

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 PUIL 2011

Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011) adalah hasil perubahan dari PUIL 2000. PUIL ini sekarang telah diterbitkan dengan versi terkini 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. (Sukardi et al., 2019)

Dalam PUIL 2011 mengatur tentang 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 canggih dengan tujuan meningkatkan keamanan instalasi. Dengan adanya PUIL 2011 diharapkan keamanan instalasi listrik dapat ditingkatkan dengan mencegah maupun mengurangi risiko kecelakaan dan kerusakan peralatan listrik..(Kehandalan et al., 2015).

Menurut (Mikdar et al., 2019) Tujuan adanya Persyaratan Umum Instalasi Listrik adalah :

1. Agar pengusaha instalasi listrik terselenggara dengan baik
2. Keamanan instalasi listrik beserta perlengkapannya

3. Perlindungan terhadap lingkungan
4. Melindungi manusia dari bahaya sentuhan arus listrik
5. Menjaga gedung dan seisinya dari bahaya kebakaran akibat gangguan listrik
6. Menjaga tenaga listrik yang aman dan efisien

2.2 Sistem Distribusi Listrik

Secara sederhana, “sistem distribusi tenaga listrik” dapat diartikan sebagai suatu sistem penyaluran tenaga listrik dari sumber ke pusat beban. Sedangkan “sistem instalasi” adalah cara memasang sirkuit listrik atau peralatan listrik yang memerlukan tenaga listrik, pemasangannya harus sesuai dengan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL). Oleh karena sumber tenaga listrik untuk beban memiliki kondisi dan persyaratan tertentu, maka sarana penyampaiannya pun dikehendaki memenuhi persyaratan tertentu pula. Kondisi dan persyaratan yang dimaksudkan tersebut antara lain :

1. Semua peralatan listrik dirancang memiliki rating tegangan, frekuensi dan daya nominal tertentu.
2. Letak titik sumber (pembangkit) dengan titik beban tidak selalu berdekatan.
3. Pada pengoperasian peralatan listrik perlu menjamin keamanan peralatan, bagi manusia pengguna, dan bagi lingkungannya.

Dalam usaha mengantisipasi tiga hal tersebut, maka untuk sistem pengiriman tenaga listrik diharuskan memenuhi beberapa kriteria :

1. Dibutuhkan sirkuit daya (tenaga) yang dapat diandalkan, efisien, hemat biaya, dan efektif..

2. Diperlukan ketersediaan energi listrik dengan kapasitas yang mencukupi, tegangan yang konsisten pada harga yang ditetapkan, sesuai dengan desain peralatan. Singkatnya diperlukan penyediaan energi dengan kualitas yang optimal..
3. Diperlukan perangkat sistem keamanan yang bagus, sesuai dengan persyaratan keamanan (berfungsi dengan cepat, sensitif, selektif, andal, dan efisien).

2.3 Sistem Instalasi Listrik

Instalasi listrik adalah sirkit listrik beserta gawai maupun peralatan yang terpasang baik di dalam maupun di luar bangunan untuk menyalurkan arus listrik. Rancangan instalasi listrik harus memenuhi ketentuan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011.

Pemasangan dan penambahan instalasi listrik dengan perlengkapan-perengkapan yang tidak didasari pengetahuan tentang instalasi listrik dapat berbahaya apabila tidak dilakukan pemeliharaan serta pengamanan terhadap peralatan listrik yang ada. (Bahraen et al., 2018). Menurut (Donga, 2020) “Instalasi listrik ialah jaringan perlengkapan yang mengatur dan membangkit tenaga listrik. Instalasi listrik ialah instalasi untuk membangkitkan, distribusi, pelayanan dan pemakaian tenaga listrik”.

2.3.1 Kabel Instalasi

Kabel instalasi yang memiliki selubung banyak digunakan dalam instalasi listrik. Kabel tersebut sangat banyak digunakan karena beberapa hal. Jika dibandingkan dengan kabel dalam pipa, kabel instalasi berselubung memiliki beberapa kelebihan, di antaranya lebih mudah dibengkokkan dan lebih tahan terhadap pengaruh asam dan uap atau gas.

Pada kabel instalasi berselubung, terdapat beberapa huruf untuk memberikan kode pada kabel tersebut. Berikut beberapa pengertian huruf yang digunakan pada kode kabel berselubung. (Sintia Tumewu, 2015)

1. N : kabel standar dengan penghantar tembaga
2. NA : kabel standar dengan penghantar aluminium
3. Y : kabel dengan isolasi selubung PVC
4. F : kabel dengan perisai kawat baja pipih :
5. R : kabel dengan perisai kawat baja bulat
6. Gb : kabel spiral pita baja
7. Re : kabel penghantar padat bulat
8. Rm : kabel penghantar bulat kawat banyak
9. Se : kabel penghantar padat bentuk sector
10. Sm : kabel penghantar kawat banyak bentuk sector

Berikut ini contoh penggunaan kode huruf pada kabel berselubung. Pada sebuah kabel berselubung tertulis kode NAYFGbY 4× 80 SM 0,8/1 kV. Artinya , kabel tersebut merupakan kabel jenis standar dengan penghantar aluminium kawat banyak bentuk sektor, berisolasi dan berselubung PVC, dengan perisai kawat baja pipih dan spiral pita baja, jumlah urat empat, luas penampang nominal masing-

masing 80 mm², dan tegangan kerja nominal 0,8/1 kV.

Tabel 2. 1 KHA Terus Menerus Untuk Kabel Instalasi

Jenis kabel	Luas penampang	KHA terus menerus	KHA pengenal gawai proteksi
	mm ²	A	A
1	2	3	4
	1,5	18	10
	2,5	26	20
	4	34	25
	6	44	35
NYIF	10	61	50
NYIFY	16	82	63
NYPLYw			
NYM/NYM-0	25	108	80
NYRAMZ	35	135	100
NYRUZY	50	168	125
NYRUZYr			
NHYRUZY	70	207	160
NHYRUZYr	95	250	200
NYBUY	120	292	250
NYLRZY, dan	150	335	250
Kabel fleksibel	185	382	315
berinsulasi PVC	240	453	400
	300	504	400
	400	-	-
	500	-	-

Sumber: (Persyaratan Umum Instalasi Listrik, 2011)

2.3.2 Jenis kabel instalasi yang Biasa digunakan

1. Kabel NYA

Kabel NYA berinti tunggal, dilapisi bahan insulasi PVC, untuk instalasi luar atau kabel udara. Kode warna insulasi ada warna merah, kuning, biru dan hitam sesuai dengan peraturan PUIL. Lapisan insulasinya hanya 1 lapis sehingga mudah rusak, tidak tahan air (NYA adalah tipe kabel udara) dan mudah dimakan tikus. Agar aman menggunakan kabel tipe ini, kabel harus dipasang dalam pipa/conduit jenis PVC atau sirkit tertutup. Sehingga tidak mudah menjadi

sasaran gigitan tikus, dan jika ada insulasi yang terkelupas tidak akan tersentuh langsung oleh orang.



Gambar 2. 1 Kabel NYA

2 Kabel NYM

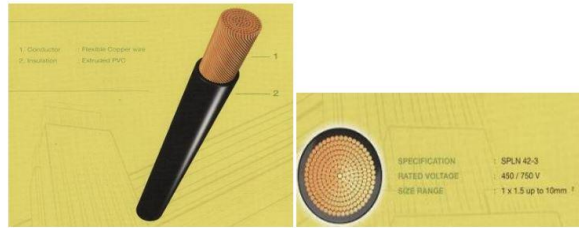
Kabel NYM dilapisi PVC (umumnya berwarna putih atau abu-abu), ada yang memiliki 2, 3, atau 4 inti. Kabel NYM dilapisi isolasi ganda, sehingga tingkat keamanannya lebih tinggi daripada kabel NYA (harganya lebih mahal daripada NYA). Kabel ini bisa digunakan di lingkungan yang kering dan lembab, tetapi tidak boleh ditanam.



Gambar 2. 2 Kabel NYM

3 Kabel NYAF

Kabel NYAF adalah jenis kabel fleksibel dengan penghantar tembaga serabut yang dilapisi PVC. Dipergunakan untuk pemasangan panel-panel yang membutuhkan tingkat fleksibilitas yang tinggi.



Gambar 2. 3 Kabel NYAF

4 Kabel NYY

Kabel NYY memiliki lapisan isolasi 1PVC (umumnya berwarna hitam), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYY digunakan untuk instalasi tersembunyi (kabel bawah tanah), dan memiliki lapisan isolasi yang lebih tahan lama dari kabel NYM (harganya lebih tinggi dari NYM). Kabel NYY memiliki isolasi yang terbuat dari bahan yang tidak disukai tikus.



Gambar 2. 4 Kabel NYY

5 Kabel NYFGbY

Kabel NYFGbY ini digunakan untuk pemasangan di bawah tanah, di dalam ruangan, di sirkit-sirkit, dan di tempat-tempat terbuka di mana perlindungan terhadap kerusakan fisik diperlukan, atau untuk menahan tekanan yang tinggi saat dipasang dan digunakan.



Gambar 2. 5 Kabel NYFGb

2.4 Sistem Penghantar

Komponen-komponen perencanaan instalasi listrik adalah materi-materi yang dibutuhkan oleh suatu sistem sebagai susunan kontrol maupun susunan daya, yang di perancang untuk melaksanakan fungsi sistem sesuai dengan deskripsi kerja. (Dien, 2018)

Dalam pemilihan jenis penghantar yang akan digunakan, diputuskan berdasarkan hal berikut.:

2.4.1 Kapasitas Hantar Arus

Untuk menentukan kapasitas hantar arus (KHA) dari kawat yang digunakan, pertama-tama harus diketahui besarnya arus listrik nominal atau arus maksimum yang dikonsumsi oleh beban. Untuk mengetahui arus listrik nominal yang dikonsumsi oleh beban, perlu diketahui daya listrik nominalnya. Penentuan daya listrik nominal dapat dihitung dengan persamaan-persamaan berikut ini.:

Untuk satu fasa :

$$I_{fasa} = \frac{P_{1fasa(watt)}}{V_{L-N} \times \cos\phi} \text{ A} \dots\dots\dots(2.1)$$

Untuk tiga fasa :

$$I_{line} = \frac{P_{3fasa(watt)}}{\sqrt{3} \times V_{L-L} \times \cos\phi} \text{ A} \dots\dots\dots(2.2)$$

Kemampuan hantar arus yang dipakai dalam pemilihan penghantar adalah 1,25 kali dari arus nominal yang melewati penghantar tersebut. (Robert & Brown, 2004)

Seperti yang telah dijelaskan dalam PUIL 2011 bagian 2.2.2.2 bahwa setiap penghantar harus memiliki KHA (Kapasitas Hantar Arus), tidak lebih kecil dari arus yang mengalir di dalamnya. Setelah mendapatkan hasil perhitungan arus

beban yang akan melewati kabel, maka untuk mencari KHA kabel dapat dihitung dengan rumus yang sesuai dengan PUIL 2011. yaitu : (goleman, daniel; boyatzis, Richard; Mckee & Perdana, 2018)

KHA sirkit akhir :

$$I_z = (125 \% \times I_n \text{ terbesar}) + \Sigma I_n \dots\dots\dots(2.3)$$

KHA sirkit cabang :

$$I_z \text{ cabang} = I_z \text{ akhir terbesar} + \Sigma I_n \dots\dots\dots(2.4)$$

KHA sirkit utama :

$$I_z \text{ utama} = I_z \text{ cabang terbesar} + \Sigma I_n \dots\dots\dots(2.5)$$

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)

$\text{Cos } \varphi$ = Faktor daya

I_z = Kuat hantar arus kabel (Ampere)

2.4.2 Sifat Lingkungan

Dalam pemasangan kabel kita harus mempertimbangkan kondisi dan karakteristik lingkungan, lokasi di mana kabel tersebut ditempatkan. Pemasangan kabel dapat dilakukan dengan berbagai cara dan lokasi. Jika kabel dipasang atau ditanam dalam tanah maka perlu memperhatikan kondisi tanah tersebut, seperti tanah yang basah, lembab, atau kering. Hal ini akan berhubungan dengan pertimbangan bahan isolasi kabel yang akan digunakan..

Faktor lain yang harus dipertimbangkan 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 melindunginya. Pengaruh luar yang tidak diimbangi dengan peralatan yang memadai akan menyebabkan rusaknya peralatan dan bahkan dapat membahayakan manusia. (Prok et al., 2018)

2.4.3 Kemungkinan Perluasan

Dalam setiap pemasangan instalasi listrik, perlu dipertimbangkan faktor perluasan atau peningkatan beban di masa depan. Saat terjadi peningkatan beban, akan terjadi peningkatan arus beban yang akan merujuk pada perhitungan kuat hantar arus (KHA) penghantar untuk memilih ukuran penampang penghantar yang digunakan.

Dalam memilih 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 maksimal yang diizinkan adalah dua persen untuk instalasi penerangan dan lima persen untuk instalasi daya.

2.5 Sistem Pengaman

Pengaman adalah sebuah perangkat listrik yang digunakan untuk melindungi bagian listrik dari kerusakan yang disebabkan oleh gangguan seperti arus beban berlebih atau arus hubung pendek.

Untuk memperoleh rating dari perangkat pengaman yang digunakan dapat diketahui dari arus nominal yang melewati sirkit tersebut. Untuk mencari rating

arus dapat dihitung dengan rumus sesuai PUIL 2011 yaitu.: (goleman, daniel; boyatzis, Richard; Mckee & Perdana, 2018)

Sirkit akhir :

$$\mathbf{GP} = (115 \% \times \mathbf{In\ terbesar}) \times \Sigma \mathbf{In} \dots\dots\dots(2.6)$$

Sirkit Cabang :

$$\mathbf{GP\ cabang} = \mathbf{GP\ akhir\ terbesar} + \Sigma \mathbf{In} \dots\dots\dots(2.7)$$

Sirkit Utama :

$$\mathbf{GP\ utama} = \mathbf{GP\ cabang\ terbesar} + \Sigma \mathbf{In} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

In = Arus nominal (ampere)

GP = Gawai Proteksi

2.5.1 Mini Circuit Breaker

MCB (Mini Circuit Breaker) dan MCCB (Molded Case Circuit Breaker) berperan sebagai pelindung arus hubung singkat dan beban berlebih. Kapasitas MCB dan MCCB ditentukan dengan mengetahui kemampuan hantar arus pemutus daya yang besarnya 2,5 kali dari arus nominal.(Albab et al., 2018)

MCB disebut juga pengaman otomatis. Pengaman otomatis memutuskan sirkit secara otomatis apabila arusnya melebihi setting dari MCB seperti gambar 2.6 tersebut. Pengaman otomatis dapat langsung dioperasikan kembali setelah mengalami pemutusan (trip) akibat adanya gangguan arus hubung singkat dan beban lebih.(Manurung, 2019)

Berdasarkan penggunaan dan daerah kerjanya, MCB dapat digolongkan menjadi 5 jenis ciri yaitu :

1. Tipe Z (*rating* dan *breaking capacity* kecil) Digunakan untuk pengaman rangkaian semikonduktor dan trafo-trafo yang sensitif terhadap tegangan.
2. Tipe K (*rating* dan *breaking capacity* kecil) Digunakan untuk mengamankan alat-alat rumah tangga.
3. Tipe G (*rating* besar) untuk pengaman motor.
4. Tipe L (*rating* besar) untuk pengaman kabel atau jaringan.

Tipe H untuk pengaman instalasi penerangan bangunan.



Gambar 2. 6 MCB 1 Fasa dan MCB 3 Fasa

2.5.2 MCCB (Moulded Case Circuit Breaker)

Menurut Ir. Wahyudi Sarimun N., M.(Sarimun, 2011) pada bukunya yang berjudul Buku Saku Pelayanan Teknik, MCCB merupakan alat pengaman yang dalam proses operasinya mempunyai dua fungsi yaitu sebagai pengaman dan sebagai alat untuk penghubung.

Jika dipertimbangkan dari segi perlindungan, maka MCCB dapat berfungsi sebagai perlindungan gangguan arus hubung singkat dan arus beban berlebih. Pada jenis tertentu pengaman ini, memiliki kemampuan pemutusan yang dapat disesuaikan dengan yang diinginkan. Pada dasarnya MCB fungsi dan kegunaannya sama dengan MCCB tiga pole, yakni menghubungkan dan memutuskan arus listrik pada rangkaian 3 fasa. Perbedaannya adalah pemutusan arus pada MCCB dapat

diatur dengan persentase 100% sampai dengan 250% dari arus nominal beban penuh sedangkan pada MCB rating arusnya tidak dapat diatur. (Sodikin et al., 2016)



Gambar 2. 7 Bentuk 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 minimaln 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. (Sarimun, 2012) 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.

Tabel 2. 2 KHA Pengenal Gawai Proteksi

Jenis kabel	Luas penampang mm ²	KHA terus menerus	KHA pengenal gawai proteksi
1	2	3	4
	1,5	18	10
	2,5	26	20
	4	34	25
	6	44	35
NYIF	10	61	50
NYIFY	16	82	63
NYPLYw			
NYM/NYM-0	25	108	80
NYRAMZ	35	135	100
NYRUZY	50	168	125
NYRUZYr	70	207	160
NHYRUZY	95	250	200
NHYRUZYr	120	292	250
NYBUY			
NYLRZY, dan	150	335	250
Kabel fleksibel	185	382	315
berinsulasi PVC	240	453	400
	300	504	400
	400	-	-
	500	-	-

2.6 Grounding/Pembumian

Pembumian merupakan sistem koneksi penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi atau tanah sehingga dapat melindungi manusia dari sengatan listrik, dan melindungi komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan maupun arus anomali.

Nilai dari resistansi grounding harus sekecil mungkin untuk menghindari bahaya-bahaya yang ditimbulkan oleh adanya arus gangguan. Sebuah bangunan gedung agar terhindar dari bahaya sambaran petir dibutuhkan nilai resistansi grounding $<5 \Omega$, sedangkan untuk peralatan elektronika dibutuhkan nilai resistansi grounding $<3 \Omega$ bahkan beberapa perangkat yang sensitif membutuhkan nilai resistansi grounding $<1 \Omega$. Upaya mendapatkan nilai grounding $<3 \Omega$ untuk peralatan elektronik cukup sulit karena nilai resistansi juga dipengaruhi oleh faktor jenis tanah, suhu dan kelembaban, dan kondisi elektrolit tanah.. (Pentanahan, 2019)

Tabel 2. 3 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 standar yang telah disepakati adalah bahwa sirkit transmisi substasion harus direncanakan sedemikian rupa sehingga nilai tahanan pentanahan tidak melebihi 1Ω untuk tahanan pentanahan pada komunikasi sistem/ data dan maksimum harga tahanan

yang diijinkan 5Ω pada gedung / bangunan. Sistem pentanahan antara bertujuan menjaga keselamatan orang dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak, yakni dari sengatan sentuh atau sengatan langkah.(Yuniarti et al., 2019)