

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2011)

Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 merupakan hasil revisi dari PUIL 2000. PUIL ini sekarang telah diterbitkan dengan versi paling baru tahun 2011. BSN merilisnya dengan judul SNI 0225:2011 tentang PUIL 2011. Kemudian sudah dilakukan lagi amandemen 1 pada tahun 2013, sehingga judulnya sudah berubah menjadi SNI 0225:2011/Amd 1:2013. Sebagaimana Maksud dan tujuan Persyaratan Umum Instalasi Listrik ini ialah agar instalasi listrik dapat dioperasikan dengan baik, untuk menjamin keselamatan manusia, terjaminnya keamanan instalasi listrik beserta perlengkapannya, terjaminnya keamanan gedung serta isinya dari bahaya kebakaran, dan tercapainya tujuan dari pencahayaan yaitu terwujudnya interior yang efisien dan nyaman.[5]

Dalam PUIL 2011 berisikan ketentuan-ketentuan dalam pemasangan instalasi listrik, pemilihan peralatan, dan perlengkapan instalasi listrik tegangan rendah. Selain itu, diperkenalkan penggunaan peralatan dan perlengkapan instalasi dengan teknologi yang lebih maju dengan tujuan meningkatkan keamanan instalasi. Dengan adanya PUIL 2011 diharapkan keamanan instalasi listrik dapat ditingkatkan dengan mencegah maupun mengurangi resiko kecelakaan dan kerusakan peralatan listrik.

2.2 Instalasi Listrik

Instalasi listrik adalah saluran listrik beserta gawai maupun peralatan yang terpasang baik di dalam maupun di luar bangunan untuk menyalurkan arus listrik. Rancangan instalasi listrik harus memenuhi ketentuan yang berlaku. Perancangan sistem instalasi listrik harus memperhatikan tentang keselamatan manusia, makhluk hidup lain dan keamanan harta benda dari bahaya dan kerusakan yang bisa ditimbulkan oleh penggunaan instalasi listrik. Selain itu, berfungsinya instalasi listrik harus dalam keadaan baik dan sesuai dengan maksud penggunaannya.[6]

Menurut peraturan menteri pekerjaan umum dan tenaga listrik nomor 023/PRT/1978, pasal 1 butir 5 tentang instalasi listrik, menyatakan bahwa instalasi listrik adalah saluran listrik termasuk alat-alatnya yang terpasang. Secara umum instalasi listrik dibagi menjadi dua jenis yaitu:

1. Instalasi penerangan listrik
2. Instalasi daya listrik.

Yang termasuk didalam instalasi penerangan listrik adalah seluruh instalasi 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 (dua) macam, yaitu :

1. Instalasi di dalam gedung.
2. Instalasi di luar gedung.

Instalasi di dalam gedung adalah instalasi listrik di dalam bangunan gedung (termasuk untuk penerangan, teras dan lain – lain) sedangkan instalasi di luar bangunan gedung (termasuk disini adalah penerangan halaman, taman, jalan penerangan papan nama dan lain – lain).

Sedangkan instalasi daya listrik adalah instalasi yang digunakan untuk

menjalankan mesin – mesin listrik termasuk disini adalah instalasi untuk melayani motor – motor listrik di pabrik, pompa air, dan lain – lain, pada mesin – mesin listrik ini energi diubah menjadi energi mekanis sesuai dengan kebutuhan manusia.

Dengan demikian maka masalah instalasi perlu diperhatikan dan tidak terlepas dari peraturan – peraturan yang merupakan pedoman untuk penyelenggaraan instalasi listrik. Peraturan – peraturan yang berhubungan masalah ini ialah Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) Dalam kegiatan yang berhubungan dengan instalasi listrik baik perencanaan, pemasangan maupun pengoperasian maka prinsip – prinsip dasar sangat diperlukan.

2.2.1 Syarat Teknis Instalasi Listrik

Dalam melakukan instalasi listrik, baik instalasi listrik di rumah, di gedung perkantoran, di gedung olahraga, ataupun di tempat lainnya terdapat syarat-syarat teknis yang harus diperhatikan. Syarat- syarat teknis tersebut sangat berpengaruh terhadap proses instalasi dan kelangsungan dari instalasi listrik itu sendiri. Pada bab ini akan dibahas tentang beberapa persyaratan teknis dalam melakukan instalasi listrik. Di Indonesia, sistem penyaluran dan cara pemasangan instalasi listrik harus mengikuti Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL) yang diterbitkan kali pertama pada tahun 1964. PUIL terbitan pertama pemerintah Indonesia ini merupakan hasil terjemahan dari AVE (Algemene Voorschriften voor ElectriccheStrekstroom Instalaties), yaitu peraturan instalasi listrik masa pemerintahan Hindia Belanda yang diterbitkan sebagai Norma N 2004 oleh Dewan Normalisasi Pemerintah Hindia Belanda.[7]

Pada 1977, PUIL mengalami revisi dan diterbitkan untuk kali kedua, kemudian direvisi kembali pada 1987. Pada penerbitan Puil 2011 ini, PUIL berganti nama menjadi Persyaratan Umum Instalasi Listrik dengan tetap mempertahankan singkatan PUIL. Penggantian

dari kata “peraturan” menjadi “persyaratan” dianggap lebih tepat karena pada kata “peraturan” terkait dengan pengertian adanya kewajiban untuk mematuhi ketentuannya dan sanksinya. Sebagaimana diketahui, sejak AVE sampai dengan PUIL 1987 pengertian kewajiban mematuhi ketentuan dan sanksinya tidak diberlakukan. Hal ini disebabkan selain isinya mengandung hal-hal yang dapat dijadikan peraturan, juga mengandung rekomendasi ataupun ketentuan atau persyaratan teknis yang dapat dijadikan pedoman dalam pelaksanaan pekerjaan instalasi listrik. [7]

Pemasangan Instalasi Listrik, terkait erat dengan peraturan-peraturan yang mendasarinya.

Tujuan dari persyaratan-prasyarat tersebut adalah :

- a. Melindungi manusia terhadap bahaya sentuhan dan kejutan arus listrik.
- b. Keamanan instalasi beserta peralatan listriknya.
- c. Menjaga gedung dan isinya dari bahaya kebakaran akibat gangguan listrik.
- d. Menjaga ketersediaan tenaga listrik yang aman dan efisien.[8]

2.2.2 Ketentuan Rencana Instalasi Listrik

Rencana instalasi listrik ialah berkas gambar rencana dan uraian teknik yang digunakan sebagai pegangan untuk melaksanakan pemasangan suatu instalasi listrik. Rencana instalasi listrik harus dibuat dengan jelas, serta mudah dibaca dan dipahami oleh para teknisi listrik, untuk itu harus diikuti ketentuan dan standar yang berlaku. Rencana gambar instalasi terdiri atas :[9]

1. Gambar Situasi, yang menunjukkan dengan jelas letak gedung atau bangunan tempat instalasi tersebut akan dipasang dan rencana pengembangannya dengan sumber tenaga listrik.
2. Gambar Instalasi, yang meliputi :

- a. Rencana tata letak, yang menunjukkan dengan jelas letak tata perlengkapan listrik beserta sarana kendalinya (pelayanannya), seperti titik lampu, kotak kontak, sakelar motor listrik, perlengkapan hubung bagi (PHB), dan lain – lain
 - b. Rencana hubungan perlengkapan listrik dengan gawai pengendalinya seperti hubungan lampu dengan sakelarnya, motor dengan penyusutannya dan dengan awai pwngratur kecepatannya, yang merupakan sebagian ari sirkuit akhir atau cabang sirkuit akhir
 - c. Gambar hubungan antara bagian sirkuit akhir dan PHB yang bersangkutan, ataupun pemberian tanda mengenai hubungan tersebut
 - d. anda atau keterangan yang jelas mengenai setiap perlengkapan listrik
3. Diagram Garis Tunggal, yang meliputi :
- a. Diagram PHB perlengkapan lengkap dengan keterangan mengenai ukuran dan besaran normal komponennya.
 - b. Keterangan mengenai jenis dan besar beban yang terpasang dan pembagiannya
 - c. Sistem pembumian
 - d. Ukurnan dan jenis penghantar yang dipakai
4. Gambar rinici, yang meliputi :
- a. Perkiraan ukuran fisik PHB
 - b. Cara pemasangan perlengkapan
 - c. Cara pemasangan kabel
 - d. Cara kerja instalasi kendali
5. Perhitungan teknis bila dianggap perlu, yang meliputi antara lain :
- a. Susut tegangan
 - b. Perbaikan faktor kerja

- c. Beban terpasang dan kebutuhan maksimum
 - d. Arus hubung singkat dan daya hubung singkat
 - e. Tingkat penerangan
6. Tabel bahan instalasi, yang meliputi :
- a. Jumlah dan jenis kabel, penghantar dan perlengkapan
 - b. Jumlah dan jenis perlengkapan bantu
 - c. Jumlah dan jenis PHB
 - d. Jumlah dan jenis armatur lampu
7. Ukuran teknis, yang meliputi :
- a. Ketentuan teknis perlengkapan listrik yang dipasang dan cara pemasangannya
 - b. Cara pengujian
 - c. Jadwal waktu pelaksanaan

2.3 Prinsip-Prinsip Dasar Instalasi Listrik

terjadi suatu kerusakan atau gangguan harus mudah dan cepat diatasi dan diperbaiki agar gangguan yang terjadi dapat diatasi.

1. Ketercapaian - Artinya, dalam pemasangan peralatan instalasi listrik yang relatif mudah dijangkau oleh pengguna pada saat mengoperasikannya dan tata letak komponen listrik tidak susah untuk dioperasikan, sebagai contoh pemasangan saklar tidak terlalu tinggi atau terlalu rendah.
2. Ketersediaan - Artinya, kesiapan suatu instalasi listrik dalam melayani kebutuhan baik berupa daya, peralatan maupun kemungkinan perluasan instalasi. Apabila ada perluasan instalasi tidak mengganggu system instalasi yang sudah, tetapi kita hanya menghubungkannya pada sumber cadangan yang telah diberi pengaman.

3. Keindahan - Artinya, dalam pemasangan komponen atau peralatan instalasi listrik harus ditata sedemikian rupa, sehingga dapat terlihat rapih dan indah serta tidak menyalahi peraturan yang berlaku.
 4. Keamanan - Artinya, harus mempertimbangkan factor keamanan dari suatu instalasi listrik, agar supaya aman dari tegangan sentuh ataupun aman pada saat pengoperasian.
 5. Ekonomis - Artinya, biaya yang dikeluarkan dalam pemasangan instalasi listrik harus diperhitungkan dengan teliti dengan pertimbangan – pertimbangan tertentu sehingga biaya yang dikeluarkan dapat sehemat mungkin tanpa harus mengesampingkan hal – hal diatas.
- [10]

2.4 Sistem Penghantar

Kabel merupakan suatu alat penghantar pada rangkaian listrik yang menggunakan pelindung berupa isolator (terisolasi dengan bahan isolator). Secara fisik menuju titik yang lain. Instalasi listrik 3 (tiga) phase adalah instalasi listrik dengan menggunakan jaringan 5 (lima) kabel penghantar utama,yaitu:

1. Kabel Phase R (biasanya menggunakan kabel berwarna merah)
2. Kabel Phase S (biasanya menggunakan kabel berwarna kuning)
3. Kabel Phase T (biasanya menggunakan kabel berwarna biru)
4. Kabel Netral (biasanya menggunakan kabel berwarna hitam)
5. Kabel Grounding atau Arde (biasanya menggunakan kabel berwarna kuning dengan garis hijau)

Kabel yang biasanya digunakan sebagai pada instalasi penerangan dengan pemasangan yang bersifat tetap adalah kabel NYA dan NYM. Pada penggunaannya, kebel NYA memerlukan pipa PVC untuk melindungi kabel dari air dan gangguan lainnya.[11]

Bahan konduktor yang paling umum digunakan adalah tembaga dan aluminium. Bahan penghantar yang banyak digunakan untuk instalasi tegangan rendah adalah tembaga. Untuk membuat penghantar tembaga yang mempunyai daya hantar tinggi, maka kemurnian tembaga harus diatas 99,9% sedangkan untuk penghantar aluminium kemurnian dari penghantar tersebut sekurang-kurangnya 99,5%.

Kawat pejal digunakan dalam ukuran penghantar sampai dengan 16 mm². Untuk penghantar yang mempunyai fleksibilitas tinggi maka diperlukan kawat serabut, yakni suatu jumlah tertentu kawat-kawat pejal yang dipilin bersama-sama sehingga membentuk ukuran kawat serabut yang besar.[12]

2.4.1 Jenis Penghantar

Kabel ialah penghantar yang dilindungi dengan isolasi dan keseluruhan inti dilengkapi dengan selubung pelindung bersama, contohnya ialah kabel NYM, NYA dan sebagainya Sedangkan kawat penghantar ialah penghantar yang tidak diberi isolasi contohnya ialah BC (bare conductor), penghantar berlubang (hollow conductor), acsr (aluminium conductor steel reinforced), dsb. Secara garis besar, penghantar dibedakan menjadi dua macam yaitu:

1. Penghantar berisolasi

Berupa kawat berisolasi atau kabel, batasan kawat berisolasi adalah rakitan penghantar tunggal, baik serabut maupun pejal yang diisolasi (NYA, NYAF, dsb.) Batasan kabel ialah rakitan satu penghantar atau lebih, baik itu penghantar serabut ataupun pejal, masing – masing diisolasi dan keseluruhannya diselubungi pelindung bersama.

2. Penghantar tidak berisolasi

Merupakan penghantar yang tidak dilapisi oleh isolator, contoh penghantar tidak berisolasi BC (bare conductor). Jenis – jenis isoalsi yang dipakai pada penghantar listrik meliputi isolasi dari PVC (Poly Vinyl Chlorid).

1.4.2 Jenis – Jenis Kabel Yang Biasa Digunakan Pada Instalasi

1. Kabel NYA

Bisa kita diartikan bahwa kabel NYA merupakan kabel tembaga tunggal dengan isolator terselubung dengan berbahan PVC. Pada umumnya, kabel ini sering digunakan dalam instalasi listrik rumah tinggal dan sistem tenaga. Spesifikasi ukuran diameter dari kabel NYA ini rata rata sekitar 1,5 mm – 2,5 mm. Isolator pembungkus kabel NYA memiliki warna merah, kuning, biru dan hitam yang berguna untuk memudahkan pemasangan jalur jaringan instalasi listrik. Agar aman memakai kabel tipe ini, kabel harus dipasang dalam pipa/conduit jenis PVC atau saluran tertutup. Sehingga tidak mudah menjadi sasaran gigitan tikus, dan apabila ada isolasi yang terkelupas tidak tersentuh langsung oleh orang.

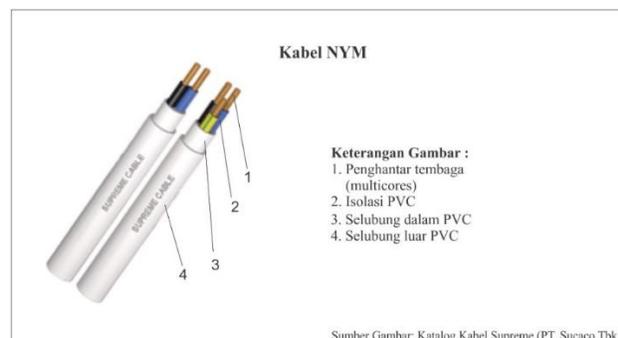


Gambar 2.1 Kabel NYA

2. Kabel NYM

Artinya kabel NYM merupakan kabel yang memiliki konduktor atau tembaga lebih dari satu dengan isolator terselubung dengan berbahan PVC. Kabel NYM sering digunakan khusus untuk pada instalasi tetap bangunan, dimana penempatannya biasanya di luar/di dalam tembok. Keuntungan kabel instalasi berselubung dibandingkan dengan instalasi didalam pipa antara lain: lebih mudah dibengkokkan, lebih tahan terhadap pengaruh asam dan uap atau gas tajam. Serta sambungan dengan alat pemakai saat ditutup lebih rapat (Van Harten, 1986: 115). Kabel NYM dapat digunakan diatas dan diluar plesteran

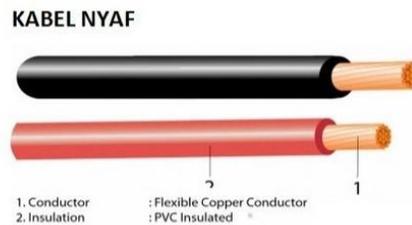
Pada ruang kering dan lembab, serta udara terbuka. Penghantarnya terdiri dari penghantar padat bulat atau dipilin bulat berkawat banyak dari tembaga polos yang dipijarkan. Isolasi inti NYM harus diberi warna hijau-kuning loreng, biru muda, merah, hitam atau kuning. Khusus warna hijau-kuning loreng tersebut pada seluruh panjang inti dan dimaksudkan untuk penghantar tanah. Sedangkan warna selubung luar kabel harus berwarnaputih atau putih keabu-abuan. [11]



Gambar 2. 2 Kabel NYM

3. Kabel NYAF

Kabel NYAF secara konstruksi hampir mirip dengan kabel NYA, sama sama memiliki inti tunggal dengan satu lapisan isolator PVC. Perbedaannya adalah kabel NYAF memiliki inti tembaga yang menggunakan jenis serabut. Kabel NYAF sering digunakan untuk instalasi panel yang membutuhkan fleksibilitas tinggi, seperti area yang banyak memiliki belokan tajam atau tekukan.

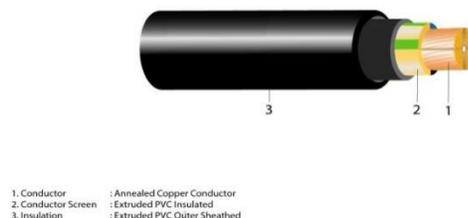


Gambar 2. 3 Kabel NYAF

4. Kabel NYY

Kabel NYY merupakan kabel yang memiliki lebih dari satu inti tembaga dengan isolasi PVC dan selubung luar berbahan PVC. Kabel NYY bisa dibilang penyempurnaan dari kabel NYA dan NYM. Kabel ini cocok digunakan untuk instalasi listrik tetap seperti di bawah tanah ataupun tempat outdorr lain namun tetap harus diberikan perlindungan khusus seperti pipa.

Kabel NYY memiliki jumlah inti tembaga 2 , 3 atau 4 dengan lapisan isolasi PVC berwarna hitam. Bahan isolator untuk jenis kabel ini memiliki konstruksi yang lebih kuat dan kaku karena terdapat selubung tambahan dan berbahan anti gigitan tikus.

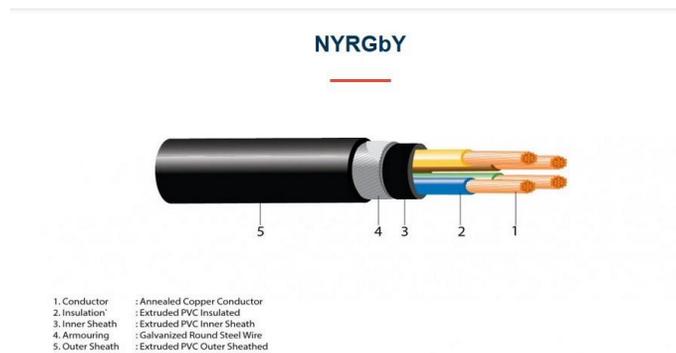


Gambar 2. 4 Kabel NYY

5. Kabel NYFGbY

Bisa diartikan bahwa kabel NYFGbY memiliki satu atau lebih inti tembaga dengan isolasi PVC, yang dilindungi kawat baja bulat, terlilit plat baja serta isolasi luar berbahan PVC.

Kabel NYRgBY/NYFGbY digunakan untuk instalasi listrik tetap dalam tanah yang ditanam secara langsung tanpa membutuhkan perlindungan tambahan karena daya tahan yang sudah sangat kuat. Kecuali jika ditanam di bawah jalan raya, tetap diperlukan perlindungan berupa PVC tambahan.



Gambar 2. 5 Kabel NYFGbY

2.5 Pemilihan Luas Penampang

Dalam pemilihan luas penampang penghantar untuk instalasi listrik harus mempertimbangkan beberapa hal di bawah ini :

- Kuat Hantar Arus (KHA)
- Kondisi suhu/Sifat lingkungan
- Kemungkinan perluasan

2.5.1 Kapasitas Hantar Arus (KHA)

Untuk menentukan luas penampang penghantar yang diperlukan maka, harus ditentukan berdasarkan atas arus yang melewati penghantar tersebut. Arus nominal yang melewati suatu penghantar dapat ditentukan engan menggunakan persamaan sebagai berikut:

[11]

Untuk satu fasa :

$$In = \frac{P(\text{watt})}{V \times \text{Cos}\phi} A \dots\dots\dots(1)$$

Untuk tiga fasa :

$$In = \frac{P(\text{watt})}{\sqrt{3} \times VL-L \times \text{Cos}\phi} A \dots\dots\dots(2)$$

Kemampuan hantar arus yang dipakai dalam pemilihan penghantar adalah 125% kali dari arus nominal yang melewati penghantar tersebut. 125% merupakan faktor keselamatan yang terdapat pada PUIL 2011 . Apabila kemampuan hantar arus sudah diketahui maka tinggal menyesuaikan dengan data sheet kabel untuk mencari luas penampang yang diperlukan.:

$$I_{KHA} = (125 \% \times In \text{ terbesar}) + In \text{ yang lainnya}$$

Keterangan :

- In = Arus nominal (Ampere)
- P = Daya yang diserap (Watt)
- V = Tegangan fasa dengan netral (Volt)
- V_{L-L} = Tegangan fasa dengan fasa (Volt)
- $\text{Cos } \phi$ = Faktor daya
- I_{KHA} = KHA kabel penghantar (Ampere)

In terbesar = Arus nominal terbesar beban yang dilayani (A)

In lainnya = Arus nominal beban yang lainnya (A)

2.5.2 Sifat Lingkungan

Pada pemasangan penghantar kita harus memperhitungkan kondisi dan sifat lingkungan, tempat penghantar tersebut ditempatkan. Pemasangan penghantar beragam cara dan tempatnya. Jika penghantar dipasang atau ditanam dalam tanah maka harus memperhitungkan kondisi tanah tersebut, misal tanah basah, tanah lembab, ataupun tanah kering. Hal ini akan berhubungan dengan pertimbangan bahan isolasi penghantar yang akan dipergunakan.

Faktor lain yang harus diperhitungkan dalam pemilihan penghantar adalah kekuatan mekanis. Penghantar di bawah jalan raya atau jalan tol akan berbeda dengan pemasangan pada rumah tempat tinggal. Untuk penghantar yang terkena beban mekanis, harus dipasang di dalam pipa baja atau pipa beton, untuk pelindungnya.

2.5.3 Kemungkinan Perluasan

Di setiap pemasangan instalasi listrik, harus disediakan atau diperhitungkan untuk faktor perluasan atau penambahan beban di masa yang akan datang. Ketika terjadi penambahan beban, maka akan terjadi kenaikan arus beban yang akan mengacu pada perhitungan kuat hantar arus (KHA) penghantar untuk memilih luas penampang penghantar yang digunakan.

Oleh karena dalam pemilihan penghantar, dipilih satu atau dua tingkat nilai KHA penghantar di atas nilai nominal bebannya. Hal ini juga untuk mengantisipasi jatuh tegangan yang lebih besar. Susut tegangan maksimum yang diizinkan adalah dua persen untuk instalasi penerangan dan lima persen untuk instalasi daya.

2.5 Sistem Pengaman

Pengaman adalah suatu peralatan listrik yang digunakan untuk melindungi komponen listrik dari kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan seperti arus beban lebih ataupun arus hubung singkat.

Fungsi dari pengaman dalam distribusi tenaga listrik adalah :

1. isolasi, yaitu untuk memisahkan instalasi atau bagiannya dari catu daya listrik untuk alasan keamanan.
2. Kontrol, yaitu untuk membuka atau menutup sirkuit instalasi selama kondisi operasi normal untuk tujuan operasi perawatan.
3. Proteksi, yaitu untuk pengaman kabel, peralatan listrik dan manusianya terhadap kondisi tidak normal seperti beban lebih, hubung singkat dengan memutuskan arus gangguan dan mengisolasi gangguan yang terjadi.

Untuk mengetahui rating dari pengaman yang dipakai dapat diketahui dari arus nominal yang melalui saluran tersebut, dari arus nominal inilah dapat kita tentukan berapa kapasitas pengaman yang sesuai dengan arus nominalnya. Persamaan untuk mencari nilai arus nominal sebagai berikut:

Untuk satu fasa :

$$I_n = \frac{P(\text{watt})}{V_{L-N} \times \cos\phi} \text{ A} \dots\dots\dots(3)$$

Untuk tiga fasa :

$$I_n = \frac{P(\text{watt})}{\sqrt{3} \times V_{L-L} \times \cos\phi} \text{ A} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

I_n = Arus nominal (ampere)

P = Daya yang diserap (watt)

V_{L-N} = Tegangan fasa dengan netral (volt)

V_{L-L} = Tegangan fasa dengan fasa (volt)

$\cos \varphi$ = Faktor daya.

Gawai Proteksi yang dipakai dalam pemilihan penghantar adalah 115% kali dari arus nominal yang melewati penghantar tersebut. 115% merupakan faktor keselamatan yang terdapat pada PUIL 2011. Apabila kemampuan hantar arus sudah diketahui maka tinggal menyesuaikan dengan data sheet kabel untuk mencari luas penampang yang diperlukan.:

$$G_p = (115 \% \times I_n \text{ terbesar})$$

2.6.1 Mini Circuit Breaker (MCB)

MCB adalah suatu rangkaian pengaman yang dilengkapi dengan komponen thermis (bimetal) untuk pengaman beban lebih dan juga dilengkapi relay elektromagnetik untuk pengaman hubung singkat.

MCB banyak digunakan untuk pengaman sirkit satu fasa dan tiga fasa. Keuntungan menggunakan MCB, yaitu :

1. Dapat memutuskan rangkaian tiga fasa walaupun terjadi hubung singkat pada salah satu fasanya.
2. Dapat digunakan kembali setelah rangkaian diperbaiki akibat hubung singkat atau beban lebih.
3. Mempunyai respon yang baik apabila terjadi hubung singkat atau beban lebih.

Pada MCB terdapat dua jenis pengaman yaitu secara thermis dan elektromagnetis, pengaman thermis berfungsi untuk mengamankan arus beban lebih sedangkan pengaman elektromagnetis berfungsi untuk mengamankan jika terjadi hubung singkat.[7]

Pengaman thermis pada MCB memiliki prinsip yang sama dengan thermaloverload yaitu menggunakan dua buah logam yang digabungkan (bimetal), pengamanan secara thermis memiliki kelambatan, ini bergantung pada besarnya arus yang harus diamankan, sedangkan pengaman elektromagnetik menggunakan sebuah kumparan yang dapat menarik sebuah angker dari besi lunak.[13]

MCB dibuat hanya memiliki satu kutub untuk pengaman satu fasa, sedangkan untuk pengaman tiga fasa biasanya memiliki tiga kutub dengan tuas yang disatukan, sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu kutub yang lainnya juga akan ikut terputus.[14]



Gambar 2. 6 MCB Satu Fasa dan MCB Tiga Fasa

2.6.2 MCCB (Moulded Case Circuit Breaker)

MCCB atau Moulded Case Circuit Breaker adalah sebuah perangkat yang bekerja dengan memutuskan arus listrik pada beberapa peralatan listrik seperti lampu, motor, dan sebagainya jika terjadi hubung singkat (short circuit) atau beban lebih (overload) .

Perangkat MCCB dilengkapi dengan fitur temperature sensor dan arus sensor sehingga perangkat ini mampu bekerja secara otomatis berdasarkan kondisi arus dan temperature.

Pada umumnya MCCB memiliki fungsi lebih besar dari MCB karena spesifikasinya yang lebih besar dan menggunakan 3 phase. Oleh karena itu perangkat ini hanya digunakan sebagai proteksi untuk motor listrik pada dunia industri.



Gambar 2. 7 MCCB

Dalam memilih MCCB ada beberapa karakteristik sistem yang perlu diperhatikan, yaitu mencakup beberapa hal sebagai berikut.

1. Tegangan operasional dari MCCB harus lebih besar atau minimal sama dengan tegangan sistem,
2. Frekuensi pengenal dari MCCB harus sesuai dengan frekuensi sistem,
3. Arus pengenal dari MCCB harus sama dengan arus hubung singkat yang mungkin akan terjadi pada suatu titik dimana MCCB terpasang,
4. Jumlah pole atau kutub MCCB tergantung pada sistem pembumian

Pada buku Ir. Wahyudi Sarimun N., M. yang berjudul Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik MCCB merupakan pengaman listrik yang dalam operasinya mempunyai dua fungsi yaitu sebagai pengaman beban lebih dan pengaman hubung singkat. Pada jenis tertentu pengaman ini dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan.[15]

Tabel 2. 1 Ukuran Pengaman MCCB

Arus Pengenal (A)		Keterangan
1,5	80	Non Adjustable
2,5	100	
6,3	150	
12,5	220	
25	320	
50	500	
12,5-100	400-1000	Adjustable
64-160	500-1200	
100-250	640-1600	
160-400	800-2000	
250-630	1000-2500	
320-800	1250-3200	

2.7 Pembumian/*Grounding*

Pembumian adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi atau tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan maupun arus abnormal.

Untuk dapat mengamankan peralatan dari berbagai gangguan yang terjadi akibat gangguan pada tegangan listrik diperlukan sistem pentanahan. Sistem pentanahan berfungsi untuk menetralkan gangguan- gangguan yang terjadi pada tegangan listrik seperti hubung singkat dan arus bocor pada peralatan. Yang perlu diperhatikan pada sistem pentanahan adalah tahanan jenis tanah, dan elektroda yang dipakai.[16]

Nilai dari tahanan pentanahan harus sekecil mungkin untuk menghindari bahaya-bahaya yang ditimbulkan oleh adanya arus gangguan. Sebuah bangunan gedung agar terhindar dari bahaya sambaran petir dibutuhkan nilai tahanan pentanahan $<5 \Omega$, sedangkan untuk peralatan elektronika dibutuhkan nilai tahanan pentanahan $<3 \Omega$ bahkan beberapa perangkat yang sensitif membutuhkan nilai tahanan pentanahan $<1 \Omega$. Upaya mendapatkan nilai pentanahan $<3 \Omega$ untuk peralatan elektronik cukup sulit karena nilai pentanahan juga dipengaruhi oleh faktor jenis tanah, suhu dan kelembaban, dan kondisi elektrolit tanah. [17]

Tabel. 2.2 Jenis Tanah dan Tahanan Tanah

1	2	3	4	5	6	7
Jenis tanah	Tanah rawa	Tanah liat & tanah ladang	Pasir basah	Kerikil basah	Pasir dan kerikil kering	Tanah berbatu
Resistans jenis (Ω -m)	30	100	200	500	1000	3000

Sumber : Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011

Dalam sistem pentanahan semakin kecil nilai tahanan maka semakin baik terutama untuk pengamanan personal dan peralatan, beberapa standart yang telah disepakati adalah bahwa saluran

transmisi substasiun harus direncanakan sedemikian rupa sehingga nilai tahanan pentanahan tidak melebihi 1Ω untuk tahanan pentanahan pada komunikasi system/ data dan maksimum harga tahanan yang diijinkan 5Ω pada gedung / bangunan.[18]

2.7.1 Elektrode Bumi

Bahan electrode yang banyak/umum digunakan PLN adalah pipa baja yang digalvanisir yang dilengkapi dengan rel tembaga dan tembaga bulat (BC). Sedangkan ukuran pipa baja yang digalvanisir adalah $1 \frac{1}{2}$ sepanjang 2,75 m dan rel tembaga sebagai perlengkapannya mempunyai ukuran $17 \times 3 \text{ mm}^2$ tapi pada umumnya banyak dipakai tembaga bulat ukuran 50 mm^2 . Ukuran tembaga bulat untuk bahan electrode adalah $5/8$ sepanjang 2m.[19]

2.7.2 Jenis Jenis Elektrode Bumi

1. Elektrode Pita

Elektode pita adalah yang terbuat dari penghantar yang berbentuk pita atau berpenampang bulat, atau penghantar pilin yang pada umumnya di tanam secara dangkal. Elektrode ini dapat ditanam sebagai pita lurus, radial, melingkar, jala jala atau kombinasi dari bentuk tersebut, yang ditanam sejajar permukaan tanah dengan dalam $0,5 - 1,0 \text{ m}$. pemasangan electrode pita harus disusun simetris dengan sudut jari-jari minimal 60° .

2. Elektrode Batang

Elektrode batang adalah electrode dari pipa besi, baja profil atau batang logam lainya yang ditanam dengan kedalaman minimum 2,5 meter.

3. Elektrode Pelat

Elektrode pelat adalah electrode dari bahan logam utuh atau berlubang, umumnya ditanam secara dalam dengan kedalaman 0,5 – 1,0 meter, 1 meter dibawah permukaan tanah.[20]