



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Instalasi listrik adalah suatu sistem atau rangkaian yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik (*electrical power*) untuk kebutuhan manusia. Instalasi pada garis besarnya dapat dibagi dalam :

1. Instalasi penerangan listrik.
2. Instalasi daya listrik.

¹Yang termasuk di dalam instalasi penerangan listrik adalah seluruh instalasi listrik yang digunakan untuk memberikan daya listrik pada lampu. Pada lampu ini daya listrik/ tenaga listrik diubah menjadi cahaya yang digunakan untuk menerangi tempat/ bagian sesuai dengan kebutuhannya.

Instalasi penerangan listrik ada 2 macam :

1. Instalasi di dalam gedung adalah instalasi listrik di dalam bangunan gedung (termasuk untuk penerangan teras)
2. Instalasi di luar gedung adalah instalasi di luar bangunan gedung (termasuk disini adalah penerangan halaman, taman, jalan, penerangan papan nama).

2.1 Prinsip-Prinsip Dasar Instalasi Listrik

²Beberapa prinsip instalasi listrik yang harus menjadi pertimbangan pada pemasangan suatu instalasi listrik dimaksudkan agar instalasi yang dipasang dapat digunakan secara optimal, efektif dan efisien. Adapun prinsip dasar tersebut sebagai berikut :

¹ Nurfitri. Studi perancangan instalasi listrik gedung bertingkat onih bogor.bogor.unuversitas pangkuan bogor,2016.

² <http://yopisuteki.blogspot.com/2009/12/prinsip-dasar-instalasi-listrik.html?m=1>



a. *Safety* (Keamanan)

³Instalasi listrik harus dipasang dengan benar berdasarkan standar dan peraturan yang ditetapkan oleh SPLN, PUIL 2011 serta IEC (*International Electrotechnical Commission*) dengan tujuan untuk keamanan dan keselamatan bagi makhluk hidup, harta benda dan instalasi listrik itu sendiri.

Sistem instalasi listrik dinyatakan aman bagi makhluk hidup, harta benda maupun pada sistem instalasi listrik itu sendiri, bila dilengkapi dengan sistem *proteksi* yang sesuai dan mempunyai kehandalan yang tinggi dalam merespon gangguan yang terjadi baik secara langsung maupun tidak langsung.

Contoh: Suatu sistem instalasi listrik harus dilengkapi dengan sistem pentanahan/ pembumian agar manusia terhindar dari sentuhan tidak langsung akibat kejutan listrik yang tidak terduga karena adanya kebocoran arus listrik pada *body* peralatan listrik.

b. *Reliability* (Keandalan)

Kondisi yang diperlukan adalah keandalan terhadap :

1. Unjuk kerja sistem.
2. Pengoperasian sistem.
3. Peralatan yang digunakan.

Suatu sistem instalasi listrik dinyatakan handal bila operasi sistem kelistrikan dapat bekerja selama mungkin dan dapat diatasi dengan cepat bila terjadi gangguan.

c. *Accessibility* (Kemudahan)

Kondisi yang harus dicapai adalah kemudahan terhadap :

1. Pengoperasian, Perawatan & Perbaikan sistem.
2. Pemasangan dan penggantian peralatan sistem.
3. Pengembangan dan perluasan sistem.

³ <http://yopisuteki.blogspot.com/2009/12/prinsip-dasar-instalasi-listrik.html?m=1>



⁴Kemudahan 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.

Contoh: Agar memudahkan dalam mencari *trouble* pada suatu sistem kontrol, maka sistem instalasi panel kontrol harus dilengkapi label pada peralatan listrik yang terpasang, adanya penomoran pada terminal, kabel dan pengawatan peralatan yang disesuaikan dengan gambar/ diagram kontrol dan instalasi.

d. *Availability* (Ketersediaan)

Merupakan hal yang penting dalam suatu sistem instalasi listrik. karena berkaitan dengan kemungkinan pengembangan ataupun perluasan proses kontrol/ mesin yang meliputi ketersediaan terhadap:

- Alat
- Tempat/Ruang
- Daya

Suatu sistem instalasi listrik dinyatakan mempunyai ketersediaan apabila :

1. Adanya cadangan peralatan listrik sebagai alat pengganti bila terjadi kerusakan pada peralatan yang dalam kondisi operasi, baik yang telah tersedia di lapangan umum maupun yang dengan mudah didapat dipasaran.
2. Adanya cadangan tempat atau ruang yang diperlukan untuk menempatkan peralatan tambahan, karena adanya pengembangan ataupun perluasan sistem.
3. Adanya cadangan daya pada sistem instalasi yang dapat langsung digunakan tanpa harus mengganti ataupun menambah kabel pada sistem instalasi.

⁴ <http://yopisuteki.blogspot.com/2009/12/prinsip-dasar-instalasi-listrik.html?m=1>



e. *Impact of Environment* (Pengaruh lingkungan)

Perencanaan sistem instalasi listrik harus mempertimbangkan dampak yang terjadi pada lingkungan sekitar dimana sistem instalasi dipasang, yang meliputi :

- Pengaruh Lingkungan terhadap peralatan
- Pengaruh Peralatan terhadap lingkungan

⁵Bila 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. Contoh : Gardu listrik dipasang pada suatu taman yang indah. maka harus dipertimbangkan konstruksi bangunan gardu listrik agar tidak merusak keindahan taman.

Lingkungan dimana peralatan listrik atau sistem instalasi listrik dipasang harus dipertimbangkan apakah lingkungan dapat merusak peralatan/instalasi listrik yang ada disekitarnya. Bila ada kemungkinan dapat merusak peralatan/instalasi, maka harus dipilih peralatan bahan instalasi yang tidak dapat terpengaruh terhadap kondisi lingkungan tersebut. Contoh :

1. Kabel instalasi dipasang pada lingkungan yang dipengaruhi oleh bahan kimia tertentu, maka harus dipilih bahan isolasi kabel yang tahan terhadap pengaruh bahan kimia tersebut.
2. Peralatan listrik dipasang pada lingkungan yang lembab maka harus digunakan peralatan listrik yang mempunyai IP (*Index Protection*) tertentu.

f. *Economic* (ekonomis)

Perencanaan sistem instalasi listrik perlu mempertimbangkan kondisi operasional jangka panjang agar dapat dihemat biaya-biaya yang dikeluarkan terhadap :

⁵ <http://yopisuteki.blogspot.com/2009/12/prinsip-dasar-instalasi-listrik.html?m=1>



- Pemeliharaan dan perluasan sistem.
- Pemakaian/ penggantian peralatan.
- Pengoperasian sistem.

⁶Kondisi *ekonomis* pada suatu sistem instalasi dikatakan berhasil bila *efisien* dan *efektif* terhadap penggunaan daya listrik, peralatan yang digunakan cukup andal dan kecilnya *delay time* pada pengoperasian proses produksi. Contoh: Bila proses produksi banyak menggunakan beban *induktif* agar penggunaan daya listrik *efektif* maka sistem instalasi listriknya harus dilengkapi dengan kompensasi daya listrik yaitu dengan memasang *Capasitor Bank*.

g. *Esthetic* (Keindahan)

Suatu hal yang penting pada sistem instalasi listrik adalah keindahan dan kerapian, yang meliputi :

- Kerapian dalam pemasangan dan pengawatan
- Keserasian dalam penggunaan/ pemilihan peralatan
- Keserasian dan keindahan tata letak dan kenyamanan ruang operasi.

Kerapian dalam pemasangan dan pengawatan akan menimbulkan kemudahan dan kejernihan pikiran dalam melaksanakan perawatan dan perbaikan pada sistem instalasi.

Keserasian dalam pemilihan dan penggunaan/ pemilihan peralatan yang disesuaikan dengan ukuran, bentuk dan warna yang sedemikian rupa, sehingga menimbulkan pemandangan yang indah dan nyaman.

Keserasian dan keindahan tata letak akan menimbulkan suasana yang memberikan kenyamanan serta menghindari kebosanan bagi pelaksana operasi pada ruang dimana suatu kendali sistem kontrol dipasang.

⁶ <http://yopisuteki.blogspot.com/2009/12/prinsip-dasar-instalasi-listrik.html?m=1>



2.2 Ketentuan-Ketentuan Pokok Instalasi

1. ⁷Pemasangan kabel dalam pipa harus pipanya dipasang dulu, kemudian menyusul kabel (RA-NYA) ditarik masuk di dalamnya. Untuk penggantian kabelnya harus dapat dikerjakan tanpa membongkar pipa- pipanya.
2. Pemasangan kabel seperti diatas tidak berlaku untuk kabel dengan penampang 10 mm² keatas, asalkan dipasang secara jelas dan mudah di capai.
3. Warna kabel sesuai dengan PUIL.
4. Pipa yang boleh digunakan adalah yang dari baja pakai/tanpa sambungan memanjang, dengan ulir atau sambungan selorok, dan pipa plastik.
5. Untuk membuat bengkokan pipa baja, syarat-syaratnya sebagai berikut:
 - a. Dengan diameter maka s/d 16 mm – jari-jari = 4 x fluk pipa
 - b. Diameter diatas 16 mm² , - jari-jari = 6 x fluk pipa
 - c. Untuk pipa plastik cukup dengan 3 x fluk pipa.
6. Penarikan kabel harus lewat kotak tarik, sedang untuk menyambung digunakan kota penyambung/tarik, dengan pengeras/ isolasi lasdop atau sejenisnya.
7. Diantara dua kotak tarik boleh berada tiga benda bengkokan atau pipa lurus sejauh 20 m. Ujung pipa harus dilengkapi dengan, cincin pengaman (*tule*), dan jarak klem pipa *maximum* 1m.
8. Penggunaan pipa pakai sambungan dengan cara memasang pipa secara horizontal, sambungan harus berada dibawah, dan pada pasangan vertikal, sambungan harus berada pada dindingnya.
9. Saklar dan kotak-kontak harus dipasang setinggi 1,2 m atau 2 m dariantai.
10. Jenis kabel seperti NYM boleh dipasang tanpa pipa pada dan di dalam tembok.
11. Pemasangan instalasi dalam tembok (*Inbow*) dikerjakan sebagai berikut:

⁷ Ardiarta agus. Dasar-dasar instalasi listrik. Depok: PT.Raja Grafindo Persada, 2017.



- a. Di dalam tembok beton, pipa dipasang lebih dulu sebelum beton dicor, pipa yang digunakan adalah Pipa Ulir (*schroefbuis*), dan tak boleh di cat menie.
 - b. Dalam tembok-plesteran, lobang-lobang dan jalur-jalur untuk menanam pipa dan sebagainya, dibuat dan disiapkan sesudah dinding temboknya selesai.
 - c. Digunakan pipa dengan sambungan (*Schuijbuisen*), dan dipasang dulu sebelum diplester.
12. Pemasangan kotak kontak harus dilengkapi dengan kontak pengaman, kecuali jika sudah ada tambahan isolasi pengaman yang dapat mencegah bahaya tegangan.
 13. Kabel untuk lampu minimum dengan penampang 0,5 mm.
 14. *Fitting edison* hanya boleh untuk lampu sebesar 300 watt.
 15. Setiap instalasi rumah harus dilengkapi dengan sekering dan sakelarutama.
 16. Setiap kotak kontak (stop kontak) hanya dibolehkan untuk satu saluran/ satu tusuk kontak.⁸

2.3 Penghantar

Untuk mensuplai beban pada suatu instalasi listrik agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya maka diperlukan suatu penghantar atau kabel, dengan demikian penghantar adalah suatu benda yang dapat menghantarkan arus listrik.

Penghantar yang diperlukan haruslah sesuai dan cocok dengan besarnya beban yang disuplai serta memenuhi suatu persyaratan yang telah ditetapkan dan diakui oleh instansi yang berwenang agar terjamin keamanan dan keandalan suatu sistem instalasi listrik.

Fungsi penghantar adalah untuk menyalurkan energi listrik dari sumber listrik satu titik beban listrik ke titik beban listrik yang lain. Batasan kawat berisolasi adalah rakitan satu penghantar, baik penghantar serabut maupun pejal yang dilindungi dengan isolasi.

⁸ Ardiarta agus. Dasar-dasar instalasi listrik. Depok: PT.Raja Grafindo Persada, 2017.



Ada tiga bagian pokok dari suatu penghantar kabel yaitu :

1. Penghantar merupakan media untuk menghantarkan listrik
2. Isolasi merupakan bahan elektrik untuk mengisolir antara penghantar dengan penghantar lainnya maupun terhadap lingkungannya.
3. Pelindung luar yang memberikan pelindung dari kerusakan mekanis, pengaruh bahan kimia, api dan pengaruh oleh keadaan luar lainnya

2.4 Komponen - Komponen dan Alat – Alat Instalasi Listrik

2.4.1 Komponen-Komponen Instalasi Listrik

1. Panel Hubung Bagi (PHB)



Gambar 2.1 Panel Hubung Bagi

⁹Panel Hubung Bagi adalah box panel yang di dalamnya terdiri dari MCB (*Miniature Circuit Breaker*) yang berfungsi sebagai penghubung/penyalur arus listrik dari sumber listrik APP dan pembagi arus listrik ke beban listrik (lampu, kotak kontak, dan lain-lain). Kotak hubung bagi harus dari bahan yang tidak dapat terbakar, tahan lembab dan kokoh. Perlengkapan hubung bagi (PHB) ini harus dipasangkan di tempat yang mudah dicapai dari jalan masuk bangunan.

⁹ Suryatmo F. Teknik listrik instalasi penerangan. Jakarta: PT Rineka Cipta, 1986.



Pada saluran masuk PHB yang berdiri sendiri harus sekurang kurangnya satu sakelar. Kemampuan hantar arus sakelar ini harus sekurang kurangnya sama dengan arus nominal pengamannya tetapi tidak boleh kurang dari 10 Ampere. Pada hantaran netral tidak boleh dipasangkan pengaman arus, kecuali bila potensial hantaran netralnya tidak selalu mendekati potensial. Pada keadaan berikut ini:

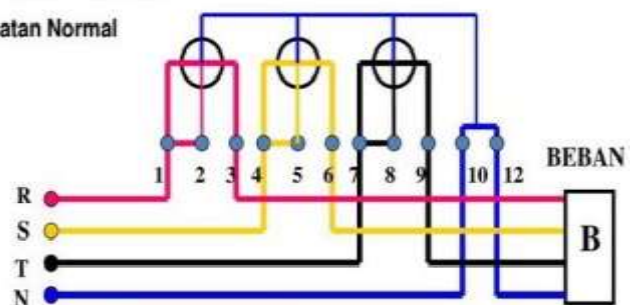
- a. Jika saluran keluar memberi suplai kepada lebih dari dua PHB lain.
- b. Jika saluran keluar memberi suplai kepada lebih dari dua motor atau lebih dari dua peralatan listrik tegangan rendah.
- c. Jika saluran keluar dihubungkan dengan lebih dari dua kotak kontak yang masing-masing sebesar 16 Ampere.
- d. Jika arus nominal saluran keluar sama dengan atau melebihi 100 A atau 100 A per fasa, maka pada saluran keluar permukaan PHB harus dipasangkan sakelar keluar.

2. KWH Meter 3 Fasa



KWh meter 3 fasa

Pengawatan Normal



Gambar 2.2 KWH Meter 3 fasa

Kwh meter 3 fasa merupakan alat ukur yang digunakan oleh PLN untuk mengukur energi listrik mulai dari daya 6600 VA ke atas dengan instalasi listrik yang menggunakan empat kabel penghantar yaitu 3 kabel di fungsikan fasa dan 1 kabel lagi di fungsikan sebagai netral.¹⁰

¹⁰ Suryatmo F. Teknik listrik instalasi penerangan. Jakarta: PT Rineka Cipta, 1986.



Dalam sistem penyaluran energi listrik ke konsumen, PT PLN (Persero) sebagai perusahaan yang mendistribusikan energi listrik ke konsumen melalui suatu alat yang disebut dengan alat pengukur dan Pembatas Arus yang disingkat dengan APP. Alat pengukur dan pembatas arus ini dulu dikenal dengan kWh- meter. kWh berfungsi sebagai pengukur daya listrik yang digunakan oleh konsumen, dan sebagai pembatas arus listrik sesuai dengan besarnya kapasitas daya listrik (dalam satuan Volt Ampere) yang diajukan ke PT PLN untuk dipasang pada konsumen. Pembatas arus pada APP tersebut berupa MCB.

3. MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker*)



Gambar 2.3 MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker*)

¹¹MCCB merupakan perangkat pengaman pada tegangan menengah yang beroperasi secara otomatis terhadap beban lebih dan hubung singkat. Pada jenis tertentu pengaman ini, memiliki kemampuan pemutusan yang dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan. Arus nominal pada rating MCCB harus lebih besar dari arus yang dibutuhkan oleh peralatan yang terhubung. Adapun bagian-bagian MCCB dapat di lihat pada gambar 2.3.

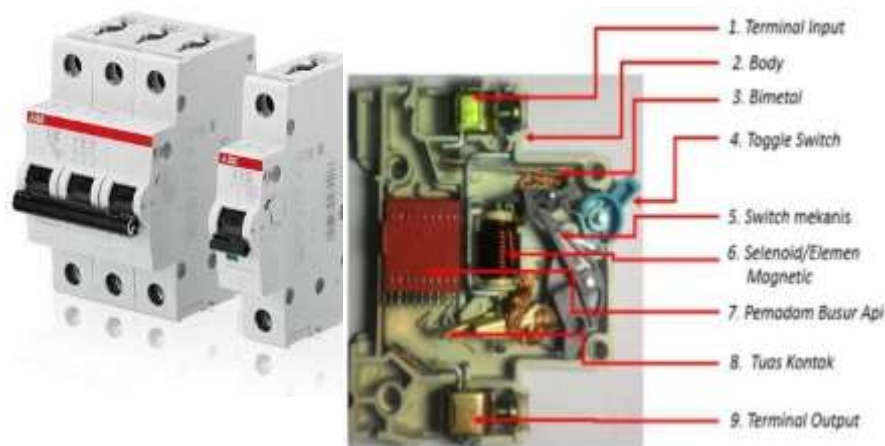
¹¹ Suryatmo F. Teknik listrik instalasi penerangan. Jakarta: PT Rineka Cipta, 1986.



Prinsip kerja MCCB pengaman *thermis* untuk gangguan arus lebih dan pengaman *magnetic* untuk gangguan hubung singkat. Pengaman *thermis* ini menggunakan *bimetal* yang terdiri dari dua lempeng logam yang saling menempel. Panas yang dihasilkan oleh gangguan arus lebih akan menyebabkan *bimetal* ini melengkung dan mendorong tuas pemutus sehingga MCCB akan *trip*. Namun pengaman *thermis* ini memiliki respon yang sangat lambat dibandingkan pengaman *magnetic*.

Pengaman *magnetic* menggunakan koil, ketika terjadi gangguan hubung singkat maka koil akan terinduksi dan timbul medan magnet. Akibatnya poros yang ada di dekatnya akan tertarik dan menjalankan tuas pemutus. Pengaman *magnetic* tidak memerlukan waktu lama untuk tripnya. Karena pengaman *magnetic* bekerja secara *magnetic* sehingga waktu yang dibutuhkan untuk induksi sangatlah cepat dibandingkan dengan prinsip panas. Sehingga pengaman *magnetic* memiliki waktu yang sangat singkat/ tidak memerlukan waktu yang lama untuk *trip*. MCCB ini dipakai hampir sama dengan MCB tetapi dengan batas arus beban yang lebih besar dari 100 Ampere sampai dengan 1.600 Ampere.¹²

4. MCB (*Miniature Circuit Breaker*)



Gambar 2.4 MCB 1 fasa dan MCB 3 fasa

¹² Suryatmo F. Teknik listrik instalasi penerangan. Jakarta: PT Rineka Cipta, 1986.



¹³MCB merupakan salah satu jenis pengaman listrik untuk melindungi atau mengamankan atau mencegah sistem instalasi listrik dari beban arus yang melebihi kemampuannya. Arus yang mengalir pada suatu penghantar akan menimbulkan bahaya listrik seperti bahaya kebakaran akibat dari *korsleting* dan juga berfungsi sebagai pengaman beban lebih.

MCB akan secara otomatis dengan segera memutuskan arus apabila arus yang melewatinya melebihi dari arus nominal yang telah ditentukan pada MCB tersebut. Arus nominal yang terdapat pada MCB adalah 1A, 2A, 4A, 6A, 10A, 16A, 20A, 25A, 32A dan lain sebagainya.

5. Terminal *Busbar*



Gambar 2.5 Terminal *Busbar*

Terminal *busbar* merupakan konduktor yang terbuat dari plat tembaga atau aluminium. Dua jenis bahan yang lazim digunakan pada konstruksi *busbar* adalah tembaga dan aluminium. Jenis bahan batang dipilih berdasarkan beberapa faktor yaitu:

- a. Kekuatan mekanik
- b. Harga.
- c. Kondisi fisik (daya hantar, ketahanan korosi, atau koefisien pemuai).

Kekuatan mekanik adalah salah satu pemilihan utama dalam perencanaan *busbar*. Suatu sistem *busbar* harus melihat kondisi daya lingkungan atau daya

¹³ Suryatmo F. Teknik listrik instalasi penerangan. Jakarta: PT Rineka Cipta, 1986.



dukung, sebaik baiknya kekuatan yang disebabkan oleh pemuaiian panas dalam kedua operasi yang normal dan dibawah kondisi arus pendek.

Umumnya benda ini memiliki bentuk persegi panjang atau tabung dengan tingkat ketebalan berbeda-beda. *Busbar* sendiri berguna sebagai penghantar energi listrik sekaligus mengatur sistem masukan dan keluaran dari panel listrik menuju ke beban. Ukuran dari *busbar* sangat penting dalam menentukan jumlah maksimum arus listrik yang dapat dialirkan dengan aman.

Terminal *busbar* juga menjadi penghubung untuk semua kabel DC (*direct current*) yang memiliki arus searah. Hal tersebut dibuat apabila *busbar* dipergunakan pada sistem lebih kecil, dimana terdapat peralatan DC yang banyak. Dengan kata lain, fungsi *busbar* dalam panel listrik akan mendistribusikan listrik mulai dari *feeder*, *incomer* dan komponen listrik lainnya.

Keuntungan dari batang persegi empat ini adalah sebagai berikut:

- a mempunyai daerah permukaan yang relatif besar sehingga memiliki fasilitas pemborosan panas bentuk batangan yang diizinkan untuk dikerjakan, disimpan, dan *handle* yang lebih mudah ditegakkan dari pada bentuk yang lebih lengkap.
- b Sambungan akan lebih mudah dibuat dengan batang *overlapping* atau bertumpang tindih. Kapasitas arus dapat meningkat/naik dengan menggunakan sejumlah batang yang dihubungkan secara paralel pada masing-masing batang *laminated*.

6. Kabel Listrik

¹⁴Kabel adalah penghantar yang terbungkus isolasi, ada yang berinti tunggal atau banyak, ada yang kaku atau berserat, ada yang dipasang di udara atau di dalam tanah, dan masing-masing digunakan sesuai dengan kondisi pemasangannya. Kabel listrik pun mempunyai ragam jenis yang bermacam-macam sesuai fungsinya sebagai berikut:

¹⁴ Suryatmo F. Teknik listrik instalasi penerangan. Jakarta: PT Rineka Cipta, 1986.



- a. Kabel NYA biasanya digunakan untuk instalasi rumah dan dalam instalasi rumah yang sering digunakan adalah NYA dengan ukuran penampang penghantar 1,5 mm², dan 2,5 mm² Kabel NYA berinti tunggal, berlapis bahan isolasi PVC. Kode warna isolasi ada warna merah, kuning, biru dan hitam. Lapisan isolasinya hanya 1 (satu) lapis sehingga mudah cacat, tidak tahan air (kabel NYA adalah tipe kabel *in-door*) dan mudah digigit tikus. Agar aman jika menggunakan kabel NYA lebih baik kabel di pasang dengan pelindung pipa atau saluran penutup, sehingga aman dari gangguan tikus dan air, serta isolasinya tidak mudah terkelupas.



Gambar 2.6 Konstruksi kabel NYA

- b. Kabel NYM adalah kabel yang memiliki beberapa penghantar dan memiliki isolasi luar sebagai pelindung. Kabel NYM memiliki lapisan isolasi PVC polly vinyl chlorida 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 di lingkungan yang kering dan basah, namun tidak boleh ditanam. Konstruksi dari kabel NYM terlihat pada gambar. Penghantar dalam pemasangan pada instalasi listrik, boleh tidak menggunakan pelindung pipa. Namun untuk memudahkan saat penggantian kabel. sebaiknya pada pemasangan dalam dinding/ beton menggunakan pelindung pipa.¹⁵

¹⁵ Suryatmo F. Teknik listrik instalasi penerangan. Jakarta: PT Rineka Cipta, 1986.



Gambar 2.7 Konstruksi kabel NYM

- c. Kabel NYY dalam suatu sistem instalasi listrik, biasanya dipasang pada lokasi atau ruangan khusus yang memiliki suhu yang lebih panas dari ruangan lainnya seperti dapur, sauna, dan *laundry*. Kabel ini juga dapat ditanam dalam tanah, dengan syarat diberikan perlindungan terhadap kemungkinan kerusakan mekanis. Perlindungannya bisa berupa pipa atau pasir dan di atasnya diberi batu. Pada prinsipnya susunan kabel NYY sama dengan susunan kabel NYM. Hanya tebal isolasi dan selubung luarnya serta jenis PVC yang digunakan berbeda. Warna selubung luarnya hitam.¹⁶

Untuk kabel tegangan rendah tegangan nominalnya 0,6/1 kV di mana maksudnya, yaitu:

- 0,6 kV Tegangan nominal terhadap tanah
- 1,0 kV Tegangan nominal antar penghantar



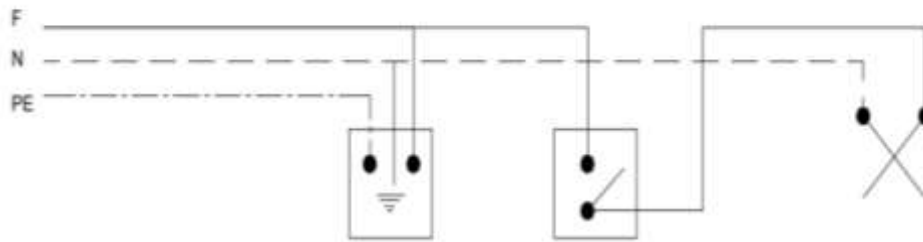
Gambar 2.8 Konstruksi kabel NYY

¹⁶ Suryatmo F. Teknik listrik instalasi penerangan. Jakarta: PT Rineka Cipta, 1986.

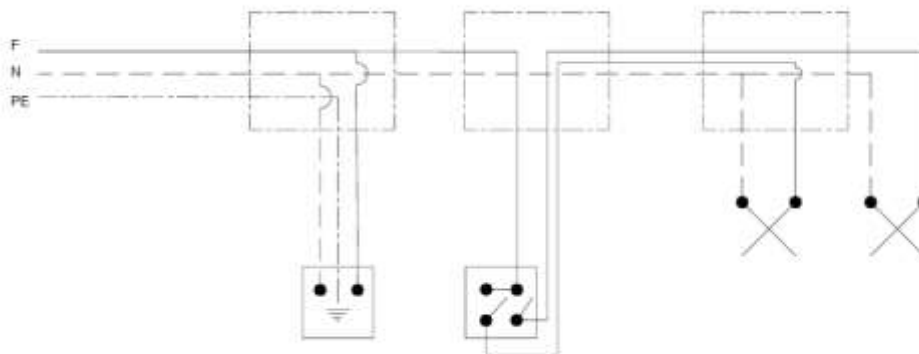


7. Saklar Listrik

¹⁷Saklar adalah suatu komponen atau perangkat yang digunakan untuk memutuskan atau menghubungkan aliran listrik. Saklar dinding biasanya ditempatkan kurang lebih 120 cm di atas lantai pada jalan yang biasa dilalui. Jika harus digunakan dengan membuka pintu terlebih dahulu, maka saklar ditempatkan didekat dan disisi daun pintu yang membuka. Saklar yang digunakan adalah saklar tunggal dan saklar seri.



Gambar 2.9 Single Line diagram pengawatan saklar Tunggal dan stop kontak



Gambar 2.10 Single Line diagram pengawatan saklar Seri dan stop kontak

¹⁷ Suryatmo F. Teknik listrik instalasi penerangan. Jakarta: PT Rineka Cipta, 1986.



8. *Fitting* Lampu



Gambar 2.11 *Fitting* Lampu

¹⁸Fiting merupakan peralatan perlengkapan listrik yang digunakan sebagaiudukan lampu yang memiliki konstruksi seperti lampu pijar, biasanya dipasang di plafon dan ada juga dipasang di dinding. *Fitting* berperan sebagai “rumah” bagi bola lampu. Bagian kepala fitting terbuat dari Kuningan atau besi. Bola lampu dieratkan pada *fitting* dengan cara diputar hingga erat, sehingga titik konektor listrik pada bola lampu terhubung dengan daya listrik dari fitting dan menyalakan lampu. Fitting tersedia dalam berbagai jenis, baik yang gantung, tempelan, dan fitting langsung pada stop kontak.

9. Lampu LED (*light emitting diode*)



Gambar 2.12 Lampu LED (*light emitting diode*)

Lampu LED adalah produk diode pancaran cahaya (LED) (*light emitting diode*) yang disusun menjadi sebuah lampu.

¹⁸ Suryatmo F. Teknik listrik instalasi penerangan. Jakarta: PT Rineka Cipta, 1986.



Lampu LED (*light emitting diode*) memiliki usia pakai dan efisiensi listrik beberapa kali lipat lebih baik daripada lampu pijar dan tetap jauh lebih efisien dari pada lampu *neon*. Lampu LED (*light emitting diode*) hanya butuh energi sebesar 10% dari energi yang dibutuhkan lampu pijar. Perkembangan teknologi lampu yang pesat telah mengantar penciptaan jenis lampu baru, yaitu LED (*Light Emitting Diode*). Lampu LED memiliki usia yang sangat panjang, dengan konsumsi daya listrik yang sangat kecil.

Lampu LED (*light emitting diode*) sangat menunjang desain pencahayaan karena memiliki variasi warna, yaitu putih dingin (*cool white*), kekuningan, merah, hijau, dan biru. Variasi warna ini memungkinkan penciptaan suasana ruang maupun objek yang senantiasa berubah (*color changing*) dengan memainkan warna-warna yang berbeda pada waktu-waktu tertentu. Lampu ini tersedia dalam berbagai macam bentuk dan ukuran sehingga dapat dipasang pada *fitting-fitting* lampu yang telah ada.¹⁹

10. Air Conditioner (AC)



Gambar 2.13 Air Conditioner (AC)

¹⁹ Suryatmo F. Teknik listrik instalasi penerangan. Jakarta: PT Rineka Cipta, 1986.



Air conditioner (AC) Floor Standing sesuai namanya merupakan *air conditioner (AC)* yang unit *indoornya* berdiri/ duduk dan bisa dipindah-pindah sesuai dengan keinginan kita. Karena simple dan mudah dibawa kemana-mana, maka banyak orang yang menyewakan model *air conditioner (AC)* jenis ini. Tapi *air conditioner (AC)* jenis ini memiliki banyak kekurangan dengan tinggi nya yang menyamai tinggi manusia angin yang dikeluarkan dari *air conditioner (AC)* ini langsung menyembur ke tubuh yang tidak baik pada kesehatan dan penyebaran dingin yang tidak merata.

²⁰Ada 3 faktor yang perlu diperhatikan pada saat menentukan kebutuhan PK AC pada suatu ruangan, yakni daya pendingin AC (*BTU/hr – British Thermal Unit per hour*), daya listrik yang dipakai (watt), dan PK *compressor* AC. Secara umum orang mengenal angka PK (*Paard Kracht/Daya Kuda/Horse Power*) pada AC.

Tabel 2.1 ketentuan Daya AC

PARAMETER		UNIT	2 PK	3 PK (220v)	3 PK (380v)	5 PK (380v)	6 PK (380v)
Model			GVC-18TS	GVC-24TS	GVC-24TS(S)	GVC-48TS(S)	GVC-55TS(S)
Suplai Daya	Tegangan	V~	220 - 240		380 - 415		
	Frekuensi	Hz	50				
	Phases		1		3		
Tegangan Min. / Maks.		V~	185/264		319/457		
Kapasitas Pendingin		Btu/h	18000	24000		45000	51862
Daya Masuk Pendingin		W	1760	2500		4390	5410
Arus Pendingin		A	10.5	16.5	9.6	9.55	17.6
EER		(Btu/h)/w	10.23	9.6		10.25	9.59
Sirkulasi Udara		m ³ /h	970/830/720/ 610	1000/850/730 /650	930/800/710/ 600	1900/1850/1700/ 1530	1800/1650/1500/ 1350
Area Aplikasi		m ²	23 - 34	32 - 50		55 - 85	80 - 100
Unit Indoor	Dimensi (PxLxT)	mm	485 x 1720 x 321	207x1770x 320	485 x 1720x 321	587 x 1882x 394	
	Berat Bersih	kg	36	38.5	36	55	61
Unit Outdoor	Dimensi (PxLxT)	mm	955 x 700 x 424			1032 x 1250 x 412	
	Berat Bersih	kg	54	60	59	107	
Sambungan Pipa	Bahan Pendingin Tambahan	g/m	12				
	Dimensi Luar Pipa Cairan	Inch	1/4"			3/8"	1/2"
	Dimensi Luar Pipa Gas		1/2"			3/8"	1/4"
Freon			R32				R410

²⁰ Suryatmo F. Teknik listrik instalasi penerangan. Jakarta: PT Rineka Cipta, 1986.



2.5 Daya Listrik

²¹Daya listrik adalah banyaknya energi tiap satuan waktu dimana pekerjaan sedang berlangsung atau kerja yang dilakukam dalam persatuan waktu.

Dari satuan daya maka muncul lah satuan energi lain yaitu jika daya dinyatakan dalam kilowatt (kW) dan waktu dalam jam, maka satuan energi adalah kilowatt jam atau *kilowatt-hour* (kWh).

Dalam satuan *Internasional* (SI), satuan daya adalah watt (W) atau setara Joule per detik (J/sec). daya listrik juga diekspresikan dalam watt (W) atau kilowatt (kW).

2.5.1 Daya Aktif

Merupakan daya listrik yang dibutuhkan oleh peralatan listrik untuk mengoperasikan peralatan tersebut. Atau dengan kata lain daya aktif adalah daya yang terpakai oleh peralatan listrik. Daya aktif mempunyai nilai besaran dan arah. Besarnya daya aktif dapat dicari dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$P = V \cdot I \cos \varphi \text{ (Untuk 1 Fasa) (2.1)}$$

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cos \varphi \text{ (Untuk 3 Fasa)..... (2.2)}$$

Dengan :

P = daya aktif yang diserap beban (watt)

V = tegangan yang mencatu beban (volt)

I = arus yang mengalir pada beban (A)

faktor daya = $\cos \varphi$

²¹ Dwi Oktariza. Anlisa keseimbangan pembagian daya dan beban yang terpasang pada instalasi listrik KPA politeknik negeri sriwijaya.Palembang: Politeknik negeri sriwijaya,2020.



2.5.2 Daya Semu

²²Daya semu adalah daya hasil resultan atau penjumlahan dari daya aktif dan daya reaktif. Umumnya daya semu ini adalah daya sambung yang tertera pada kWh meter atau dengan kata lain daya semu adalah daya yang diberikan oleh sumpai tenaga listrik. Dalam masyarakat umum daya inilah yang diberikan langsung oleh PLN dalam satuan VA (Volt Amper). Secara matematis daya semu dapat dihitung dengan rumus di bawah ini:

$$S = V \cdot I \text{ (untuk 1 Phasa).....(2.3)}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \text{ (untuk 3 Phasa)(2.4)}$$

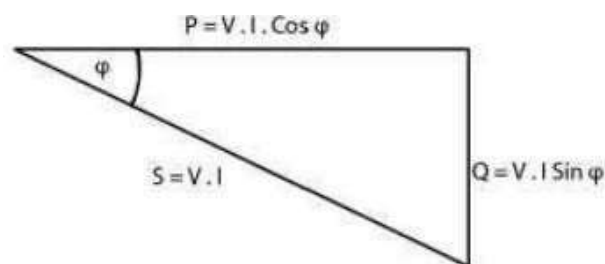
Keterangan :

S = Daya semu (VA)

I = Arus yang mengalir(Ampere)

V = Tegangan (Volt)

Adapun hubungan antara daya aktif, daya reaktif dan daya semu dapat digambarkan dalam sebuah diagram daya seperti di bawah ini:



Gambar 2.14 Segitiga Daya

²² Dwi Oktariza. Anlisa keseimbangan pembagian daya dan beban yang terpasang pada instalasi listrik KPA politeknik negeri sriwijaya.Palembang: Politeknik negeri sriwijaya,2020.



2.5.3 Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan daya yang tidak terpakai dalam suatu system tenaga listrik. Yang akan kembali lagi ke system distribusi tenaga listrik. Adanya daya reaktif juga sering dipengaruhi oleh beban induktif atau kapasitif suatu rangkaian listrik. Secara matematis daya reaktif dapat dicari dengan menggunakan rumus di bawah ini:²³

$$Q = V \cdot I \sin \phi \text{ (Untuk 1 Phasa)} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$Q = \sqrt{3} V \cdot I \sin \phi \text{ (Untuk 3 Phasa)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan :

Q = daya reaktif (VAR)

V = tegangan yang mencatu beban (volt)

I = arus yang mengalir pada beban (A)

$\sin \phi$ = faktor reaktif

2.6 Faktor Daya

²⁴Faktor daya merupakan rasio antara daya (dalam satuan watt) terhadap produk tegangan dan arus (dalam satuan VA) yang berbeda Phasa, disebabkan reaktansi rangkaian, termasuk alat yang merupakan beban.

$$\cos \phi = p$$

Keterangan:

P = Daya Aktif (Watt)

S = Daya Semu (VA)

²³ Dwi Oktariza. Anlisa keseimbangan pembagian daya dan beban yang terpasang pada instalasi listrik KPA politeknik negeri sriwijaya. Palembang: Politeknik negeri sriwijaya, 2020.

²⁴ Suryatmo F. Teknik listrik instalasi penerangan. Jakarta: PT Rineka Cipta, 1986.



Daya aktif ini merupakan daya tidak berguna sehingga tidak dapat dirubah menjadi tenaga akan tetapi diperlukan untuk proses transmisi energi listrik pada beban. Jadi yang menyebabkan pemborosan energi listrik adalah banyaknya peralatan yang bersifat induktif. Berarti dalam penggunaan energi listrik pelanggan tidak hanya dibebani oleh daya aktif (kW) saja tetapi juga daya reaktif (kVAR).

Penjumlahan kedua daya itu akan menghasilkan daya nyata atau semu yang merupakan daya yang disuplai oleh PLN. Jika nilai daya ini diperbesar yang biasanya dilakukan oleh pelanggan industri maka rugi - rugi daya menjadi besar sedangkan daya aktif (kW) dan tegangan yang sampai ke konsumen berkurang. Dengan demikian, produksi pada industri itu akan menurun hal ini tentunya tidak boleh terjadi untuk itu suplai daya dari PLN harus ditambah berarti penambahan biaya. Karena daya itu $P = V \cdot I$, maka dengan bertambah besarnya daya berarti terjadi penurunan harga V naiknya harga I .

Faktor daya mempunyai nilai antara 0-1. Faktor daya yang sangat ideal jika nilainya mendekati 1. Faktor daya yang rendah merugikan dan mengakibatkan arus tinggi sehingga tagihan listrik membengkak.²⁵

Dalam kelistrikan dikenal 3 jenis faktor daya yaitu:

1. Faktor Daya Sephasa (Unity).
2. Faktor Daya Terbelakang (Lagging).
3. Faktor Daya Mendahului (Leading).

2.6.1 Faktor Daya Sephasa (Unity)

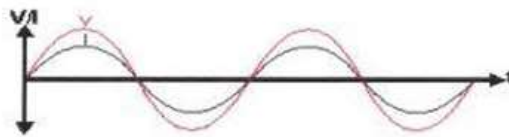
Faktor daya unity adalah keadaan saat nilai $\cos \phi$ adalah satu dan tegangan sephasa dengan arus. Faktor daya Unity akan terjadi bila jenis beban adalah resistif murni.

²⁵ Suryatmo F. Teknik listrik instalasi penerangan. Jakarta: PT Rineka Cipta, 1986.



Gambar 2.15 Arus Sefasa dengan Tegangan.

Pada Gambar terlihat nilai $\cos \phi$ sama dengan 1, yang menyebabkan jumlah daya nyata yang dikonsumsi beban sama dengan daya semu.

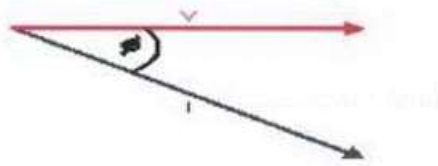


Gambar 2.16 Gelombang Faktor Daya Sefasa

2.6.2 Faktor Daya Terbelakang (Lagging)

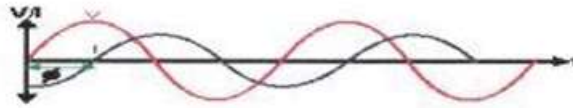
Faktor daya terbelakang (lagging) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut:

- Beban/ peralatan listrik memerlukan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat induktif.
- Arus (I) terbelakang dari tegangan (V), V mendahului I dengan sudut ϕ .

Gambar 2.17 Arus tertinggal dari tegangan sebesar sudut ϕ



Dari Gambar terlihat bahwa arus tertinggal dari tegangan maka daya reaktif mendahului daya semu, berarti beban membutuhkan atau menerima daya reaktif dari sistem.²⁶

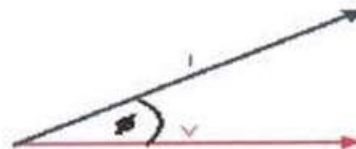


Gambar 2.18 Gelombang Faktor Daya Terbelakang

2.6.3 Faktor Daya Mendahului (Leading)

²⁷Faktor daya mendahului (leading) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut:

- a. Beban atau peralatan listrik memberikan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat kapasitif.
- b. Arus mendahului tegangan, V terbelakang dari I dengan sudut ϕ

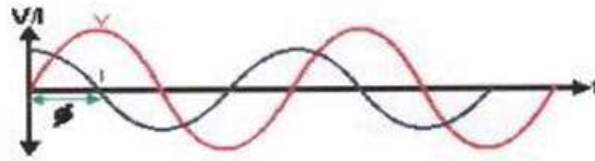


Gambar 2.19 Arus mendahului dari tegangan sebesar sudut ϕ

Dari Gambar terlihat bahwa arus mendahului tegangan maka daya reaktif tertinggal dari daya nyata, berarti beban memberikan daya reaktif dari beban.

²⁶ Suryatmo F. Teknik listrik instalasi penerangan. Jakarta: PT Rineka Cipta, 1986.

²⁷ Suryatmo F. Teknik listrik instalasi penerangan. Jakarta: PT Rineka Cipta, 1986.



Gambar 2.20 Gelombang Faktor Daya Mendahului

2.7 Pemilihan penghantar

²⁸Dalam pemilihan jenis penghantar yang akan digunakan dalam suatu instalasi dan luas penghantar yang akan dipakai dalam instalasi tersebut ditentukan berdasarkan 6 pertimbangan:

a. Kemampuan Hantar Arus (KHA)

Untuk menentukan luas penampang penghantar yang diperlukan maka, harus ditentukan berdasarkan arus yang melewati penghantar tersebut.

Berdasarkan Tabel KHA (Kemampuan Hantar Arus) di PUIL 2000, untuk kabel jenis NYM KHA terus menerus adalah sebagai berikut :

- Luas penampang kabel 2,5 mm² = 26 A
- Luas penampang kabel 4 mm² = 34 A
- Luas penampang kabel 6 mm² = 44 A
- Luas penampang kabel 10 mm² = 61 A
- Luas penampang kabel 16 mm² = 82 A

sedangkan untuk kabel jenis NYY KHA terus menerus adalah sebagai berikut.

²⁸ Lisney Trevor. Instalasi listrik tingkat lanjut. Jakarta: Erlangga,2004.



Tabel 2.2 Kuat Hantar Arus Kabel NYY

JENIS KABEL	LUAS PENAMPANG (mm ²)	KHA TERUS MENERUS					
		Berinti Tunggal		Berinti Dua		Berinti Tiga	
		di tanah (A)	di udara (A)	di tanah (A)	di udara (A)	di tanah (A)	di udara (A)
	1,5	40	26	31	20	26	18,5
	2,5	54	35	41	27	36	25
	4	70	46	54	37	44	34
NYY	6	90	58	68	48	56	43
NYBY	10	122	79	92	66	75	60
NYFGbY	16	160	105	121	89	98	80
NYRGbY	25	206	140	153	118	128	106
NYCY	35	249	174	187	145	157	131
NYCWY	50	296	212	222	176	185	159
NYSY	70	365	269	272	224	228	202
NYCEY	95	438	331	328	271	275	244
NYSEY	120	499	386	375	314	313	282
NYHSY	150	561	442	419	361	353	324
NYKY	185	637	511	475	412	399	371
NYKBY	240	743	612	550	484	464	436
NYKFGbY	300	843	707	525	590	524	481
NYKRgBY	400	986	859	605	710	600	560
	500	1125	1000	-	-	-	-

b. *Drop Tegangan* (Susut Tegangan)

Susut tegangan antara PHB utama dan setiap titik beban tidak boleh lebih dari 5 % dari tegangan di PHB utama. Adapun pembagian penentuan drop tegangan pada suatu penghantar dapat digolongkan menjadi beberapa jenis :

1. Untuk arus searah
2. Untuk arus bolak balik satu fasa
3. Untuk arus bolak balik tiga fasa

c. *Kondisi Suhu*

Setiap penghantar memiliki suatu resistansi (R), jika penghantar tersebut dialiri oleh arus maka terjadi rugi-rugi $I^2 R$, yang kemudian rugi-rugi tersebut berubah menjadi panas, jika dialiri dalam waktu t detik maka panas yang terjadi ialah $I^2 R t$, jika dialiri dalam waktu yang cukup lama ada kemungkinan terjadinya kerusakan pada penghantar tersebut, oleh karena itu dalam pemilihan penghantar faktor koreksi juga diperhitungkan.²⁹

²⁹ Lisney Trevor. Instalasi listrik tingkat lanjut. Jakarta: Erlangga, 2004.



d. Kondisi Lingkungan

Di 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.

e. Kekuatan Mekanis

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

f. Kemungkinan Perluasan

Setiap instalasi listrik dirancang dan dipasang dengan perkiraan adanya penambahan beban dimasa yang akan datang, oleh karena itu luas penampang penghantar harus dipilih lebih besar minimal satu tingkat diatas luas penampang sebenarnya, tujuannya adalah jika dilakukan penambahan beban maka penghantar tersebut masih mencukupi dan susut tegangan yang terjadi akan kecil.³⁰

³⁰ Lisney Trevor. Instalasi listrik tingkat lanjut. Jakarta: Erlangga, 2004.



2.8 Kode *International Protection* (Kode IP)

³¹Kode IP (*International Protection*) adalah sistem kode untuk menunjukkan tingkat proteksi yang diberikan oleh selungkup dari sentuh langsung ke bagian yang berbahaya, dari masuknya benda asing padat, dari masuknya air, dan untuk memberikan informasi tambahan dalam hubungannya dengan proteksi tersebut.

Kode IP (*International Protection*), dapat juga diartikan sebagai “*Ingress Protection*” terdiri dari huruf IP yang kemudian diikuti oleh dua angka dan terkadang diikuti juga oleh sebuah atau dua huruf tambahan. Dimana IP *rating* tersebut mengklarifikasikan derajat atau tingkat perlindungan yang diberikan dari suatu peralatan listrik seperti motor saklar, kotak kontak, dan peralatan lainnya.

Perlindungan tersebut merupakan perlindungan terhadap gangguan :

1. Benda padat (termasuk bagian tubuh manusia seperti tangan dan
2. Debu
3. Hubungan/kontak langsung
4. Air

Dua digit angka setelah huruf IP menunjukkan kondisi yang sesuai dari peralatan tersebut berdasarkan klasifikasinya. Dan jika tidak ada rating perlindungan sehubungan dengan salah satu kriteria, maka angka diganti dengan huruf X, contoh IP4X atau IPX6

³¹ Habibi Parinduri Nazarullah. Perencanaan instalasi penerangan gedung kuliah diploma IV politeknik negeri sriwijaya. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya, 2016.



A. Kode umum³²

Tabel 2.3 Kode IP Dari Masuknya Benda Asing Padat

Angka	Keterangan
0	Tidak ada proteksi
1	Perlindungan terhadap benda yang lebih besar dari 50 mm
2	Perlindungan terhadap benda yang lebih besar dari 12 mm
3	Perlindungan terhadap benda yang lebih besar dari 2,5 mm
4	Perlindungan terhadap benda yang lebih besar dari 1 mm
5	Perlindungan terhadap debu
6	Debu sekecil apapun tidak dapat masuk

Tabel 2.4 Kode IP Dari Masuknya Air

Angka	Keterangan
0	Tidak ada proteksi
1	Terlindung dari air yang jatuh vertikal
2	Terlindung dari air yang jatuh membentuk sudut 15° dengan garis vertikal
3	Terlindung dari air yang jatuh membentuk benda seberat 500g
4	Terlindung dari air yang datang dari segala arah

³² Habibi Parinduri Nazarullah. Perencanaan instalasi penerangan gedung kuliah diploma IV politeknik negeri sriwijaya. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya, 2016.



5	Terlindung dari air yang disemprotkan membentuk benda 5 kg
6	Terlindung dari semprotan air yang menyerupai gelombang air laut
7	Terlindung dari efek tenggelam (kedap air)
8	Terlindung dari efek tenggelam dengan kedalaman yang disertai tekanan air

B. Kode Tambahan³³

Tabel 2.5 Kode IP Perlindungan Bagian-Bagian Berbahaya Dari Akses Manusia

Angka	Keterangan
A	Tangan
B	Jari
C	Alat-Alat
D	Kabel

Tabel 2.6 Kode IP Terkait Dengan Perlindungan Peralatan

Huruf	Keterangan
H	Perangkat Tegangan Tinggi
M	Perangkat Bergerak (Selama Uji air)
S	Perangkat Diam (Selama uji Air)
W	Kondisi Cuaca

³³ Habibi Parinduri Nazarullah. Perencanaan instalasi penerangan gedung kuliah diploma IV politeknik negeri sriwijaya. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya, 2016.



2.9 Pentanahan/Pembumian

Pentanahan atau pembumian adalah hubungan listrik yang sengaja dilakukan dari beberapa bagian instalasi listrik ke sistem pentanahan penghantar tanpa isolasi yang ditanam di dalam tanah dianggap sebagai bagian dari elektroda pentanahan dan harus memenuhi ketentuan PUIL 2011.

Bagian-bagian dari peralatan listrik harus ditanahkan, untuk membatasi tegangan sentuh, yaitu tegangan yang timbul pada bagian peralatan selama terjadi gangguan satu fasa ke tanah, sehingga menghindari bahaya terhadap manusia. Dan pada pentanahan body system bertujuan untuk memperkecil terjadinya tegangan sentuh dan atau tegangan langkah.

1. Tegangan sentuh adalah beda tegangan antara logam yang dihubungkan dengan sistem pentanahan dengan suatu titik dipermukaan tanah sejauh jangkauan orang normal berdiri dari logam tersebut.
2. Tegangan langkah adalah tegangan antara 2 titik pada permukaan tanah di sekeliling elektroda pentanahan dimana jarak kedua titik sejauh langkah orang.

2.10 Jenis Elektroda Pentanahan

³⁴Elektroda pentanahan adalah penghantar yang ditanam dalam bumi dan membuat kontak langsung dengan bumi. Penghantar bumi yang tidak berisolasi yang ditanam dalam bumi dianggap sebagai bagian dari elektroda bumi. Bahan elektroda digunakan tembaga, atau baja yang digalvanisasi atau dilapisi tembaga.

³⁴ Lisney Trevor. Instalasi listrik tingkat lanjut. Jakarta: Erlangga, 2004.



Yang dapat dipergunakan sebagai elektroda–elektroda pentanahan adalah :

1. Pipa–pipa pentanahan dari baja campuran seng.
2. Batang-batang pentanahan dari baja yang banyak campuran sengnya.

³⁵Yang dapat dipergunakan sebagai saluran pentanahan adalah :

1. Kawat tembaga yang dipisahkan tersendiri, dicampur timah dengan penampang 6 mm, untuk bagian yang di atas tanah dan 25 mm untuk yang dibawah tanah.
2. Warna kabel pentanahan adalah warna kuning – hijau.
3. kawat-kawat pentanahan yang dimasukkan bersama-sama dengan kawat- kawat penghantar arus didalam pipa yang sama dan yang penampangnya sama besar. nya dengan penampang kawat-kawat penghantar arus.
4. pentanahan pada instalasi listrik atau pabrik dilakukan persyaratan yang tinggi dibandingkan dengan instalasi listrik untuk penerangan yang meliputi tahanan pentanahannya dan saluran pentanahannya.

Macam-macam bentuk elektroda pentanahan :

- A. Elektroda Batang
- B. Elektroda Strip
- C. Elektroda Plat.

2.11 Lumen dan Lux

Lumen adalah tingkat kecerahan yang dihasilkan oleh sumber cahaya. Sedangkan, lux merupakan satuan yang digunakan untuk mengukur intensitas atau kecerahan cahaya yang ada pada permukaan benda, tingkat kecerahan yang diterima dari adanya sumber cahaya. Adapun rumus lumen sebagai berikut

³⁵ Lisney Trevor. Instalasi listrik tingkat lanjut. Jakarta: Erlangga,2004.



$$\Phi = W \times L/w$$

Dengan:

Φ = Total Lumen Lampu

W = Daya Lampu

L/w = Lumen per watt

Adapun ketentuan kuat penerang/Lux

Keterangan	Lux
Perkantoran	200-500 Lux
Apartemen/Rumah	100-250 Lux
Hotel	200-400 Lux
Rumah sakit/Sekolah	200-800 Lux
Basement/Toilet/Gedung/Lobby	100-200 Lux
Restaurant/Store/Toko	200-500 Lux