

BAB II

KERANGKA TEORITIK DAN KERANGKA BERPIKIR

2.1. Kerangka Teoritik

2.1.1. Pengertian Usia Kabel

Kabel listrik merupakan media penghantar tenaga listrik dari sumber tenaga listrik ke peralatan yang menggunakan tenaga listrik atau menghubungkan suatu peralatan listrik ke peralatan listrik lainnya.¹

Menurut kamus besar bahasa Indonesia, usia adalah sudah tua atau berumur.²

Jadi dapat disimpulkan bahwa usia kabel adalah media penghantar tenaga listrik yang sudah berumur tua, akan tetapi masih digunakan untuk menghubungkan suatu peralatan listrik.

2.1.2. Kelayakan Instalasi Listrik Rumah Tinggal Berdasarkan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011

Menurut kamus bahasa Indonesia Kelayakan adalah segala sesuatu perihal yang sepatutnya.³

Instalasi listrik rumah tinggal adalah saluran listrik beserta gawai maupun peralatan yang terpasang baik didalam maupun diluar

¹ Bambang Trisno, *kabel dan Teknik Penyambungan*, h. 1

² *Kamus bahasa Indonesia*, h. 609.

bangunan untuk menyalurkan arus listrik. Gawai instalasi listrik antara lain sekering, MCB, sakelar, stop kontak, dan sebagainya.⁴

Persyaratan umum instalasi listrik dibentuk sebagai bahan peraturan dasar dalam perencanaan, pemasangan, pemeriksaan dan pengujian, maupun pengawasan instalasi listrik tegangan arus bolak – balik. Persyaratan ini bertujuan untuk menjamin keselamatan manusia, ternak dan keamanan harta benda dari bahaya dan kerusakan yang timbul dari instalasi listrik seperti arus kejut atau suhu berlebih.

Jadi dapat disimpulkan pengertian kelayakan instalasi rumah tinggal berdasarkan Persyaratan umum instalasi listrik 2011 adalah saluran listrik beserta gawai maupun peralatan yang terpasang, supaya dapat digunakan sepatutnya, sehingga dapat menjamin keselamatan manusia dan harta benda dari bahaya yang ditimbulkan dari instalasi listrik.

2.1.3. Instalasi Listrik

Listrik merupakan energi yang dibutuhkan oleh manusia setiap harinya, baik di sekolah, perkantoran, dan perumahan yang mempergunakan peralatan listrik. Berdasarkan pemakaiannya instalasi listrik dibedakan menjadi dua yaitu instalasi penerangan dan tenaga.

Instalasi penerangan ialah instalasi listrik yang memberikan tenaga listrik untuk penerangan dan alat – alat rumah tangga. Instalasi domestik adalah instalasi listrik dalam bangunan yang digunakan

⁴ Indra Partha dan dkk, *Modul Praktikum instalasi listrik*, (Bali : Universitas Udayana, 2014), h. 1

sebagai tempat tinggal.⁵ Sedangkan instalasi tenaga adalah pemasangan komponen – komponen peralatan listrik untuk melayani perubahan energi listrik menjadi tenaga mekanis dan kimia.

2.1.4. Perlengkapan Instalasi Listrik

Setiap komponen perlengkapan instalasi listrik yang dipergunakan untuk instalasi listrik, harus memenuhi standar persyaratan umum instalasi listrik (PUIL 2011) atau standar – standar yang berlaku lainnya.

Komponen perlengkapan instalasi listrik yang dipasang pada instalasi listrik, harus memenuhi beberapa persyaratan, antara lain:

- a. Keamanan, seluruh komponen perlengkapan instalasi listrik yang terpasang, dapat melindungi sistem instalasi listrik dari bahaya kebakaran.
- b. Keandalan, menjamin kelangsungan kinerja instalasi listrik secara normal.
- c. kontinuitas, komponen listrik dapat bekerja secara terus menerus pada kondisi normal.

Kebanyakan masyarakat menggunakan komponen perlengkapan instalasi listrik yang tidak sesuai dengan standart SNI, karena murah harganya dan sesuai dengan penghasilan masyarakat dibawah. Hal ini sangat bertentangan dengan Persyaratan Umum Instalasi listrik (PUIL

⁵ [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000* (Jakarta: SNI ,2000), h. 20.

2011). Oleh sebab itu, disarankan untuk memilih komponen perlengkapan instalasi listrik harus tercantum dengan jelas, yaitu:⁶

- a. Nama pembuat atau merk.
- b. Daya, tegangan, dan arus pengenal.
- c. Tanda pengenal standar yang digunakan, seperti Standar Nasional Indonesia (SNI) atau Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN).

Berikut ini adalah komponen – komponen peralatan instalasi listrik pada rumah tinggal.

2.1.4.1. Sakelar

Sakelar merupakan komponen listrik yang berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan arus listrik. Pada saat memutuskan atau menghubungkan arus listrik pada sakelar, besar kemungkinan akan timbul percikan bunga api dari kontak – kontak pemutusan. Oleh karena itu, waktu yang diperlukan untuk memutuskan atau menghubungkan arus listrik sangat cepat. Karena pada saat memutuskan atau menghubungkan arus listrik sangat ditentukan oleh pegas yang terpasang pada sakelar. Dalam pemasangan sakelar harus memenuhi beberapa persyaratan yang ditentukan, antara lain:⁷

- a. Harus dapat dilayani secara aman tanpa memerlukan alat bantu.

⁶ Akbarrusdiy.2013.*komponen dan peralatan instalasi listrik*.
<http://akbarrusdiy.blogspot.com/2013/02/komponen-dan-peralatan-instalasi-listrik.html>
(5februari2014)

⁷ P. Van Harten dan E. Setiawan. *Instalasi Listrik Arus Kuat I* (Bandung: Swadaya,1991), h. 40.

- b. Jumlahnya harus sedemikian hingga semua pekerjaan pelayanan, pemeliharaan dan perbaikan pada instalasi dapat dilakukan dengan aman.
- c. Dalam keadaan terbuka, bagian – bagian sakelar yang bergerak harus tidak bertegangan.
- d. Harus tidak dapat meghubungkan dengan sendirinya karena pengaruh gaya berat,
- e. Kemampuan sakelar harus sesuai dengan daya alat yang dihubungannya, tetapi tidak boleh kurang dari 5 A.
- f. Kotak sakelar harus dipasang pada dinding atau tembok kurang lebih 150 cm diatas lantai.

Sakelar terdiri dari dua macam yaitu sakelar *inbow* dan sakelar *outbow*. Sakelar *inbow* ialah sakelar yang dipasang di dalam tembok. Jadi sakelar ini dipasang sebelum *finishing* suatu rumah dan titik – titik pemasangan sakelar sudah disiapkan pada proses pembangunan rumah. Sedangkan sakelar *outbow* ialah sakelar yang dipasang diluar tembok. Biasanya sakelar *outbow* digunakan sebagai instalasi sementara.



Gambar 2.1. sakelar inbow **Gambar 2.2. Sakelar outbow**
Sumber: Foto Dokumentasi

2.1.4.2. Stop Kontak

Stop kontak merupakan terminal penghubung antara steker atau tusuk kontak alat elektronik dengan sumber arus listrik. Berdasarkan bentuknya stop kontak dibedakan menjadi dua yaitu stop kontak biasa dan stop kontak khusus. Sedangkan berdasarkan pemasangannya stop kontak dibedakan menjadi dua Sama dengan sakelar stop kontak terdiri dari dua macam yaitu stop kontak *inbow* dan stop kontak *outbow*.

Dalam pemasangan stop kontak harus memenuhi persyaratan yang ditentukan, antara lain:

- a. Kotak stop kontak harus dipasang pada dinding atau tembok kurang lebih 150 cm diatas lantai apabila kurang dari 150 cm harus dilengkapi penutup.
- b. Kotak stop kontak yang dipasang dilantai harus tertutup.
- c. Kotak stop kontak dinding dengan pengaman harus dipasang hantaran pengaman.
- d. Kedudukan arah posisi stop kontak diatur sedemikian rupa, agar penghantar netralnya berada disebelah kanan ataupun disebelah bawah.
- e. Selungkup dari stop kontak harus tahan dari kerusakan mekanik.
- f. Kemampuan kotak kontak kontak harus sekurang – kurangnya sesuai dengan daya yang dihubungkan padanya, tetapi tidak boleh kurang dari 5 W.



Gambar 2.3. stop kontak *inbow*⁸ gambar 2.4. stop kontak *outbow*⁹

2.1.4.3. Sambungan kabel

Sambungan kabel adalah cara melakukan *terminating* terhadap peralatan listrik yang akan digunakan dalam penginstalasian. Dalam melakukan sambungan kabel instalasi listrik harus diperhatikan, adalah: kekokohan sambungan yang bebas dari gaya mekanik dan elektrik serta bahan kimiawi, serta jenis sambungan terminal, dan penempatan peralatan dalam pemakaian yang sesuai dengan kegunaan. Dalam suatu instalasi listrik, biasanya digunakan beberapa macam sambungan kabel, antara lain:

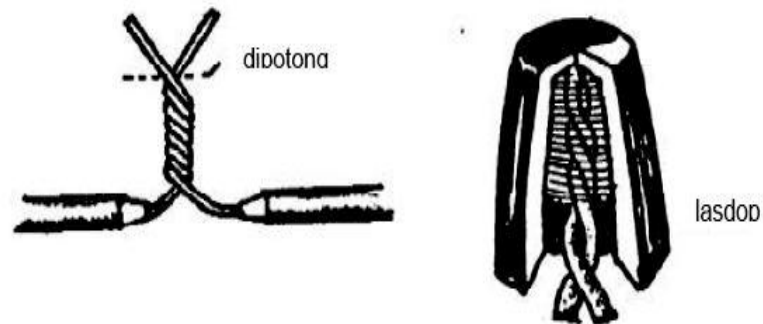
2.1.4.3.1. Sambungan kabel dengan cara ekor babi (*pig tail*)

Sambungan ini biasanya digunakan untuk menyambung atau mencabangkan satu kabel penghantar atau lebih pada satu titik. Penyambungan kabel dengan cara seperti ini sering dijumpai pada

⁸Gustafparlindungan.2012. *mengenal peralatan instalasi*.
<http://gustafparlindungan.blogspot.com/2010/12/mengenal-peralatan-instalasi-listrik.html>.
 (5Februari2014)

⁹ Ibid

kotak sambung dan biasanya dipasang menggunakan lasdop atau lakban yang berfungsi sebagai pengikat dan isolasi. Gambar sambungan ekor babi (*pig tail*) dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. sambungan ekor babi (*pig tail*)¹⁰
 Sumber : *Jobsheet Praktek Instalasi Listrik Residential*

2.1.4.3.2. Sambungan kabel dengan cara puntir

Sambungan ini digunakan untuk penyambungan antara dua kabel yang berbentuk satu garis lurus . Menyambung cara puntir ini dibedakan menjadi dua jenis yaitu sambungan *bell hangers* dan sambungan *western union*. Sambungan biasanya digunakan untuk menyambung kabel yang kurang panjang. Penyambungan dengan cara seperti ini sering dijumpai pada pekerjaan instalasi penerangan dalam rumah. Sambungan *bell hangers* dan sambungan *western union* dapat dilihat pada gambar 2.6 dan 2.7.

¹⁰ *Jobsheet Praktek Instalasi Listrik Residential*, (yogyakarta: UNY, 2013), h.7.



Gambar 2.6. sambungan *bell hangers*¹¹
 Sumber: *Jobsheet Praktek Instalasi Listrik Residential*



Gambar 2.7. sambungan *western union*
 Sumber : *Jobsheet Praktek Instalasi Listrik Residential*

2.1.4.3.3. Sambungan kabel dengan cara *turn back*

Sambungan kabel dengan cara *turn back* merupakan cara bentuk sambungan antara dua kabel atau penghantar listrik yang berbentuk satu garis lurus, dimana kabel ditekuk balik dimaksudkan untuk mendapatkan sambungan yang lebih kuat terhadap rentangan maupun tarikan. Pada umumnya kabel yang digunakan untuk sambungan ini adalah kabel dengan penampang 4 mm². Bentuk sambungan kabel dengan cara *turn back* dapat dilihat pada gambar 2.8.



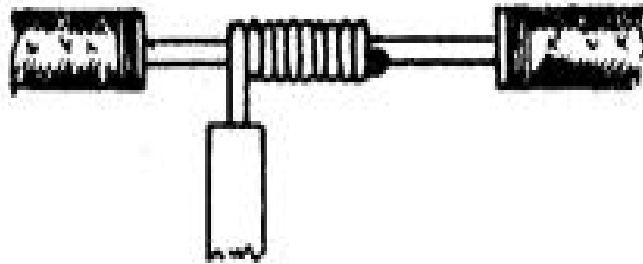
Gambar 2.8. Sambungan Kabel dengan cara *Turn Back*¹²
 Sumber : *Jobsheet Praktek Instalasi Listrik Residential*

¹¹ Ibid. h. 8

¹² Ibid. h. 9

2.1.4.3.4. Sambungan kabel dengan cara *plain joint*

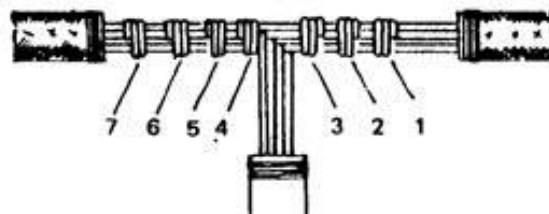
Sambungan kabel dengan cara *plain joint* merupakan cara bentuk sambungan untuk mencabang kabel yang posisinya dalam satu bidang datar. Bentuk sambungan kabel dengan *plain joint* dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Sambungan Kabel dengan cara *Plain joint*¹³
 Sumber : *Jobsheet Praktek Instalasi Listrik Residential*

2.1.4.3.5. Sambungan kabel dengan cara *single wrapped cable spice*

Sambungan kabel dengan cara *single wrapped cable spice* merupakan cara bentuk sambungan yang bernadi banyak, yaitu dengan menganyam sesuai dengan arah alurnya. Bentuk sambungan kabel dengan *single wrapped cable spice* dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. sambungan kabel dengan *single wrapped cable spice*

¹³ Ibid. h. 12

2.1.4.3.6. Sambungan kabel dengan terminal

Sambungan kabel instalasi listrik dengan memakai sistem terminal merupakan cara bentuk sambungan yang sangat aman dibandingkan dengan sistem sambungan yang lain. Kekokohan yang didapat dengan sistem sambungan terminal cukup tinggi, mempunyai kehandalan dalam gaya tarik, dan terhindar dari goncangan, sehingga menghindari terjadinya hubungan singkat. Sambungan kabel dengan menggunakan terminal dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11. Sambungan kabel dengan menggunakan terminal
Sumber : foto dokumentasi

2.1.5. Kabel Listrik (Penghantar Listrik)

Kabel merupakan salah satu sarana dalam instalasi listrik, karena kabel menghantarkan arus listrik ke beban yang terpasang. Oleh sebab itu, perlu diketahui secara pasti seberapa beban yang terpasang pada instalasi listrik agar kapasitas kabel yang dipakai memadai.

Setiap penghantar harus mempunyai KHA seperti yang ditentukan dalam persyaratan umum penghantar dan tidak kurang dari arus yang mengalir didalamnya.¹⁴ Semua penghantar yang digunakan harus

¹⁴ [BSN] Badan Standarisasi Nasional. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000* (Jakarta : SNI, 2000), h.

dibuat dari bahan yang memenuhi syarat, sesuai dengan penggunaannya, serta telah diperiksa, dan diuji menurut standar hantaran yang dikeluarkan atau diakui oleh instalasi yang berwenang.¹⁵

Pada pemilihan kabel harus mempertimbangkan beberapa hal, antara lain:

- a. *Electrical*, meliputi ukuran konduktor, type dan tebal isolasi;
- b. Bahan yang tepat untuk desain tegangan menengah dan rendah, mempertimbangkan kekuatan listrik, bahan isolasi, konstanta dielektrik, dan faktor daya;
- c. Suhu, menyesuaikan dengan suhu lingkungan dan kondisi kelebihan beban, pengembangan, dan tahanan thermal;
- d. *Mechanical*, meliputi kekerasan dan fleksibilitas serta mempertimbangkan terhadap kehancuran, abrasi dan kelembaban;
- e. Kimiawi, stabilitas dari bahan terhadap bahan kimia, cahaya matahari.

2.1.5.1. Untuk pemilihan kabel didasarkan pada arus yang mengalir pada penghantar tersebut ada dua macam yaitu:

- a. Arus bolak – balik 3 fasa, yang tegangan antar fasa tidak lebih tinggi dari 1,15 kali tegangan nominal kabel.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} E \cos \theta} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

I = arus (Ampere)

¹⁵ Ibid.

P = daya / beban (Watt)

E = tegangan antar fasa (Volt)

$\cos \theta$ = faktor daya

b. Arus bolak balik 1 fasa

$$I = \frac{P}{E \cos \theta} \dots\dots\dots (2)$$

Dari persamaan di atas arus nominal dikalikan dengan *safety* faktor dan hasilnya disesuaikan dengan tabel dari jenis kabel yang digunakan, maka akan diketahui luas penampang dari kabel yang dipakai. Pemilihan kabel juga disesuaikan dengan pemilihan rating pengaman. Ukuran kabel yang digunakan untuk instalasi listrik akan bergantung pada:

- Ukuran penghantar yang dinyatakan dalam ukuran luas penampang intinya dan satuannya mm².
- Rating arus dari kabel.
- Jatuh tegangan maksimum yang diijinkan seperti yang dinyatakan dalam persyaratan umum instalasi listrik.

Adapun faktor – faktor yang mempengaruhi rating arus adalah:

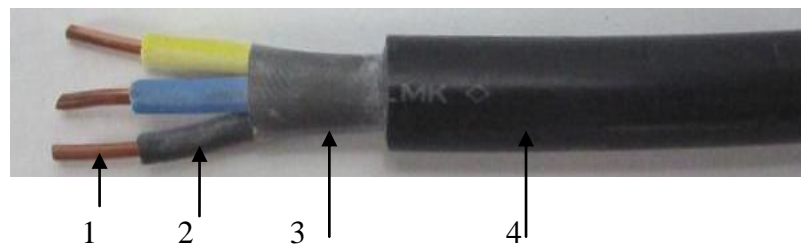
- a. Tipe kabel. PVC, MICC, penghantar tembaga atau aluminium.
- b. Kondisi instalasi jepit pada suatu permukaan atau terinstalasi dengan kabel lain dalam suatu saluran.
- c. Temperatur lingkungan sekitar resistansi kabel meningkat seiring meningkatnya temperatur dan isolasi kabel akan meleleh apabila temperaturnya terlalu tinggi.

d. Tipe proteksi untuk berapa lama kabel harus menahan arus gangguan.

2.1.5.2. Kabel Instalasi Rumah Tinggal

2.1.5.2.1. Kabel NYY

Kabel ini dirancang untuk instalasi tetap dalam tanah yang harus diberikan pelindung khusus, misalnya duct, pipa baja PVC atau besi baja. Kabel ini biasanya ditempatkan di luar atau di dalam bangunan baik pada kondisi basah ataupun kering. Kabel jenis ini mempunyai selubung PVC warna hitam yang terdiri 1 sampai 4 urat dengan penampang luar sebesar 56 mm.



Gambar 2.12. Kabel NYY

- | | |
|-------------------|----------------------------|
| 1. Konduktor | : tembaga yang di-anil-kan |
| 2. Isolasi | : PVC terekstrusi |
| 3. Filler | : PVC terekstrusi |
| 4. Pelindung luar | : PVC terekstrusi |

2.1.5.2.2. Kabel NYA

Kabel NYA adalah penghantar tembaga dengan berinti tunggal berbentuk pejal dan menggunakan isolasi PVC dan sering dipergunakan untuk instalasi kabel udara. Kabel NYA merupakan kabel rumah yang paling banyak digunakan.

Dalam instalasi listrik rumah tinggal digunakan kabel ukuran luas penampang 1,5 mm² dan 2,5 mm². Kode warna isolasi ada yang berwarna merah, kuning, biru, dan hitam. Kabel NYA pada umumnya digunakan di perumahan karena harganya yang relative murah. Lapisan isolasinya hanya satu lapis sehingga mudah cacat, tidak tahan air, dan mudah digigit tikus. Agar aman menggunakan kabel tipe NYA, kabel harus dipasang dengan menggunakan pipa jenis PVC atau saluran tertutup sehingga tidak mudah menjadi sasaran gigitan tikus.

Kabel NYA dimaksudkan untuk dipergunakan didalam ruangan yang kering, instalasi tetap dalam pipa, dan sebagai kabel penghubung dalam lemari distribusi. Isolasi kabel NYA diberi warna hijau-kuning, biru muda, hitam, kuning atau merah. Penandaan kabel NYA dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13. Nomenklatur kabel NYA.

1. Kode pengenalan

N : Kabel jenis ini standar dengan tembaga sebagai penghantar.

Y : Isolasi PVC.

A : Kawat berisolasi.
re : penghantar padat bulat.

2.1.5.2.3. Kabel NYM

Kabel NYM merupakan penghantar listrik dari tembaga dengan berinti lebih dari satu, berisolasi PVC, dan berselubung PVC. dengan penggunaannya. Keuntungan menggunakan kabel yang berselubung dengan penghantar didalam pipa ialah penghantar listrik lebih tahan terhadap korosi atau karat. Pada pemasangan kabel ini mudah ditekuk, dan lebih tahan terhadap pengaruh kimiawi.

Kabel ini dapat digunakan diatas maupun didalam plesteran pada ruangan yang kering ataupun ruangan yang lembab, serta dapat juga digunakan diudara terbuka.penghantarnya terdiri dari penghantar padat bulat atau dipilin yang terbuat dari tembaga. Isolasi pada kabel NYM biasanya berwarna kuning garis hijau, biru, hitam, dan kuning atau merah. Pada isolasi kabel NYM berwarna kuning garis hijau dimaksudkan sebagai kabel pengantar tanah (*ground*). Sedangkan warna selubung kabel harus berwarna putih atau putih keabu – abuan. Penandaan kabel NYM dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14. Kabel NYM

1. Kode pengenalan

- N : Kabel jenis ini standar dengan tembaga sebagai penghantar.
- Y : Isolasi PVC.
- M : Selubung PVC
- re : penghantar padat bulat.
- rm : penghantar bulat berkawat banyak
- I : penghantar dengan tanda pengenalan warna inti hitam – kuning.
- O : penghantar dengan tanda pengenalan warna inti hijau – kuning.

2.1.5.2.4. Kabel NYAF

Kabel jenis ini fleksibel dan dirancang untuk instalasi di dalam pipa, duct atau dalam kotak distribusi. Karena sifatnya fleksibel, kabel ini sangat tepat untuk tempat yang mempunyai belokan yang tajam. Kabel dengan berukuran kurang dari 1,5 mm² ini, hanya diperbolehkan digunakan di dalam peralatan ataupun papan pengontrol (panel listrik) dan tidak diperbolehkan digunakan untuk instalasi tetap.



Gambar 2.15. Kabel NYAF

2.1.6. Persyaratan Penghantar Instalasi

Seluruh penghantar listrik yang digunakan, harus terbuat dari bahan yang memenuhi syarat, sesuai dengan tujuan penggunaannya, serta telaah diperiksa dan diuji berdasarkan kriteria standar penghantar yang dikeluarkan oleh instansi yang berwenang.¹⁶

2.1.6.1. Luas Penampang penghantar

Dalam pemasangan instalasi listrik, penggunaan kabel penghantar harus memperhitungkan luas penampangnya karena hal tersebut dapat berpengaruh pada daya hantar dan suhu keliling dari kabel penghantar tersebut. Berdasarkan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011, untuk instalasi listrik rumah tinggal luas penampang kabel penghantar listrik minimal 1,5 mm². Berikut luas minimum penampang kabel penghantar dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1.KHA terus menerus yang diperbolehkan untuk kabel instalasi berinsulasi dan berselubung PVC, serta kabel fleksibel dengan voltase pengenal 230/400 (300) volt dan 300/500 (400) volt pada suhu ambient 30⁰C, dengan suhu konduktor maksimum 70⁰C¹⁷

Jenis kabel	Luas penampang mm ²	KHA terus menerus A	KHA pengenal gawai proteksi A
1	2	3	4
	1,5	18	10
	2,5	26	20
	4	34	25
NYIF	6	44	35
NYIFY	10	61	50

¹⁶ [BSN] Badan Standarisasi Nasional. *Persyaratan umum instalasi listrik 2000* (Jakarta: SNI 2000).Op.Cit.hal 237

¹⁷ [BSN] Badan Standarisasi Nasional. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011.*(Jakarta : SNI 2009), Hal. 523

NYPLY _w	16	82	63
NYM/NYM-0			
NYRAMZ	25	108	80
NYRUZY	35	135	100
NYRUZY _r	50	168	125
NHYRUZY	70	207	160
NHYRUZY _r	95	250	200
NYBUY	120	292	250
NYLRZY, dan kabel fleksibel berinsulasi PVC	150	335	250
	185	382	315
	240	453	400
	300	504	400
	400	-	-
	500	-	-

Sumber : *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011*,

Pada penghantar listrik Penghantar arus listrik yang digunakan untuk pemasangan instalasi tetap harus terbuat dari tembaga dengan ukuran penampang penghantar dinyatakan dalam ukuran luas penampang intinya dan satuannya dinyatakan mm².¹⁸

2.1.5.2. Identifikasi Warna Penghantar

Identifikasi warna penghantar bertujuan untuk mengetahui penggunaan warna yang digunakan sebagai tanda pengenal pada penghantar listrik. Berikut ketentuan – ketentuan yang berlaku untuk mengidentifikasi penghantar berdasarkan warna, yaitu:

- a. Warna loreng hijau-kuning hanya boleh digunakan untuk menandai konduktor pembumian, konduktor proteksi, dan konduktor yang menghubungkan ikatan ekuipotensial ke bumi.¹⁹

¹⁸ [BSN] Badan Standarisasi Nasional. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000* (Jakarta: SNI, 2000) .op.cit. h. 237

¹⁹[BSN] Badan Standarisasi Nasional. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011*(Jakarta : SNI,2009). h. 286

- b. Warna biru digunakan untuk menandai konduktro netral atau kawat tengah, pada instalasi listrik dengan konduktor netral.²⁰
- c. Warna hitam, kuning, dan merah digunakan untuk menandai penghantar fase.
- d. Dalam instalasi listrik tiga fasa, warna yang harus dpergunakan adalah:
- e. Ketentuan – ketentuan tersebut berlaku untuk semua jenis instalasi listrik yang terpasang secara tetap atau permanen maupun sementara.

2.1.6. Pengaman Instalasi

Pengaman merupakan alat yang digunakan untuk melindungi sistem instalasi listrik dari beban arus listrik yang melebihi batas kemampuannya. Biasanya arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar akan menimbulkan panas, baik pada penghantar listrik maupun peralatan listrik lainnya. Oleh karena itu, digunakan pengaman lebur atau pengaman otomatis untuk mencegah terjadinya kejadian yang tidak diinginkan, seperti kebakaran. Berikut ini beberapa fungsi dari pengaman listrik, antara lain:²¹

- a. Pengaman sistem instalasi (penghantar, komponen, dan alat – alat yang menggunakan energi listrik).

²⁰ Ibid. hal 287

²¹ Asep Hapidin. *Tata cara memasang instalasi listrik di rumah.*(Jakarta : Swadaya, 2009), h. 54

- b. Pelindung dan pembatas arus lebih yang disebabkan oleh pemakaian beban listrik yang berlebih atau akibat hubung singkat antar fasa, fasa dengan netral, atau fasa dengan badan (*body*).
- c. Pelindung hubung singkat dengan badan mesin atau alat – alat listrik yang terpasang dalam instalasi listrik.

Supaya tidak terjadi kerusakan dan bahaya pada instalasi listrik, maka perlu digunakan pengaman instalasi. Pengaman listrik yang biasanya digunakan pada instalasi listrik, antara lain:

2.1.6.1. Mini Circuit Breaker (MCB)

Mini Circuit Breaker (MCB) adalah pengaman yang digunakan sebagai pemutus arus listrik pada rangkaian, baik arus nominal maupun arus gangguan. MCB merupakan kombinasi fuse dan pemutus arus. MCB juga dapat digunakan sebagai pengganti fuse yang berguna untuk mendeteksi arus lebih.



Gambar 2.16. MCB 1 fasa²²

²² Kudakabandung. Produk. <http://www.indonetnetwork.co.id/kudakabandung/prod/12.html> (diunduh tanggal 5 November 2014)

Keuntungan MCB

- a. Dari karakteristik jatuhnya saklar, oleh karenanya perlindungan rangkaian diset oleh pemasang instalasi.
- b. Perlindungan rangkaiannya sulit untuk diinterferensi.
- c. Rangkaian dilengkapi dengan perbedaan.
- d. Rangkaian yang rusak dapat dengan mudah dan cepat dipulihkan.
- e. Supply dapat dipulihkan dengan aman oleh operator yang terlatih sekalipun

Kerugian MCB

- a. Sangat mahal dibandingkan dengan sekering yang dapat dikabelkan.
- b. Mengandung bagian mekanik yang bergerak sehingga membutuhkan pengetesan rutin untuk memastikan operasi yang memuatkan pada kondisi rangkaian yang rusak.

2.1.6.2. Pengaman Lebur atau Sekering

Pengaman lebur atau sekering merupakan salah satu pengaman yang digunakan untuk penerangan. Sekering adalah suatu alat yang dipergunakan untuk membatasi besar arus listrik yang mengalir pada suatu rangkaian listrik.²³ Fungsi dari pengaman lebur atau sekering tersebut hampir sama dengan fungsi dari MCB (*Mini Circuit Breaker*) yaitu memutuskan rangkaian apabila terjadi hubung singkat dan beban

²³ Drs. Ganti Depari. *Penunjang Pendidikan Keterampilan Teknik Listrik*. 1987. Hal 17

lebih yang disebabkan oleh kerusakan isolasi atau hubung singkat yang terjadi pada peralatan listrik.

Prinsip kerja dari pengaman lebur dengan cara memuuskan kawat lebur apabila rangkaian instalasi listrik mengalami kenaikan arus yang melebihi batas nominal. Kenaikan arus listrik dapat diakibatkan oleh beban listrik yang berlebih atau terjadi hubung singkat.



Gambar 2.17. Pengaman Lebur (Sekering)
Sumber : Foto dokumentasi

2.1.6.3. Sekering Otomatis

Sekering otomatis merupakan pengaman yang digunakan untuk memutuskan hubungan rangkaian listrik secara otomatis apabila arus listrik melebihi nilai batas yang ditentukan dan merupakan sebagai pengganti pengaman lebur²⁴.

Berdasarkan cara kerja pengaman otomatis terbagi menjadi dua, yaitu cara kerja secara *thermis* dan cara kerja secara *electromagnetic*. Salah satu keuntungan pada pengaman atau sekering otomatis adalah

²⁴ Gatot Hari Priowirjanto.2003. *Instalasi Listrik Dasar*. Hal. 20

pengaman atau sekering dapat digunakan kembali apabila rangkaian listrik melebihi nilai yang ditentukan.

Secara *thermis* pemutus menggunakan dwilogam, bila arus yang melewati batas kemampuan pengaman maka dwilogam akan mengalami panas kemudian merenggang akhirnya memutuskan rangkaian. Pemutus bekerja secara *magnetic*, apabila arus listrik yang melewati pengaman listrik melebihi kapasitasnya, maka kelebihan arus tersebut akan mengalir pada kumparan dan kumparan tersebut akan membentuk magnet sehingga akan menarik tuas penghubung, kemudian akan memutuskan rangkaian.



Gambar 2.18. Sekering Otomatis
Sumber : foto Dokumentasi

2.1.7. Pentanahan (*Grounding*)

Pentanahan (*grounding*) merupakan pengaman listrik yang berfungsi untuk menjaga keselamatan jiwa manusia terhadap bahaya tegangan sentuh. Tegangan sentuh adalah tegangan yang timbul selama gangguan isolasi antara dua bagian yang dapat terjangkau dengan serempak.²⁵ Jika

²⁵ [BSN] Badan Standarisasi Nasional. *Persyaratan umum instalasi listrik 2000* .(Jakarta : SNI, 2000). h.18

terjadi kerusakan isolasi pada instalasi yang bertegangan, maka bahaya sentuh dapat dihindari. Karena arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar akan dialirkan melalui sistem pentanahan (*grounding*).

Pada sistem pentanahan suatu instalasi terdiri dari komponen sebagai berikut:

2.1.7.1. Elektroda Pentanahan

Elektroda pentanahan adalah penghantar yang ditanam ke dalam tanah sehingga membuat kontak langsung dengan tanah. Elektroda yang ditanam dalam tanah disebut elektroda tanah. Bahan yang digunakan pada elektroda tanah adalah tembaga atau baja yang telah dilapisi galvanis. Ukuran elektroda dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Ukuran Minimum Elektroda Bumi.²⁶

No	Bahan Jenis Elektroda	Baja Galvanis dengan proses pemanasan	Baja berlapis tembaga	Tembaga
1	Elektroda pita	Pita baja 100 mm ² setebal 3 mm	50 mm ²	Pita baja 50 mm ² setebal 3 mm
		Penghantar pilin 95 mm ²		Penghantar pilin 35 mm ²
2	Elektroda batang	Pipa baja 25 mm	Baja diameter 15 mm dilapisi tembaga setebal 250µΩ	
3	Elektroda pelat	Pelat besi tebal 3 mm luas 0,5 m ² sampai 1 m ²		Pelat tembaga tebal 2 mm luas 0,5 m ² sampai 1 m ²

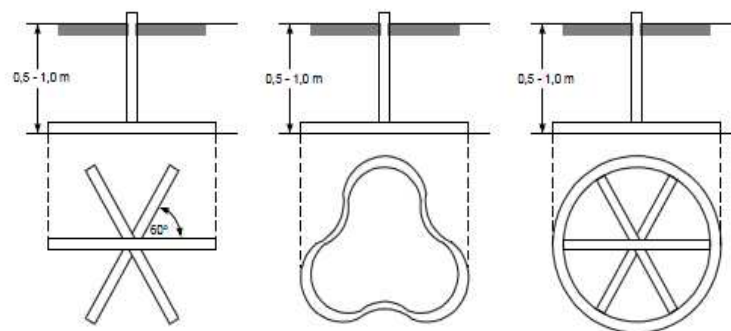
Sumber : *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011*

²⁶ Ibid. hal.82

Berdasarkan jenis elektroda pentanahan yang digunakan pada sistem pentanahan sebagai berikut:

2.1.7.2.1. Elektroda Pita

Elektroda pita terbuat dari penghantar berbentuk pilin atau penampang bulat yang pada umumnya ditanam secara dangkal. Jenis elektroda ini ditanam secara melingkar, radial, lurus, jala – jala ataupun secara kombinasi. Elektroda ini ditanam sejajar dengan permukaan tanah dengan kedalaman 0,5 sampai 1 meter. Berikut ini cara pemasangan elektroda pita dapat dilihat pada gambar 2.19.



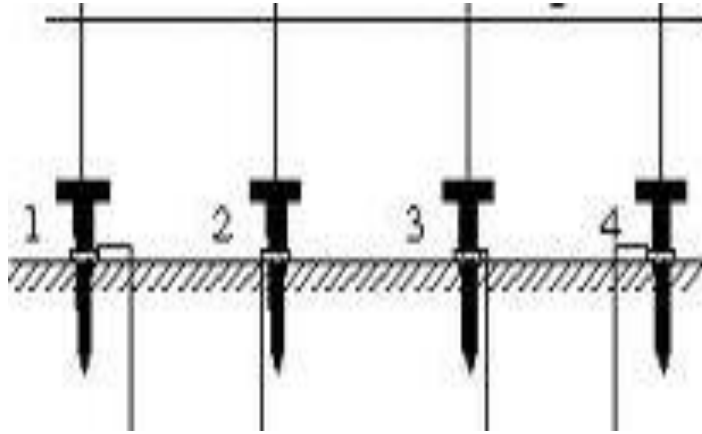
Gambar 2.19. Cara pemasangan elektroda pita²⁷
 Sumber : *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011*

2.1.7.2.2. Elektroda batang

Elektroda batang terbuat dari pipa besi, baja profil, atau batang logam lainnya yang dipancang tegak lurus kedalam tanah dan panjangnya elektroda disesuaikan dengan resistansi pentanahan. Resistansi pentanahan sebagian besar tergantung pada panjang elektroda dan luas penampang elektrodanya. Secara teknik pemasangan elektroda batang tidak sulit, yakni dengan cara

²⁷ [BSN] Badan Standarisasi Nasional. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011*. (Jakarta : SNI, 2009) h. 358

mencanangkan langsung kedalam tanah. Selain itu pula tidak memerlukan lahan yang luas. Pada pemasangan elektroda batang dapat dilihat pada gambar 2.20.



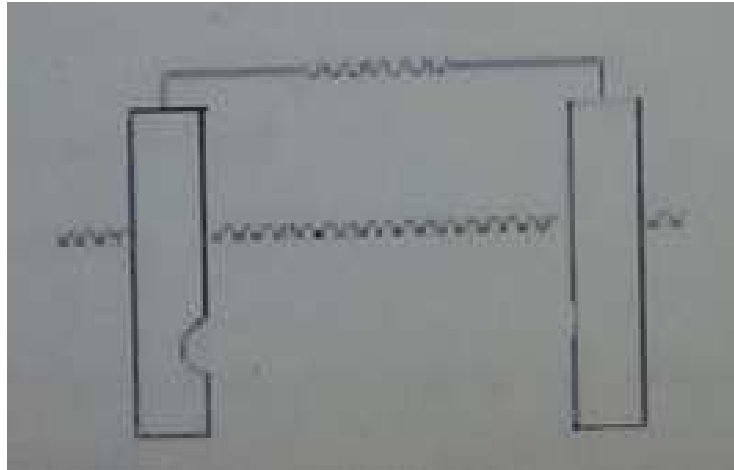
Gambar 2.20. Pemasangan Elektroda Batang²⁸

2.1.7.2.3. Elektroda pelat

Elektroda pelat terbuat dari bahan logam utuh atau berlubang. Pada umumnya elektroda pelat ditanam tegak lurus dalam tanah dan ukuran luas penampangnya disesuaikan dengan resistansi pentanahan. Pada umumnya menggunakan pelat yang berukuran 1 meter x 0,5 meter. Dimana sisi atas pelat kurang lebih 1 meter di bawah permukaan tanah. Jika diperlukan beberapa pelat logam untuk memperoleh resistansi pentanahan yang lebih rendah, maka jarak antara pelat logam. Jika dipasang paralel dianjurkan minimum 3 meter.²⁹

²⁸Elektroindonesia. *elektroda batang*. <http://www.elektroindonesia.com/elektro/ener24b.html>. (5 februari 2014)

²⁹ [BSN] Badan Standarisasi Nasional. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*. (Jakarta : SNI, 2000) h. 83



Gambar 2.21. Elektroda Pelat

Sumber : *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*

Misalnya untuk mencapai resistansi jenis pentanahan sebesar 5 ohm pada tanah liat atau ladang dengan resistansi jenis 100 ohm/meter, maka diperlukan sebuah elektroda pita yang panjangnya 50 meter atau empat buah batang elektroda batang yang panjangnya 5 meter.³⁰

3.1.9.1. Penghantar Pentanahan

Penghantar pentanahan ialah penghantar pengaman yang digunakan pada sistem pentanahan yakni menghubungkan sistem pentanahan dari elektroda pentanahan ke terminal pentanahan atau terminal pentanahan sampai peralatan listrik yang ditanahkan. Pada penghantar tanah atau elektroda harus terbuat dari bahan tembaga atau aluminium atau perpaduan dari kedua bahan tersebut.

Berdasarkan kekuatan mekanisnya, luas penampang penghantar ke tanah, yaitu:

- a. Untuk penghantar yang terlindungi kokoh mekanisnya sebesar 1.5 mm² (tembaga) dan 2.5 mm² (aluminium).

³⁰ *ibid.* Hal. 81

- b. Untuk penghantar yang tidak terlindungi kokoh mekanisnya sebesar 4 mm^2 (tembaga) yang tebalnya 2.5 mm^2 .

Pada ukuran penampang penghantar pentanahan cabang instalasi, berbeda dengan ukuran penampang penghantar saluran utama. Untuk ukurannya, penampang penghantar saluran utama lebih besar dibandingkan dengan ukuran penampang penghantar cabang instalasi. Untuk ukuran luas penampang penghantar pentanahan dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. luas penampang penghantar pentanahan³¹

Jenis elektroda	Pita atau Penghantar Pilin				Batang atau pipa				Pelat vertical dengan sisi atas $\pm 1 \text{ m}$ dibawah permukaan tanah	
	Panjang (m)				Panjang (m)				Ukuran (m^2)	
	10	25	50	100	1	2	3	5	0.5x1	1x1
Resistansi Pembedaan (Ω)	20	10	5	3	70	40	30	20	35	25

Sumber : *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011*

Dalam penggunaan di rumah tinggal sebaiknya tidak menggunakan penghantar pentanahan yang tidak berisolasi. Penghantar pentanahan yang berisolasi harus memiliki isolasi yang sama dengan isolasi dari penghantar listrik.

³¹ [BSN] Badan Standarisasi Nasional. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011*. (Jakarta : SNI,2009) h. 359

2.1.9. Pengujian Instalasi

Seluruh instalasi listrik yang terpasang pada rangkaian listrik harus diuji terlebih dahulu dengan baik sebelum dipergunakan. Pengujian yang dilakukan ialah pemeriksaan secara visual terhadap kesempurnaan mekanik sambungan.

Pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik yang dilakukan sebagai berikut:³²

- a. Berbagai macam tanda pengenalan dan papan peringatan.
- b. Perlengkapan instalasi yang terpasang.
- c. Cara memasang perlengkapan instalasi.
- d. Polaritas.
- e. Pentanahan.
- f. Resistansi isolasi.
- g. Kesenambungan rangkaian.
- h. Fungsi pengaman sistem instalasi listrik.

2.1.9.1. Aplikasi Megger Dalam Mengukur Instalasi Listrik

Untuk menguji seluruh instalasi listrik, sakelar pembatas atau pengaman lebur pada APP dibuka atau dilepas. Hubungan penghantar nol dan penghantar pengaman dari APP dibuka pula di PHB (Panel Hubung Bagi) konsumen. Pengaman lebur atau MCB di PHB semua dalam keadaan tertutup. Semua sakelar lampu dilepas dan semua kotak kontak harus dalam keadaan bebas dari beban.

³² ibid . Hal. 628

Perlengkapan elektronik dapat rusak jika mendapat tegangan uji yang tinggi. Oleh karena itu, semua beban yang terpasang harus dilepaskan. Dalam hal ini stater elektronik pada lampu TL merupakan beban.

Mengingat pada instalasi terpasang, semua lampu umumnya sudah terpasang, maka melepas lampu merupakan pekerjaan yang merepotkan. Dalam hal tersebut ada kecenderungan untuk membuka sakelar dan membiarkan lampu tetap terpasang. Karena tidak diperkenankan, mengingat tegangan uji dapat merusak sirkit yang peka pada perlengkapan.

Pada pengujiannya kawat bumi dihubungkan dengan penghantar proteksi dan kawat tegangan dihubungkan dengan penghantar fase pada PHB. Jika penunjukan jarum pada megger menyatakan tidak kurang dari 0,25 MΩ maka nilai resistansi isolasi instalasi listrik dan seluruh instalasi listrik sudah memenuhi ketentuan.

Dalam hal instalasi besar dengan banyak sirkit akhir dan sirkit cabang akan terdapat banyak paralel ke tanah, sehingga dapat kemungkinan penunjukan jarum penunjuk pada megger kurang dari 0,25 MΩ. Untuk bagian instalasi yang tidak diuji pengaman lebur dan sakelar utama pada PHB dilepas. Pada bagian yang diuji persyaratan minimum resistance isolasi dapat terpenuhi. Ada pun untuk mengetahui standart harga minimal hasil pengukuran tahanan isolasi suatu peralatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus pendekatan :

$$R = \frac{1000 \times U}{Q} \times U^{2,5} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

R = Tahanan isolasi minimal.

U = Tegangan kerja.

Q = Tegangan Megger.

1000 = Bilangan tetap.

2,5 = Faktor Keamanan (apabila baru).

Untuk mengetahui nilai resistans isolasi minimum dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. Nilai resistans isolasi minimum³³

Tegangan sirkit nominal V	Tegangan uji arus searah V	Resistans isolasi MΩ
Tegangan ekstra rendah (SELV,PELV,FELV) yang memenuhi persyaratan	250	≥ 0,25
Sampai dengan 500 V, dengan pengecualian hal tersebut diatas	500	≥ 0,5
Di atas 500 V	1000	≥ 1

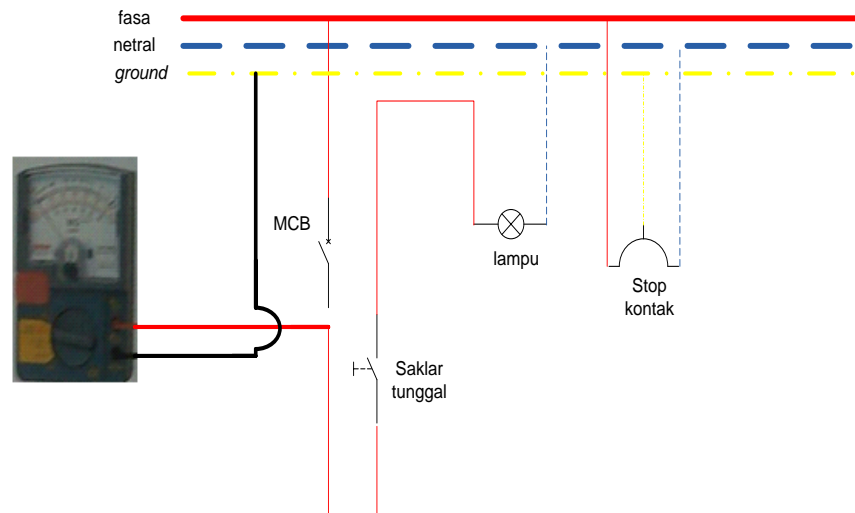
Sumber : *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011*

2.1.9.2. Mengukur Tahanan Isolasi

Pengukuran tahanan isolasi dilakukan ketika rangkaian instalasi listrik tidak dialiri oleh arus listrik. Pengukuran ini bertujuan untuk mengukur nilai resistansi isolasi pada penghantar listrik dan juga mendeteksi terjadinya kebocoran arus listrik pada isolasi penghantar listrik. Pengukuran ini dapat mengetahui potensi terjadinya hubung pendek (*short circuit*) yang timbul pada rangkaian instalasi listrik.

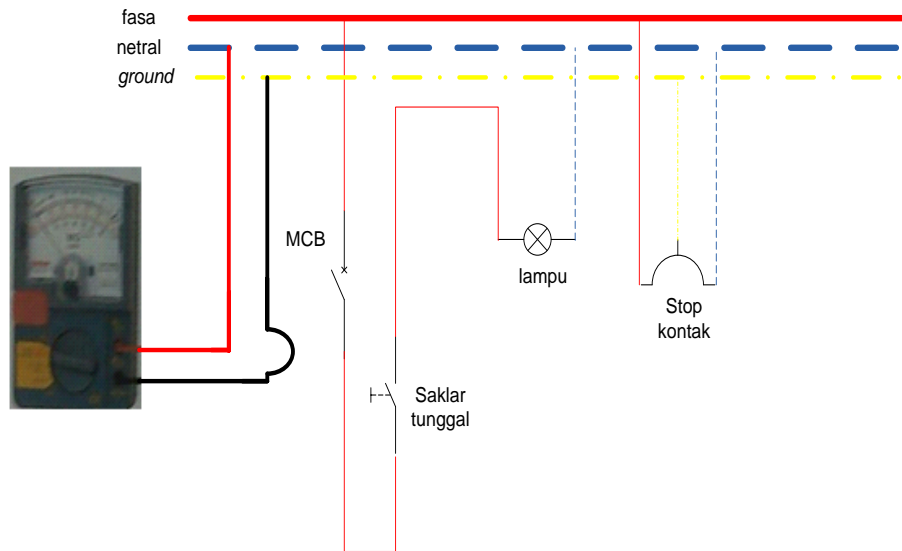
³³ Ibid .Hal.462

Gambar 2.22. menunjukkan gambar cara untuk mengukur tahanan isolasi pada instalasi listrik antara fase dengan netral. Dimana kabel probe berwarna merah dihubungkan dengan fasa sedangkan kabel probe berwarna hitam dihubungkan dengan netral.



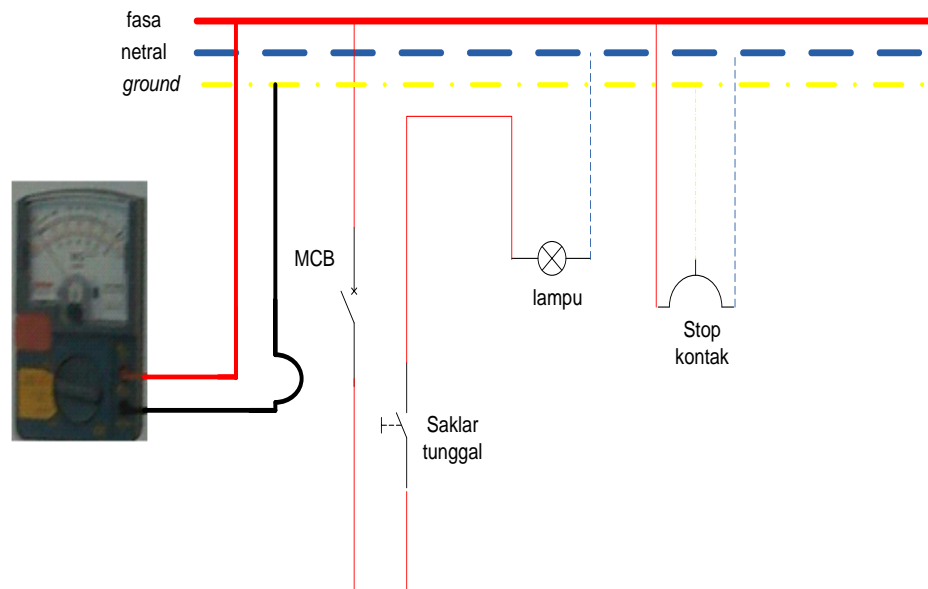
Gambar 2.22. Pengukuran Fase dengan Netral

Gambar 2.23. menunjukkan gambar cara untuk mengukur tahanan isolasi pada instalasi listrik antara *netral* dengan *ground*. Dimana kabel probe berwarna merah dihubungkan dengan netral sedangkan kabel probe berwarna hitam dihubungkan dengan tanah atau *ground*.



Gambar 2.23. Pengukuran Netral dengan Ground

Gambar 2.24. menunjukkan gambar cara untuk mengukur tahanan isolasi pada instalasi listrik antara fasa dengan ground. Dimana kabel probe berwarna merah dihubungkan dengan fasa sedangkan kabel probe berwarna hitam dihubungkan dengan tanah atau *ground*.



Gambar 2.24. Pengukuran Fasa dengan *Ground*

Keterangan gambar :

N = Nol

F = Fase

M = alat ukur megger (500 volt – 1000 volt)

Pada alat ukur megger memerlukan tegangan ukur yang lebih tinggi dan biasanya diperoleh dari baterai yang dapat menghasilkan tegangan dari 500 Volt – 1000 Volt.

3.1.9.2. Mengukur Tahanan Pentanahan

Tahanan elektroda pentanahan ke tanah tidak hanya tergantung kedalaman tanah dan luas penampang elektroda, tetapi juga pada kondisi tahanan tanah. Tahanan tanah merupakan faktor yang penting dalam menentukan jenis tahanan elektroda dan kedalaman elektroda agar diperoleh nilai tahanan yang rendah. Alat ukur yang digunakan pada pengukuran ini adalah *earth meter*.

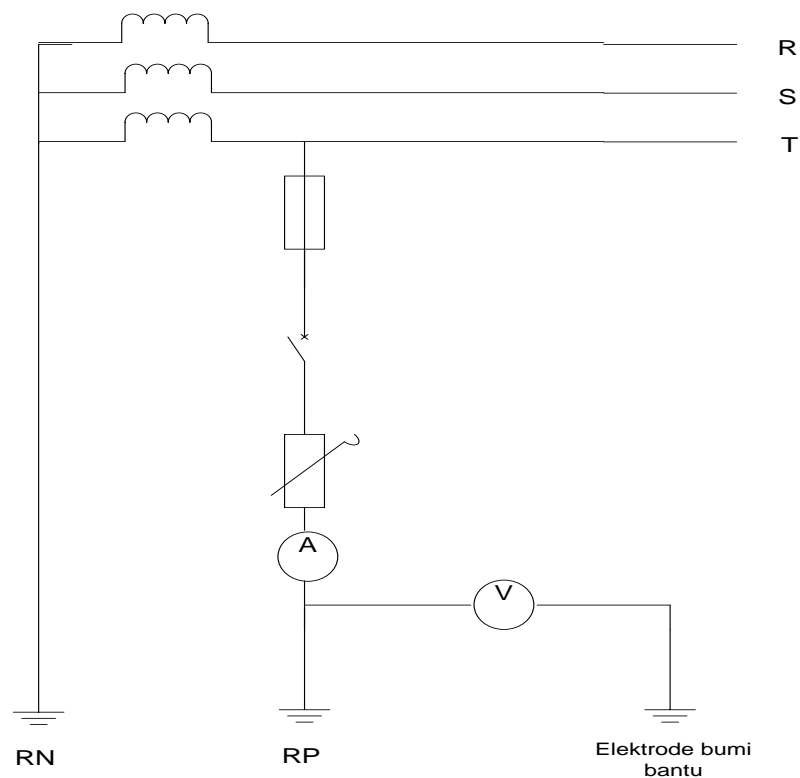
Nilai resistans jenis tanah sangat berbeda – beda, tetapi tergantung pada jenis tanah seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.6.

Tabel 2.6. Resistans jenis tanah³⁴

Jenis tanah	Tanah rawa	Tanah liat dan tanah lading	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*

³⁴ Ibid.hal.358



Gambar 2.25. Pengukuran tahanan petanahan

2.2. Kerangka Berfikir

Dengan didasari teori – teori di atas, hal pertama yang dilakukan adalah mengadakan observasi yaitu kelayakan instalasi listrik yang dipengaruhi oleh faktor usia instalasi listrik, dimana akan mengalami penurunan kualitas pada peralatan dan perlengkapan instalasi listrik. Dalam pemasangan instalasi listrik, semua peralatan dan perlengkapan instalasi listrik yang digunakan harus memenuhi ketentuan – ketentuan dalam persyaratan umum instalasi listrik dan standar yang berlaku. Hal ini yang mendasari layak atau tidaknya suatu instalasi listrik. Aspek – aspek yang berpengaruh terhadap kelayakan suatu instalasi listrik antara lain: perlengkapan peralatan instalasi listrik, pengaman instalasi listrik, tahanan isolasi, dan tahanan pentanahan.

Pengujian kelayakan instalasi listrik diawali dengan memeriksa perlengkapan instalasi listrik yang meliputi sambungan, sakelar, dan stop kontak. Setelah itu memeriksa kondisi pengaman listrik diantaranya *mini circuit breaker* (MCB), sekering (pengaman lebur), dan pentanahan (*grounding*). Selanjutnya memeriksa penghantar listrik dalam hal ini penghantar yang digunakan sudah sesuai dengan persyaratan atau tidak sesuai dengan persyaratan. Penghantar instalasi inti tunggal berisolasi PVC tidak diperbolehkan dibebani arus melebihi kuat hantar arus (KHA) untuk masing – masing luas penampang serta jenis penghantar tembaga.³⁵

Selanjutnya mengukur besar tahanan isolasi dengan menggunakan Megger. Pada pengukuran instalasi rumah tinggal biasanya menggunakan tegangan 1000 volt dan resistansinya 2000 ohm/meter. Standar tahanan isolasi pada penghantar listrik ialah $\leq 0,25$ Mega ohm. Apabila tahanan isolasi $\geq 0,25$ Mega ohm, maka dapat diartikan bahwa tahanan isolasi pada penghantar tersebut kurang baik.

Setelah itu mengukur besar tahanan pentanahan dengan menggunakan *Earth Tester*. Alat ukur ini memiliki tiga buah terminal, dimana satu terminal pada *earth tester* dihubungkan dengan elektroda yang akan diukur nilai pentanahannya dan dua terminal pada *earth tester* lainnya dihubungkan dengan elektroda bantu yang ditanam kedalam tanah.

³⁵ [BSN] Badan Standarisasi Nasional. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*. (Jakarta : SNI, 2000) h.241