir metode Franklin ini merupakan sistem proteksi paling awal namun masih sering digunakan terutama untuk melindungi gedung-gedung beratap runcing seperti gereja atau menara dari sambaran petir. Franklin rod merupakan sebuah batang tembaga berbentuk kerucut yang dipasang pada ujung atap sebuah bangunan. Pada pemasangannya, franklin rod dipasang diatas pipa sepanjang 1-3 meter untuk menghasilkan daerah jangkauan proteksinya. Kelemahan dari metode franklin ini adalah semakin jauh dari franklin rod maka kemampuan perlindungannya semakin lemah.

#### b. Sangkar Faraday (Konvensional)

Sangkar Faraday merupakan penyempurnaan dari sistem penyalur petir franklin rod. Cara kerjanya sama, yang membedakan adalah pada sangkar faraday pemasangannya merata di bagian atap bangunan seperti sangkar tetapi dengan batang penangkal petir yang relatif lebih pendek dari franklin rod.



Gambar 2.21 Penyalur petir metode sangkar faraday

(sumber: <http://blogs.upnjatim.ac.id/utilitas/>)

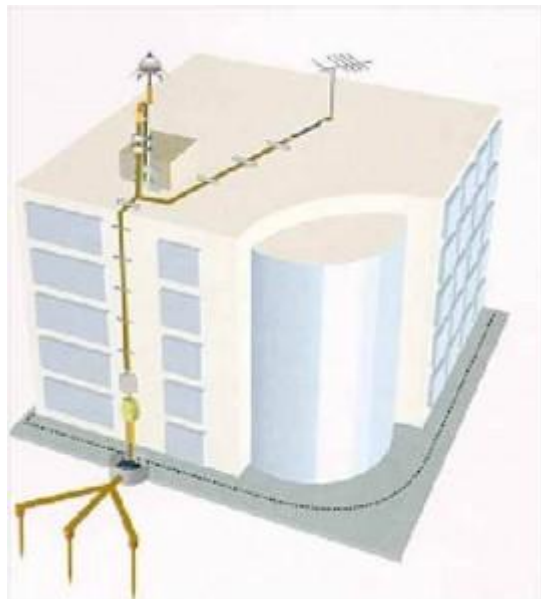
c. *Early Streammer Emission Air Terminal* (EF)

Sistem penangkal petir model Energi Froide (*Electrostatic Field*) EF Lightning Protection System merupakan system penangkal petir modern.

Ada 3 prinsip yang sangat penting dimiliki oleh EF, yakni :

- Penyaluran arus petir yang sangat kedap atau tertutup terhadap obyek sekitar dengan menggunakan terminal penerima dan kabel penghantar khusus yang memiliki sifat isolasi tegangan tinggi.
- Menciptakan electron bebas awal yang besar sebagai streamer emission pada bagian puncak dari system terminal.
- Penggabungan EF Terminal dengan EF Carrier yang memiliki isolasi tegangan tinggi memberikan jaminan keamanan terhadap obyek yang dilindungi.

Sistem penangkal petir ini terbagi dalam 2 yaitu EF Terminal yang diletakkan di puncak bangunan sebagai penangkal petir, dan EF Carrier (kabel Penghantar ) yang masuk kedalam tanah.



Gambar 2.22 Penyalur Petir EF

(sumber: <http://blogs.upnjatim.ac.id/utilitas/>)

### 2.9.3. Proteksi petir pada Transformator Distribusi

Selain proteksi petir secara eksternal (bangunan), proteksi juga perlu dilakukan pada peralatan listrik dalam gedung yang berpotensi terkena sambaran petir. Peralatan instalasi listrik yang rentan terkena sambaran petir adalah transformator distribusi karena terhubung dengan saluran udara 20 kV. Sambaran petir akan menimbulkan tegangan lebih yang tinggi melebihi kemampuan isolasi trafo sehingga dapat menyebabkan kerusakan isolasi yang fatal.. Untuk itu perlu dipasang penyalur petir khusus pada peralatan distribusi tersebut. *Arrester* merupakan sebuah alat yang digunakan untuk melindungi peralatan instalasi listrik terhadap sambaran petir yang dipasang pada alat atau di dekat alat dan terhubung dengan fasa konduktor yang menuju bumi (*grounding*). Pada keadaan normal *arresster* bekerja sebagai isolator, akan tetapi ketika petir menyambar *arrester* berubah menjadi konduktor yang mengalirkan muatan listrik ke tanah. Segera setelah petir disalurkan, *arrester* kembali menjadi isolator agar MCB tidak sempat membuka.



Gambar 2.23 Contoh instalasi *arrester* pada jaringan kelistrikan

(sumber: [http://njmtehnik.blogspot.co.id/2015\\_11\\_01\\_archive.html](http://njmtehnik.blogspot.co.id/2015_11_01_archive.html))

## 2.10. Penghantar

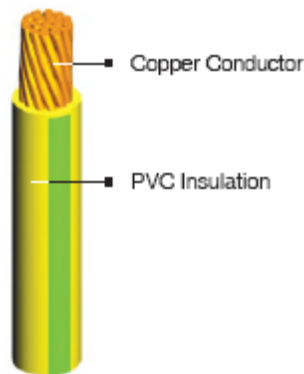
Salah satu dari komponen instalasi listrik adalah penghantar. Penghantar merupakan suatu benda yang berbentuk logam maupun non logam yang bersifat konduktor atau dapat mengalirkan arus listrik dari satu titik ke titik yang lain. Penghantar ini dapat berupa kabel ataupun berupa kawat penghantar.

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

Beberapa jenis kabel yang biasa digunakan dalam instalasi listrik adalah sebagai berikut:

### a. 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. Agar aman memakai kabel tipe ini, kabel harus dipasang dalam pipa/*conduit* jenis PVC atau saluran tertutup. Sehingga tidak mudah menjadi sasaran gigitan tikus, dan apabila ada isolasi yang terkelupas tidak tersentuh langsung oleh orang. Gambar berikut ini merupakan contoh kabel NYA.



Gambar 2.24. Kabel NYA

#### b. 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. Gambar berikut ini merupakan contoh dari kabel NYM.



Gambar 2.25. Kabel NYM

#### c. 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 berikut ini merupakan contoh dari kabel NYAF.



Gambar 2.26. Kabel NYAF

#### d. Kabel NYY

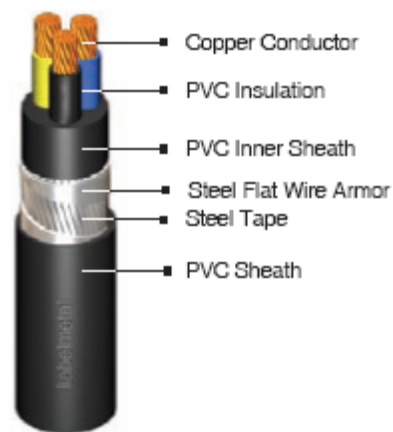
Kabel NYY memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya berwarna hitam), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYY dipergunakan untuk instalasi tertanam (kabel tanah), dan memiliki lapisan isolasi yang lebih kuat dari kabel NYM (harganya lebih mahal dari NYM). Kabel NYY memiliki isolasi yang terbuat dari bahan yang tidak disukai tikus. Gambar Berikut ini merupakan contoh dari kabel NYY.



Gambar 2.27. Kabel NYY

#### e. Kabel NYFGbY

Kabel NYFGbY digunakan untuk keperluan instalasi listrik bawah tanah, ruangan, saluran-saluran dan pada tempat-tempat yang terbuka yang membutuhkan perlindungan terhadap gangguan mekanis, atau untuk tekanan rentangan yang tinggi selama dipasang dan dioperasikan.

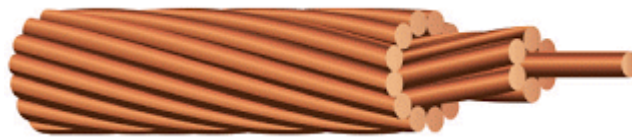


Gambar 2.28 Kabel NYFGbY

(sumber:)

f. Kabel BCC

Kabel Bare Copper Conductor (BCC) merupakan kawat tembaga telanjang yang biasanya digunakan untuk saluran udara dan kabel tanah. Konduktor jenis BCC ini digunakan untuk transmisi daya saluran udara. Kabel BCC sering digunakan dalam instalasi penyalur petir dan pentanahan.



Gambar 2.29 Kabel BCC

(sumber: <http://kabelve.blogspot.co.id>)

Kawat penghantar adalah penghantar yang tidak diberi isolasi, misalnya penghantar berlubang (*Hollow Conductor*), BC (*Bare Conductor*), ACSR (*Alluminium Conductor Steel Reinforced*).

Berikut ini merupakan beberapa tipe kawat penghantar yang sering digunakan dalam instalasi listrik:

a. Kawat Penghantar ACSR (*Alluminium Conduct Steel Reinforced*)

Kawat penghantar ACSR merupakan kawat penghantar yang terdiri dari aluminium berinti kawat baja. Kabel ini digunakan untuk saluran-saluran transmisi tegangan tinggi, dimana jarak antara menara atau tiang berjauhan,



mencapai ratusan meter, maka dibutuhkan kuat tarik yang lebih tinggi, untuk itu digunakan kawat penghantar ACSR.



Gambar 2.30. Kawat penghantar ACSR

b. Kawat Penghantar AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*)

Kawat penghantar ini terbuat dari aluminium-magnesium-silicon campuran logam, keterhantaran listrik tinggi yang berisi *magnesium silicide*, untuk memberi sifat yang lebih baik. Kabel ini biasanya dibuat dari paduan aluminium 6201. AAAC mempunyai suatu anti karat dan kekuatan yang baik, sehingga daya hantarnya lebih baik.



Gambar 2.31. Gambar Kawat penghantar AAAC

Peraturan warna selubung penghantar dan warna isolasi inti penghantar harus diperhatikan pada saat pemasangan. Hal tersebut di atas diperlukan untuk mendapatkan kesatuan pengertian mengenai penggunaan sesuatu warna atau warna loreng yang digunakan untuk mengenal penghantare guna keseragaman dan mempertinggi keamanan.

a. Penggunaan warna loreng Hijau – kuning

Warna hijau-kuning hanya boleh digunakan untuk menandai penghantar pembumian, pengaman dan penghantar yang menghubungkan ikatan penyama tegangan ke bumi.

b. Penggunaan warna biru

Warna biru digunakan untuk menandai penghantar netral atau kawat tengah, pada instalasi listrik dengan penghantar netral. Untuk menghindari kesalahan, warna biru tersebut tidak boleh digunakan untuk menandai penghantar lainnya. Warna biru hanya dapat digunakan untuk maksud lain, jika pada instalasi tersebut tidak terdapat penghantar netral atau kawat tengah. Warna biru tidak untuk kabel pentanahan.

c. Penggunaan warna kabel berinti tunggal

Untuk pengawatan di dalam perlengkapan listrik disarankan hanya menggunakan kabel dengan satu warna., khususnya warna hitam. Jika diperlukan warna lain untuk penandaan disarankan menggunakan warna cokelat.

d. Pengenal untuk inti atau rel

Untuk kabel dengan isolasi dari bahan *polyethylene* disingkat dengan PE, *polyvinyl chloride* disingkat dengan PVC, *cross linked polyethylene* disingkat dengan XLPE.

e. Warna untuk kabel berselubung berinti tunggal

Kabel berselubung berinti tunggal boleh digunakan untuk fase, netral, kawat tengah atau penghantar pembumian asalkan isolasi kedua ujung kabel yang terlihat ( bagian yang dikupas selubungnya ) dibalut isolasi khusus yang berwarna.

**Untuk instalasi listrik**

- Fasa R merah
- Fasa S kuning
- Fasa T hitam
- netral biru

**Untuk perlengkapan listrik**

- U / X merah
- V / Y kuning
- W / Z hitam
- Arde loreng hijau – kuning

f. Warna selubung kabel

Warna selubung kabel ditentukan sebagai berikut :

- Kabel berisolasi tegangan pengenalan (500 V) **putih**
- Kabel udara berisolasi PE, PVC, XPLPE (600 – 1000 V) **hitam**
- Kabel tanah berselubung PE dan PVC (600 – 1000 V) **hitam**
- Kabel tanah berselubung PE, PVC > 1000 V **merah**

### 2.10.1. Pemilihan Luas Penampang Penghantar

Pemilihan luas penampang penghantar harus mempertimbangkan hal-hal berikut 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 pengenalan beban penuh.”

- Untuk Arus Searah :  $I_n = P/V$  (A)
- Untuk Arus Bolak-balik Satu Fasa:  $I_n = P/(V \cdot \cos \phi)$  (A)
- Untuk Arus Bolak-balik tiga Fasa:  $I_n = P/(\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi)$  (A)

$$\mathbf{KHA = 125\% \times I_n}$$

Dimana:  $I$  = Arus Nominal Beban Penuh (A)

$P$  = Daya Aktif (W)

$V$  = Tegangan (V)

$\cos \phi$  = 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 saluran.

#### 3. Sifat Lingkungan

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

- 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.

- Suhu lingkungan seperti suhu kamar dan suhu tinggi, penghantar yang digunakan akan berbeda.

- 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.