

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Sudah banyak penelitian mengenai perancangan gedung bertingkat dengan salah satu referensi sebagai pedoman untuk Perancangan Instalasi Listrik Gedung Rumah Sakit Al-Irsyad yaitu, skripsi yang dilakukan pada 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 semu (S) = 506,6 kVA dan nilai daya aktif (P) = 404,8kW, sehingga diperoleh kapasitas minimal transformator dan genset sebesar 545 kVA.

Selain itu ada penelitian serupa seperti, 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 semu (S) = 579,053 kVA dan nilai daya aktif (P) = 478 kW. Pada perhitungan total daya aktif setelah terkena faktor kebersamaan pada perencanaan pembangunan gedung sebesar 322,666 kW, dan total daya semu setelah terkena faktor kebersamaan sebesar 403,230 kVA. Cos Φ instalasi pada gedung sebesar 0,79 dan menggunakan kapasitor bank dipasang sebesar 87,41 agar mendapatkan nilai cos Φ sebesar 0,9.

2.2 Dasar Teori

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 :

2.2.1. Gardu Tegangan Menengah PLN



Gambar 2.1. Gardu Tiang PLN lengkap dengan Trafo Outdoor
(Sumber:http://dc398.4shared.com/doc/zi2FtjQ_/preview.html)

Gardu Tegangan Menengah PLN adalah perlengkapan sistem kelistrikan milik PLN sebagai panel distribusi tegangan menengah. Gardu Tegangan Menengah PLN ini dihubungkan dengan Panel Tegangan Menengah menggunakan jenis kabel tegangan menengah N2XSEBY seperti contoh pada Gambar 2.1.

2.2.2. Panel Tegangan Menengah



Gambar 2.2. Kubikal Tegangan Menengah Merk Schneider Electric
(Sumber:<http://www.indotrading.com/product/p24935.aspx>)

Panel Tegangan Menengah atau Medium Voltage Distribution Panel (MVDP) yang ada pada gambar 2.2 adalah perlengkapan sistem kelistrikan tegangan menengah untuk mensuplai daya dari PLN. MVDP terletak didalam bangunan Power House. Daya listrik dari Panel Tegangan Menengah (MVDP) kemudian didistribusikan ke Step Down Transformer.

2.2.3. Transformer Step Down



Gambar 2.3. Trafo Step Down Merk Starlite

(Sumber:<http://elektronik.pelapak.com/trafo-merk-trafindo-dengan-daya-400kva.html>)

Pada gambar 2.3 yaitu trafo 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).

2.2.4. Genset (Generator Set)



Gambar 2.4. Genset Tipe Open Merk Cummins
(Sumber:<http://gudanggenset.com>)

Sumber energi listrik dari selain PLN berasal dari unit Generator Set (genset). Generator Set (genset) yang berfungsi sebagai pemasok daya listrik cadangan yang dapat bekerja apabila daya listrik utama dari PLN terputus. Genset ini terhubung dan dikontrol dengan Panel Kontrol Genset (PKG). PKG terhubung dengan unit Panel Utama Tegangan Rendah (LVMDP). PKG akan menghidupkan genset dan mensuplai tegangan ke LVMDP bilamana terjadi gangguan pada sumber PLN, sehingga akan memberikan pelayanan yang kontinu terhadap ketersediaan sumber tenaga listrik dan diharapkan dengan sistem tersebut kehandalan sistem energi listrik akan terpenuhi. Tipe genset ada 2 yaitu tipe open dapat dilihat pada gambar 2.4 dan tipe silent dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Genset Tipe Silent Merk Perkins
(Sumber:<http://currentgeneration.co.nz>)

2.2.5 Panel Utama Tegangan Rendah

Pada gambar 2.6 yaitu Panel Utama Tegangan Rendah atau Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP) yang biasa terdapat pada bangunan gedung berfungsi menerima daya listrik dari transformer atau genset/PKG untuk selanjutnya didistribusikan ke panel-panel distribusi tegangan rendah. LVMDP ini menerima daya listrik dari Trafo atau PKG. Pembagian distribusi listrik ke panel-panel distribusi tegangan rendah dari outgoing LVMDP menuju ke panel adalah sebagai berikut: Panel Sub Distribusi menggunakan jenis kabel NYY yang selanjutnya mendistribusikan menuju panel distribusi.



Gambar 2.6. Panel AMF ATS 200kVA dengan Motorized MCCB dan LVMDP
(Sumber:<http://sentradayaabadi01.blogspot.com/p/amf-ats.html>)

2.2.6. Panel Distribusi



Gambar 2.7. Isi Panel Distribusi Listrik Sebelum Pengawatan (Pengkabelan)
(Sumber:<http://utakatikmikro.wordpress.com>)

Gambar 2.7 yaitu contoh dari panel distribusi listrik, fungsi dari panel-panel distribusi ini antara lain :

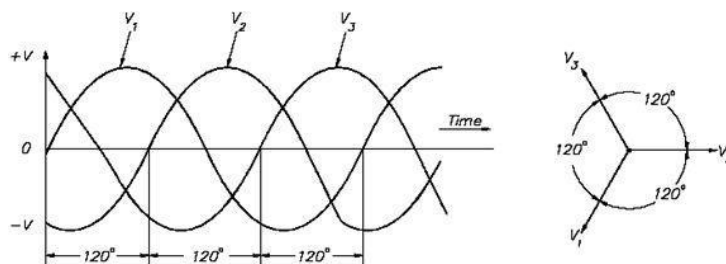
- Mendistribusikan daya listrik sesuai kebutuhan (penerangan & kotak kontak).
- Mendistribusikan daya listrik ke panel kontrol pompa, AC, elektronik, dll

- Mendistribusikan daya listrik ke mesin-mesin penunjang produksi.

Kabel yang digunakan untuk instalasi penerangan dan kotak kontak adalah jenis kabel NYA/NYM, sedangkan kabel yang digunakan untuk power (pompa, lift, dll) adalah jenis kabel NYY, untuk jenis kabel khusus seperti yang digunakan pada electric pump pada pompa pemadam kebakaran menggunakan jenis kabel FRC (Fire Resistance Cable)

2.3. Sistem Listrik 3 Fasa

Pada sistem tenaga listrik 3 fasa, idealnya daya listrik yang dibangkitkan, disalurkan dan diserap oleh beban semuanya seimbang, $P_{\text{pembangkitan}} = P_{\text{pemakaian}}$, dan juga pada tegangan yang seimbang. Pada tegangan yang seimbang terdiri dari tegangan 1 fasa yang mempunyai magnitude dan frekuensi yang sama tetapi antara 1 fasa dengan yang lainnya mempunyai beda fasa sebesar 120° listrik, sedangkan secara fisik mempunyai perbedaan sebesar 60° , dan dapat dihubungkan secara bintang (Y, wye) atau segitiga (delta, Δ , D).



Gambar 2.8. Sistem Listrik 3 Fasa

(Sumber: <http://dunia-listrik.blogspot.com>)

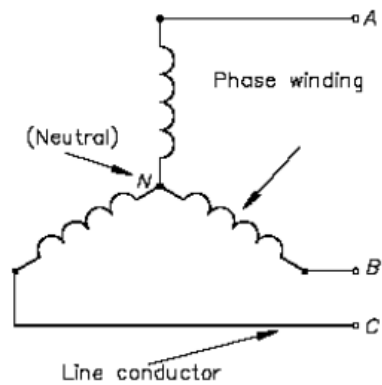
Gambar di atas menunjukkan fasor diagram dari tegangan fasa. Bila fasor-fasor tegangan tersebut berputar dengan kecepatan sudut dan dengan arah berlawanan jarum jam (arah positif), maka nilai maksimum positif dari fasa terjadi berturut-turut untuk

fasa V1, V2 dan V3. sistem 3 fasa ini dikenal sebagai sistem yang mempunyai urutan fasa a – b – c . sistem tegangan 3 fasa dibangkitkan oleh generator sinkron 3 fasa.

2.3.1. Hubungan Bintang (Y, wye)

Pada hubungan bintang (Y, wye), ujung-ujung tiap fasa dihubungkan menjadi satu dan menjadi titik netral atau titik bintang. 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 Va, Vb dan Vc disebut tegangan “fasa” atau Vf.

Dengan adanya saluran / titik netral maka besaran tegangan fase dihitung terhadap saluran / titik netralnya, juga membentuk sistem tegangan 3 fase yang seimbang dengan magnitudenya (akar 3 dikali magnitude dari tegangan fase).



Gambar 2.9. Hubungan Bintang (Y, Wye)
(Sumber:<http://dunia-listrik.blogspot.com>)

$$V_{line} = \sqrt{3} \times V_{fase} = 1,73 \times V_{fase} \dots \dots \dots (2.1)$$

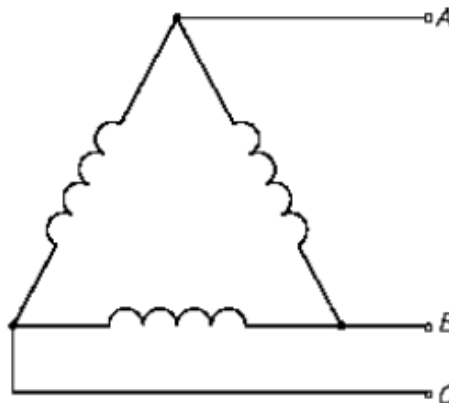
Sedangkan untuk arus yang mengalir pada semua fase mempunyai nilai yang sama,

$$I_{Line} = I_{fase} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$I_a = I_b = I_c \dots \dots \dots (2.3)$$

2.3.2. Hubungan Segitiga

Pada hubungan segitiga (delta, Δ , D) ketiga fase saling dihubungkan sehingga membentuk hubungan segitiga 3 fase.



Gambar 2.10. Hubungan Segitiga (Delta, Δ , D)
(Sumber: <http://dunia-listrik.blogspot.com>)

Dengan tidak adanya titik netral, maka besarnya tegangan saluran dihitung antar fase, karena tegangan saluran dan tegangan fasa mempunyai besar magnitude yang sama, maka:

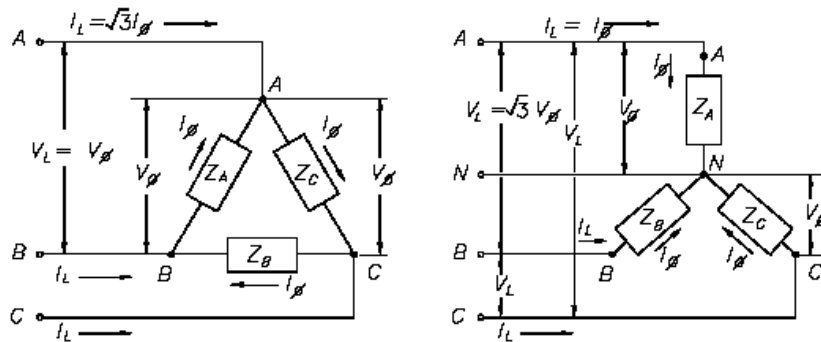
$$V_{\text{line}} = V_{\text{fase}} \dots \dots \dots (2.4)$$

Tetapi arus saluran dan arus fasa tidak sama dan hubungan antara kedua arus tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan hukum kirchoff, sehingga:

$$I_{\text{line}} = \sqrt{3} \times I_{\text{fase}} = 1,73 \times I_{\text{fase}} \dots \dots \dots (2.5)$$

2.3.3. Daya Sistem 3 fase Pada Beban Seimbang

Jumlah daya yang diberikan oleh suatu generator 3 fase atau daya yang diserap oleh beban 3 fase, diperoleh dengan menjumlahkan daya dari tiap-tiap fase. Pada sistem yang seimbang, daya total tersebut sama dengan tiga kali daya fase, karena daya pada tiap-tiap fasenya sama.



Gambar 2.11. Hubungan Bintang dan Segitiga Yang Seimbang

(Sumber: <http://dunia-listrik.blogspot.com>)

Jika sudut antara arus dan tegangan adalah sebesar θ , maka besarnya daya perfasa adalah

$$P_{\text{fase}} = V_{\text{fase}} \cdot I_{\text{fase}} \cdot \cos \theta \dots \dots \dots (2.6)$$

sedangkan besarnya total daya adalah penjumlahan dari besarnya daya tiap fase, dan dapat dituliskan dengan,

$$P_T = 3 \cdot V_f \cdot I_f \cdot \cos \theta \dots \dots \dots (2.7)$$

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

$$P_T = 3 \cdot V_L/1,73 \cdot I_L \cdot \cos \theta = 1,73 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta \dots \dots \dots (2.8)$$

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

$$P_T = 3 \cdot I_L/1,73 \cdot V_L \cdot \cos \theta = 1,73 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta \dots \dots \dots (2.9)$$

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.

2.4. Perbaikan Daya Dengan Kapasitor

Dalam sistem listrik AC/Arus Bolak-Balik ada tiga jenis daya yang dikenal, khususnya untuk beban yang memiliki impedansi (Z), yaitu:

- Daya semu (S , VA, Volt Amper)
- Daya aktif (P , W, Watt)
- Daya reaktif (Q , VAR, Volt Amper Reaktif)

Untuk rangkaian listrik AC, bentuk gelombang tegangan dan arus sinusoida, besarnya daya setiap saat tidak sama. Maka daya yang merupakan daya rata-rata diukur dengan satuan Watt, daya ini membentuk energi aktif persatuan waktu dan dapat diukur dengan kwh meter dan juga merupakan daya nyata atau daya aktif (daya poros, daya yang sebenarnya) yang digunakan oleh beban untuk melakukan tugas tertentu.

Sedangkan daya semu dinyatakan dengan satuan Volt-Ampere (disingkat, VA), menyatakan kapasitas peralatan listrik, seperti yang tertera pada peralatan generator dan transformator. Pada suatu instalasi, khususnya di pabrik/industri juga terdapat beban tertentu seperti motor listrik, yang memerlukan bentuk lain dari daya, yaitu daya reaktif (VAR) untuk membuat medan magnet atau dengan kata lain daya reaktif adalah daya yang terpakai sebagai energi pembangkitan flux magnetik sehingga timbul magnetisasi dan daya ini dikembalikan ke sistem karena efek induksi elektromagnetik itu sendiri,

sehingga daya ini sebenarnya merupakan beban (kebutuhan) pada suatu sistem tenaga listrik.

2.4.1. Pengertian Faktor Daya / Faktor Kerja

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. Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah. Faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu.

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

Faktor Daya / Faktor kerja menggambarkan sudut fasa antara daya aktif dan daya semu. Faktor daya yang rendah merugikan karena mengakibatkan arus beban tinggi. Perbaikan faktor daya ini menggunakan kapasitor.

2.4.2. Kapasitor untuk Memperbaiki Faktor Daya

Faktor daya dapat diperbaiki dengan memasang kapasitor pengkoreksi faktor daya pada sistem distribusi listrik/instalasi listrik di pabrik/industri. Kapasitor bertindak sebagai pembangkit daya reaktif dan oleh karenanya akan mengurangi jumlah daya reaktif, juga daya semu yang dihasilkan oleh bagian utilitas.

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. Dari tegangan kerja 230 V sampai 525 Volt atau Kapasitor Bank adalah sekumpulan beberapa kapasitor yang disambung secara parallel untuk mendapatkan kapasitas kapasitif tertentu. Besaran yang sering dipakai adalah Kvar (Kilovolt ampere reaktif) meskipun didalamnya terkandung / tercantum besaran kapasitansi yaitu Farad atau microfarad. Kapasitor ini mempunyai sifat listrik yang kapasitif (leading). Sehingga mempunyai sifat mengurangi / menghilangkan terhadap sifat induktif (leaging).

2.4.4. Reactive Power Regulator

Peralatan ini berfungsi untuk mengatur kerja kontaktor agar daya reaktif yang akan disupply ke jaringan/ 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 ambient temperature (suhu udara sekitar) 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.

2.5. Sistem Grounding

2.5.1. Pengertian



Gambar 2.12. Simbol Grounding(Pembumian)
(Sumber:<http://www.instalasilistrikrumah.com>)

Grounding adalah penghubung bagian-bagian peralatan listrik yang pada keadaan normal tidak dialiri arus. Simbol grounding pada umumnya dapat dilihat pada gambar 2.12, tujuan adanya grounding adalah untuk membatasi tegangan antara bagian-bagian peralatan yang tidak dialiri arus dan antara bagian-bagian ini dengan tanah sampai pada suatu harga yang aman untuk semua kondisi operasi, baik kondisi normal maupun saat terjadinya gangguan (trouble).

Kontinuitas penyaluran tenaga listrik sangat tergantung dari keandalan sistem groundingnya. Sebuah bangunan gedung agar terhindar dari bahaya sambaran petir dibutuhkan nilai tahanan grounding <5 ohm (PUIL 2000), sedangkan untuk grounding peralatan-peralatan elektronika dibutuhkan nilai tahanan grounding <3 ohm bahkan beberapa perangkat membutuhkan nilai tahanan grounding <1 ohm. Untuk

mendapatkan nilai tahanan grounding yang sekecil mungkin sangat sulit, karena nilai tahanan grounding dipengaruhi beberapa faktor seperti: jenis tanah, jenis sistem grounding, suhu dan kelembaban, kandungan elektrolit tanah dan lain-lain.

Beberapa jenis elektroda grounding yang biasa digunakan:

1. Elektroda Pita
2. Elektroda Batang
3. Elektroda Pelat

Pemilihan ukuran diameter konduktor grounding dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

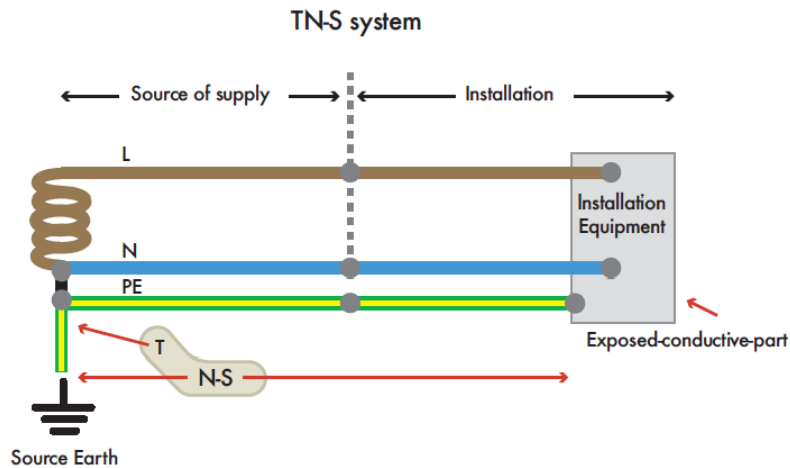
1. Tidak melebur atau rusak apabila dialiri arus kesalahan yang mungkin terjadi.
2. Tahan secara mekanis terhadap tekanan-tekanan yang mungkin timbul.
3. Mempunyai konduktivitas yang baik dan merata.

2.5.2. Jenis-jenis Pembumian (Sistem Grounding)

Sistem grounding/pembumian perlu dimiliki pada suatu instalasi. Dalam pemasangannya, sistem grounding 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.

- TN-S (Terre Neutral - Separate)



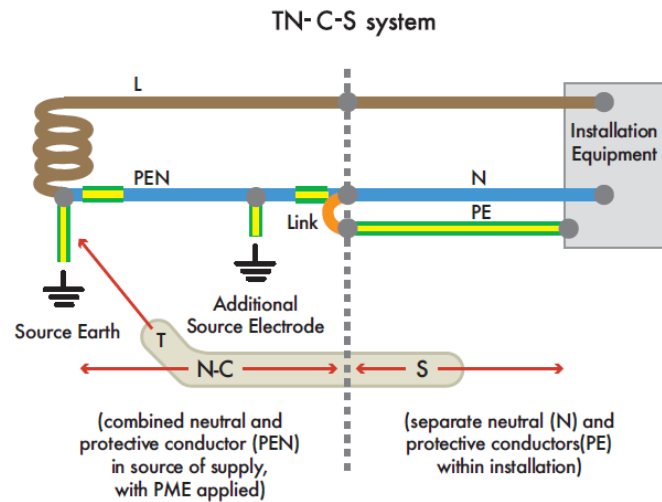
Gambar 2.13. Sistem TN-S
(Sumber: <http://direktorilistrik.blogspot.com/>)

Pada sebuah sistem TN-S dapat dilihat pada gambar 2.14, 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).

- TN-C-S (Terre Neutral - Combined - Separate)

Sebuah sistem TN-C-S dapat dilihat pada gambar 2.13, 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 pembumian yang mungkin timbul disisi konsumen (instlasi) kembali kesumber listrik. Pada sistim ini, instalasi peralatan pada

konsumen tinggal menghubungkan pembumiannya pada terminal (saluran) yang telah disediakan oleh sumber listrik.

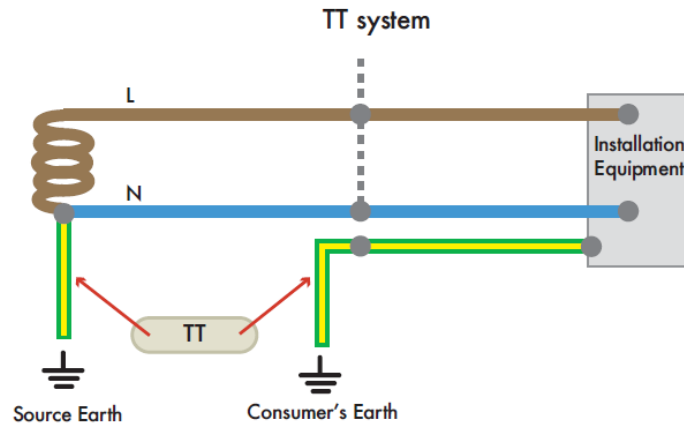


Gambar 2.14. Sistem TN-C-S

(Sumber: <http://direktorilistrik.blogspot.com/>)

- 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.

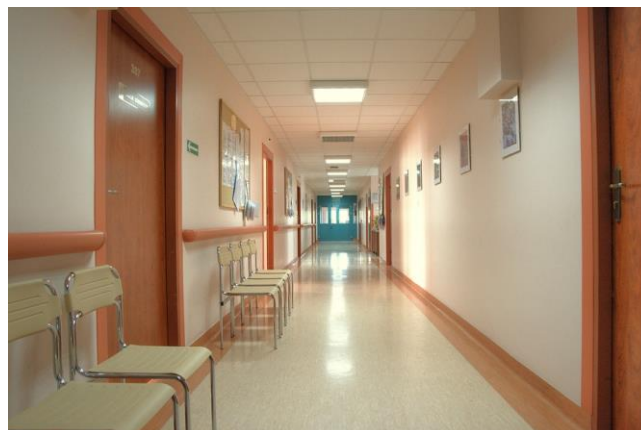


Gambar 2.15. Sistem TT

(Sumber: <http://direktorilistrik.blogspot.com/>)

Menurut pedoman teknis di bidang sarana dan prasarana kesehatan tahun 2014, sistem pembumian (*grounding system*) harus terpisah antara grounding panel gedung dan panel alat. Nilai grounding peralatan tidak boleh kurang dari 0,2 Ohm.

2.6. PENCAHAYAAN BUATAN



Gambar 2.16. Contoh Penerangan Koridor Rumah Sakit

(Sumber: <https://pixabay.com/id/rumah-sakit-koridor-kamar-operasi-484848/>)

Pencahayaan (iluminasi) adalah kepadatan dari suatu berkas cahaya yang mengenai suatu permukaan (Patty et.al., 1967). Cahaya mempunyai panjang gelombang yang berbeda-beda dalam spektrum yang takpak (cahaya tampak), yaitu kira-kira 380 – 780. Sebenarnya tidak ada batasan yang tepat dari spektrum cahaya tampak. Mata normal manusia dapat menerima spektrum cahaya tampak dengan panjang gelombang sekitar 400 – 700 nm. Tingkat pencahayaan minimum dan renderasi warna yang direkomendasikan untuk berbagai fungsi ruangan ditunjukkan pada tabel 1. Metode dari sistem pencahayaan buatan SNI 2001 meliputi penentuan tingkat pencahayaan minimum (E) yang direkomendasikan, tingkat pencahayaan minimum yang direkomendasikan tercantum dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1. Tingkat pencahayaan yang direkomendasikan

Fungsi ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok renderasi warna	Keterangan
(1)	(2)	(3)	(4)
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	
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 atau 2	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.

(1)	(2)	(3)	(4)
Ballroom/ruang sidang.	200	1	Sistem pencahayaan harus di rancang untuk menciptakan suasana yang sesuai. Sistem pengendalian “switching” dan “dimming” dapat digunakan untuk memperoleh berbagai 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	
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 pameran:			
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	
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	
(1)	(2)	(3)	(4)
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	Idem
Vihara	200	1 atau 2	idem

Tabel 2.1 (Sumber: *SNI Pencahayaan Buatan, 2001*)

Pada dasarnya dalam perhitungan jumlah titik lampu pada suatu ruang dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain: dimensi ruang, kegunaan / fungsi ruang, warna dinding, type armature yang akan digunakan.

Jumlah lampu pada suatu ruang ditentukan / dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{E \times L \times W}{\emptyset \times LLF \times CU \times n}$$

Dimana:

- N = jumlah titik lampu
- E = Kuat Penerangan /target kuat penerangan yang akan dicapai (Lux)
- L = Panjang Ruang(Meter)

- W = Lebar Ruang (Meter)
Ø = Total Lumen Lampu / Lamp Luminous Flux
LLF = Light loss factor / Faktor Cahaya Rugi (0,7-0,8)
CU = coefficient of utilization / Faktor Pemanfaatan (50-65 %)
n = Jumlah Lampu dalam 1 titik Lampu

2.7. Kotak Kontak



Gambar 2.17. Outlet Kotak Kontak Dinding
(Sumber:<http://muhammadroni21.blogspot.com/>)

Di Indonesia, electrical socket outlet (kotak kontak) untuk instalasi rumah tinggal menggunakan 2 kontak fasa dan netral, ditambah 2 kontak ground dapat dilihat pada gambar 2.17. Pemasangan plug / tusuk kontak harus benar-benar rapat dan kuat agar tidak menimbulkan panas dan menyebabkan kebakaran. Oleh karena itu, tusuk kontak hendaknya disesuaikan dengan outlet yang terpasang dan lengkap dengan ground(Pembumian) untuk peralatan yang berbahan metal seperti kulkas, pompa-pompa, komputer, dsb.

Pemasangan socket outlet dapat dipasang di dinding, di meja, atau di lantai. Untuk socket outlet lantai harus menggunakan socket outlet lantai khusus, dan untuk pemakaian outdoor atau di luar ruangan harus menggunakan socket outlet yang

berpelindung (lubang kontakannya tertutup). Untuk pemasangan di dinding ukuran pemasangan sekurang-kurangnya 40 cm dari permukaan lantai. Pemakaian outlet hendaknya satu socket outlet hanya untuk satu tusuk kontak, karena tusuk kontak yang bertumpuk sangat riskan menimbulkan panas karena kendur atau kurang pas dengan lubang socket outletnya. Tidak menggunakan Roll Cable atau Extention Cable dalam jarak dekat untuk pemakaian dengan waktu yang lama, karena kabel menggulung yang mengalirkan arus listrik akan menimbulkan panas dan lambat laun kabel tersebut terbakar.



Gambar 2.18. Outlet Kotak Kontak Lantai

(Sumber:<http://stopkontak-lantai.blogspot.com/2011/02/stopkontak-lantai.html>)

Ada dua tipe kotak kontak, kotak kontak dengan pembumian dan stop kontak tanpa pembumian. Kotak kontak dengan pembumian punya tiga lubang kontak, atau lempeng logam pada sisi lubangnya. Lempeng logam inilah yang berfungsi sebagai penghubung dengan pembumian. Kebanyakan kotak kontak di rumah terbuat dari PVC

atau plastik. Banyak material yang digunakan untuk kotak kontak mulai dari kaca, keramik, hingga aluminium.

Penggunaan kotak kontak sebaiknya disesuaikan dengan kondisi lingkungan yang di gunakan, penggunaan kotak kontak di lobbyhotel jenisnya akan berbeda dengan kotak kontak yang ada di kamar tiduratau di kamar mandi. Hal ini dapat di bedakan dengan jenis kotak kontaknya.

2.8. Ventilating and Air Conditioning (VAC)

2.8.1 Tata Udara

Penyegaran udara adalah suatu proses mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan yang dipersyaratkan terhadap kondisi udara dari suatu ruangan tertentu. Selain itu mengatur aliran udara dan kebersihannya. Di beberapa negara, beberapa faktor kesegaran tersebut di atas ditetapkan dalam undang – undang sesuai dengan tujuan penggunaan ruangan, misalnya untuk kantor, hotel dan sebagainya. Sistem penyegaran udara pada umumnya dibagi menjadi dua golongan utama, yaitu:

Penyegaran udara untuk kenyamanan, menyegarkan udara dari ruangan untuk memberikan kenyamanan kerja bagi orang yang melakukan kegiatan. Penyegaran udara untuk industri, menyegarkan udara dari ruangan karena diperlukan oleh proses, bahan peralatan atau barang yang ada di dalamnya.

2.8.2 AC Split



Gambar 2.19. AC Split Panasonic Tipe Wall Mounted (Atas: Unit Indoor; Bawah: Unit Outdoor)
(Sumber:<http://shop.panasonic.com/>)

Prinsip kerja AC Split maupun pada mesin pendingin model lainnya adalah sama yaitu menyerap panas udara didalam ruangan yang didinginkan, kemudian melepaskan panas keluar ruangan. Jadi pengertian AC Split adalah seperangkat alat yang mampu mengkondisikan suhu ruangan sesuai yang kita inginkan, terutama mengkondisikan suhu ruangan menjadi lebih rendah suhunya dibanding suhu lingkungan sekitarnya. Pada Air Conditioner udara ruangan terhisap disirkulasikan secara terus menerus oleh blower (pada indoor unit) melalui sirip evaporator yang mempunyai suhu yang lebih dingin dari suhu ruangan, saat udara ruangan bersirkulasi melewati evaporator, udara ruangan yang bertemperatur lebih tinggi dari evaporator diserap panasnya oleh bahan pendingin/refrigeran (evaporator), kemudian calor yang diterima evaporator dilepaskan ke luar ruangan ketika aliran refrigeran melewati condenser (unit outdoor).

Jadi, temperatur udara yang rendah atau dingin yang kita rasakan pada ruangan sebenarnya adalah sirkulasi udara di dalam ruangan, bukan udara yang dihasilkan oleh perangkat AC Split. Unit AC hanyalah tempat bersirkulasinya udara ruangan yang

sekaligus menangkap kalor (panas) pada udara ruangan yang bersirkulasi melewati evaporator hingga mencapai temperatur yang diinginkan.

2.8.3 AC Split Duct

Ducting untuk AC biasanya dipakai untuk instalasi AC sentral atau AC Split Duct. AC sentral diperuntukkan untuk instalasi AC di satu gedung yang tidak memiliki pengatur suhu per ruang. Semua dikontrol di satu titik, kemudian hawa dinginnya didistribusikan dengan pipa ke ruangan-ruangan. Dengan AC sentral, yang bisa dilakukan hanyalah mengecilkan dan membesarkan lubang tempat hawa dingin AC masuk ke ruangan. AC sentral banyak diaplikasikan di mall, hotel, dan bangunan komersil lainnya.



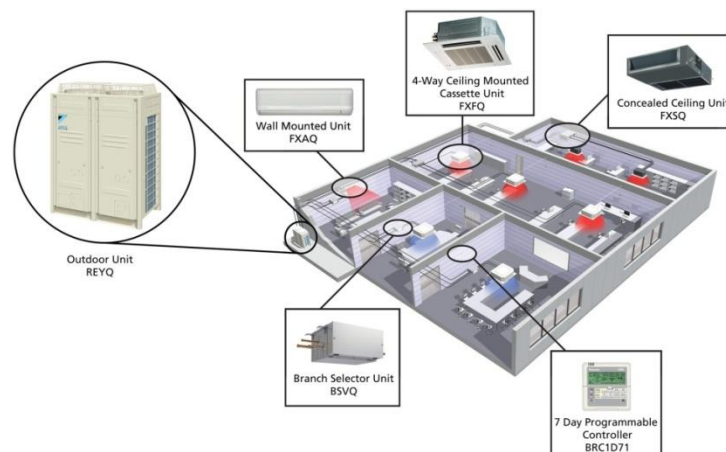
Gambar 2.20. Grille AC Split Duct

(Sumber: <http://trade.indiamart.com/details.mp?offer=3982298630>)

Sedangkan sistem ducting untuk AC, atau juga populer dengan sebutan Air Handling System, merupakan bagian penting dalam sistem AC sebagai alat penghantar udara yang telah dikondisikan dari berbagai sumber dingin maupun panas ke ruangan yang akan dikondisikan. Perkembangan desain ducting untuk AC hingga saat ini sangat dipengaruhi oleh tuntutan efisiensi, terutama efisiensi energi, pemakaian ruang, dan perawatan.

Selain efisiensi, juga ada tuntutan kenyamanan (termasuk kesehatan dan keselamatan) bagi pengguna. Oleh karena itu, desain ducting meliputi pula desain untuk kebutuhan ventilasi, filtrasi, dan humidity. Tiap tipe sistem ducting memiliki manfaat untuk aplikasi tertentu. Suatu tipe sistem yang tidak umum dipakai, mungkin lebih efisien bila dipakai untuk suatu aplikasi tertentu yang tergolong unik. Saat ini telah banyak dikembangkan berbagai tipe sistem ducting, dan ini akan terus berkembang untuk memenuhi kebutuhan munculnya aplikasi-aplikasi yang baru. Dalam suatu desain ducting untuk suatu gedung tertentu, sangat mungkin beberapa tipe dipakai untuk memenuhi masing-masing kebutuhan.

2.8.4 AC VRV Merk Daikin



Gambar 2.21. Diagram Skematik AC VRV Merk Daikin

(Sumber: http://www.pacificairconditioner.com/ductless_air_conditioners_heat_pump.html)

VRV merupakan singkatan dari Variable Refrigerant Volume yang artinya sistem kerja refrigerant yang berubah-ubah. VRV system adalah sebuah teknologi yang sudah dilengkapi dengan CPU dan kompresor inverter dan sudah terbukti menjadi handal, efisiensi energi, melampaui banyak aspek dari sistem AC lama seperti AC Sentral, AC

Split, atau AC Split Duct. Jadi dengan VRV System, satu outdoor bisa digunakan untuk lebih dari 2 indoor AC.

Untuk AC DAIKIN VRV System, Daikin memakai teknologi inverter pada AC tipe Variable Refrigerant Volume (VRV) yang biasa digunakan di gedung bertingkat. Daikin VRV adalah suatu teknologi pengaturan kapasitas AC dari Daikin yang memiliki kemampuan untuk mencegah pendinginan yang berlebih, sehingga dapat menghemat listrik. Tak hanya menghemat listrik, Daikin VRV memiliki tingkat kebisingan yang rendah, hemat tempat, dan dapat menggunakan satu outdoor unit untuk beberapa indoor unit, serta dapat mengatur jadwal dan temperatur AC yang diinginkan secara terkomputerisasi.

AC DAIKIN VRV IV dirancang untuk ruangan berukuran besar pada gedung bertingkat, dengan memiliki beberapa fitur diantaranya:

1. Memiliki kapasitas yang besar untuk ruangan yang besar pula, dimana:
2. Outdoor unit dengan kapasitas sampai unit luar kombinasi
3. Luas jangkauan unit indoor / terhubung
4. Panjang pipa panjang / Tingkat perbedaan
5. Tinggi tekanan statis eksternal

2.8.5 Kipas Axial



Gambar 2.22. Kipas Axial Merk Kruger
(Sumber:<http://www.krugerfan.com/indonesia.php>)

Kipas Axial adalah salah satu dari alat ventilasi udara yang berbentuk Drum. Axial ada yang di pasang di dinding (axial wall fan) yaitu yang berbentuk drum tanpa kaki, yang berbentuk drum dan mempunyai kaki serta bisa di pindah-pindah (portable) biasanya ukurannya tidak terlalu besar, atau yang berbentuk drum dan mempunyai kaki tapi tidak bisa di pindah – pindah. Axial juga terdiri dari dua jenis yaitu Axial Direct dan Axial Indirect / Pulley. Axial direct motornya terdapat didalam axial langsung ke blade, sedangkan Axial Indirect / Pulley motornya berada diluar / diatas serta menggunakan vanbelt.

Mempunyai daya hisap atau kapasitas yang besar tetapi daya dorong atau static pressure yang kecil, jadi Kipas Axial digunakan diruangan yang cukup besar / ruangan yang mempunyai kapasitas yang besar tetapi tidak memerlukan jarak buang / daya dorong yang jauh. Dalam pengoperasiannya Axial menggunakan system Ducting dan dapat digunakan diujung ducting. Panjang ducting harus disesuaikan dengan daya dorong atau Static Pressure yang terdapat pada Axial tersebut. Kalau Ducting terlalu panjang dan banyak lekukan akan terjadi penurunan kapasitas.

Kipas Axial dapat digunakan di ruang produksi, ruang mesin, ruang genset, ruang maintenance, ruang oven, dapur restaurant, gorong-gorong bawah tanah dll. Untuk dapur restaurant biasanya menggunakan Axial Pulley supaya motornya mudah di bersihkan, sedangkan untuk di gorong-gorong atau pengerjaan di ruang bawah tanah dapat menggunakan Axial portable / portable ventilator. Axial juga dapat digunakan di atas kapal atau dilepas pantai pengeboran minyak. Untuk ditempat tersebut digunakan Axial Marine Fan yang mempunyai hertz 60 / 60Hz.

2.9. Kabel Listrik

Kabel listrik adalah media untuk menyalurkan energi listrik. 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. Kemampuan hantar sebuah kabel listrik ditentukan oleh KHA (kemampuan hantar arus) yang dimilikinya dalam satuan Ampere. Kemampuan hantar arus ditentukan oleh luas penampang konduktor yang berada dalam kabel listrik. Sedangkan tegangan listrik dinyatakan dalam Volt, besar daya yang diterima dinyatakan dalam satuan Watt, yang merupakan perkalian dari:

$$\text{"Ampere x Volt = Watt"}$$

Pada tegangan 220 Volt dan KHA 10 Ampere, sebuah kabel listrik dapat menyalurkan daya sebesar $220V \times 10A = 2200 \text{ Watt}$.

Adapun jenis-jenis kabel listrik adalah sebagai berikut:

1. Kabel NYA

Biasanya digunakan untuk instalasi rumah dan sistem tenaga. Dalam instalasi rumah digunakan ukuran 1,5 mm² dan 2,5 mm². Berinti tunggal, berlapis

bahan isolasi PVC, dan seringnya untuk instalasi kabel udara. Kode warna isolasi ada warna merah, kuning, biru dan hitam. Kabel tipe ini umum dipergunakan di perumahan karena harganya yang relatif murah.

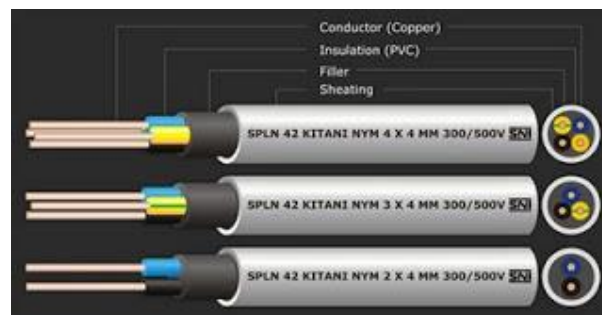


Gambar 2.23. Kabel NYA

(Sumber:<http://mumetlistrik.blogspot.com/>)

Lapisan isolasinya hanya 1 lapis sehingga mudah cacat, tidak tahan air 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.

2. Kabel NYM



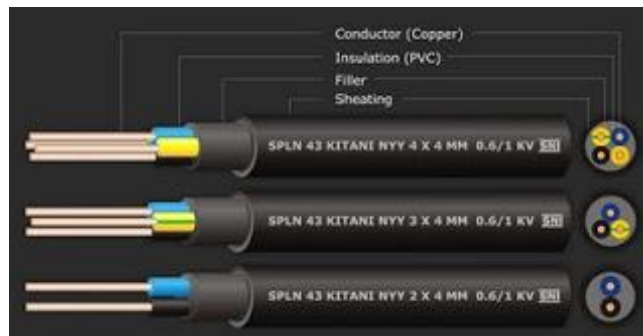
Gambar 2.24. Kabel NYM

(Sumber:<http://mumetlistrik.blogspot.com/>)

Digunakan untuk kabel instalasi listrik rumah atau gedung dan sistem tenaga. Kabel NYM berinti lebih dari 1, 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.

3. Kabel NYY

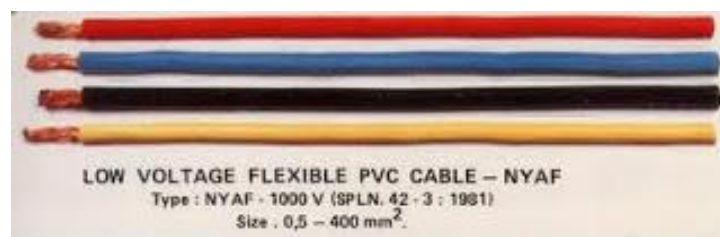


Gambar 2.25. Kabel NYY

(Sumber:<http://mumetlistrik.blogspot.com/>)

Memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna 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.

1. Kabel NYAF



Gambar 2.26. Kabel NYAF

(Sumber:<http://mumetlistrik.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



Gambar 2.27. Kabel NYFGbY
(Sumber:<http://mumetlistrik.blogspot.com/>)

Kabel NYFGbY ini digunakan untuk instalasi bawah tanah, di dalam ruangan di dalam saluran-saluran dan pada tempat-tempat yang terbuka dimana perlindungan terhadap gangguan mekanis dibutuhkan, atau untuk tekanan rentangan yang tinggi selama dipasang dan dioperasikan.

6. Kabel BCC



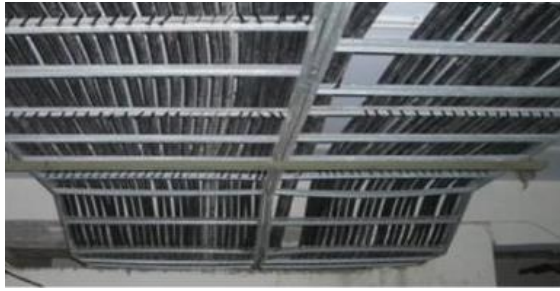
Gambar 2.28. Kabel BCC
(Sumber:<http://mumetlistrik.blogspot.com/>)

Kabel ini dipilin/stranded, disatukan. Ukuran / tegangan maksimal = 6 – 500 mm² / 500 V. Pemakaian kabel jenis ini di saluran diatas tanah dan penghantar pentanahan / penangkal petir.

2.10. 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 inidapat dilihat dibawah seperti sebuah rak rel dengan sekumpulan kabel tertata rapi. bahan yang digunakan bisa terbuat dari aluminium, besi, bajad an material lainnya. cara pemasangan kabel tray atau ladder adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan shop drawing penempatan jalur kabel dengan mempertimbangkan bagian komponen bangunan lainya seperti titik lampu, instalasi pipa dll, agar tidak berbenturan satu samalain 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 2.29. Ladder Kabel di Atas Plafond

(Sumber:<http://www.ilmusipil.com/pemasangan-kabel-tray-atau-ladder>)

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 2.30. Ladder Kabel di Dinding

(Sumber:<http://www.ilmusipil.com/pemasangan-kabel-tray-atau-ladder>)

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 elektrikal untuk pemasangan kabel tray dalam jumlah besar.