

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada era ini sudah banyak penelitian mengenai perancangan gedung bertingkat menjadi topik dan pembahasan yang sering diangkat dengan beberapa referensi sebagai pedoman dan panduan untuk perancangan sistem dan instalasi listrik gedung 8 lantai Universitas Aisyiyah Yogyakarta, sebagai berikut:

1. Amrullah [2014] tentang Perencanaan Sistem Elektrikal dan Elektronik Proyek Pembangunan Hotel Fave Yogyakarta. Didalam penelitian tersebut yaitu merancang sistem elektrikal dan elektronik pada hotel yang terdiri dari lantai basement, lantai lobby, lantai 2-8, dan lantai atap dengan total daya perencanaan beban pada hotel dengan nilai daya aktif (P) = 404,8kW dan nilai daya semu (S) = 506,6 kVA, sehingga diperoleh kapasitas minimal transformator dan genset sebesar 545 kVA. Maka sesuai dengan brosur yang tersedia dipasaran, untuk kapasitas Genset yang dipilih sebesar 600 kVA dan kapasitas trafo yang dipilih sebesar 630 kVA
2. Bani [2015] tentang Analisis Beban Elektrikal pada Pembangunan Gedung Pasca Sarjana UMY yang terdiri lantai dasar, lantai 1-5 dan lantai atap dengan total beban pada gedung dengan nilai daya aktif (P) = 478 kW dan nilai daya semu (S) = 579,053 kVA. $\cos \Phi$ instalasi pada gedung sebesar 0,825 dan menggunakan kapasitor bank dipasang sebesar 95,35 kVAR agar mendapatkan nilai $\cos \Phi$ sebesar 0,9.
3. Ezar [2016] tentang Perencanaan Instalasi Listrik Rumah Sakit Al-Irsyad Surabaya. Didalam penelitian tersebut yaitu merancang instalasi listrik pada rumah sakit al-irsyad Surabaya yang terdiri dari lantai basement, lantai 1-9, dan lantai atap dengan total daya perancangan beban pada rumah sakit

dengan nilai daya semu (S) = 428,5 kVA dengan $\cos \phi$ sebesar 0.7 dan menggunakan kapasitor bank 160 kVAR agar mendapatkan nilai $\cos \phi$ sebesar 0,9, sehingga diperoleh kapasitas minimal transformator dan genset sebesar 370,67 kVA. Maka sesuai dengan brosur yang tersedia dipasaran, untuk kapasitas Trafo dan Genset yang dipilih sebesar 400 kVA

4. Rafi'ah [2016] tentang Perencanaan Sistem Instalasi Listrik Universitas Aisyiyah YogyakartaBali. Didalam penelitian tersebut yaitu merancang sistem instalasi elektrikal pada Universitas Aisyiyah YogyakartaBali yang terdiri dari lantai 1- 4, dengan total daya perancangan beban pada rumah sakit dengan nilai daya semu (S) = 1227,1 kVA dan nilai daya aktif (P) = 932,1 kW dan menggunakan kapasitor bank 360 kVAR agar mendapatkan nilai $\cos \phi$ sebesar 0,9.

2.2 Instalasi Listrik

Menurut peraturan menteri pekerjaan umum dan tenaga listrik nomor 023/PRT/1978, pasal 1 butir 5 tentang instalasi listrik, menyatakan bahwa instalasi listrik adalah saluran listrik termasuk alat-alatnya yang terpasang di dalam dan atau di luar bangunan untuk menyalurkan arus listrik setelah atau dibelakang pesawat pembatas/meter milik perusahaan.

Prinsip-prinsip instalasi listrik sebagai berikut:

1. *Safety* (Keamanan)

Keamanan instalasi listrik harus dibuat sedemikian rupa, sehingga tidak menimbulkan kecelakaan. Aman dalam hal ini berarti tidak membahayakan jiwa manusia dan terjaminnya per-alatan listrik dan benda-benda disekitarnya dari suatu kerusakan akibat adanya gangguan-gangguan seperti hubung singkat, arus lebih, Tegangan lebih dan sebagai-nya. Oleh karena itu pemilihan peralatan yang digunakan harus memenuhi standar dan teknik pemasangannya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

2. *Reliability* (Keandalan)

Keandalan atau kelangsungan kerja dalam mensuplai arus listrik ke beban/ konsumen harus terjamin dengan baik. Untuk itu pemasangan instalasi listriknya harus dirancang sedemikian rupa, sehingga kemungkinan terputusnya aliran listrik akibat gangguan ataupun karena untuk pemeliharaan dapat dilakukan sekecil mungkin :

- ✓ Diperbaiki dengan mudah dan cepat
 - ✓ Diisolir pada daerah gangguan saja
- sehingga konsumen pengguna listrik tidak terganggu.

3. *Accessibility* (Kemudahan)

Kondisi yang harus dicapai adalah kemudahan terhadap:

- a. Pengoperasian, Perawatan & Perbaikan sistem,
- b. Pemasangan dan penggantian peralatan sistem
- c. Pengembangan dan perluasan sistem

Kemudahan pada sistem instalasi listrik dinyatakan tercapai apabila pengoperasian suatu sistem tidak memerlukan skill tinggi, cepat dan tepat dalam pemasangan peralatan sistem serta mudah dalam melaksanakan perawatan dan perbaikan sistem.

4. *Availability* (Ketersediaan)

Kesiapan suatu instalasi dalam melayani kebutuhan pemakaian listrik lebih berupa daya, peralatan maupun kemungkinan pengembangan / perluasan instalasi yang meliputi ketersediaan terhadap : Alat, Tempat/Ruang dan Daya., apabila konsumen melakukan perluasan instalasi, tidak mengganggu sistem instalasi yang sudah ada, dan mudah menghubungkannya dengan sistem instalasi yang baru (tidak banyak merubah dan mengganti peralatan yang ada).

5. *Impact of Environment* (Pengaruh lingkungan)

Bila peralatan listrik dipasang pada lingkungan tertentu, harus dipertimbangkan apakah peralatan itu mempunyai pengaruh negatif terhadap lingkungan sekitarnya, Bila ada kemungkinan mengganggu atau merusak lingkungan maka harus dirancang agar pengaruh negatif yang ditimbulkan oleh peralatan listrik dapat dihilangkan atau diperkecil.

6. *Economic* (Ekonomi)

Perencanaan instalasi listrik harus tepat sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan bahan dan peralatan seminim mungkin, mudah pemasangannya maupun pemeliharaannya, segi-segi daya listriknya juga harus diperhitungkan sekecil mungkin. Dengan demikian hanya keseluruhan instalasi listrik tersebut baik untuk biaya pemasangan dan biaya pemeliharaannya bisa dibuat semurah mungkin.

7. *Esthetic* (Keindahan)

- a. Kerapian dalam pemasangan dan pengawatan menimbulkan kemudahan dan kejernihan pikiran dalam melaksanakan perawatan dan perbaikan pada sistem instalasi
- b. Keserasian dalam penggunaan/pemilihan peralatan yang disesuaikan dengan ukuran, bentuk dan warna yang sedemikian rupa, sehingga menimbulkan pemandangan yang indah dan nyaman.
- c. Keserasian dan keindahan tata letak dan kenyamanan ruang operasi akan menimbulkan mosaik yang memberikan kenyamanan serta menghindari kebosanan bagi pelaksana operasi pada ruang dimana suatu kendali sistem kontrol dipasang. Kondisi tersebut diatas akan menimbulkan gairah dan ketenangan kerja serta disiplin kerja akan selalu terjaga.

Secara umum instalasi listrik dibagi menjadi dua jenis yaitu:

1. Instalasi pencahayaan buatan
2. Instalasi daya listrik

Instalasi pencahayaan buatan adalah suatu upaya untuk memberikan daya listrik pada lampu sehingga dapat dijadikan sumber cahaya buatan. Pencahayaan buatan ini meliputi saklar, armatur lampu, kabel/penghantar dan lampu. Instalasi pencahayaan buatan ini bertujuan untuk memberikan kenyamanan dan ketentraman 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:

- a. Badan Standar Nasional Pendidikan 2011 Tentang Standar Sarana dan Prasarana Pendidikan Tinggi.
- b. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 29/PRT/M/2006 Tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung
- c. SNI 04-7018-2004, atau edisi terakhir, Sistem pasokan daya listrik darurat dan siaga.
- d. SNI 04-7019-2004, atau edisi terakhir, Sistem pasokan daya listrik darurat dan menggunakan energi tersimpan.
- e. Kriteria desain konsultan

2.3 Distribusi Listrik dalam Gedung

Berdasarkan sumber energinya sistem kelistrikan pada bangunan gedung dibagi menjadi dua sumber yaitu sumber listrik dari PLN dan sumber listrik dari genset, dimana sumber listrik gedung ini memprioritaskan PLN sebagai sumber utama dan genset sebagai cadangan (*back up*) bagian-bagian dari sistem kelistrikan pada sistem bangunan gedung ini adalah sebagai berikut:

2.3.1 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. Gardu Tegangan menengah PLN adalah perlengkapan sistem kelistrikan milik PLN sebagai panel distribusi Tegangan menengah.

2.3.2 Panel Tegangan Menengah



Gambar 2. 1 Panel Tegangan Menengah

Panel tegangan menengah atau *medium voltage main distribution panel* (MVMDP) adalah perlengkapan sistem kelistrikan tegangan menengah untuk mensuplai daya dari PLN. MVMDP terletak didalam bangunan *Power House*. Daya listrik dari panel tegangan menengah (MVMDP) kemudian didistribusikan ke *step down* transformer.

2.3.3 Transformator Step Down



Gambar 2. 2 Transformator *Step Down*

Transformator *step down* berfungsi untuk menurunkan tegangan menengah menjadi tegangan rendah, unit trafo ini terhubung unit panel utama tegangan rendah atau *low voltage main distribution panel (LVMDP)*.

2.3.4 Generator Set (Genset)

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.



(a)



(b)

Gambar 2. 3 Generator Set (a) genset *close* (b) genset *open*

2.3.5 Panel Utama Tegangan Rendah



Gambar 2. 4 Panel Utama Tegangan Rendah

Panel utama tegangan rendah atau *low voltage main distribution panel* (LVMDP) yaitu 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*, untuk selanjutnya didistribusikan ke panel-panel distribusi tegangan rendah.

2.3.6 Panel Distribusi Listrik

Panel distribusi listrik berfungsi mendistribusikan daya listrik sesuai kebutuhan (Panel kontrol pompa, AC, elektronik, dan penrangan)



Gambar 2. 5 Panel Distribusi

Panel distribusi listrik adalah panel yang berbentuk almari (*cubicle*), yang dapat dibedakan sebagai:

- a. Panel Utama/MDP : *Main Distribution Panel*
- b. Panel Cabang/SDP : *Sub Distribution Panel*
- c. Panel Beban/SSDP : *Sub-Sub Distribution Panel*

2.3.7 Klasifikasi Tegangan

a. LV (*Low Voltage*)

Klasifikasi besar tegangan yang termasuk kedalam LV (*Low Voltage*) atau di kenal dengan istilah Tegangan Rendah (TR), berkisar antara:

LV: 50 Volt – 1000Volt (1KV)

$$50V < LV < 1KV$$

b. MV (*Medium Voltage*)

Klasifikasi besar tegangan yang termasuk kedalam MV (*Medium Voltage*) atau dikenal dengan istilah Tegangan Menengah (TM), berkisar antara:

MV: 1000Volt (1KV) s/d 35.000Volt (35KV)

$$1KV < MV < 35KV$$

c. HV (*High Voltage*)

Klasifikasi besar tegangan yang termasuk kedalam HV (*High Voltage*) atau dikenal dengan istilah Tegangan Tinggi (TT), berkisar antara:

HV: 35.000Volt (35KV) s/d 245.000Volt (245KV)

$$35KV < HV < 245KV$$

d. EHV (*Extra High Voltage*)

Klasifikasi besar tegangan yang termasuk kedalam EHV (*Extra High Voltage*) atau dikenal dengan istilah Tegangan Ekstra Tinggi (TET), berkisar antara:

EHV: Diatas 245.000Volt (>245KV)

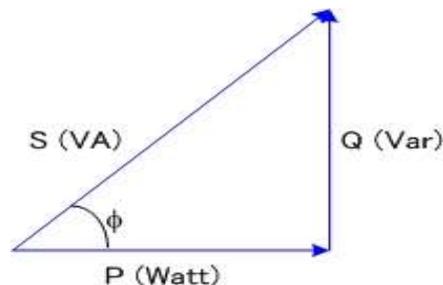
$$EHV > 245KV$$

Dari data klasifikasi besar Tegangan diatas, dapat diketahui bahwa Tegangan 220Volt dan 380Volt masih tergolong kedalam TR (Tegangan Rendah), bukan TT (Tegangan Tinggi).

2.4 Perbaikan Faktor Daya Dengan Kapasitor

2.4.1 Pengertian Faktor Daya

Pada 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.



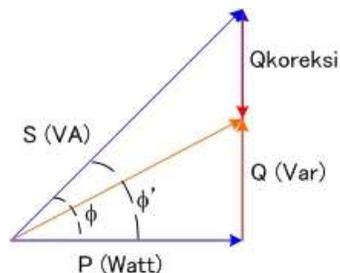
Gambar 2. 6 Segitiga Daya

Besarnya faktor daya menunjukkan besarnya tingkat efisiensi sebuah jaringan dalam mendistribusikan daya listrik. Besarnya faktor daya dibatasi dari 0 sampai 1. Nilai faktor daya semakin mendekati 1 maka semakin baik karena daya yang terpakai semakin maksimal, sebaliknya semakin mendekati 0 daya yang terpakai semakin minimal (relatif buruk).

Terdapat rasio perbedaan antara daya semu yang dihasilkan oleh sumber dan daya nyata yang terpakai, rasio ini disebut faktor 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.

2.4.2 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. 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



Gambar 2. 7 Segitiga Daya dengan Q_{koreksi}

(Sumber: <https://konversi.files.wordpress.com/2010/05/sgtg2.jpg>)

. Apabila sebuah kapasitor dipasang pada jaringan daya listrik, maka segitiga daya akan berubah seperti ditunjukkan pada gambar 2.7 Segitiga Daya dengan Q_{koreksi} . Daya reaktif yang harus dihasilkan berkurang sebesar Q_{koreksi} sehingga besarnya $\text{Cos } \phi$ akan naik.

2.4.3 Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif, yang akan berfungsi sebagai penyeimbang sifat induktif. Kapasitas kapasitor dari ukuran 5 KVAR sampai 60 KVAR. Besaran yang sering dipakai adalah kVAR (Kilo Volt Ampere Reaktif) meskipun didalamnya terkandung / tercantum besaran kapasitansi yaitu Farad atau *microfarad*.



Gambar 2. 8 Kapasitor Bank dalam instalasi

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.

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.

2.5 Sistem Pencahayaan Buatan

2.5.1 Pencahayaan

Sistem pencahayaan adalah suatu proses memberikan penerangan pada suatu ruangan dengan cara memasang atau memanfaatkan sumber cahaya yang ada. Sistem pencahayaan dikelompokkan menjadi dua sumber yakni alami dan buatan. Sistem cahaya alami yaitu cahaya matahari, sedangkan sistem cahaya buatan menggunakan sumber cahaya buatan seperti lampu dan lilin. Sistem pencahayaan juga dapat di kelompokkan menjadi beberapa jenis yaitu:

1. Sistem pencahayaan merata

Sistem ini memberikan tingkat pencahayaan yang merata diseluruh ruangan. Sistem pencahayaan ini digunakan apabila tugas visual yang dilakukan diseluruh tempat dalam ruangan memerlukan tingkat pencahayaan yang sama. Tingkat pencahayaan yang merata diperoleh dengan memasang armatur secara merata langsung maupun tidak langsung di seluruh langit-langit.

2. Sistem pencahayaan setempat

Sistem ini memberikan tingkat pencahayaan pada bidang kerja yang tidak merata. Di tempat yang diperlukan untuk melakukan tugas visual yang memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi, diberikan cahaya yang lebih banyak dibandingkan dengan sekitarnya. Hal ini diperoleh dengan mengkonsentrasikan penempatan armatur pada langit-langit diatas tempat tersebut.

3. Sistem pencahayaan gabungan merata dan setempat

Sistem pencahayaan gabungan didapatkan dengan menambah sistem pencahayaan setempat pada sistem pencahayaan merata, dengan armatur yang dipasang di dekat tugas visual. Sistem pencahayaan gabungan digunakan untuk:

- a. Tugas visual yang memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi.
- b. Memerlihatkan bentuk dan tekstur yang memerlukan cahaya datan dari arah tertentu.
- c. Pencahayaan merata terhalang, sehingga tidak dapat sampai pada tempat yang terhalang tersebut.
- d. Tingkat pencahayaan yang lebih tinggi diperlukan untuk orang tua atau yang kemampuan penglihatannya sudah berkurang.

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

1. Fluks Cahaya adalah jumlah cahaya yang dipancarkan suatu sumber cahaya. Satuan yang dipakai untuk fluks cahaya adalah *lumen*.
2. Intensitas cahaya adalah jumlah fluks cahaya per satuan sudut ruang yang dipancarkan ke suatu arah tertentu. Satuan yang digunakan ialah *Candela*.
3. Iluminasi adalah suatu ukuran untuk terang suatu sumber cahaya atau suatu benda yang mempunyai luasan tertentu. Satuan yang digunakan ialah *Candela/meter²*.

Tabel 2.1 menyajikan tingkat pencahayaan tiap jenis ruangan sesuai dengan SNI 03-6575-2001

Tabel 2. 1 Tingkat pencahayaan rata-rata, dan kelompok renderasi warna

Fungsi ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok Renderasi warna	Keterangan
Rumah Tinggal :			
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	
Perkantoran :			
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 layer 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	
Lembaga Pendidikan :			
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	
Hotel dan Restoran			
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	

Fungsi ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok Renderasi warna	Keterangan
Rumah Sakit/Balai Pengobatan			
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	
Pertokoan/Ruang Pamer			
Ruang pamer 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	
Industri Umum			
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	
Rumah ibadah.			
Mesjid	200	1 atau 2	Untuk tempat-tempat yang membutuhkan tingkat pencahayaan yang lebih tinggi dapat digunakan pencahayaan setempat.
Gereja	200	1 atau 2	
Vihara	200	1 atau 2	

Pada tabel 2.1 diperlihatkan pula kelompok renderasi warnanya. Renderasi warna merupakan suatu indeks yang menyatakan apakah warna objek tampak alami apabila diberi cahaya lampu tersebut. Kelompok renderasi warna dapat di lihat pada tabel 2.2:

Tabel 2. 2 Kelompok Renderasi Warna

Kelompok Renderasi Warna	Retang Indeks Rederasi Warna (Ra)	Tampak Warna
1	Ra>85	Dingin
		Sedang
		Hangat
2	70<Ra<85	Dingin
		Sedang
		Hangat
3	40<Ra<70	
4	Ra<40	

Keterangan: Semakin kecil nilai kelompok renderasi warna, maka semakin mendekati warna objek tampak dan semakin besar nilai indeks renderasi warna, maka semakin mendekati warna objek tampak.

Dalam sistem pencahayaan terdapat pula faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan jumlah titik cahaya pada suatu ruangan:

1. Jenis fungsi ruangan, setiap jenis fungsi ruangan mempunyai kebutuhan kuat penerangan yang berbeda-beda.
2. Ukuran ruangan, semakin besar ukuran ruangan maka semakin besar pula kuat penerangan yang dibutuhkan.
3. Keadaan dinding dan langit-langit (faktor refleksi), berdasarkan warna cat dari dinding dan langit-langit pada ruangan tersebut memantulkan ataukah menyerap cahaya.
4. Jenis lampu dan armatur yang dipakai, tiap-tiap lampu dan armatur memiliki konstruksi dan karakteristik yang berbeda-beda.

Letak dan jumlah lampu pada suatu ruangan harus dihitung sedemikian rupa, sehingga ruangan tersebut mendapatkan sinar yang merata.

Penerangan untuk ruangan harus dirancang sedemikian rupa sehingga pengaruh dari penerangan tidak membuat mata cepat lelah. Dari parameter-parameter yang telah disebutkan diatas, maka dapat dicari jumlah armatur lampu yang digunakan sesuai dengan persamaan berikut;

$$N = \frac{E \times L \times W}{\Phi \times LLF \times CU \times n}$$

dengan: (2.1)

N = jumlah titik lampu

E = kuat penerangan (lux)

L = panjang ruang(meter)

W = lebar ruang (meter)

Φ = total lumen lampu / lamp luminous flux

LLF = *light loss factor* / faktor cahaya rugi (0,7-0,8)

CU = *coeffesien of utilization* / faktor pemanfaatan (50-65 %)

n = jumlah lampu dalam 1 titik lamp

2.5.2 Lampu

Menurut SNI 03-6575-2001, dalam pemilihan lampu, ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu tampak warna yang dinyatakan dalam *temperature* 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.

Ada beberapa jenis lampu listrik yaitu:

1. Lampu Pijar

Lampu pijar menghasilkan cahayanya dengan pemanasan listrik dari kawat filamennya pada temperatur yang tinggi. Komponen utama lampu pijar terdiri dari : filamen, bola lampu, gas pengisi dan kaki lampu (*fitting*).

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

i. Lampu Reflektor

Lampu reflector, terbuat dari lapisan metal tipis pada permukaan dalam dari bola lampu yang memberikan arah intensitas cahaya yang dipilih. Ada dua jenis lampu bereflektor yaitu jenis *Pressed glass* dan jenis *Blown bulb*.

a) 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.

b) Lampu *Blown bulb*, menyerupai lampu *pressed glass*, tetapi lampu ini hanya dipasang di dalam ruangan.

ii. Lampu Halogen

Lampu Halogen 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.

2. Lampu CFL (*Compact Fluorescent Lamp*)

Lampu CFL menggunakan sirkuit elektronik untuk menghasilkan voltase tinggi sudah terintegrasi pada dasar lampu. Komponen utama lampu CFL terdiri dari : bola lampu, gas merkuri dan Basis lampu (*fitting*). Lampu ini sudah banyak sekali digunakan di rumah-rumah penduduk, warnanya pun tersedia cool *daylight* (warna putih) dan warm *white* (warna putih kekuningan).

3. Lampu LED

Lampu LED (*Light Emitting Diode*) merupakan sirkuit *semikonduktor* yang memancarkan cahaya ketika dialiri listrik. Aliran listrik yang melewati lampu LED relatif tidak menghasilkan banyak panas, oleh karena itu lampu LED terasa lebih dingin ketika dipakai dalam ruangan dibandingkan lampu pijar/TL. Komponen utama lampu led terdiri dari : dioda, driver, dan pendingin lampu LED. Umur lampu LED dapat berlangsung dari 40.000 sampai 10.000 jam tergantung warnanya.

Tabel 2. 3 Perbandingan Lampu

NO	KETERANGAN	Lampu Pijar	Lampu CFL	Lampu LED
1	Umur Pakai	4.000 jam	8.000 jam	40.000 jam
2	Konsumsi Listrik untuk Lumen = 500lm	50 W	13 W	6 W
3	Harga Lampu	Rp. 8.000,-	Rp. 20.000,-	Rp. 60.000,-
4	Penggunaan Kwh listrik selama 40.000 jam	2.000 Kwh	520 Kwh	240 Kwh
5	Tarif Listrik (Asumsi daya 1300 VA @1352/ Kwh) (no.4 x 1352/ Kwh)	Rp. 2.704.000,-	Rp. 703.040,-	Rp. 324.480,-
6	Penggantian Lampu Selama 40.000 jam	10x	5x	1x
7	Biaya penggantian lampu baru selama 40.000 jam (no.6 x no.3)	Rp. 80.000,-	Rp. 100.000,-	Rp. 60.000,-
8	Total biaya selama 40.000 jam (no.5 + no.7)	Rp. 2.784.000	Rp. 803.040	Rp. 384.480

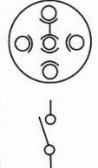
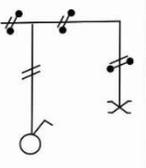
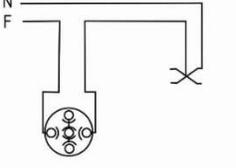
Sumber: mata kuliah teknik instalasi listrik, materi pencahayaan

2.5.3 Saklar

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

1. Saklar tunggal

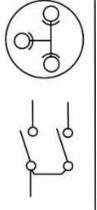
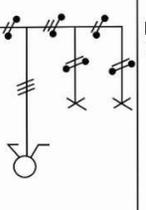
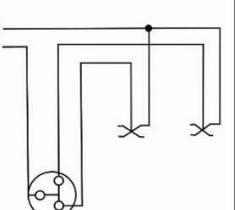
Saklar tunggal adalah saklar yang menghubungkan dan memutuskan sebuah lampu atau kelompok lampu. Saklar ini hanya mempunyai satu tuas penghubung. Untuk mengoperasikan saklar tunggal, caranya adalah dengan menekan tuas penghubung hingga saklar berkondisi ON atau OFF (1 atau 0). Gambar berikut ini merupakan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

Nama	Lambang (simbol)	Konstruksi	Skema instalasi	Skema hubungan Pelaksanaan
Saklar tunggal				

Gambar 2. 9 Simbol saklar tunggal

2. Saklar Seri

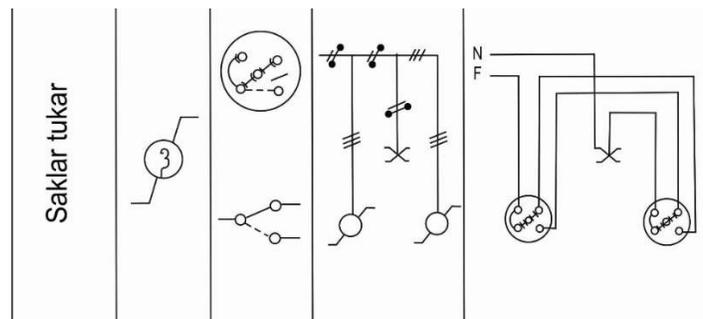
Saklar seri adalah saklar yang menghubungkan dan memutuskan dua buah lampu atau kelompok lampu secara sendiri-sendiri atau bersamaan. Saklar ini mempunyai dua tuas penghubung atau lebih. Untuk mengoperasikan saklar seri, caranya adalah dengan menekan masing-masing tuas penghubung secara sendiri-sendiri atau bersamaan hingga saklar berkondisi ON atau OFF (1 atau 0). Gambar berikut ini merupakan simbol dari saklar seri.

Saklar seri				
-------------	---	---	--	---

Gambar 2. 10 Simbol saklar seri

3. Saklar 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 Saklar 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 saklar seri.



Gambar 2. 11 Simbol saklar tukar

2.5.4 Kotak-Kontak

Kotak-kontak/stop kontak adalah salah satu komponen instalasi listrik yang berfungsi sebagai muara daya listrik dari penyuplai daya menuju beban/peralatan yang membutuhkan suplai daya listrik. Dalam instalasi Kotak-kontak harus dipasang dengan rapat dan kuat agar tidak menimbulkan panas berlebih ketika sedang diberi beban. Oleh karena itu, tusuk kontak hendaknya disesuaikan dengan outlet yang terpasang dan lengkap dengan *ground*/pembumian untuk peralatan yang berbahan metal seperti kulkas, pompa, komputer.

Pemasangan kotak-kontak dapat dipasang di dinding, atau di meja, atau di lantai. Untuk pemasangan di dinding ukuran pemasangan sekurang-

kurangnya 40 cm dari permukaan lantai. Pemakaian outlet hendaknya satu kotak-kontak hanya untuk satu tusuk kontak, karena tusuk kontak yang bertumpuk sangat riskan menimbulkan panas karena kendur atau kurang pas dengan lubang kotak kontak.



Gambar 2. 12 Kontak-Kontak

2.6 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 pada instalasi listrik merupakan penghantar yang dilindungi dengan isolasi atau biasa disebut kabel. Sebuah kabel listrik terdiri dari isolator dan konduktor. Isolator adalah bahan pembungkus kabel yang biasanya terbuat dari karet atau plastik, sedangkan konduktor terbuat dari serabut tembaga atau tembaga pejal.

Kabel listrik adalah media penghantar untuk menyalurkan energi listrik. Untuk mempermudah identifikasi jenis kabel, maka diperlukan suatu penandaan baik berupa huruf maupun angka. Berdasarkan PUIL 2000 pasal 7.2.1.1 menjelaskan bahwa peraturan warna selubung penghantar dan warna isolasi inti penghantar yang tercantum dalam pasal ini berlaku untuk semua instalasi tetap atau sementara, termasuk perlengkapan instalasi.

2.6.1 Standar Warna Penghantar

Kabel atau penghantar listrik memiliki identifikasi kode warna yang dibuat secara standar, karena pada penggunaannya tiap warna kabel memiliki arti tersendiri.

- a. Pembumian memiliki warna loreng hijau-kuning.
- b. Kawat netral/tengah memiliki warna biru, apabila instalasi listrik tidak terdapat penghantar netral/kawat tengah maka warna biru boleh digunakan untuk maksud lain tetapi tidak untuk menandai penghantar pembumian.
- c. Tiap kawat fase memiliki warna sebagai berikut: Fase R memiliki warna merah, Fase S memiliki warna kuning, dan Fase T memiliki warna Hitam
- d. Pengenal untuk inti atau rel

Sebagai pengenal untuk inti atau rel digunakan warna, lambang, atau huruf seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.4:

Tabel 2. 4 Pengenal inti atau rel

Inti atau Rel	Pengenal		
	Dengan Huruf	Dengan Lambang	Dengan Warna
A. Instalasi arus bolak-balik Fase satu Fase dua Fase tiga Netral	L1/R L2/S L3/T N		Merah Kuning Hitam Biru
B. Instalasi perlengkapan listrik Fase satu Fase dua Fase tiga	U/X V/Y W/Z		Merah Kuning Hitam
C. Instalasi arus searah Positif Negatif Kawat tengah	L + L - M	+ -	Tidak ditetapkan Tidak ditetapkan Biru
D. Penghantar Netral	N		Biru
E. Penghantar Pembumian	PE		Loreng hijau-kuning

2.6.2 Kode Huruf Kabel

Pada tiap jenis kabel mempunyai identifikasi kode huruf (*Nomenklatur*), karena tiap kode huruf kabel memiliki arti tersendiri. Tabel 2.5 menyajikan nomenklatur kabel

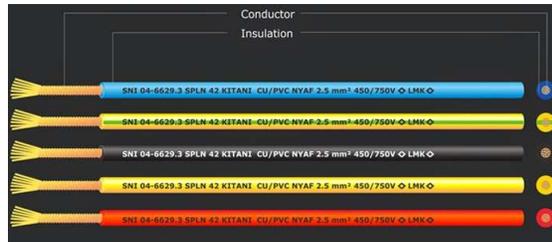
Tabel 2. 5 Nomenklatur kabel

Kode	Inti	Kode	Selubung
N	Tembaga	A	Serat
NA	Aluminium	AA	Dua lapis serat
C	Konsentris tembaga	D	Spiral dari kawat baja pipih
CE	Konsentris berinti banyak	Gb	Spiral pita baja
E	Inti berselubung logam	M	PVC
re	Padat bulat	K	Timbal
rm	Bulat kawat banyak	KL	Aluminium
se	Padatbentuk sektor	Kode	Perisai
sm	Kawat banyak bentuk sektor	B	Pita baja ganda/Timah hitam
H	Di atas isolasi	F	Kawat baja pipih
NF	Kabel udara berisolasi dipilin	O	Terbuka, dari kawat-kawat baja
NI	Kabel bertekanan gas	L	Jalinan kawat baja bulat
NO	Kabel bertekanan minyak	R	Kawat baja bulat
NP	Kabel dalam pipa bertekanan gas	Q	Jalinan kawat baja berselubung seng
Kode	Isolasi	S	Tembaga
Y	PVC	Z	Kawat baja berbentuk Z
G	Karet		
2G	Karet butil		

2.6.3 Jenis Penghantar

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

1. Kabel NYA



Gambar 2. 13 Kabel NYA

(Sumber: <https://4.bp.blogspot.com>)

Kabel NYA, berlapis bahan isolasi PVC, berinti tunggal untuk instalasi luar atau kabel udara. Kode warna isolasi ada warna merah, biru, kuning, dan hitam sesuai dengan peraturan PUIL. Lapisan isolasinya hanya 1 lapis sehingga tidak tahan air, mudah cacat, (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. Biasanya digunakan untuk instalasi rumah dan sistem tenaga. Dalam instalasi rumah digunakan ukuran 1,5 mm² dan 2,5 mm².

2. Kabel NYM



Gambar 2. 14 Kabel NYM

(Sumber: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com>)

Kabel NYM memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna abu-abu atau putih), 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 di lingkungan yang kering dan basah, namun tidak boleh ditanam. Digunakan untuk kabel instalasi listrik rumah atau gedung dan sistem tenaga.

3. Kabel NYY

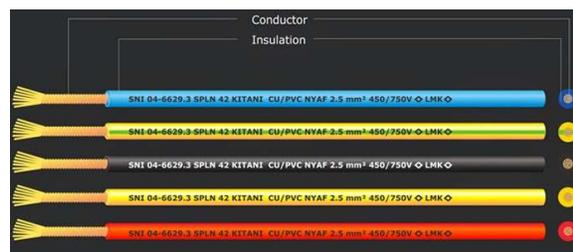


Gambar 2. 15 Kabel NYY

(Sumber: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com>)

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.

4. Kabel NYAF



Gambar 2. 16 Kabel NYAF

(Sumber: <https://4.bp.blogspot.com>)

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

5. 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. 17 Kabel NYFGbY

(Sumber: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com>)

6. Kabel BCC

Kabel *Bare Copper Conductor* (BCC) merupakan kawat tembaga telanjang yang biasanya digunakan untuk saluran udara dan kabel tanah. Kabel ini dipilin/*stranded*, disatukan. Ukuran / Tegangan maksimal = 6 – 500 mm² / 500 V. Konduktor jenis BCC ini digunakan untuk transmisi daya saluran udara. Kabel BCC sering digunakan dalam instalasi penangkal petir dan pentanahan.



Gambar 2. 18 Kabel BCC

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

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

2.6.4 Pemilihan Penghantar yang Digunakan

Pada suatu instalasi terdapat enam pertimbangan yang digunakan untuk memilih jenis dan luas penghantar yang akan digunakan:

1. Kemampuan Hantar Arus (KHA)

Kemampuan hantar arus merupakan arus maksimum yang dapat dialirkan dengan kontinu oleh penghantar pada keadaan tertentu tanpa menimbulkan kenaikan suhu yang melampaui nilai tertentu. Dalam menentukan luas penghantar yang diperlukan, dapat ditentukan berdasarkan arus yang melewati penghantar tersebut.

Arus nominal yang melewati suatu penghantar dapat ditentukan berdasarkan arus yang melewati penghantar dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Untuk Arus Searah : } I_n = P/V \quad (2.2)$$

$$\text{Untuk Arus Bolak-balik Satu Fasa: } I_n = P/(V \cdot \cos \phi) \quad (2.3)$$

$$\text{Untuk Arus Bolak-balik tiga Fasa: } I_n = P/(\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi) \quad (2.4)$$

$$\mathbf{KHA = 125\% \times I_n} \quad (2.5)$$

Dimana: I_n = Arus Nominal Beban Penuh (A)

P = Daya Aktif (W)

V = Tegangan (V)

$\cos \phi$ = Faktor Daya

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.”

2. Drop Voltage

Berdasarkan PUIL 2000 Pasal 4.2.3.1 menjelaskan bahwa susut Tegangan antara PHB utama dan setiap titik beban tidak boleh melebihi 5% dari Tegangan PHB utama.

3. Kondisi Suhu

Dalam memilih penghantar yang akan digunakan, faktor koreksi juga harus diperhitungkan karena suhu lingkungan yang lebih tinggi dari temperatur maksimum di luar kabel yang telah ditentukan akan menyebabkan turunnya nilai KHA kabel.

4. Kondisi Lingkungan

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.

5. Kekuatan Mekanis

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

6. Kemungkinan perluasan

Kemungkinan perluasan merupakan perkiraan adanya penambahan beban pada instalasi listrik di masa yang akan datang. Luas penampang penghantar yang digunakan harus dipilih lebih besar minimal satu tingkat di atas luas penampang sebenarnya. Tujuan dari pemilihan luas penghantar tersebut adalah jika dilakukan penambahan beban maka penghantar tersebut masih mencukupi dan susut tegangan yang terjadi akan kecil.

2.7 Pengaman

2.7.1 *Miniature Circuit Breaker (MCB)*

MCB adalah suatu alat pemutus rangkaian listrik yang memiliki ukuran atau bentuk yang kecil. MCB berfungsi sebagai penghubung dan pemutus dalam suatu rangkaian listrik. Batasan arus listrik sesuai dengan spesifikasi yang tertera pada MCB. Sebagai contoh, jika sebuah MCB tertulis 2A berarti MCB ini akan memutus rangkaian saat arus yang dialiri melebihi 2A. Kemampuan hantar arus maksimal yang dimiliki MCB hanya sekitar 100A dan tidak bisa disetting sesuai kebutuhan yang diinginkan.



Gambar 2. 19 *Miniature Circuit Breaker*

(Sumber: <https://4.bp.blogspot.com>)

MCB memiliki berbagai pilihan jumlah kutub (Pole), antara lain MCB 1P, MCB 2P, MCB 3P, MCB 4P, dan MCB juga dapat digunakan untuk beberapa pilihan Tegangan listrik, seperti 220V sampai 400V.

2.7.2 *Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)*

MCCB adalah suatu alat pemutus rangkaian yang berbentuk kotak atau persegi. MCCB berfungsi sebagai penghubung dan pemutus rangkaian listrik. MCCB memiliki kemampuan hantar arus maksimal yang jauh lebih besar jika dibandingkan dengan MCB dan ada yang mencapai 1000A. Beberapa model MCCB memiliki kelebihan, seperti selector yang dapat diatur berapa persentase batasan arus maksimal MCCB terputus.



Gambar 2. 20 *Moulded Case Circuit Breaker*

(Sumber: <https://4.bp.blogspot.com>)

Terdapat beberapa pilihan jumlah kutub (Pole) dalam MCCB, ada MCCB 2P, MCCB 3P, MCCB 4P, meski tersedia MCCB 1P namun jarang digunakan. MCCB dapat digunakan untuk berbagai jenis Tegangan Listrik, dari mulai LV (*Low Voltage*) sampai MV (*Medium Voltage*).

2.7.3 *Air Circuit Breaker (ACB)*

ACB merupakan suatu alat yang berfungsi sebagai penghubung atau pemutus rangkaian dan memanfaatkan udara untuk meredam timbulnya busur api saat ACB dinyalakan. ACB yang dilengkapi dengan UVT (*Under Voltage Trip*) berfungsi memberikan perlindungan pada saat tidak ada Tegangan listrik maka ACB tidak dapat dioperasikan. ACB juga dapat dilengkapi dengan CC (*Closing Coil*) yang berfungsi untuk menyalakan ACB secara otomatis. Kemampuan hantar arus maksimal ACB jauh lebih besar dibandingkan MCB dan MCCB, mencapai lebih dari 6000A.



Gambar 2. 21 *Air Circuit Breaker*

Jumlah kutub (Pole) ACB hanya tersedia dalam 2 pilihan yakni ACB 3P, dan ACB 4P. ACB digunakan untuk berbagai jenis Tegangan Listrik, dari mulai LV (*Low Voltage*) sampai HV (*High Voltage*). ACB hanya digunakan untuk keperluan sistem kelistrikan industri yang memiliki daya cukup besar dan biasanya digunakan untuk listrik 3 fasa, yang memerlukan kapasitas pemutus (Arus hubung singkat) yang lebih besar.

Tabel 2. 6 Perbedaan MCB, MCCB dan ACB

Keterangan	MCB	MCCB	ACB
Ukuran	Lebih kecil dari MCCB	Lebih besar dari MCB	Lebih besar dari MCCB
Tegangan listrik	<i>Low Voltage</i>	<i>Low Voltage</i> sampai <i>Medium Voltage</i>	<i>Low Voltage</i> sampai <i>High Voltage</i>
Kemampuan hantar arus	mencapai 100A.	mencapai 1250A.	mencapai lebih dari 6000A.
Setting tambahan	tidak bisa disetting sesuai kebutuhan	Persentase batasan arus maksimal MCCB terputus.	- <i>Under Voltage Trip</i> - <i>Closing Coil</i>

2.8 Sistem Penumbumian dan Penyalur Petir

2.8.1 Pengertian Sistem Penumbumian

Sistem penumbumian (*Grounding system*) adalah suatu perangkat instalasi yang berfungsi untuk melepaskan arus petir ke dalam bumi, salah satu kegunaannya untuk melepas muatan arus petir. Tingkat kehandalan sebuah *grounding* ada di nilai konduktivitas logam terhadap tanah yang ditancapinya. Semakin konduktif tanah terhadap benda logam, maka semakin baik. Kelayakan *grounding* harus bias mendapatkan nilai tahanan sebaran maksimal 5 ohm (PUIL 2000 : 68) dengan menggunakan *earth ground tester*. Namun begitu, untuk daerah yang resistans jenis tanahnya sangat tinggi, resistans penumbumian total seluruh sistem boleh mencapai 10 ohm (PUIL 2000 : 68).

Sistem pentanahan berfungsi sebagai sarana mengalirkan arus petir yang dapat menyebar ke segala arah ke dalam tanah. Hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan sistem pentanahan adalah tidak menimbulkan bahaya Tegangan langkah dan Tegangan sentuh. Kriteria yang dituju dalam pembuatan sistem pentanahan adalah bukan rendahnya harga tahanan tanah, akan tetapi dapat dihindarinya bahaya.

Karakteristik tanah merupakan salah satu faktor yang mutlak diketahui karena mempunyai kaitan erat dengan perencanaan dan sistem penumbumian yang akan digunakan. Pada suatu lokasi tertentu sering dijumpai beberapa jenis tanah yang mempunyai tahanan jenis yang berbeda-beda.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi tahanan jenis tanah antara lain; pengaruh temperatur, gradien Tegangan, besarnya arus, kandungan air, dan pengaruh kandungan kimia. Pada sistem penumbumian yang tidak mungkin atau tidak perlu ditanam lebih dalam sehingga mencapai tanah yang konstan, variasi tahanan jenis tanah sangat besar. Kadangkala pada penanaman elektroda memungkinkan kelembaban dan temperatur bervariasi, untuk hal ini harga

tahanan jenis tanah harus diambil dari keadaan yang paling buruk, yaitu tanah kering dan dingin.

2.8.1.1 Aspek yang Memengaruhi Sistem Pentanahan (*Grounding System*)

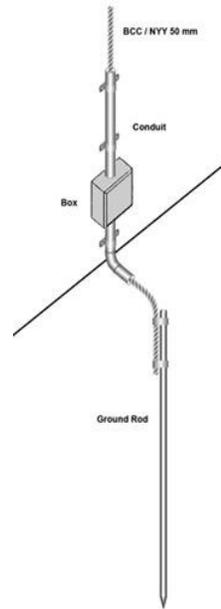
Untuk mencapai nilai tahanan sebaran tersebut, tidak semua area bisa terpenuhi karena ada beberapa aspek yang memengaruhinya, yaitu:

- 1) **Kadar air;** bila air tanah dangkal/penghujan, maka nilai tahanan sebaran mudah didapatkan sebab sela-sela tanah mengandung cukup air bahkan berlebih, sehingga konduktivitas tanah akan semakin baik.
- 2) **Mineral/garam;** kandungan mineral tanah sangat memengaruhi tahanan sebaran/resistans karena: semakin berlogam dan bermineral tinggi, maka tanah semakin mudah menghantarkan listrik. Daerah pantai kebanyakan memenuhi ciri khas kandungan mineral dan garam tinggi, sehingga tanah sekitar pantai akan jauh lebih mudah untuk mendapatkan tahanan tanah yang rendah.
- 3) **Derajat keasaman;** semakin asam (PH rendah atau $PH < 7$) tanah, maka arus listrik semakin mudah dihantarkan. Begitu pula sebaliknya, semakin basa (PH tinggi atau $PH > 7$) tanah, maka arus listrik sulit dihantarkan. Ciri tanah dengan PH tinggi: biasanya berwarna terang, misalnya Bukit Kapur.
- 4) **Tekstur tanah;** untuk daerah yang bertekstur pasir dan berpori (porous) akan sulit untuk mendapatkan tahanan sebaran yang baik karena jenis tanah seperti ini: air dan mineral akan mudah hanyut dan tanah mudah kering.

2.8.1.2 Berbagai Bentuk Sistem Alat Pentanahan (*Grounding System*)

Sistem pembumian dapat dibuat dalam 4 bentuk, di antaranya:

1. *Single Grounding Rod*



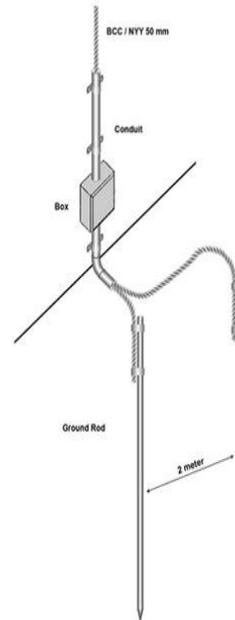
Gambar 2. 22 *Single Grounding Rod*

Grounding system yang hanya terdiri atas satu buah titik penancapan batang (*rod*) pelepas arus atau *ground rod* di dalam tanah dengan kedalaman tertentu (misalnya 6 meter). Untuk daerah yang memiliki karakteristik tanah yang konduktif, biasanya mudah untuk didapatkan tahanan sebaran tanah di bawah 5 ohm dengan satu buah *ground rod*.

2. *Paralel Grounding Rod*

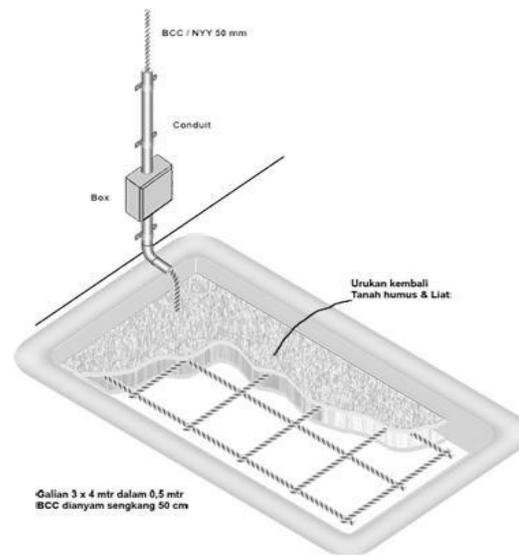
Jika sistem *single grounding rod* masih mendapatkan hasil kurang baik (nilai tahanan sebaran >5 ohm), maka perlu ditambahkan *ground rod* ke dalam tanah yang jarak antar batang minimal 2 meter dan dihubungkan dengan kabel BC/BCC. Penambahan *ground rod* dapat juga ditanam mendatar dengan kedalaman tertentu, bisa mengelilingi bangunan membentuk cincin atau cakar ayam. Kedua teknik ini bisa diterapkan secara

bersamaan dengan acuan tahanan sebaran/resistans kurang dari 5 ohm setelah pengukuran dengan earth ground tester.



Gambar 2. 23 Paralel *Grounding Rod*

3. *Multi Grounding System*



Gambar 2. 24 *Multi Grounding System*

Bila didapati kondisi tanah yang sebagai berikut:

- a. kering atau air tanah dalam
- b. kandungan logam sedikit
- c. basa (berkapur)
- d. pasir dan berpori (porous).

maka penggunaan 2 cara sebelumnya akan sulit dan besar kemungkinan gagal untuk mendapatkan resistans kecil. Maka dari itu, teknis yang digunakan adalah dengan cara penggantian tanah dengan tanah yang mempunyai sifat menyimpan air atau tanah yang kandungan mineral garam dapat menghantar listrik dengan baik. *Ground rod* ditancapkan pada daerah titik logam dan di kisaran kabel penghubung antar *ground rod*-nya. Tanah humus, tanah dari kotoran ternak, dan tanah liat sawah cukup memenuhi standar hantar tanah yang baik.

4. *Grounding Plate (Grid)*

Grounding system yang terdiri dari sebuah plat sebagai pelepas arus pada kedalaman tertentu dengan cara pemasangannya pada posisi vertical dan horizontal.

2.8.1.3 Variabel yang Memengaruhi Sistem Pentanahan (*Grounding System*)

Ada beberapa variabel yang dapat mempengaruhi performa *grounding system* pada jaringan listrik. Salah satu yang menjadi acuan, yaitu NEC code (1987, 250-83-3), mensyaratkan panjang elektroda *grounding system* minimum 2,5 meter (8 kaki) dihubungkan dengan tanah. Ada empat variabel yang memengaruhi tahanan *grounding system* yaitu sebagai berikut:

- 1) Panjang/Kedalaman Elektroda
- 2) Diameter Elektroda
- 3) Jumlah Elektroda
- 4) Desain

2.8.2 Elektroda Pentanahan

Elektroda pentanahan ialah penghantar yang ditanam dalam bumi dan membuat kontak langsung dengan bumi. Jenis-jenis Elektroda Pentanahan;

2.8.2.1 Elektroda pita

Elektroda pita ialah elektroda yang dibuat dari penghantar berbentuk pita atau berpenampang bulat, atau penghantar pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal.

2.8.2.2 Elektroda batang

Elektroda batang merupakan bahan penghantar yang membawa muatan listrik yang terdistribusi atau menyebar di sekitar elektroda batang (pipa besi, baja profil, atau batang logam)

2.8.2.3 Elektroda pelat

Pada umumnya elektroda pelat ditanam secara dalam tegak lurus terhadap tanah, dengan tepi atasnya sekurang-kurangnya satu meter dibawah permukaan tanah.

2.8.3 Besarnya Kebutuhan Bangunan Akan Sistem Penangkal Petir

Suatu instalasi penangkal petir harus dapat melindungi semua bagian dari suatu bangunan, termasuk manusia dan peralatan yang ada didalamnya terhadap bahaya dan kerusakan akibat sambaran petir. Berikut ini adalah cara penentuan besarnya kebutuhan bangunan akan proteksi petir menggunakan standar Peraturan Umum Instalasi Penangkal petir (PUIPP)

Besarnya kebutuhan tersebut ditentukan berdasarkan penjumlahan indeks-indeks tertentu yang mewakili keadaan bangunan di suatu lokasi dan dituliskan sebagai persamaan berikut:

$$R = A + B + C + D + E$$

Dimana:

R = Perkiraan bahaya petir C = Tinggi bangunan
 A = Penggunaan dan isi bangunan D = Situasi bangunan
 B = Konstruksi bangunan E = Pengaruh kilat

Tabel 2. 7 Indeks A: Bahaya Berdasarkan Penggunaan dan Isi

Penggunaan dan Isi	Indeks A
Bangunan biasa yang tidak perlu diamankan baik bangunan dan isinya	-10
Bangunan dan isinya jarang dipergunakan, misalnya di tengah sawah atau ladang, menara atau tiang dari metal	0
Bangunan yang berisi peralatan sehari-hari atau tempat tinggal, misalnya rumah tinggal, industri kecil atau stasiun kereta	1
Bangunan dan isinya cukup penting, misalnya menara air, toko barang barang berharga, gedung pemerintahan	2
Bangunan yang berisi banyak sekali orang, misalnya bioskop, tempat ibadah, monumen sejarah yang sangat penting, bangunan pendidikan	3
Museum, <i>art gallery</i> , pusat telepon, hanggar, terminal dan menara control lapangan udara, pusat pembangkit tenaga listrik, industri-industri penting	4
Instalasi gas, minyak atau bensin dan rumah sakit	5
Bangunan yang mudah meledak dan dapat menimbulkan bahaya yang tidak terkendali bagi sekitarnya, misalnya instalasi nuklir.	15

Tabel 2. 8 Indeks B: Bahaya Berdasarkan Konstruksi Bangunan

Konstruksi Bangunan	Indeks B
Seluruh bangunan terbuat dari logam dan mudah menyalurkan listrik	0
Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atap logam	1
Bangunan dengan konstruksi beton bertulang, kerangka besi dan atap bukan logam	2
Bangunan kayu dengan atap bukan logam	3

Tabel 2. 9 Indeks C: Bahaya Berdasarkan Tinggi Bangunan

Tinggi Bangunan (m)	Indeks C
6	0
12	2
17	3
25	4
35	5
50	6
70	7
100	8
140	9
200	10

Tabel 2. 10 Indeks D: Bahaya Berdasarkan Situasi Bangunan

Situasi Bangunan	Indeks D
Di tanah datar pada semua ketinggian	0
Di kaki bukit sampai $\frac{3}{4}$ tinggi bukit atau di pegunungan sampai 1000 meter	1
Di puncak gunung atau pegunungan yang lebih dari 1000 meter	2

Tabel 2. 11 Indeks E: Bahaya Berdasarkan Pengaruh Kilat/Hari Guruh

Hari Guruh per Tahun	Indeks E
2	0
4	1
6	2
8	3
16	4
32	5
64	6
128	7
256	8

Dengan memperhatikan di tempat yang hendak dicari tingkat risikonya dan kemudian menjumlahkan angka dari data-data yang didapat sesuai pengukuran yang dilakukan secara teliti kemudian mencocokkan hasilnya berdasarkan dari ketentuan indeks-indeks tersebut maka nantinya bisa diperoleh suatu perkiraan bahaya yang ditanggung bangunan yang direncanakan dan juga mengetahui tingkat pengamanan yang harus diterapkan.

Tabel 2. 12 Perkiraan Bahaya Sambaran Petir Berdasarkan PUIPP

R		Perkiraan Bahaya	Pengamanan
Dibawah 11		Diabaikan	Tidak perlu
Sama dengan	11	Kecil	Tidak perlu
	12	Sedang	Dianjurkan
	13	Agak besar	Dianjurkan
	14	Besar	Sangat dianjurkan
Lebih dari 14		Sangat besar	Sangat perlu

2.8.4 Penangkal Petir

Sistem penangkal petir adalah sebuah sistem yang menyalurkan muatan listrik dari sambaran petir menuju bumi agar tidak menimbulkan dampak yang membahayakan bagi manusia atau benda-benda disekitarnya. Penangkal petir berfungsi untuk menghantarkan arus yang dihasilkan oleh petir menuju bumi tanpa merusak benda-benda yang dilewatinya.

Peralatan penangkal 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 petir 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.



Gambar 2. 25 Bagian utama penyalur petir

2.8.5 Jenis-jenis Penangkal Petir

1) Penangkal Petir Konvensional

Teknik penangkal petir yang sederhana dan pertama kali dikenal menggunakan prinsip yang pertama, yaitu dengan membentuk semacam tameng atau perisai konduktor yang akan mengambil alih sambaran petir. Penangkal petir semacam ini biasanya disebut *groundwires* (kawat tanah) pada jaringan hantaran udara, sedangkan pada bangunan-bangunan dan perlindungan terhadap struktur, Benjamin Franklin memperkenalkannya dengan sebutan *lightning rod*.



Gambar 2. 26 Konstruksi Penangkal Petir Konvensional

A. Franklin Rod

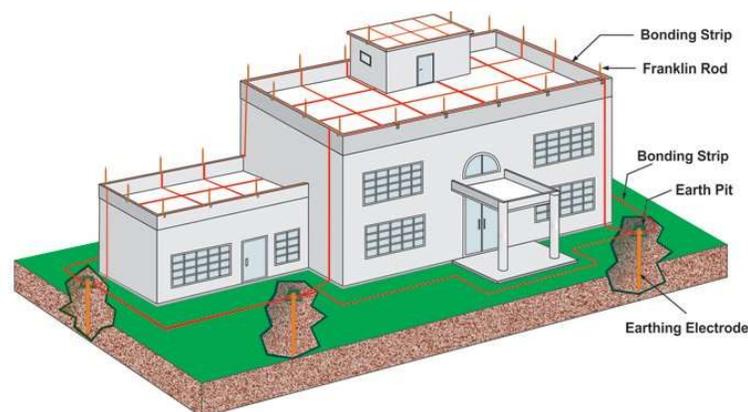
Pengamanan bangunan terhadap sambaran kilat dengan menggunakan sistem penangkal petir *Franklin* merupakan cara yang banyak digunakan karena hasilnya dianggap memuaskan, terutama untuk bangunan-bangunan dengan bentuk tertentu, seperti menara, gereja, dan bangunan-bangunan lain yang beratap runcing daerah perlindungan berupa kerucut tembaga dengan daerah perlindungan berupa kerucut imajiner dengan sudut puncak 112° . Agar perlindungan besar, maka penangkal petir ini dipasang pada pipa besi dengan tinggi 1-3 meter. *Franklin Rod* dapat dilihat berupa tiang-tiang di bubungan atap bangunan. Sistem yang digunakan untuk mengetahui area proteksi dari penangkal petir ini adalah dengan menggunakan sistem sudut proteksi.



Gambar 2. 27 Penangkal petir metode Franklin Rod

B. Sangkar Faraday

Untuk mengatasi kelemahan Franklin Rod karena adanya daerah yang tidak terlindungi dan daerah perlindungan melemah bila jarak makin jauh dari *Franklin Rod* maka dibuat sistem *Sangkar Faraday*. Sangkar Faraday mempunyai sistem dan sifat seperti Franklin Rod, tapi pemasangannya diseluruh permukaan atap bangunan dengan tinggi tiang yang lebih rendah.



Gambar 2. 28 Penangkal petir metode Sangkar Faraday

2) Penangkal Petir Elektrostatik

Penangkal petir elektrostatik merupakan pengembangan terhadap penangkal petir konvensional (*lighting conductor*). Prinsipnya sama, yaitu sebagai tameng atau perisai yang mengambil alih sambaran petir. Perbedaannya terletak pada bagaimana cara mengalihkan sambaran petir tersebut.

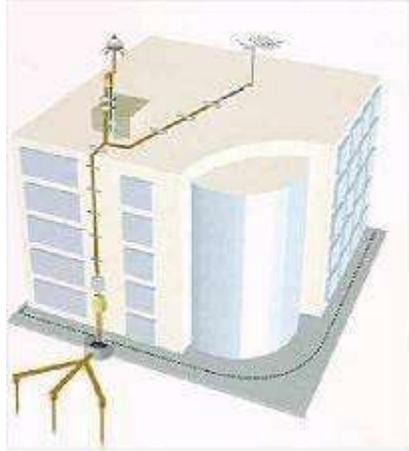


Gambar 2. 29 Konstruksi Penangkal Petir Elektrostatik

Early Streamer Emission Air Terminal adalah Sistem penangkal petir model Energi Froide. EF (*Electrostatic Field*) *Lightening Protection* Sistem ini merupakan sistem penangkal petir modern.

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

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



Gambar 2. 30 Penangkal petir EF

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 ke dalam tanah.

2.8.6 Jenis-Jenis Sistem Pembumian

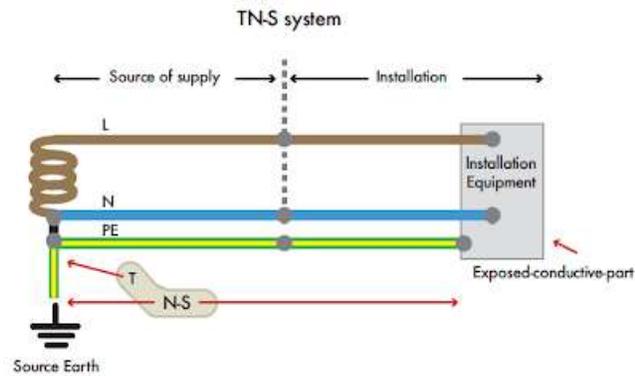
Sistem pembumian/ *grounding system* perlu dimiliki pada suatu instalasi. Dalam pemasangannya, sistem pembumian tersebut terbagi pada beberapa *type* tergantung dari kebutuhan dan tingkat keamanan yang dibutuhkan serta regulasi yang berlaku pada suatu wilayah yang kadang-kadang menetapkan tipe jenis pembumian yang hanya boleh digunakan pada daerah tersebut oleh pejabat berwenang. Ketika akan mendesain suatu sistem instalasi, hal pertama yang perlu dilakukan adalah menentukan tipe pembumian apa yang akan digunakan untuk instalasi tersebut.

Terdapat beberapa tipe pembumian yang digunakan berdasarkan standar IEEE yang menjadi acuan terhadap sistem pembumian pada suatu instalasi, antara lain sebagai berikut.

1. TN-S (Terre Neutral - Separate)
2. TN-C-S (Terre Neutral - Combined - Separate)
3. TT (Double Terre)

Terre berasal dari bahasa perancis yang berarti pembumian , *earth*.

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



Gambar 2. 31 Jenis Pembumian TN-S

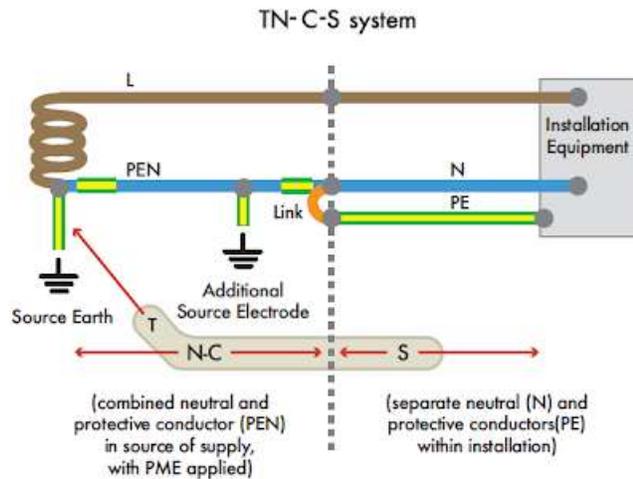
(Sumber: <https://direktorilistrik.blogspot.co.id>)

Pada sebuah sistem TN-S, bagian netral sumber energi listrik terhubung dengan bumi pada satu titik saja, sehingga bagian netral pada sebuah instalasi konsumen terhubung langsung dengan netral sumber listrik. Type ini cocok pada instalasi yang dekat dengan sumber energi 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).

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

Sebuah sistem TN-C-S, memiliki saluran netral dari peralatan distribusi utama (sumber listrik) terhubung dengan bumi dan pembumian pada jarak tertentu disepanjang saluran netral yang menuju konsumen, biasanya disebut sebagai *Protective Multiple Earthing* (PME). Dengan sistim ini konduktor netral dapat berfungsi untuk mengembalikan arus gangguan pentanahan yang mungkin timbul disisi konsumen (instalasi) kembali kesumber listrik. Pada sistim ini, instalasi peralatan pada konsumen tinggal

menghubungkan pentanahannya pada terminal (saluran) yang telah disediakan oleh sumber listrik.

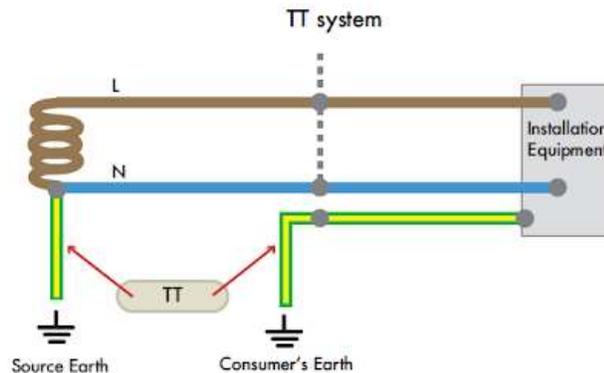


Gambar 2. 32 Jenis pembumian TN-C-S

(Sumber: <https://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. 33 Jenis Pembumian TT

(Sumber: <https://direktorilistrik.blogspot.co.id>)

2.9 Drop Tegangan

Drop Tegangan atau jatuh Tegangan adalah Tegangan yang hilang pada suatu saluran penghantar. Jatuh tagangan disaluran listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran, besarnya beban berbanding terbalik luas penampang. Besar dari jatuh Tegangan dapat dinyatakan dalam persen maupun dalam besaran volt. Ketentuan batas atas dan bawah Tegangan sudah ditentukan oleh kebijaksanaan dari perusahaan kelistrikan. Berdasarkan IEC 60364-7-714 rumus yang digunakan untuk mencari drop Tegangan pada saluran 3 fasa yaitu:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos\Phi + X \sin\Phi)}{n}$$

Keterangan:

ΔV = Drop Tegangan (V)

I = Arus (A)

l = panjang kabel penghantar (kM)

R = Resistansi (Ω /kM)

X = Reaktansi kabel (Ω /kM)

$\cos \Phi$ = Faktor daya

n = Jumlah kabel

2.10 Kapasitas Hubung Singkat

Hubung singkat merupakan terjadinya hubungan antar penghantar bertegangan atau tidak secara langsung sehingga akan terjadi aliran arus yang besar atau tidak normal. Hubung singkat berpotensi menimbulkan percikan api jika tidak segera diatasi, maka dari pada itu diperlukan sebuah proteksi untuk arus atau beban lebih yaitu MCB (*Miniatur Circuit Breaker*).

MCB berfungsi sebagai proteksi dengan memutus arus yang mengalir jika arus melampaui batas normal. Besarnya kapasitas circuit breaker

ditentukan dari nilai KHA. Kapasitas breaker harus lebih besar dari nilai KHA tersebut.

Berdasarkan IEC 60909 perhitungan arus hubung singkat pada jaringan 3 fasa dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$I^{nK} = \frac{C * U_n}{\sqrt{3} * Z}$$

Keterangan:

I^{nK} = Arus hubung (A)

C_{max} = Konstanta (1,1)

U_n = Tegangan nominal saluran (400V)

Z = Impedansi transformator (Ω)

Tabel 2. 13 Voltage faktor C

Nominal Voltage (U_n)	Voltage faktor C	
	Max Short Circuit (C_{Max})	Min Short Circuit (C_{Min})
Low Voltage 100 V – 1000 V (IEC60038 Tab.I)	1,05	0,95
Medium Voltage >1kV - 35 kV (IEC60038 Tab.III)	1,10	
High Voltage >35kV (IEC60038 Tab.IV)	1,10	1,00

2.11 RAK KABEL

Kabel tray atau *ladder* adalah tempat dudukan kabel instalasi listrik yang dipasang pada bangunan gedung sehingga tertata rapi dan mudah dalam pemeliharaan dan perbaikan, gambar ladder ini dapat dilihat dibawah seperti sebuah rak rel dengan sekumpulan kabel tertata rapi. bahan yang digunakan bisa terbuat dari alumunimum, besi , baja dan material lainnya. cara pemasangan kabel tray atau ladder adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan shop drawing penempatan jalur kabel dengan mempertimbangkan bagian komponen bangunan lainnya seperti titik lampu, instalasi pipa dll, agar tidak berbenturan satu sama lain maka dapat dibuat gambar instalasi secara keseluruhan yang biasa disebut juga dengan shop drawing komposit.
2. Marking jalur tray atau ladder sesuai shop drawing
3. Tandai lokasi pengeboran untuk gantungan
4. Bor lokasi gantungan atau support
5. Pasang gantungan atau support ladder
6. Pasang kabel ladder
7. Pada setiap sambungan pasang penghubung grounding
8. Agar dapat bertahan lama maka kabel tray dapat di zincromate atau finish cat untuk mencegah karat.



Gambar 2. 34 Ladder kabel di atas plafond

Pemasangan pada plafond memerlukan perkuatan penggantung yang dipasang dengan baik agar tidak mengalami keruntuhan, penggantung dipasang pada jarak yang cukup sehingga dapat berfungsi baik namun tidak terlalu rapat karena dapat menyebabkan pemborosan material serta meningkatkan beban bangunan yang harus ditanggung oleh struktur lantai dan balok gedung sehingga menjadi penyebab keruntuhan.



Gambar 2. 35 Ladder kabel di dinding

Pemasangan pada dinding perlu dibuatkan ruangan khusus mekanikal elektrik sehingga tidak mengganggu keindahan arsitektur bangunan. Jika terpaksa berada pada ruangan yang membutuhkan kerapian maka bisa dibungkus dengan dinding gypsum atau batu bata sehingga terlihat bersih dan rapi. Pada bangunan rumah tinggal dapat menggunakan pipa pvc sebagai jalur kabel jika instalasi listrik yang dipasang tidak terlalu rumit, pipa kabel juga berfungsi untuk memelihara keawetan kabel agar tidak rusak karena berbagai hal seperti digigit tikus atau tergores karena aktifitas pelaksanaan bagian konstruksi lainnya. hal ini dapat mencegah terjadinya bahaya kebakaran akibat konsleting arus pendek listrik meskipun terlihat sederhana namun sebaiknya dipasang oleh ahli dibidangnya seperti pekerja listrik atau kontraktor mekanikal elektrik untuk pemasangan kabel tray dalam jumlah besar