

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Instalasi Listrik

Instalasi listrik adalah suatu bagian penting yang terdapat dalam sebuah bangunan gedung, yang berfungsi sebagai penunjang kenyamanan penghuninya. Di Indonesia semua peraturan tentang instalasi listrik diatur dalam Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL). Tujuan PUIL ini adalah untuk terselenggaranya dengan baik instalasi listrik, dengan mengutamakan pada keselamatan dan keamanan instalasi listrik beserta perlengkapannya dan keamanan gedung serta isinya terhadap kebakaran akibat arus listrik.

Disamping Persyaratan Umum Instalasi Listrik dan peraturan mengenai kelistrikan yang berlaku, harus diperhatikan pula syarat-syarat dalam pemasangan instalasi listrik, antara lain⁽¹⁾ :

1. Syarat ekonomis.
2. Syarat keamanan.
3. Syarat keandalan.

Dan harus pula diperhatikan ketentuan yang terkait dengan dokumen berikut :

1. Undang-undang no.1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja.
2. Undang-undang no. 15 tahun 1985 tentang ketenagalistrikan.
3. Undang-undang no. 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup.
4. Peraturan Pemerintah RI No. 10 tahun 1989 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Tenaga Listrik.
5. Peraturan Pemerintah No. 25 tahun 1995 tentang Usaha Penunjang Tenaga Listrik.
6. Peraturan menteri Pertambangan dan Energi No. 01.P/40/M.PE/1990 tentang Instalasi Ketenagalistrikan.

7. Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi No. 02.P/0322/M.PE/1995 tentang Standarisasi, Sertifikasi dan Akreditasi dalam Lingkungan Pertambangan dan Energi.
8. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 24 tahun 2016 tentang Persyaratan Teknis Bangunan dan Prasarana Rumah Sakit.
9. Kementrian Kesehatan Republik Indonesia Pedoman-pedoman Teknis bangunan dan Prasarana Rumah Skait tahun 2014.

2.2. Sistem Pencahayaan Buatan

Untuk mendapatkan pencahayaan yang sesuai dalam suatu ruang, maka diperlukan sistem pencahayaan yang tepat sesuai dengan kebutuhannya. Sistem pencahayaan di ruangan, termasuk di tempat kerja dapat dibedakan menjadi 5 macam, yaitu :

1. Sistem pencahayaan langsung (*direct lightning*).
2. Pencahayaan semi langsung (*semi direct lightning*).
3. Sistem pencahayaan difus (*general diffus lightning*).
4. Sistem pencahayaan semi tidak langsung (*semi indirect lightning*).
5. Sistem pencahayaan tidak langsung (*indirect lightning*).

Menurut metode dari sistem pencahayaan buatan SNI 2001, penentuan tingkat pencahayaan minimum (E) yang direkomendasikan tercantung dalam tabel berikut ini :

Tabel 2.1. Tabel Tingkat Pencahayaan

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (<i>lux</i>)	Kelompok Renderasi warna	Keterangan
Rumah Tinggal			
Teras	60	1 atau 2	
Ruang kerja	120~250	1	
Ruang makan	120~250	1 atau 2	
Ruang tamu	120~250	1 atau 2	
Kamar mandi	250	1 atau 2	
Kamar tidur	120~250	1 atau 2	
Dapur	250	1 atau 2	
Garasi	60	3 atau 4	

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (<i>lux</i>)	Kelompok Renderasi warna	Keterangan
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
Ballroom/Ruang Sidang	200	1	Sistem pencahayaan harus dirancang 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

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (<i>lux</i>)	Kelompok Renderasi warna	Keterangan
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 Pamer			
Ruang pamer dengan obyek berukuran besar (misanya 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 perhiasa, 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 Arsip	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	

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (<i>lux</i>)	Kelompok Renderasi warna	Keterangan
Rumah Ibadah			
Mesjid	200	1 atau 2	Untuk tempat-tempat uang membutuhkan tingkat pencahayaan yang lebih tinggi dapat digunakan pencahayaan setempat
Gereja	200	1 atau 2	Idem
Vihara	200	1 atau 2	Idem

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

$$E_{rata-rata} = \frac{F_{total} \times k_p \times k_d}{A} \text{ (lux)} \quad \dots\dots\dots \text{ (persamaan 2.1)}$$

Dimana :

F_{total} = fluks luminus total dari semua lampu yang menerangi bidang kerja (lumen)

A = luas bidang kerja (m^2)

k_p = koefisien penggunaan

k_d = koefisien depresiasi (penyusutan)

2.2.2. Lampu

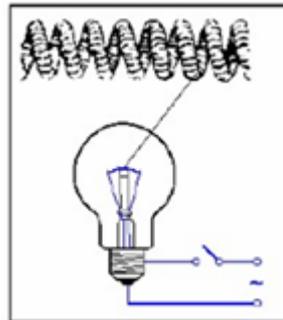
Dalam pemilihan lampu, ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu tampak warna yang dinyatakan dalam temperatur warna dan efek warna yang dinyatakan dalam indeks renderasi warna. Untuk perkantoran di Indonesia disarankan memakai temperatur warna lebih besar dari 5300 Kelvin atau antara 3300 – 5300 Kelvin⁽²⁾.

2.2.3. Jenis Lampu

Lampu listrik dapat dikategorikan dalam dua golongan, yaitu lampu pijar dan lampu pelepasan gas.

1. Lampu Pijar

Lampu pijar menghasilkan cahaya dengan pemanasan listrik dari kawat filamennya pada temperatur yang tinggi. komponen utama lampu pijar terdiri dari filamen, bola lampu, gas pengisi dan kaki lampu (*fiting*). Untuk pemakaian umum kaki lampu, tersedia dua jenis yaitu kaki lampu berulir dan kaki lampu bayonet, yang diidentifikasi dengan huruf E (Edison) dan B (Bayonet), selanjutnya diikuti dengan angka yang menyatakan diameter kaki lampu dalam milimeter.



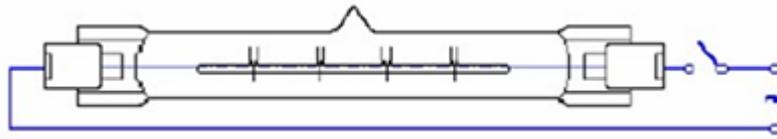
Gambar 2.1 Gambar Lampu Pijar

a. Lampu reflektor

Lampu pijar yang mempunyai reflektor yang terbuat dari lapisan metal tipis pada permukaan dalam dari bola lampu yang memberikan arah intensitas cahaya yang dipilih.

b. Lampu halogen

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



Gambar 2.2 Gambar Lampu Halogen

2. Lampu pelepasan gas

Lampu ini bekerja berdasarkan pelepasan elektron secara terus menerus di dalam uap yang diionisasi. Kadang-kadang dikombinasikan dengan fosfor yang dapat berpendar. Lampu pelepasan gas mempunyai tekanan gas tinggi atau rendah. Gas yang dipakai adalah merkuri atau natrium. Salah satu lampu pelepasan gas tekanan rendah dan memakai merkuri adalah lampu fluoresen tabung atau disebut TL (*Tube Lamp*).

3. Lampu fluoresen tabung

Lampu fluoresen tabung sebagian besar cahayanya dihasilkan oleh bubuk fluoresen pada dinding bola lampu yang diaktifkan oleh energi ultraviolet dari pelepasan energi elektron. Jenis fosfor pada permukaan bagian dalam tabung lampu menentukan jumlah dan warna cahaya yang dihasilkan.

Lampu fluoresen mempunyai diameter antara 26 mm dan 38 mm, mempunyai bermacam-macam warna (merah, hijau, putih, *daylight* dan lain-lain) serta tersedia dalam bentuk bulat (TLE). Lampu ini mengkonsumsi hanya 25% energi dibandingkan dengan lampu pijar untuk fluks luminus yang sama serta umurnya lebih panjang.

2.3. Kotak Kontak

Di Indonesia, *Electrical Socket outlet* (kotak kontak) untuk instalasi rumah tinggal menggunakan 2 kontak fasa dan netral, ditambah 2 kontak ground. 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* untuk peralatan yang berbahan metal seperti kulkas, pompa-pompa, komputer, dan lain-lain.



Gambar 2.3 Kotak kontak

(sumber : <http://muhammadroni21.blogspot.co.id/>)

Pemasangan kontak dapat dipasang di dinding, meja atau di lantai. Untuk kontak lantai harus menggunakan *socket outlet* lantai khusus dan untuk pemakaian *outdoor* atau diluar ruangan harus menggunakan *socket* yang berpelindung. Untuk pemasangan di dinding ukuran pemasangan sekurang-kurangnya 40 cm dari permukaan lantai. Pamakaiankontak hendaknya satu kontak hanya untuk satu tusuk kontak, karena tusuk kontak yang bertumpuk sangat riskan menimbulkan panas karena kendur atau kurang pas dengan lubang *socket outlet*-nya. 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 akan terbakar.



Gambar 2.4 Kotak kontak lantai

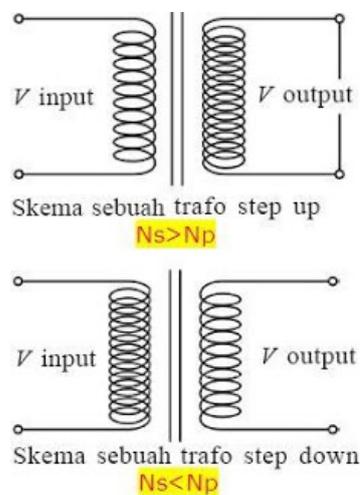
(sumber : <https://amru1.wordpress.com/2015/03/21/pencahayaan-buatan-kotak-kontak-materi-pengenalan/>)

Ada dua tipe kotak kontak, yaitu kotak kontak dengan pembumian dan kontak tanpa pembumian. Kotak kontak dengan pembumian punya tiga lubang kontak, atau lempeng logam pada sisi lubangnya. 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 harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan yang digunakan, penggunaan kotak kontak di *lobby* hotel jenisnya akan berbeda dengan kotak kontak yang ada di kamar tidur atau kamar mandi. Hal ini dapat dibedakan dengan jenis kotak kontak.

2.4. Transformer (Trafo) Step Down

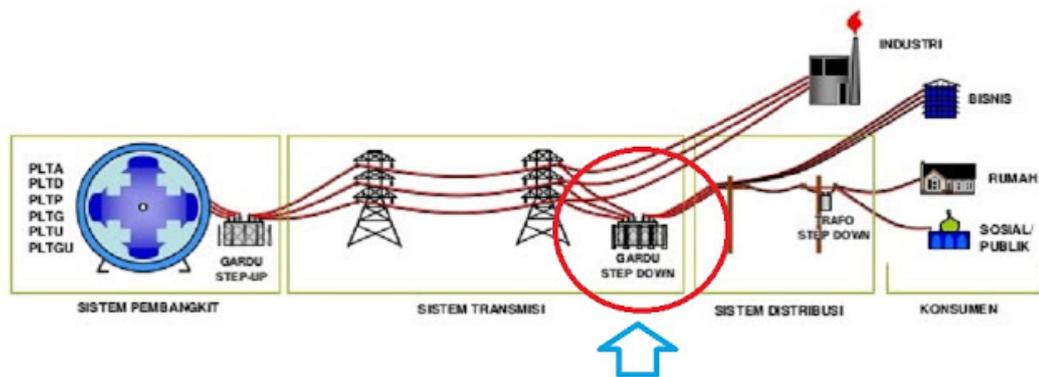
Transformer step down dirancang untuk mengurangi tegangan listrik. Tegangan primer adalah lebih besar dari tegangan sekunder. Misalnya untuk menggunakan peralatan 110V di negara dengan pasokan listrik 220V.



Gambar 2.5 Skema Trafo

(sumber : <http://www.berpendidikan.com/2015/10/macam-macam-dan-ciri-ciri-transformator-trafo-step-up-step-down.html>)

Trafo step down mengubah tegangan listrik dari satu tingkat atau konfigurasi fase biasanya turun ke tingkat yang lebih rendah. Aplikasi untuk isolasi listrik, distribusi tenaga listrik, dan kontrol dan instrumentasi aplikasi. *Trafo step down* dibuat dari dua atau lebih kumparan kawat terisolasi di sekitar inti besi. Ketika tegangan masuk dan diberikan ke satu kumparan (primer) memagnetizes inti besi, yang menginduksi tegangan dalam kumparan lain (sekunder).



Gambar 2.6 Gardu *Step down*

(sumber : <http://www.berpendidikan.com/2015/10/macam-macam-dan-ciri-ciri-transformator-trafo-step-up-step-down.html>)

Prinsip kerja trafo dalam prakteknya, dikenal 3 sistem pendeteksian dan pengendalian transformasi, yaitu :

1. GGL induksi primer.
2. GGL induksi sekunder.
3. Rasio perbandingan lilitan (primer dan sekunder).

2.5. Genset (Generator Set)



Gambar 2.7. Genset Tipe *Open*

(Sumber: <http://gudanggenset.com>)

Sumber energi listrik dari selain PLN berasal dari unit *generator set* (genset). Genset yang berfungsi sebagai pensuplai daya listrik cadangan yang dapat bekerja apabila daya listrik utama dari PLN terputus. Genset ini terhubung dan dikontrol dengan Panel Kontrol Genset (PKG), yang 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 klontinyu terhadap ketersediaan sumber tegangan listrik dan diharapkan dengan sistem tersebut kehandalan sistem energi listrik akan terpenuhi.

2.6. Panel Utama Tegangan Rendah (LVMDP)

Fungsi dari *Low Voltage Main Distribution Panel* (LVMDP) adalah sebagai panel penerima daya dari trafo dan mendistribusikan daya tersebut lebih lanjut ke panel *Low Voltage Sub Distribution* (LVSDP). Menggunakan *Air Circuit Breaker*, panel distribusi (LVSDP) akan mendistribusikan daya tersebut ke peralatan *electrical*.



Gambar 2.8. *Low Voltage Main Distribution Panel* (LVMDP)

(sumber : <http://abi-blog.com/panel-lvmdp-fungsi-pengoperasian/>)

2.7. Sakelar

Sakelar adalah alat listrik untuk menghubungkan dan memutuskan aliran tegangan dan arus listrik pada suatu rangkaian atau jaringan listrik tertutup dari sumber listrik ke beban listrik.

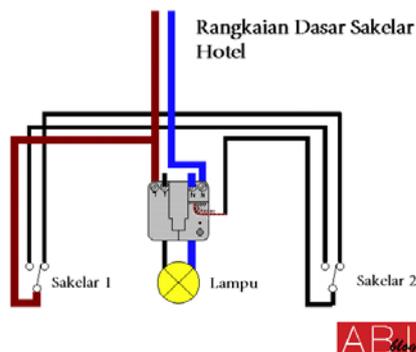
2.7.1. Sakelar Tunggal

Sakelar tunggal adalah alat listrik yang berfungsi sebagai penyambung dan pemutus tegangan dan arus listrik dari sumber listrik ke titik beban dalam rangkaian tertutup. Salah satu pemakaian sakelar tunggal adalah untuk menyalakan dan mematikan sebuah lampu atau beberapa lampu yang dipasang seri ataupun paralel, dengan jumlah lampu yang bervariasi sesuai kekuatan kontak sakelar.



Gambar 2.9. Sakelar Tunggal

2.7.2. Sakelar Tukar



Gambar 2.10. Sakelar Tukar.

Sakelar tukar adalah sakelar yang dapat digunakan untuk menghidupkan dan mematikan dari dua tempat yang berbeda. Sakelar ini biasanya digunakan pada instalasi listrik hotel. Pemasangan sakelar tukar pada prinsipnya, menyalakan atau mematikan titik beban bisa dari dua tempat yang berbeda, jadi posisi sakelar tidak tetap, posisi keatas bisa jadi menhidupkan atau mematikan tergantung posisi sakelar pada tempat lain yang terhubung.

2.7.3. Sakelar Seri



Gambar 2.10. Sakelar seri.

Sakelar seri adalah alat listrik yang berfungsi menghidupkan atau mematikan aliran tegangan dan arus yang terdiri dari dua jalur yang terpisah dalam satu *frame*/tempat. Sakelar seri secara prinsip kerjanya persis seperti pada sakelar tunggal hanya saja memiliki dua atau lebih sakelar dalam satu tempat.

2.8. Gardu Distribusi 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 *Medium Voltage Main Distribution Panel* (MVMDP) untuk menyuplai kebutuhan listrik dalam sebuah gedung.



Gambar 2.12. Gardu Tegangan Menengah PLN

(sumber : <http://seputarbanjarpatroman.blogspot.co.id/2014/07/pengertian-dasar-gardu-distribusi-listrik.html>)

2.9. Panel Tegangan Menengah (MVMDP)



Gambar 2.13. Panel MVMDP

(sumber : <http://abi-blog.com/standard-operating-prosedure-panel-mvmdp/>)

Panel *Medium Voltage main Distribution Panel* (MVMDP) berfungsi sebagai penerima *supply* power dari gardu PLN untuk didistribusikan ke trafo (*step down*) tegangan menengah dengan pengaman sesuai standar yang tercakup di dalam sistemnya.

2.10. Panel MDP

Panel MDP atau *Main Distribution Panel* berfungsi sebagai panel pembagi utama untuk area gedung utama setelah LVMDP. Panel MDP terdiri dari *line* pembagi dengan MCB yang mensuplai daya ke panel lanjutan.



Gambar 2.14. Pnael MDP

(sumber : <http://abi-blog.com/panel-mdp-fungsi-pengoperasian/>)

Pada panel MDP tidak terlaui banyak kontrol sistem, hanya ada pembaca tegangan (volt) dan pembaca arus (ampere).

2.10.1. ELCB dan MCB

ELCB (*Electric Lake Circuit Breaker*) dan MCB (*Mini Circuit Breaker*) berdasarkan bentuk dan fungsinya hampir sama. MCB secara garis besarnya

berfungsi sebagai pembatas aliran listrik, sedangkan ELCB berfungsi sebagai pembatas kebocoran aliran listrik ke *ground*. Pemutusan atau pembatasan hubungan arus listrik ini sangat bermanfaat bagi pengguna listrik bertegangan besar.



Gamabar 2.14. ELCB

(sumber : <http://abi-blog.com/mengenal-komponen-elcb-dan-mcb/>)

MCB akan melakukan pemutusan hubungan arus listrik saat tegangan arus listrik tidak sesuai dengan kapasitas pada MCB tersebut. Sedangkan sistem kerja ELCB lebih spesifik lagi untuk segera mendeteksi terjadinya kebocoran listrik pada suatu rangkaian listrik. Keberadaan kedua komponen ini sangat penting dalam perangkaian kelistrikan, terlebih pada rangkaian listrik besar. Pada seseorang yang mengalami sengatan listrik, MCB akan segera mengambil tindakan untuk memotong arus listrik, sedangkan ELCB lebih membantu karena fungsinya lebih kepada pendeteksi. Jadi sebelum sempat menyengat tubuh manusia, alat ini akan segera memutus hubungan arus listrik tersebut.

Salah satu kelebihan ELCB adalah bisa secara langsung memutus hubungan arus listrik saat terjadinya gesekan antara konduktor dan arus listrik yang memiliki sensitivitas mulai dari taraf kecil hingga yang tinggi.

2.10.2. Jenis-jenis MCB

2.10.2.1. Otomat-L (Untuk Hantaran)

Pada otomat jenis ini pengaman termisnya disesuaikan dengan meningkatnya suhu hantaran. Apabila terjadi beban lebih dan suhu hantarannya melebihi suatu nilai tertentu, elemen dwi logamnya akan memutuskan arusnya. Saat terjadi hubung singkat, arusnya diputuskan oleh

pengaman elektromagnetiknya. Untuk arus bolak-balik yang sama dengan 4 In – 6 In dan arus searah yang sama dengan 8 In pemutusan arusnya berlangsung dalam waktu 0,2 detik.

2.10.2.2. Otomat-H (Untuk Instalasi Rumah)

Secara teknis jenis ini sama dengan Otoma-L. Tetapi pengaman elektromagnetiknya memutuskan dalam waktu 0,2 sekon, jika arusnya sama dengan 2,5 In – 3 In untuk arus bolak-balik atau sama dengan 4 In untuk arus searah. Jenis ini digunakan untuk instalasi rumah, dimana gangguan yang rendah pun harus diputuskandengan cepat. Sehingga jika terjadi gangguan tanah, bagian-bagian yang terbuat dari logam tidak akan lama bertegangan.

2.10.2.3. Otomat-G

Jenis otomat ini digunakan untuk mengamankan motor-motor listrik kecil untuk arus bolak-balik atau arus searah, alat-alat listrik dan juga rangkaian akhir besar untuk penerangan, misalnya penerangan pabrik. Pengaman elektromagnetiknya berfungsi pada 8 In – 11 In untuk arus AC atau pada 14 In untuk arus DC. Kontak-kontak sakelarnya dan ruang pemadam busur apinya memiliki konstruksi khusus. Karena itu jenis otomat ini dapat memutuskan arus hubug singkat yang besar, yaitu hingga 1500 *Ampere*.

2.10.2.4. Panel Taip Lantai

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

2.10.2.5. Panel Lift

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

2.11. Penghantar

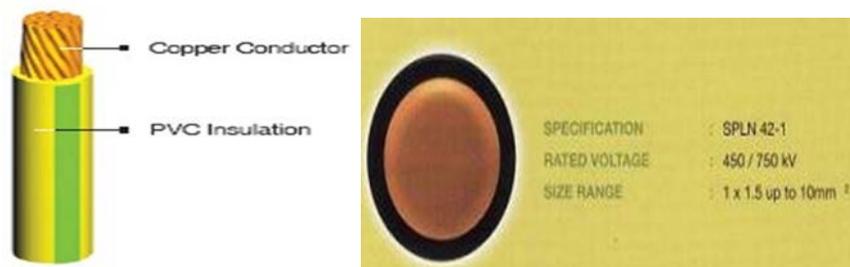
Kabel listrik merupakan salah satu media untuk menghantarkan arus listrik. Penghantar merupakan salah satu benda yang berbentuk logam maupun non logam yang bersifat konduktor atau dapat mengalirkan arus listrik dari satu titik ke titik yang lain.

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

2.11.1. Jenis-jenis Kabel

2.11.1.1. Kabel NYA

Kabel NYA berinti tunggal, berlapis bahan isolasi PVC, untuk instalasi luar atau kabel udara. Kode warna isolasi ada warna merah, kuning, biru dan hitam sesuai dengan peraturan PUIL. Lapisan isolasinya hanya 1 lapis sehingga mudah cacat, tidak tahan air dan mudah digigit tikus. Untuk memproteksi pemakaian kabel ini, kabel harus dipasang dalam pipa/*conduit* jenis PVC atau saluran tertutup.



Gambar 2.16 Kabel NYA

2.11.1.2. Kabel NYM

Kabel NYM memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna putih atau abu-abu), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYM memiliki lapisan isolasi dua lapis, sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari NYA. Kabel ini dapat dipergunakan dilingkungan yang kering dan basah, namun tidak ditanam.



Gambar 2.17. Kabel NYM

(Sumber : <http://www.anekabel.com/product/2/5/NYA-Cable>)

2.11.1.3. Kabel NYAF

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



Gambar 2.18. Kbel NYAF

(sumber : <http://www.anekabel.com/product/2/5/NYA-Cable>)

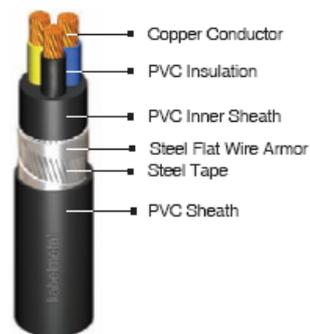
2.11.1.4. Kabel NYY

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



Gambar 2.19. Kabel NYY

2.11.1.5. Kabel NYFGbY



Gambar 2.20. Kabel NYGby

Kabel NYGby 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.

2.11.1.6. Kabel ACSR (aluminium Conduct steel Reinforced)

Kabel ACSR merupakan kawat penghantar yang terdiri dari aluminium berinti kawat baja. Kabel ini digunakan untuk saluran-saluran transmisi tegangan tinggi, dimana jarak antara menara atau tiang berjauhan, mencapai ratusan meter, maka dibutuhkan kuat tarik yang lebih tinggi.



Gambar 2.21. Kabel ACSR

(sumber : <http://www.anekabel.com/product/2/5/NYA-Cable>)

2.11.1.7. Kabel AAAC (All Aluminium Alloy Conductor)

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



Gambar 2.22. Kabel AAAC

(sumber : <http://www.anekabel.com/product/2/5/NYA-Cable>)

2.11.2. Pemilihan Luas Penampang Penghantar

Pemilihan luas penampang penghantar harus mempertimbangkan hal-hal berikut ini :

1. Kemampuan hantar Arus (KHA).

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

- a. Untuk arus searah : $I_n = P/V$ (A).
- b. Untuk arus bolak-balik satu fasa : $I_n = P/(V \cdot \cos \phi)$ (A).

c. Untuk arus bolak-balik tiga fasa : $I_n = P / (V \cdot \cos \varphi) / A$.

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

Dimana :

I = Arus nominal beban penuh (A)

P = Daya aktif (W) tember 13, 200

V = Tegangan (V)

$\cos \varphi$ = Faktor daya

2. Drop Voltage

Drop Voltage atau susut tegangan merupakan perbedaan antara tegangan sumber dengan tegangan beban, karena tegangan di beban tidak sama dengan tegangan sumber, yaitu tegangan beban lebih kecil dari tegangan sumber, dapat disebabkan oleh faktor arus dan impedansi saluran. Nilai tegangan jatuh didapat dari rumus berikut ini¹ :

$$\Delta V \% = \frac{\sqrt{3} \times I \times L \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi)}{V} \times 100\%$$

Dimana,

$\Delta V \%$ = Drop tegangan (%)

I = Arus beban (A)

L = Panjang kabel/saluran (m)

R = Resistansi saluran (Ω)

X = Induktansi saluran (Ω)

3. Sifat Lingkungan

Merupakan kondisi dimana penghantar itu dipasang.

Faktor-faktor berikut harus diperhatikan :

- a. Penghantar dapat dipasang atau ditanam dalam tanah dengan memperhatikan kondisi tanah yang basah, kering atau lembab. Ini akan berhubungan dengan pertimbangan bahan isolasi penghantar yang digunakan.
- b. Suhu lingkungan sama seperti suhu kamar dan suhu tinggi, penghantar yang digunakan akan berbeda.

¹ http://www.academia.edu/18442254/Analisa_Drop_Tegangan_Menengah_20KV

- c. Kekuatan mekanis. Pemasangan penghantar di jalan raya berbeda dengan di dalam ruangan. Penghantar yang terkena beban mekanis, harus dipasang di dalam pipa baja atau pipa beton sebagai pelindung.
4. Kemungkinan lainnya
- Kemungkinan-kemungkinan yang akan terjadi di masa yang akan datang, seperti penambahan beban yang akan mengacu pada kenaikan arus beban sehingga perhitungan KHA penghantar untuk memilih luas penampang penghantar akan berbeda.

2.12. Grounding (Pembumian)

2.12.1. Pengertian

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

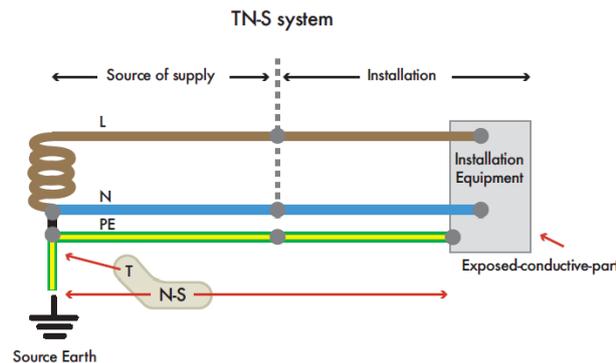
Dalam instalasi sistem penangkal petir, grounding berfungsi untuk menghantarkan arus yang besar menuju bumi. Walaupun memiliki sifat yang sama, pemasangan sistem *grounding* dan sistem penyalur petir harus terpisah sekurang-kurangnya 10 meter. Berdasarkan PUIL 2000, agar gedung terhindar dari sambaran petir maka dibutuhkan nilai tahanan *grounding* < 5 ohm, < 3 ohm untuk peralatan elektronika dan beberapa penerang membutuhkan nilai tahanan *grounding* < 1 ohm. Nilai tahanan *grounding* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis sistem *grounding*, jenis tanah, kandungan elektrolit tanah, suhu dan kelembaban.

2.12.2. Jenis-jenis Sitem *Grounding*

Dlam instalasi sistem *grounding*, terdapat beberapa jenis *grounding* berdasarkan kebutuhan dan tingkat keamanan yang dibutuhkan. Berdasarkan standar IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineer*), terbagi sebagai berikut :

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

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

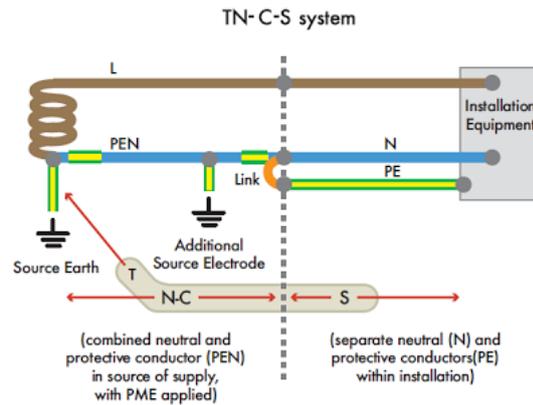


Gambar 2.23. Jenis Pembumian TN-S

(sumber : direktorilistrik.blogspot.co.id)

2. TN-C-S (*Terre Neutral-Combine-Seperate*)

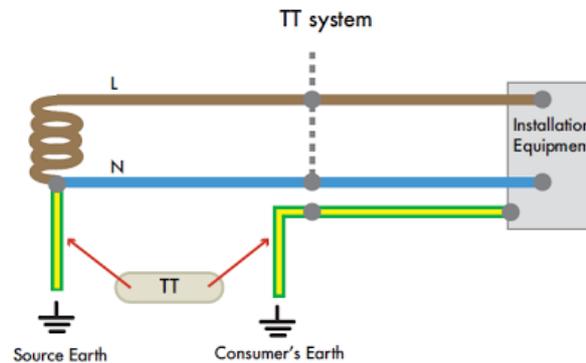
Pada sistem ini, saluran netral dari sumber listrik terhubung dengan bumi dan pembumian pada jarak tertentu disepanjang saluran netral yang menuju konsumen, biasanya disebut sebagai *Proactive Multiple Earthing* (PME). Dengan sitem ini konduktor netral dapat berfungsi untuk mengembalikan arus gangguan pentanahan yang mungkin timbulk disisi instalasi kembali ke sumber listrik. Instalasi peralatan pada beban dihubungkan pentanahannya pada terminal yang telah disediakan sumber listrik.



Gambar 2.24. Jenis TN-C-S

(sumber : direktorilistrik.blogspot.co.id)

3. TT (*Double Terre*)



Gambar 2.25. Jenis TT

(sumber : direktorilistrik.blogspot.co.id)

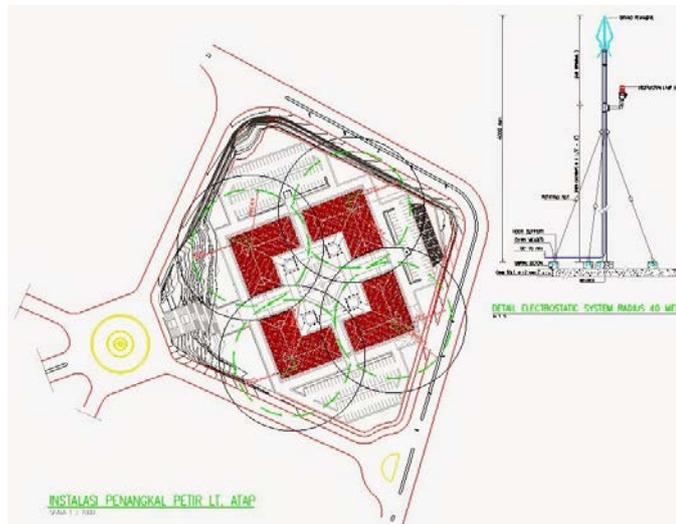
Pada sistem TT, bagian netral sumber listrik tidak terhubung langsung dengan pembumian netral pada sisi konsumen (instalasi peralatan). Konsumen harus menyediakan koneksi mereka sendiri ke bumi, yaitu dengan memasang elektroda bumi yang cocok untuk instalasi tersebut.

2.13. Sistem Penangkal Petir

2.13.1. Pengertian

Sistem penangkal petir adalah sebuah sistem yang menyalurkan muatan listrik dari awan menuju bumi agar tidak menimbulkan dampak yang membahayakan bagi manusia. Dalam pembangunan sebuah gedung bertingkat, instalasi penyalur petir harus adala terlebih pada bangunan rumah sakit karena di dalamnya terdapat peralatan medis yang rentan terhadap sambaran petir. Penyalur

petir berfungsi sebagai penghantar arus yang dihasilkan oleh petir menuju bumi tanpa merusak benda-benda yang dilewatinya.



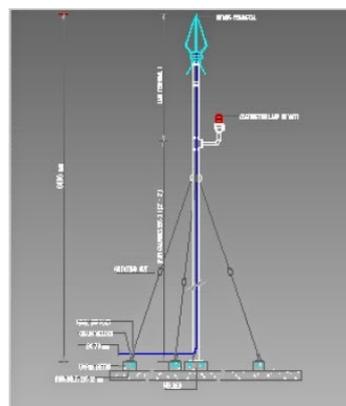
Gambar 2.26 Gedung dengan Jangkauan Penyalur Petir

(sumber : <http://aloekmantara.blogspot.co.id/2012/10/sistem-penangkal-petir-di-gedung.html>)

Ruang lingkup pekerjaan dari sistem penangkaln petir di suatu bangunan meliputi 4 poin utama, yaitu :

1. Pemasangan instalasi terminal udara (*air terminal*).

Sistem terminal udara ini harus mampu melindungi seluruh bangunan serta sekelilingnya dari sambaran petir dan tidak mempengaruhi peralatan elektrik yang ada dalam bangunan. Terminal udara yang digunakan ada 3 macam, yaitu sistem konvensional, sistem rdio aktif dan sistem elektrostatik.

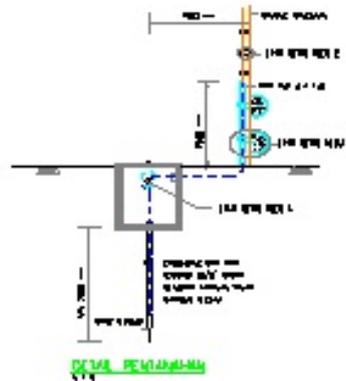


Gambar 2.27. Air Terminal

(sumber : <http://aloekmantara.blogspot.co.id/2012/10/sistem-penangkal-petir-di-gedung.html>)

2. Pemasangan instalasi penghantar pentanahan (*down conductor*).

Down conductor atau penghantar terdiri dari satu jalur menghubungkan secara listrik dengan sempurna antara terminal udara dengan sistem pentanahan. Penghantar terdiri dari kabel korial (kabel BC) dari terminal udara hingga kotak sambung (*junction box*) di lantai dasar.



Gambar 2.28. *Grounding System*

(sumber : <http://alockmantara.blogspot.co.id/2012/10/sistem-penangkal-petir-di-gedung.html>)

3. Pemasangan instalasi terminal dan elektroda pentanahan.

Elektroda pentanahan harus dimasukkan ke dalam tanah secara vertikal, batang tembaga harus dilindungi terhadap korosi dengan serbuk arang disekitar tembaga.

4. Pembuatan bak kontrol.

2.13.2. Jenis-jenis Penyalur Petir

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

1. Franklin Rod (Konvensional)

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

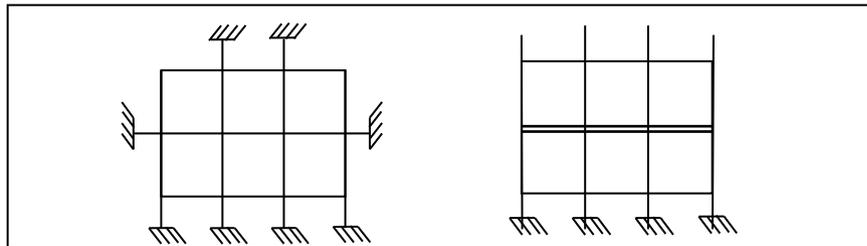


Gambar 2.29. Franklin Rod

(sumber : <http://www.pragatielectrocom.com/lightning-arrestors.html>)

2. Sangkar Faraday (Konvensional)

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



Gambar 2.30. Metode Faraday

3. *Early Streamer Emission Air Terminal (EF)*

Sistem penangkal petir model EF (*Electronic Field*) energi Froide merupakan sistem penangkal petir modern. Ada 3 prinsip yang sangat penting yang dimiliki oleh EF, yaitu :

- 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 elektron bebas awal yang besar sebagai *streamer emission* pada bagian puncak dari sistem terminal.
- c. Penggabungan EF terminal dengan EF *carier* yang memiliki isolasi tegangan tinggi memberikan jaminan keamanan terhadap obyek yang dilindungi.

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

i. *Lightning terminal*

Terminal yang menciptakan elektron bebas.

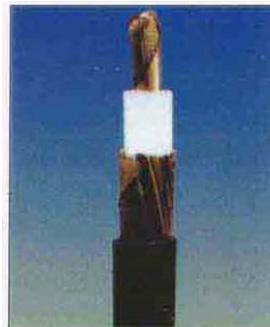


Gambar 2.31. *Lightning Terminal*

(sumber : www.putrapetir.com/penangkalpetiref.pdf)

ii. *Carrier*

Coaxial structure tegangan tinggi, menyalurkan arus petir ke bumi.



Gambar 2.32. *Carrier*

(sumber : www.putrapetir.com/penangkalpetiref.pdf)

iii. *Earthing/Arde*

Bagian yang diperlukan untuk menghilangkan arus petir dengan cepat dan aman ke bumi.



Gambar 2.33. *Earthing/Arde*

(sumber : www.putrapetir.com/penangkalpetiref.pdf)

iv. *Lightning Counter*

Peralatan tambahan untuk menghitung jumlah sambaran petir yang terjadi. Alat ini dipasang pada *ground terminal* mulai bekerja pada arus 1500 *ampere* dalam 1,5 *micro second pulse*.



Gambar 2.33. *Lightning Counter*

(sumber : www.putrapetir.com/penangkalpetiref.pdf)

2.13.3. Proteksi Petir pada Trafomator Distribusi

Selain proteksi petir secara eksternal (bangunan), proteksi juga perlu dilakukan pada peralatan listrik dalam gedung yang berpotensi terkena sambaran petir. Peralatan instalasi listrik yang rentan terkena sambaran petir adalah transformator distribusi karena terhubung dengan saluran udara 20kV. Sambaran petir akan menimbulkan tegangan lebih yang tinggi melebihi kemampuan isolasi trafo sehingga dapat menyebabkan kerusakan isolasi yang fatal. Maka dari itu perlu dipasang penyalur petir khusus pada peralatan distribusi tersebut. *Arrester* merupakan sebuah alat yang digunakan untuk melindungi peralatan instalasi listrik terhadap sambaran petir yang dipasang pada alt atau didekat alat dan terhubung dengajn fasa konduktor yang menuju bumi. Pada keadaan normal

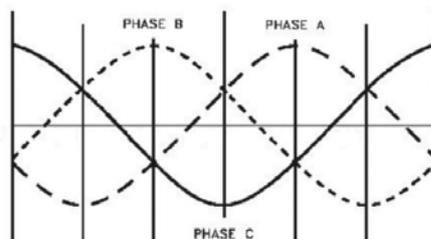
arrester bekerja sebagai isolator, akan tetapi ketika petir menyambar, *arrester* berubah menjadi konduktor yang mengalirkan muatan listrik ke tanah.



Gambar 2.35 Contoh instalasi *arrester* pada jaringan kelistrikan
(sumber: http://njmteknik.blogspot.co.id/2015_11_01_archive.html)

2.14. Sistem Listrik 3 Fasa

Instalasi listrik pada sebuah bangunan komersil atau industri seperti pabrik, hotel dan rumah sakit membutuhkan daya listrik yang sangat besar sekurang-kurangnya menggunakan panel utama tegangan menengah dari gardu induk PLN dengan tegangan 20 kV. Untuk itu diperlukan sistem listrik 3 fasa agar diperoleh keseimbangan dan stabilitas dalam pendistribusian daya yang relatif besar. Rangkaian listrik 3 fasa merupakan rangkaian listrik yang mempunyai 3 keluaran simetris yang memiliki perbedaan sudut fasa sebesar 120° . Berikut ini ditunjukkan gambar gelombang keluaran sistem 3 fasa.



Gambar 2.36. Gelombang 3 fasa

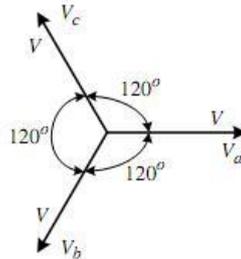
Dari gambar keluaran sistem 3 fasa dapat dilihat bahwa ada perbedaan sudut antara ketiga fasa tersebut. Maka dapat diperoleh hubungan antara tegangan dan sudut fasanya sebagai berikut.

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

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

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

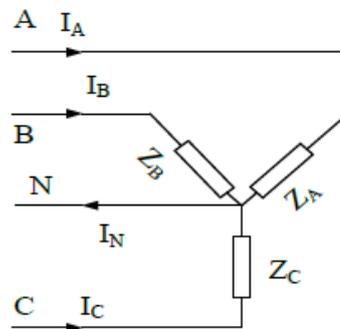
Apabila digambarkan dalam diagram fasor keadaan tegangan seimbang adalah sebagai berikut.



Gambar 2.37 Diagram Fasor pada Tegangan Seimbang

2.14.1. Hubungan Bintang (Y, wye)

Pada sistem listrik 3 fasa hbung bintang, ketiga ujung fasenya dihubungkan sehingga membentuk titik netral. Arus transformator 3 fasa dengan kumparan yang dihubungkan, yaitu I_A , I_B , I_C masing-masing berbeda 120° .



Gambar 2.38 Hubung Bintang

(sumber : <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/hubungan-transformator-tiga-fasa-dan-rumus/>)

Dari gambar diperoleh bahwa :

$$I_A = I_B = I_C = I_L$$

$$I_L = I_{ph}$$

$$V_{AB} = V_{BC} = V_{CA} = V_L - L$$

$$V_L - L = V_{ph}$$

$$V_L = \sqrt{3V_{ph}} = 1,73 V_{ph}$$

Dimana :

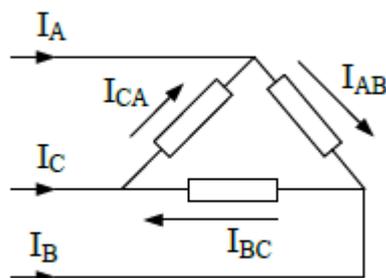
V_{L-L} = tegangan *line to line* (Volt)

V_{ph} = tegangan fasa (Volt)

I_L = arus *line* (Ampere)

I_{ph} = arus fasa (Ampere)

2.14.2. Hubungan Delta (Segitiga, Δ)



Gambar 2.39 Hubungan Delta

Hubungan segitiga adalah suatu hubungan transformator tiga fasa, dimana cara penyambungannya ialah ujung akhir lilitan fasa pertama disambung dengan ujung mula lilitan fasa kedua, akhir fasa kedua ujung mula fasa ketiga dengan ujung mula fasa pertama. Tegangan transformator tiga fasa dengan kumparan yang dihubungkan segitiga, yaitu V_A , V_B , V_C masing-masing berbeda. dalam hubung delta tidak ada titik netral, maka besar tegangan saluran harus dihitung antar fase, karena tegangan saluran dan fasa mempunyai besar *magnitude* yang sama, maka :

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

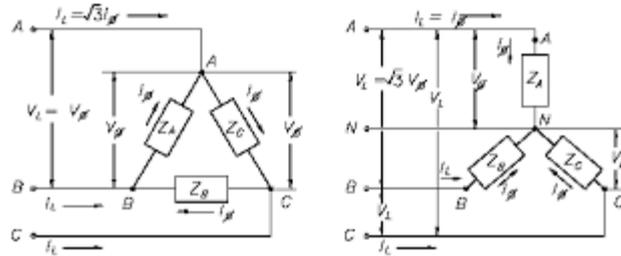
Akan tetapi arus salurann dan arus fasa tidaklah sama dan hubungan antara kedua arus dapat diperoleh dengan menggunakan hukum *Kirchoff*, sehingga :

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

2.14.3. Daya pada Sitem yang Seimbang

Daya yang diberikan oleh generator 3 fasa atau daya yang diserap oleh beban 3 fasa, dapt diperoleh dengan menjumlahkan daya dari tiap fasanya. Pada

sistem yang seimbang, daya total sama dengan tiga kali daya tiap fasa, karena daya pada tiap fasanya adalah sama. Gambar berikut ini menunjukkan beban yang seimbang pada sistem listrik 3 fasa hubung bintang dan hubung segitiga.



Gamabar 2.40 Daya seimbang pada hubung bintang dan segitiga

Jika sudut yang terletak diantara arus dan tegangan adalah Θ , maka besarnya daya per fasa adalah :

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

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

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

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

$$P_t = \frac{3 \cdot V_L}{1,73I_L} \cos \theta = 1,73V_L I_L \cos \theta$$

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

$$P_t = \frac{3 \cdot I_L}{1,73V_L} \cos \theta = 1,73V_L I_L \cos \theta$$

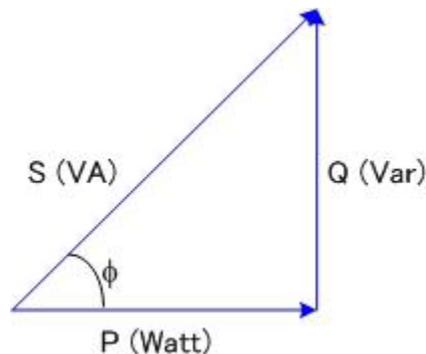
Dari persamaan total daya pada kedua jenis hubungan terlihat bahwa besarnya daya pada kedua jenis hubungan adalah sama, yang membedakan hanya

pada tngangan kerja dan arus yang mengalirnya saja, dan berlaku pada kondisi beban yang seimbang.

2.15. Perbaikan Faktor Daya dengan Kapasitor

2.15.1. Pengertian Faktor Daya

Dalam kehidupan sehari-hari, daya listrik yang dihasilkan oleh sebuah sumber listrik 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 panas, daya ini disebut daya nyata (P) dengan satuan Watt (W). Sedangkan sebagian lainnya disebut daya reaktif (R) dengan satuan Volt Ampere reaktif (Var) yang merupakan daya listrik tidak terpakai. Terdapat rasio perbedaan antara daya semu yang dihasilkan oleh sumber dan daya nyata yang terpakai, rasio ini disebut faktor daya. Besarnya faktor daya menunjukkan besarnya tingkat efisiensi sebuah jaringan dalam mendistribusikan daya listrik. Besarnya faktor daya dibatasi dari 0 sampai 1. Semakin nilai faktor daya mendekati 1 maka semakin baik karena daya yang terpakai semakin maksimal, sebaliknya semakin mendekati 0 daya yang terpakai semakin minimal (relatif buruk).



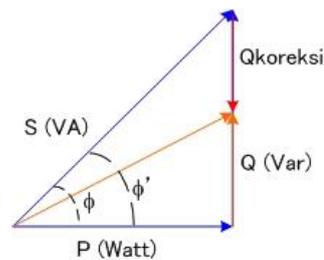
Gambar 2.41 Segitiga Daya

(sumber : konversi.files.wordpress.com/2010/05/sgtgl.jpg)

2.15.2. Perbaikan Faktor Daya

Faktor daya yang relatif rendah atau mendekati 0 menandakan bahwa daya nyata (P) yang digunakan adalah semakin sedikit dan daya relatif semakin besar. Hal tersebut mengakibatkan kerugian secara ekonomis maupun teknis, maka

daripada itu perlu dikaukan suatu perbaikan faktor daya. Perbaikan faktor daya ini dilakukan dengan menggunakan sebuah komponen yang kapasitif untuk menghasilkan daya reaktif, sehingga sumber tidak perlu menghasilkan daya reaktif dan tidak mengurangi daya nyata. Apabila sebuah kapasitor dipasang pada jaringan daya listrik, maka segitiga daya akan berubah. Daya reaktif yang harus dihasilkan berkurang sebesar Q_{koreksi} sehingga besarnya $\cos\phi$ akan naik.



Gambar 2.42 Segitiga Daya dengan Q_{koreksi}

(sumber : konversi.files.wordpress.com/2010/05/sgtgl.jpg)

2.15.3. Kapasitor *Bank*

Kapasitor *Bank* merupakan rangkaian yang terdiri dari beberapa unit kapasitor yang berfungsi untuk menyuplai daya reaktif dalam sebuah rangkaian instalasi listrik yang cenderung memiliki beban induktif.



Gambar 2.43. Kapasitor *Bank*

(sumber : <http://sekawan-servis-electronic.blogspot.co.id/2012/05/fungsi-kapasitor-bank-buat-kelistrikan.html>)

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 menghasilkan daya reaktif. Apabila tegangan sudah kembali normal maka elektron disimpan kembali dalam kapasitor.

Fungsi utama kapasitor *bank* adalah sebagai berikut :

1. Menghilangkan denda/kelebihan daya (kVARh).
2. Menghindari kelebihan beban transformer.
3. Memberikan daya tambahan yang tersedia.
4. Menghindari kenaikan arus dan suhu pada kabel.
5. Memaksimalkan daya (kVA).
6. Menghemat daya/efisiensi.
7. Menghindari *drop line voltage*.
8. Mengawetkan instalasi dan peralatan listrik.
9. Mengurangi rugi-rugi lainnya pada instalasi listrik.

2.16. Kapasitas Hubung Singkat

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

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

Perhitungan arus hubung singkat pada sebuah transformator 3 fasa dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut² :

$$I''_{KS} = \frac{c_{max} \times U_n}{\sqrt{3} \times Z_Q}$$

Dimana, Z_Q merupakan jumlah nilai impedansi hubung singkat transformator.

Tabel 2.2. *Voltage Factor c*

Nominal voltage U_n	Voltage factor c for calculation of	
	maximum short-circuit currents c_{max}	minimum short-circuit currents c_{min}
Low voltage 100 V - 1000 V (IEC 60038, Tab.I.)	1,05 1,10	0,95
Medium voltage > 1 kV - 35 kV (IEC 60038, Tab.III.)	1,10	1,00
High voltage > 35 kV (IEC 60038, Tab.IV.)		

² Calculation of Short-Circuit IEC 60909 (<https://id.scribd.com/doc/69845776/Calculation-of-Short-circuit-IEC-60909>)