

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Persyaratan Umum Instalasi Listrik 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.

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. (National Standardization Body (BSN), 2011)

2.2 Kelayakan Instalasi Listrik

Salah satu faktor penting bagi terpenuhinya keselamatan ketenagalistrikan adalah pemasangan instalasi listrik yang memenuhi ketentuan dan standar yang diatur dalam Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) sebagai acuan untuk

pemasangan instalasi listrik. PUIL sejak pertamakali diterbitkan pada tahun 1964 telah mengalami beberapa kali perubahan yaitu PUIL 1977, PUIL 1987, PUIL 2000 dan terakhir PUIL 2011. Sejak tahun 2000, PUIL sebagai Peraturan Umum Instalasi Listrik berubah menjadi Persyaratan Umum Instalasi Listrik dan diberlakukan secara wajib. Terbitnya PUIL 2011, akan menjadi acuan baru pemasangan instalasi listrik, yang merevisi PUIL sebelumnya dalam rangka mengikuti perkembangan teknologi dan perkembangan standar Internasional.³ Sejak ditetapkan menjadi SNI wajib pada Tahun 2014, PUIL 2011 (SNI 0225:2011) telah digunakan sebagai acuan dalam pemasangan instalasi listrik voltase rendah menggantikan PUIL 2000. Meskipun secara umum PUIL 2011 disusun dengan merevisi bagian tertentu PUIL 2000, akan tetapi terdapat beberapa hal yang mengalami perubahan mendasar antara lain yang terkait aturan pemasangan serta penggunaan peralatan atau perlengkapan instalasi. (ANGGI SUMARNA, 2021)

Kelayakan instalasi listrik memiliki beberapa persyaratan yaitu perancangan, pemeriksaan, pemasangan dan pengujian, yang akan di jelaskan di bawah ini:

1. Perancangan Instalasi Listrik Rancangan instalasi listrik ialah berkas gambar rancangan dan uraian teknik, yang digunakan sebagai pedoman untuk melaksanakan pemasangan suatu instalasi listrik. Rancangan instalasi listrik harus dibuat dengan jelas, serta mudah dibaca dan dipahami oleh para teknisi listrik. Untuk itu harus diikuti ketentuan dan standart yang berlaku. Rancangan instalasi listrik terdiri dari: gambar situasi, gambar instalasi, diagram garis tunggal, gambar rinci, tabel dan bahan instalasi, uraian teknis dan perkiraan biaya.

2. Pemasangan Instalasi Listrik Pemasangan instalasi listrik harus memenuhi ketentuan peraturan, sehingga instalasi tersebut aman untuk digunakan sesuai dengan maksud dan tujuan penggunaanya, mudah dioperasikan dan dipelihara. Pemasangan instalasi listrik harus memenuhi syarat yaitu:
 - a. Pemasangan instalasi listrik harus mengacu dan memenuhi ketentuan PUIL.
 - b. Material dan peralatan instalasi listrik, harus memenuhi standart yang berlaku SNI, LMK, SPLN, dll.
 - c. Instalasi listrik baru maupun penambahan dan rehabilitasi, harus dikerjakan oleh instalatir yang professional, yang memiliki teknik tenaga ahli yang bersertifikat keahlian/ kompetensi (ketentuan UU 15/1985, UU 18/1999, Peraturan/ketentuan PLN). Berdasarkan hal tersebut pemasangan instalasi listrik harus dari tenaga yang ahli dibidang instalasi listrik dan instansi berwenang. Tenaga ahli/ instalatir di indonesia ini sering disebut Biro Teknik Listrik (BTL).
3. Pemeriksaan dan Pengujian Instalasi Listrik Hasil pemeriksaa dan pengujian instalasi harus dinyatakan secara tertulis oleh pemeriksa dan penguji yang ditugaskan. Instalasi listrik harus diperiksa dan diuji secara periodik sesuai ketentuan/standart yang berlaku. Meskipun instalasi listrik dinilai baik oleh instansi yang berwenang, pelaksanaan instalasi listrik tetap terikat oleh ketentuan tersebut atas instalasi yang dipasangnya. Dalam keputusan Menteri No.1109K/30/MEM/2005, menetapkan, memutuskan: Ke-Satu: menetapkan Komite Nasional Keselamatan untuk Instalasi Listrik (KONSUIL) yang dideklarasikan pada tanggal 25 Maret 2003 di Jakarta

sebagai lembaga pemeriksa instalasi pemanfaatan tenaga listrik konsumen tegangan rendah. Ke-Dua: KONSUIL bertugas melaksanakan pemeriksaan dan menerbitkan sertifikat layak operasi instalasi pemanfaatan tenaga listrik konsumen tegangan rendah.

a. Proses Pemeriksaan Instalasi Listrik sampai Terbitnya SLO/TLO

Gambaran alur proses masuknya aliran listrik ke instalasi rumah sebagai berikut:

Pertama, setelah calon/pelanggan membayar biaya penyambungan, PLN segera memasang KWh meter dengan MCB posisi “off” disegel dengan stiker warna merah yang bertuliskan “menyambung listrik ke KWh meter PLN harus sudah ada SLO sertifikat Laik Operasi” apabila tidak ada SLO berarti melanggar UU No 30 tahun 2009 tentang ketenagalistrikan pasal 44 ayat 4 dan pasal 54 ayat 1 tentang sanksi setiap orang yang mengoprasikan tenaga listrik tanpa sertifikat laik operasi dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 liama tahun dan denda paling banyak Rp. 500.000.000,00- lima ratus juta rupiah. Sangat disayangkan pelanggan yang rumahnya telah terpasang KWh meter tidak memperhatikan lagi apakah instalasi listrik dirumahnya sudah ber- SLO atau belum karena menyambung listrik dengan cara merobek stiker yang terbuat dari kertas plastik sangat mudah dan dapat dilakukan oleh siapapun.

2.2 Tegangan Listrik

Tegangan atau seringkali orang menyebut dengan beda potensial (voltage) adalah kerja yang dilakukan untuk menggerakkan satu muatan (sebesar satu coulomb) pada elemen atau komponen dari satu terminal/kutub ke terminal/kutub lainnya, atau pada kedua terminal/kutub akan mempunyai beda potensial jika kita

menggerakkan muatan sebesar 1 C dari satu terminal ke terminal lainnya. Keterkaitan antara kerja yang dilakukan sebenarnya adalah energi yang dikeluarkan, sehingga pengertian diatas dapat dipersingkat bahwa tegangan adalah energi per satuan muatan. Rangkaian Seri adalah salah satu rangkaian listrik yang disusun secara sejajar (seri). Rangkaian seri terdiri dari dua atau lebih beban listrik yang dihubungkan ke satu daya lewat satu rangkaian.

Sifat-sifat Rangkaian Seri yaitu :

- a. Tegangan sumber akan dibagi dengan jumlah tahanan seri jika besar tahanan sama. Jumlah penurunan tegangan dalam rangkaian seri dari masingmasing tahanan seri adalah sama dengan tegangan total sumber tegangan.
- b. Jika salah satu beban atau bagian dari rangkaian tidak terhubung atau putus aliran arus terhenti
- c. Arus yang mengalir pada masing beban adalah sama.
- d. Banyak beban listrik yang dihubungkan dalam rangkaian seri, tahanan total rangkaian menyebabkan naiknya penurunan arus yang mengalir dalam rangkaian. Arus yang mengalir tergantung pada jumlah besar tahanan beban dalam rangkaian.

Rangkaian Paralel adalah salah satu rangkaian listrik yang disusun secara berderet (paralel) Rangkaian Paralel merupakan salah satu yang memiliki lebih dari satu bagian garis edar untuk mengalirkan arus. Dalam kendaraan bermotor, sebagian besar beban listrik dihubungkan secara parallel. Sifat-sifat Rangkaian Paralel yaitu :

1. Sebagian besar tahanan dirangkai dalam rangkaian paralel, tahanan total rangkaian mengecil, oleh karena itu arus total lebih besar. (Tahanan total dari rangkaian paralel adalah lebih kecil dari tahanan yang terkecil dalam rangkaian).
2. Jika terjadi salah satu cabang tahanan paralel terputus, arus akan terputus hanya pada rangkaian tahanan tersebut. Rangkaian cabang yang lain tetap bekerja tanpa terganggu oleh rangkaian cabang yang terputus tersebut.
3. Masing-masing cabang dalam rangkaian paralel adalah rangkaian individu. Arus masing-masing cabang adalah tergantung besar tahanan cabang.
4. Tegangan pada masing-masing beban listrik sama dengan tegangan sumber (Rosman et al., 2019)

2.3 Sistem Penghantar

Kabel listrik adalah media untuk mengantarkan arus listrik ataupun informasi. Bahan dari kabel ini beraneka ragam, khusus sebagai pengantar arus listrik, umumnya terbuat dari tembaga dan umumnya dilapisi dengan pelindung. Selain tembaga, ada juga kabel yang terbuat dari serat optik, yang disebut dengan fiber optic cable. Penghantar atau kabel yang sering digunakan untuk instalasi listrik penerangan umumnya terbuat dari tembaga. Penghantar tembaga setengah keras ($BCC \frac{1}{2} H = \text{Bare Copper Conductor Half Hard}$) memiliki nilai tahanan jenis $0,0185 \text{ ohm mm}^2/\text{m}$ dengan tegangan tarik putus kurang dari 41 kg/mm^2 . sedangkan penghantar tembaga keras ($BCCH = \text{Bare Copper Conductor Hard}$), kekuatan tegangan tariknya 41 kg/mm^2 . Pemakaian tembaga sebagai penghantar adalah dengan pertimbangan bahwa tembaga merupakan suatu bahan yang mempunyai daya hantar yang baik setelah perak. Penghantar yang dibuat oleh pabrik yang

dibuat oleh pabrik terdapat beraneka ragamnya. Berdasarkan konstruksinya, penghantar diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Penghantar pejal (*solid*); yaitu penghantar yang berbentuk kawat pejal yang berukuran sampai 10 mm². Tidak dibuat lebih besar lagi dengan maksud untuk memudahkan penggulungan maupun pemasangannya.
- b. Penghantar berlilit (*stranded*); penghantarnya terdiri dari beberapa urat kawat yang berlilit dengan ukuran 1 mm² – 500 mm².
- c. Penghantar serabut (*fleksibel*); banyak digunakan untuk tempat-tempat yang sulit dan sempit, alat-alat portabel, alat-alat ukur listrik dan pada kendaraan bermotor. Ukuran kabel ini antara 0,5 mm² - 400 mm²
- d. Penghantar persegi (*busbar*); penampang penghantar ini berbentuk persegi empat yang biasanya digunakan pada PHB (Papan Hubung Bagi) sebagai rel-rel pembagi atau rel penghubung. Penghantar ini tidak berisolasi.

Adapun bila ditinjau dari jumlah penghantar dalam satu kabel, penghantar dapat diklasifikasikan menjadi:

- a. Penghantar simplex ; ialah kabel yang dapat berfungsi untuk satu macam penghantar saja (misal: untuk fasa atau netral saja). Contoh penghantar simplex ini antara lain: NYA 1,5 mm²; NYAF 2,5 mm² dan sebagainya.
- b. Penghantar duplex ; ialah kabel yang dapat menghantarkan dua aliran (dua fasa yang berbeda atau fasa dengan netral). Setiap penghantarnya

diisolasi kemudian diikat menjadi satu menggunakan selubung.

Penghantar jenis ini contohnya NYM 2x2,5 mm², NYY 2x2,5mm².

- c. Penghantar triplex ; yaitu kabel dengan tiga penghantar yang dapat menghantarkan aliran 3 fasa (R, S dan T) atau fasa, netral dan arde. Contoh kabel jenis ini: NYM 3x2,5 mm², NYY 3x2,5 mm² dan sebagainya.
- d) Penghantar quadruplex ; kabel dengan empat penghantar untuk mengalirkan arus 3 fasa dan netral atau 3 fasa dan pentanahan. Susunan hantarannya ada yang pejal, berlilit ataupun serabut. Contoh penghantar quadruplex misalnya NYM 4x2,5 mm², NYMHY 4x2,5mm² dan sebagainya. (Copper et al., n.d.)

Penghantar yang digunakan dalam instalasi listrik rumah adalah kabel NYA dan kabel NYM.

1. Kabel NYA Kabel NYA adalah penghantar dari tembaga yang berinti tunggal dan berbentuk pejal dan menggunakan isolasi PVC. Kabel ini adalah kabel yang sering dipakai dalam instalasi rumah. Kabel NYA dipergunakan di dalam ruangan yang kering, untuk instalasi tetap dalam pipadan sebagai kabel penghubung dalam lemari distribusi. Isolasi kabel NYA diberi warna hijau- kuning loreng untuk ground, biru muda untuk netral, dan hitam, kuning, merah untuk fasa (PUIL 2000; tabel 7.2-1). Dan penggunaan kabel luas penampangnya tidak boleh kurang dari 1,5 mm².

2. Kabel Instalasi Berselubung(NYM)

Kabel NYM adalah penghantar dari tembaga berinti lebih dari satu, berisolasi PVC dan berselubung. Kabel NYM dapat digunakan didalam 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. (Va et al., 2015)

Untuk menentukan luas penampang suatu penghantar digunakan rumus:

$$A = \frac{\rho \times l}{R} \quad (2.1)$$

Keterangan :

A = luas penampang kawat (m²)

ρ = massa jenis kawat (Ω m)

l = panjang kawat (m)

R = Hambatan kawat (Ω)

Seperti yang telah dipersyaratkan dalam PUIL 2011 bagian 2.2.2.2 bahwa setiap konduktor harus mempunyai KHA (Kapasitas Hantar Arus), tidak kurang dari arus yang mengalir di dalamnya. Setelah memperoleh hasil perhitungan arus beban yang akan dilewatkan pada penghantar, maka untuk mencari KHA kabel dapat dihitung dengan rumus sesuai PUIL 2011 yaitu : [9]

$$Ikha = (125 \% \times I_n \text{ terbesar}) \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

I_n = Arus nominal (Ampere)

IKHA = KHA kabel penghantar (Ampere)

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

I_n lainnya = Arus nominal beban yang lainnya (A)

Tabel 2. 1 Spesifikasi Kuat Hantar Arus dan Luas Penampang

Jenis kabel	Luas penampang	KHA terus menerus	KHA pengenalan 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	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	-	-

Pada Tabel 2.1 merupakan spesifikasi untuk setiap jenis kabel pada instalasi, adapun 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 seperti terlihat pada Gambar 2.1 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.



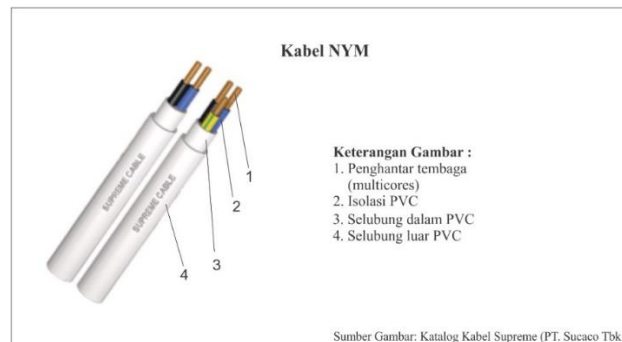
Gambar 2. 1 Kabel NYA

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

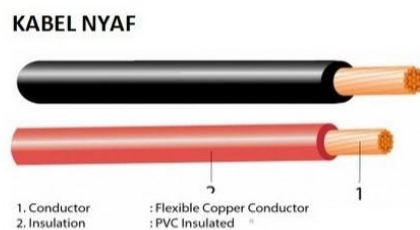
selubung luar kabel harus berwarna putih atau putih keabu-abuan seperti terlihat pada Gambar 2.2 dibawah.[5]



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. Seperti terlihat pada Gambar 2.3 dibawah ini.



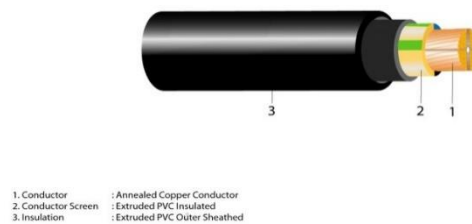
Gambar 2. 3 Kabel NYAF

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 outdoor 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. Kabel NYY seperti terlihat pada Gambar 2.4 dibawah ini.

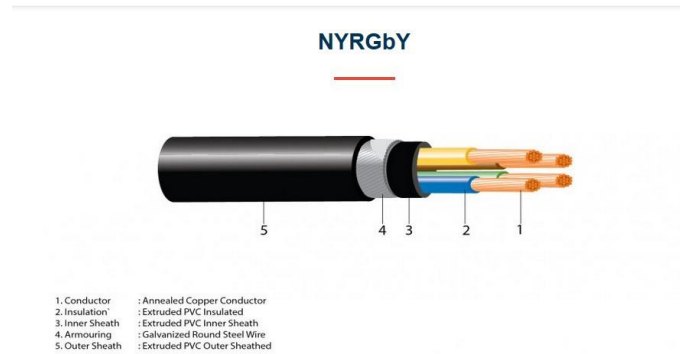


Gambar 2. 4 Kabel NYY

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. Kabel NYFGbY dapat dilihat seperti pada Gambar 2. 5 dibawah ini.



Gambar 2. 5 Kabel NYFGbY

2.4 Sistem Pengaman

Perlengkapan Hubung Bagi (PHB) Di sini penulis akan menjelaskan jenis-jenis PHB dan jenis pengaman yang digunakan pada PHB yang terdapat pada Gedung Cyber. Untuk PHB pada sistem distribusi tegangan rendah, hantaran utama yang digunakan biasanya kabel feeder dan biasanya menggunakan kabel jenis NYY ataupun NYFGbY (tergantung lokasi distribusi PHB tersebut). Di dalam PHB biasanya penghantar yang digunakan adalah Busbar (lempengan penghantar listrik yang terbuat dari Tembaga ataupun Aluminium). Di dalam PHB Busbar dibagi menjadi dua segmen yang berhubungan dengan saklar pemisah, yang satu mendapat saluran masuk dari suplai PLN dan yang satu lagi mendapat suplai dari Genset (tenaga listrik cadangan yang digunakan apabila pasokan listrik dari PLN padam). Dari kedua busbar didistribusikan ke beban secara langsung atau melalui SDP ataupun SSDP.

Untuk menentukan pengaman, harus mengetahui besarnya arus nominal (I_n). Arus Nominal (I_n) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.3. Pada dasarnya Pengaman atau MCB kegunaannya sama dengan MCCB, 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. Besarnya rating nominal sebagai pengaman motor untuk MCCB adalah $250\% \times I_n$ beban dan untuk MCB adalah sebesar $125\% \times I_n$ beban

$$G_p = (125\% \times I_n \text{ terbesar}) + (I_{\text{nominal}}) \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

G_p = Gawai Proteksi

I_n = Arus Nominal

Pengaman arus listrik untuk penghubung atau pemutus yang digunakan pada PHB di Gedung Cyberterdiri dari beberapa jenis, yaitu :

- a. MCB (Miniatur Circuit Breaker)
- b. MCCB (Moulded Case Circuit Breaker)
- c. ACB (Air Circuit Breaker)
- d. VCB (Vacum Circuit Breaker)

2.4.1 MCB (Miniatur Circuit Breaker)

MCB (Miniatur Circuit Breaker) Pengaman rangkaian ini dilengkapi dengan pengaman thermis (bimetal) dan relai elektromagnetis yang berfungsi sebagai pengaman beban lebih dan pengaman hubung singkat. Pengaman thermis pada MCB memiliki prinsip yang sama dengan thermal overload yaitu menggunakan dua buah logam yang digabungkan (bimetal), pengaman secara thermis memiliki kelambatan, ini tergantung pada besarnya arus yang harus

diamankan, sedangkan pengaman elektromagnetis menggunakan sebuah kumparan yang dapat menarik sebuah angker dari besi lunak.

2.4.2 MCCB (Moulded Case Circuit Breaker)

MCCB merupakan alat pengaman yang dalam proses operasinya memiliki dua fungsi yaitu sebagai pengaman dan sebagai alat penghubung. Bila dilihat dari segi pengaman, maka MCCB dapat berfungsi sebagai pengaman gangguan arus hubung singkat dan arus beban lebih. Pada jenis tertentu, pengaman ini mempunyai kemampuan pemutusan yang dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan.

2.4.3 ACB (Air Circuit Breaker)

ACB adalah jenis dari circuit breaker dengan menggunakan cara pemadam busur api berupa udara yang banyak dipakai pada sistem tegangan rendah dan tegangan menengah. Udara pada ruangan atmosfer dipergunakan untuk peredam busur api ketika saat proses switvhig atau pada gangguan hubung singkat

2.4.4 VCB (Vacum Circuit Breaker)

VCB merupakan alat pada instalasi listrik yang mempunyai prinsip kerja seperti circuit breaker yang lainnya, yang membedakannya dilengkapi dengan seal penyekat udara sebagai alat pencegah terjadinya kebocoran pada ruang hampa tersebut.

2.5 **Beban Listrik**

2.5.1 **Klasifikasi Beban Listrik**

Distribusi tenaga listrik secara umum melayani beban yang dibagi menjadi beberapa bagian yaitu, perumahan, industri, komersial dan usaha. Pada setiap pembagian beban mempunyai kriteria beban yang berbeda-beda, dikarenakan hal ini mencakup dengan penggunaan konsumsi energi pada masing-masing konsumen. Karakteristik beban yang banyak disebut dengan pola pembebanan pada sektor perumahan ditunjukkan oleh adanya fluktuasi konsumsi energi elektrik yang sangat besar. Hal ini disebabkan konsumsi energi elektrik tersebut lebih dominan di malam hari. Sedangkan pada sektor industri, fluktuasi konsumsi energi sepanjang hari akan hampir sama, sehingga perbandingan beban puncak dengan beban rata-rata hampir mendekati satu. Beban pada sektor komersial dan usaha mempunyai karakteristik yang hampir sama, hanya pada sektor komersial akan mempunyai beban puncak yang lebih tinggi pada waktu malam hari (Jumadi & Tambunan, 2015). Menurut Jumadi & Tambunan (2015), berdasarkan jenis konsumsi energi listrik, secara garis besar, beban listrik dapat diklasifikasikan ke dalam:

1. **Beban Rumah Tangga** Beban listrik rumah tangga pada umumnya berupa lampu untuk penerangan, alat-alat rumah tangga, seperti : kipas angin, pemanas air, lemari es, dan lain-lain.
2. **Beban Komersial** Beban komersial (bisnis) pada umumnya terdiri atas penerangan untuk reklame, kipas angin, penyejuk udara, dan alat-alat listrik lainnya yang diperlukan untuk restoran, hotel dan juga perkantoran. Beban ini secara drastis naik di siang hari untuk beban perkantoran dan pertokoan, dan akan menurun di sore hari.

3. Beban industri beban dibedakan dalam skala kecil dan skala besar, pada skala kecil banyak dilakukan pada siang hari dan pada skala besar pada saat ini banyak dilakukan selama 24 jam.
4. Beban Fasilitas Umum Pengklasifikasian yang menjadi beban penting, dimana bila akan menganalisa karakteristik beban sebagai suatu sistem yang cukup besar. Yang menjadi perbedaan dari 4 jenis beban diatas, selain dari daya yang digunakan tetapi juga dari waktu pembebanannya. Penggunaan daya pada beban dirumah tangga mempunyai dominan pada pagi dan malam hari, dan pada beban komersial lebih banyak dibebankan pada siang dan sore hari. Konsumsi energi pada listrik pada sektor industri akan lebih merata dengan banyaknya industri yang melakukan aktifitas pada siang dan malam hari. Pada hal ini sudah memperjelas pemakaian pada daya industri akan lebih menguntungkan karena pada penggunaan beban nya lebih merata, sedangkan pada beban fasilitas umum berdominan pada siang dan malahari.

2.5.2 Karakteristik Beban Listrik

Menurut Jumadi & Tambunan (2015), dalam sistem listrik arus bolakbalik (AC) karakteristik beban listrik dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam, yaitu:

1. Beban Resistif (R) Beban resistif, yaitu beban yang terdiri dari komponen tahanan ohm saja (resistance), seperti elemen pemanas (heating element) dan lampu pijar. Beban jenis ini hanya mengkonsumsi beban aktif saja dan mempunyai faktor daya sama dengan satu tegangan dan arus sefasa.
2. Beban Induktif (L) Beban induktif, yaitu beban yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada suatu inti, seperti : (coil), transformator, dan

solenoida. Beban ini dapat mengakibatkan pergeseran fasa (phase shift) pada arus sehingga bersifat tertinggal sebesar 90° terhadap tegangan (lagging). Hal ini disebabkan oleh energi yang tersimpan berupa medan magnetis yang akan mengakibatkan fasa arus bergeser menjadi tertinggal terhadap tegangan. Beban jenis ini menyerap daya aktif dan daya reaktif.

3. Beban kapasitif (C) merupakan beban yang mempunyai kemampuan untuk menyimpan energi yang berasal dari pengisian elektrik pada suatu sirkuit. Pada komponen ini menghasilkan arus terdahulu terhadap tegangan (leading). Beban kapasitif merupakan jenis penyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif (IHWAL, 2020)

2.6 Sistem Penumbumian

Sistem penumbumian adalah faktor penting untuk pengamanan sistem tenaga listrik saat terjadinya gangguan arus atau tegangan lebih. Saat terjadi gangguan pada sistem tenaga listrik, dengan adanya sistem penumbumian arus gangguan akan dialirkan ke dalam tanah atau dimumbumikan dan disebarakan ke segala arah. Sistem penumbumian merupakan sistem hubungan penghantar yang menghubungkan badan peralatan dan instalasi listrik dengan bumi sehingga dapat mengamankan manusia, peralatan atau instalasi listrik dari bahaya sengatan listrik ataupun arus dan tegangan lebih. Fungsi penumbumian yaitu untuk mengalirkan arus gangguan ke dalam tanah melalui suatu elektroda penumbumian yang ditanam dalam tanah bila terjadi gangguan, untuk itu nilai resistansi dari sistem penumbumian harus sesuai dengan syarat yang ditetapkan. Semakin kecil nilai resistansi penumbumian semakin bagus, tetapi nilai resistansi penumbumian dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: jenis tanah, kadar air dalam tanah, temperatur tanah, kelembaban tanah, kandungan

elektrolit tanah dan lain-lainnya. Agar terhindar dari sambaran petir nilai tahanan pembumiannya minimal $\leq 5 \Omega$. (Setyawan et al., 2018)

Tujuan utama sistem pentanahan:

1. Membatasi besar tegangan terhadap bumi supaya tetap berada didalam batasan yang diperbolehkan.
2. Memfasilitasi jalur aliran tegangan yang dapat memberikan sinyal jika terjadinya interaksi yang tidak diinginkan antara konduktor dan bumi. Sinyal ini akan menyebabkan bekerjanya alat-alat yang memutuskan suplai tegangan berdasarkan konduktor tersebut.
3. Melindungi manusia terhadap bahaya arus bocor dalam alat-alat listrik.

2.7 Sifat-sifat Pembumian

Pada pembumia mempunyai sifat resistansi arus yang bergerak menuju elektroda tanah yang mempunyai 3 komponen, yaitu resistansi pasak pada pembumian itu sendiri yang terhubung dengan pembumiannya, lalu ada resistansi kontak antar pasak dengan tanah resistansi tanah itu pada sekitarnya. Pasak dengan resistansi seragam yang di simpan dalam tanah akan melakukan penghubungan antara arus kesemua jurusan, dan ppsak yang disimpan dengan ditanamkan kedalam tanah dengan terdapat beberapa lapisan tanah dengan mempunyai tebal tanah yang sama. Pada lapisan tanah terdekat dengan pasak akan mempunyai permukaan lebih kecil sehingga akan menghasilkan resistansi lebih banyak, dan pada lapisan tanah selanjutnya dengan lapisan yang lebih luas akan menghasilkan resistansi yang lebih kecil, dan seterusnya yang membuat lapisan pada jarak tertentu dari pasak, lapisan tanah akan semakin kecil resistansi tanah disekitar pasak, hal ini disebut daerah resistansi efektif (Darmayusa et al., 2019).

2.8 Komponen Panel Listrik

Pada sebuah panel listrik terdapat beberapa komponen yang biasanya digunakan, berikut ini terdapat beberapa komponen panel listrik, terdiri atas:

1. MCCB (Molded Case Circuit Breaker)



Gambar 2. 6 MCCB (*Molded Case Circuit Breaker*)

Pada Gambar 2.6 merupakan MCCB (*Molded Case Circuit Breaker*) yang berfungsi sebagai pemutus dan penghubung aliran listrik 3 fasa. Selain itu mccb juga berfungsi sebagai alat pengaman pembatas besaran pemakaian listrik tersebut. Mccb dapat trip, turun, atau bahasa lainnya gejepret bila terdapat konsleting ataupun kelebihan pemakaian pada aliran listrik tersebut. Bila mccb tersebut sudah trip kita dapat menaikkan atau menormalkannya kembali dengan cara di turunkan dulu tuasnya hingga sampai bawah mentok dan kita tekan keatas lagi hingga mentok tuasnya.

2. Busbar



Gambar 2. 7 Busbar Panel

Pada Gambar 2.7 merupakan Busbar panel, yaitu sebuah plat yang terbuat dari kuningan yang berfungsi sebagai terminal konekan kabel arus pembagi. Busbar lah yang menjadi alat pembagi aliran dari sumber listrik menuju titik-titik yang membutuhkan konsumsi listrik.

3. Magnetik Kontaktor



Gambar 2. 8 Magnetik Kontraktor

Pada Gambar 2.8 merupakan magnetik kontaktor, yaitu suatu komponen yang dapat memutuskan dan menghubungkan suatu aliran listrik 3 fasa. Kontaktor ini bekerja dengan koil yang berada disampingnya sehingga kontaktor dapat bekerja memutuskan dan menghubungkan suatu aliran listrik.

4. MCB (*Miniature Circuit Breaker*)



Gambar 2. 9 MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

Pada Gambar 2.9 merupakan MCB (*Miniature Circuit Breaker*), yaitu suatu komponen yang berfungsi sebagai pemutus dan penghubung suatu aliran listrik 1 fasa. MCB ini akan memutuskan aliran listrik secara otomatis apabila terdapat short atau korslet pada jalur instalasi listrik dan bila pemakaian listrik melebihi batas dari mcb tersebut.

5. Pilot Lamp



Gambar 2. 10 Pilot Lamp

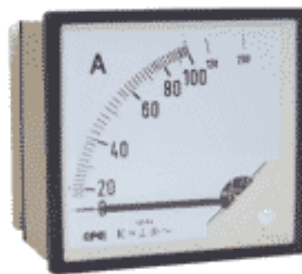
Pada Gambar 2.10 merupakan pilot lamp, yaitu suatu lampu indikasi (indikator lamp) yang berfungsi sebagai tanda adanya arus listrik yang mengalir pada panel listrik tersebut. Pilot lamp akan menyala bila terdapat arus listrik yang masuk pada panel listrik tersebut.

Pilot lamp ini di konek langsung pada incoming aliran listrik pertama masuk pada panel dengan media pengaman yaitu fuse untuk mencegah adanya konsletin listrik.

Berikut adalah kode warna lampu pada pilot lamp tersebut :

- lampu berwarna kuning merupakan fasa R
- lampu berwarna merah merupakan fasa S
- lampu berwarna hijau merupakan fasa T

6. Amper Meter



Gambar 2. 11 Amper Meter

Pada Gambar 2.11 merupakan Ampere meter, dimana ampere meter pada panel listrik berfungsi sebagai alat ukur dari besaran pemakaian yang digunakan dalam panel listrik tersebut dalam satuan AMPERE.

7. Volt Meter



Gambar 2. 12 Volt Meter

Pada Gambar 2.12 merupakan Volt meter, dimana volt meter pada panel listrik berfungsi sebagai alat ukur dari besaran tegangan yang tersedia pada panel listrik tersebut. Biasanya untuk besaran listrik 1 fasa yaitu berkisaran 220v – 240v dan untuk besaran tegangan listrik 3 fasa yaitu berkisar 380v – 400v.

8. Frekuensi Meter



Gambar 2. 13 Frekuensi Meter

Pada Gambar 2.13 merupakan Frekuensi meter, yaitu sebuah alat ukur yang berfungsi sebagai alat pembaca besaran frequency yang ada pada panel listrik tersebut. Biasanya besaran frequency yang normal adalah sebesar 50 Hz.

9. Selektor Switch Voltmeter



Gambar 2. 14 *Selektor Switch Voltmeter*

Pada Gambar 2.14 merupakan selektor switch volt meter, yaitu suatu komponen yang berfungsi sebagai alat pemilih atau switch pengukur besaran tegangan listrik 3 fasa dan 1 fasa yang ingin kita ukur. Cara penggunaannya hanya tinggal dipindahkan saja selektornya kekiri atau kekanan sehingga besaran tegangan pada display volt meter berubah, sesuai dengan fasa mana yang ingin kita ukur.

- Untuk pengukuran 1 fasa : RN,SN, DAN TN
- Untuk pengukuran 3 fasa : RS, ST, DAN TR

10. Emergency Stop



Gambar 2. 15 *Emergency Stop*

Pada Gambar 2.15 Merupakan *emergency stop*, yaitu sebuah komponen yang berfungsi sebagai pemutus aliran listrik pada keadaan darurat. Untuk penggunaannya dalam keadaan darurat cukup di tekan saja maka aliran listrik akan otomatis terputus. Untuk menormalkannya kembali kita cukup memutarkannya saja kearah kanan atau searah jarum jam.

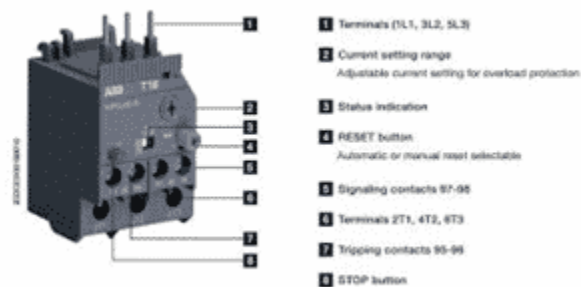
11. Push Button



Gambar 2. 16 Push Button

Pada Gambar 2.16 merupakan Push Button, yaitu komponen penting yang berada pada panel listrik, fungsi dari push button ini adalah untuk menghubungkan arus jika ditombol akan nyambung N/O (Normaly Open), biasanya push button ini berwarna hijau. Jika ditombol lepas atau N/C (Normaly Close) maka tegangan akan lepas, push button ini biasanya identik dengan warna merah.

12. Kontaktor 3 Phase atau 1 Phase



Gambar 2. 17 Kontraktor 3 phase atau 1 phase

Pada Gambar 2.17 merupakan Kontraktor 3 phase atau 1 phase, dimana fungsi dan wiring dari kontaktor bisa disebut Magnetic Contactor karena prinsip kerja dari kontaktor tersebut menggunakan medan magnet yang timbul oleh arus listrik yang didalam kontaktor tersebut ada sebuah kumparan untuk menjadi magnet karena dialiri oleh arus listrik.

Kontaktor menimbulkan magnet yang bisa disebut Coil yang menarik kontak-kontak NO (Normally Open) menjadi NC (Normally Close) bahasa indonesia menutup.

13. TOR (Thermal Overload Relay)



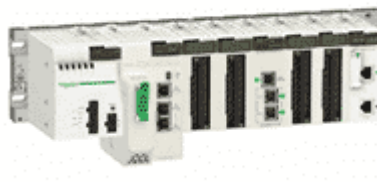
Gambar 2. 18 TOR (*Thermal Overload Relay*)

Pada Gambar 2.18 merupakan *Thermal Overload Relay* (TOR), yaitu sebuah alat elektronik untuk mengamankan beban lebih Overload berdasarkan suhu Thermal yang mempunyai relay untuk memutuskan sebuah rangkaian kontrol seperti direct online dan start delta untuk mengoperasikanya biasanya hanya menggunakan push button Start / Stop.

Thermal Overload Relay bekerja saat suhu pada dalam TOR tersebut terpenuhi, jadi TOR ini terdapat sebuah settingan berapa maksimum ampere untuk melakukan trip jika ampere tersebut sudah terpenuhi. Didalam TOR tersebut ada

sebuah Bimetal Element yang menjadi panas saat ampere beban sudah melebihi ampere settingan TOR. Mangkanya disebut Thermal yaitu suhu, gampangnya seperti kabel yang hanya mampu dilewati arus 5A tetapi bebanya 10A maka kabel tersebut akan panas. seperti halnya TOR ini prinsip kerjanya sama tetapi bedanya ketika suhu tersebut terpenuhi maka akan menggerakkan sebuah coil untuk menutup atau membuka kontak yang ada di TOR tersebut.

14. Programmable Logic Control (PLC)



Gambar 2. 19 *Programmable Logic Control (PLC)*

Pada Gambar 2.19 merupakan PLC (Programmabel Logic Control), yaitu perangkat yang dibuat untuk menggantikan sirkuit relay sekuensial yang diperlukan untuk kontrol alat berat. PLC bekerja dengan melihat inputnya dan tergantung pada keadaannya, menyalakan / mematikan outputnya. Pengguna memasuki suatu program, biasanya melalui software, yang memberikan hasil yang diinginkan.

15. CT (Current Transformator)

CT (*Current Transformator*) berfungsi untuk mengukur arus yang lewat dan mengirimkan nilai arus ke Ampere meter.