

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini merujuk pada beberapa penelitian dan jurnal terdahulu yang berkaitan dengan sistem Mekanikal dan Elektrikal pada gedung bertingkat, Berikut beberapa penelitian dan jurnal terdahulu yang menjadi rujukan dalam pelaksanaan penelitian ini.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

NO	JUDUL PENELITIAN	IDENTITAS PENULIS	HASIL BAHASAN	TAHUN
1.	PERENCANAAN SISTEM MEKANIKAL, ELEKTRIKAL, dan PLUMBING (MEP) PADA GEDUNG BERTINGKAT	Muhammad Marsudi, Gusti Rusydi Furqon Syahrillah, Prodi Teknik Industri, Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan MAB	Pada sebuah pembangunan baik bangunan maupun bangunan bertingkat, untuk keperluan perkantoran, pertokoan, maupun untuk tempat tinggal pekerjaan sistem Mekanikal, Elektrikal, dan Plumbing (MEP) sangat penting untuk fungsi dari gedung tersebut nantinya. Sistem MEP juga sangat mempengaruhi kepada biaya keseluruhan dari pembangunan tersebut. pada sistem MEP terdiri dari sistem mekanikal yang	2018

			terdiri dari sistem pemadam kebakaran, pendingin ruangan atau AC (<i>air conditioning</i>) dan sistem <i>transfortasi</i> vertikal. Sedangkan dengan sistem elektrikal terdiri dari sistem elektrikal, penangkal petir, telepon, tata suara, proteksi kebakaran, jaringan komputer, master televisi, dan sistem CCTV. Lalu sistem plumbing terdiri dari sistem pembuangan air limbah, venting, air hujan, dan sistem air bersih.	
2.	PERENCANAAN SISTEM MEKANIKAL ELEKTRIKAL DAN PLUMBING PADA GEDUNG FEBI IAIN SURAKARTA	SALASMA KRESNA ALVINTARA, Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta	Proses pembangunan gedung FEBI IAIN Surakarta memiliki perencanaan dari berbagai ahli mengenai sistem Mekanikal, Elektrikal, dan Plambing untuk menunjang dari fungsi gedung tersebut. sistem Mekanikal, Elektrikal, dan Plumbing pada	2018

			<p>pembangunan gedung FEBI IAIN mencakup sistem instalasi pada gedung untuk mendistribusikan listrik, tata udara, dan kebutuhan air bersih. Dengan adanya perencanaan ini dapat diketahui beban total dari gedung FEBI IAIN adalah 175,47 A dengan MCCB 3 fasa dengan kapasitas 200 A.</p>	
3.	<p>PERENCANAAN SISTEM ELEKTRIKAL PADA APARTEMEN MENARA ONE SURAKARTA</p>	<p>Ulil Albab Al Faruq, Budi Santoso, Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret, Chico Hermanu B. Apribowo, Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret</p>	<p>Perencanaan sistem kelistrikan pada menara apartemen one di surakarta menggunakan metode perhitungan PUIL yang menjadi standar pada sistem kelistrikan pada bangunan, dengan luas dari konduktor menggunakan 1,25 arus nominal sebagai keamanan, dan kebutuhan dari kapasitas travo dan travo dihitung sesuai dengan beban total yang</p>	2018

			<p>dimulai dari kamar apartemen dan beban utilitas. Sesuai dengan perhitungan maka daya pada hunian tipe 1 adalah 2200 VA dan untuk tipe 2-6 adalah 3500 VA, dan untuk kapasitas dari travo dan genset adalah 1000 kVA dengan susut tegangan yang terjadi 1,89% atau 7,19 V.</p>	
4.	<p>Analisis Sistem Instalasi Listrik Rumah Tinggal dan Gedung untuk Mencegah Bahaya Kebakaran</p>	<p>Indra Z dan Ikhsan Kamil Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Depok 16425, Indonesia</p>	<p>Instalasi listrik bangunan adalah rakitan perlengkapan listrik pada bangunan yang berkaitan satu sama lain, untuk memenuhi tujuan atau maksud tertentu dan memiliki karakteristik terkoordinasi, apa yang sudah tertuang pada Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000). Maksud dan tujuan dari instalasi listrik ialah agar pelaksanaan instalasi listrik terselenggara dengan baik, untuk menjamin</p>	

			<p>keselamatan manusia dari bahaya kejut listrik, keamanan instalasi listrik beserta perlengkapannya, keamanan gedung serta isinya dari kebakaran akibat listrik, dan perlindungan lingkungan. Maka dari itu instalasi yang memenuhi standar adalah wajib hukumnya agar tidak terjadi bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.</p>	
5.	<p>PERENCANAAN MEP (MEKANIKAL ELEKTRIKAL DAN PLUMBING) PADA GEDUNG IAIN PAKIS FITK (FAKULTAS ILMU TERBIYAH KEGURUAN)</p>	<p>SANDY PRASETIYA ADITAMA, PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO, FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA</p>	<p>Gedung IAIN Pakis FITK (Fakultas ilmu tarbiyah keguruan) merupakan gedung pendidikan perguruan tinggi dengan luas 931 m^2 tiap lantai, gedung FITK memiliki 3 lantai dengan total luas lantai 2793 m^2. Demi memenuhi kebutuhan pembangunan tidak terlepas dari yang namanya sumber daya listrik. Guna memperoleh</p>	2018

			<p>sumber daya listrik membutuhkan suatu perancangan mekanikal, elektikal dan plumbing yang handal serta ekonomis dalam perancangan. Gedung IAIN Pakis FITK memiliki total arus 225,52 A dan menggunakan pengaman MCCB 250 A serta penghantar kabel menggunakan jenis NYY 4 x 95 mm² .</p>	
--	--	--	---	--

2.2 Konsep Kesesuaian Perencanaan Sistem Elektrikal

Kesesuaian dari perencanaan menjadi salah satu faktor yang penting dalam sebuah proses pembangunan, karena dengan sesuainya pekerjaan dengan perencanaan maka kebutuhan baik berupa alat, bahan, dan kebutuhan penunjang lainnya telah diperhitungkan sebelumnya, baik dari kelayakan dan keamanan dari bahan dan alat yang digunakan.

2.2.1 Definisi Perencanaan Sistem Elektrikal

Perencanaan sistem Elektrikal adalah suatu berkas gambar rencana dan uraian teknik yang dipergunakan sebagai pegangan atau acuan dalam melaksanakan instalasi listrik. Perencanaan sistem elektrikal pada umumnya berisi tentang acuan proses pemasangan yang telah ditentukan sebelumnya dan sesuai dengan standar

yang berlaku. Pada gedung bertingkat biasanya membutuhkan energi listrik yang cukup besar, oleh karena itu pendistribusian energi listrik harus diperhitungkan sebaik mungkin agar energi listrik dapat terpenuhi dengan baik(Wang & Leite, 2016).

Dalam perencanaan sistem elektrikal, produk yang dihasilkan adalah gambar dan analisa. Gambar dendisri adalah bahasa teknik yang terdiri dari beberapa simbol yang telah disepakati(Sumardjati, 2019). Ada beberapa jenis gambar yang harus dikerjakan yang saling berkaitan satu dengan lainnya. Yang diantaranya meliputi:

A. Gambar Situasi

Gambar situasi adalah gambar yang menunjukkan dengan jelas letak dari posisi bangunan tempat instalasi yang akan dipasang dan rencana penyambungan dengan sumber tenaga listrik.

B. Gambar Instalasi

- 1) Rancangan tata letak yang menunjukkan dengan jelas letak dari perlengkapan listrik beserta pelayanannya (kendalinya)
- 2) Rancangan hubungan peralatan pesawat listrik dengan pengendalinya
- 3) Gambar hubung antara bagian-bagian dari rangkaian akhir, serta pemberian tanda setiap peralatan atau pesawat listrik

C. Diagram Garis Tunggal

- 1) Diagram mengenai tentang PHB (Panel Hubung Bagi) beserta dengan ukuran dari besaran nominal komponennya

- 2) Keterangan mengenai jenis beserta dengan besar beban yang terpasang dengan pembagiannya
- 3) Ukuran dan besar penghantar yang akan dipakai
- 4) Sistem pembumian

D. Gambar Detail

- 1) Perkiraan ukuran fisik panel yang akan digunakan
- 2) Cara pemasangan alat listrik
- 3) Cara pemasangan kabel
- 4) Cara kerja instalasi kontrolnya

Selain dari gambar-gambar diatas, dalam perencanaan instalasi listrik juga dilengkapi dengan analisa data mengenai perhitungan teknis susut tegangan, beban terpasang dan kebutuhan beban maksimum, arus hubung singkat dan daya hubung singkat. Disamping itu juga dalam perencanaan instalasi listrik juga dilengkapi dengan daftar dari kebutuhan instalasi listrik, dan uraian teknis sebagai pelengkap yang meliputi cara pemasangan peralatan atau bahan instalasi, cara pengujian serta rencana waktu pelaksanaan, rencana anggaran biaya, dan lama waktu pengerjaan.

Gambar-gambar yang telah dijelaskan diatas mempunyai peranan yang sangat vital dan menentukan dalam suatu perencanaan sistem elektrikal khususnya sistem instasi listrik, karena bangunan gedung yang dilengkapi dengan sarana pendukung listrik baik untuk rumah tinggal, Kantor, sekolahan memerlukan perencanaan instalasi listrik yang cermat agar nyaman dan aman karena telah sesuai dengan aturan-aturan yang telah ditetapkan pada saat berfungsi dan dihuni.

Sistem elektrikal dalam sebuah gedung adalah menyangkut sarana pendistribusian listrik dengan tegangan rendah dari panel utama tegangan rendah

LVMDP (*Low Voltage Distribution Panel*) ke panel sub distribusi hingga peralatan atau *accessories*.

Pada Gedung yang lebih besar, ruang lingkup sistem elektrikal pada gedung juga mencakup perubahan tegangan menengah dari PLN (20k volt) menjadi tegangan rendah. Pada gedung ini tegangan listrik didistribusikan dari saluran tegangan menengah yang dari PLN melalui trafo menjadi tegangan rendah 3 fasa dimana tegangan antar fasa R, S, T, adalah 380 volt, dan fasa dengan netral adalah 220 volt.

2.2.2 Definisi Kesesuaian

Kesesuaian menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah kesesuaian berasal dari kata sesuai yang memiliki arti pas; cocok; seimbang. Sedangkan dengan kesesuaian adalah perihal sesuai; keselerasan (tentang pendapat, paham, nada, kombinasi warna, dan sebagainya); kecocokan (KBBI, <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/sesuai>, akses 24 Januari 2018). Jadi dapat diartikan kesesuaian adalah suatu perihal atau ukuran yang sesuai, pas, dan cocok dalam suatu hal.

2.2.3 Kesesuaian Perencanaan Sistem Elektrikal

Sesuai dengan definisi kesesuaian, maka kesesuaian perencanaan sistem elektrikal dapat diartikan dengan suatu perihal atau ketentuan yang telah sesuai dalam sistem elektrikal yang memenuhi persyaratan yang telah ditentukan atau yang harus ada (Tinggal & Kriteria, 2018). Dalam standar atau ketentuan tersebut mengatur tentang nilai dari kondisi instalasi, perlengkapan instalasi, dan tahanan isolasi.

2.2.4 Sistem Elektrikal tidak sesuai perencanaan

Pelaksanaan tidak selalu akan sesuai dengan perencanaan awal karena ada beberapa faktor yang bisa merubah perencanaan awal sebelumnya. Perubahan tersebut bisa berupa alat atau bahan yang digunakan tidak sesuai dengan ketentuan perencana diawal, maka alat atau bahan yang tidak sesuai tersebut setiaknya mendekati spesifikasi dari perencanaan awal.

Dengan perubahan alat atau bahan yang berbeda tetapi dengan fungsi dan spesifikasi yang sama diharapkan alat atau bahan tersebut dapat berfungsi dengan semestinya sesuai dengan perencanaan di awal.

2.3 Efisiensi Komponen Elektrikal

Menurut kamus besar Bahasa Indonesia (KBBI) efisiensi diartikan sebagai ketepatan cara dalam melaksanakan suatu usaha atau kerja, dalam menjalankan sesuatunya dengan tidak membuang waktu, tenaga, dan biaya yang besar. Efisiensi dalam komponen berarti memaksimalkan kinerja atau penggunaan yang tepat sesuai dengan kegunaanya. Penggunaan dari komponen berupa penghantar atau gawan proteksi yang sesuai dengan kebutuhan termasuk dalam efisiensi, karena komponen yang digunakan sesuai dengan kebutuhan dan tidak berlebihan baik dari nilai atau pun ukurannya.

Penggunaan komponen yang sesuai dapat mengefisiensikan kinerja dari komponen tersebut, baik dari segi keamanan, waktu, biaya, dan cara kerja dari komponen tersebut. Komponen yang tidak sesuai dapat berpengaruh besar baik secara kinerja, keamanan, dan anggaran. Penggunaan dari komponen yang tidak sesuai dapat menjadi faktor utama kurang maksimalnya kinerja dari komponen

yang berkaitan seperti penghantar dan gawai proteksi sebagai pengaman dalam jaringan listrik.

Komponen seperti penghantar dan gawai proteksi dapat bekerja secara efisien dan optimal apabila nilai dari luas penampang dan nilai resistansi yang digunakan sesuai dengan kebutuhan dan standar yang berlaku. Ketika nilai dan luas penampang yang digunakan telah sesuai, maka kinerja dari komponen tersebut akan efisien. Dan apabila nilai dan luas penampang dari komponen yang digunakan tidak atau belum sesuai, komponen yang berkaitan tidak akan bekerja secara optimal.

Maka dari itu penggunaan komponen yang sesuai dianjurkan agar dapat memaksimalkan dan mengefisiensikan kinerja dan berbagai faktor yang terkait pada komponen tersebut agar lebih optimal.

2.4 Mekanikal, Elektrikal, dan Plumbing (MEP)

Mekanikal, Elektrikal, dan Plumbing adalah suatu system dalam utilitas bangunan yang mengacu pada aspek-aspek desain dan konstruksi pada bangunan (Collider, 2020). Dalam bangunan komersial elemen ini sering dirancang oleh perusahaan teknik. Desain MEP sangat penting untuk perencanaan, pengambilan keputusan, dokumentasi yang akurat, estimasi kinerja dan biaya, konstruksi, dan pengoprasian/pemeliharaan fasilitas yang dihasilkan.

2.4.1 Komponen MEP

Sistem mekanikal, elektrikal, dan plumbing atau sistem utilitas bangunan yang berfungsi untuk menunjang fasilitas dari bangunan seperti keamanan, kenyamanan, kesehatan, komunikasi, dan mobilitas dalam sebuah bangunan.

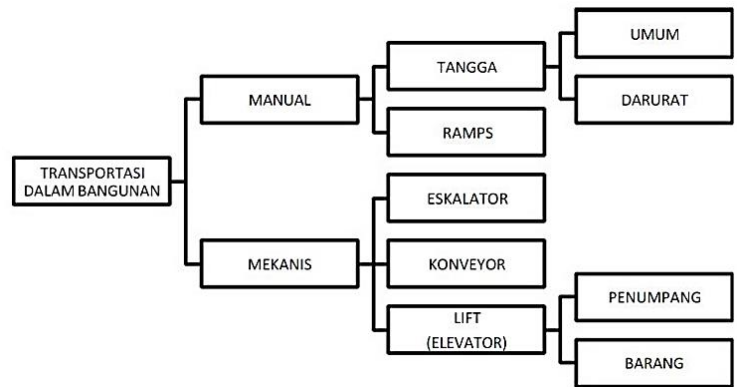
2.4.1.1 Mekanikal

Mekanikal adalah salah satu sistem pada utilitas bangunan yang mencakup tentang sistem *fire fighting*/sistem pemadam kebakaran, sistem tata udara, dan sistem transportasi *vertical* dari sebuah gedung.

A. Transportasi Vertikal

Transportasi vertikal adalah metoda transportasi digunakan untuk mengangkut suatu benda atau manusia dari bawah ke atas atau pun sebaliknya. Ada berbagai macam tipe transportasi *vertical*, di antaranya tangga, lift, travator, escalator, dan lain-lain.

Pada gambar 2.1 mengamburkan tentang pengelompokan dari tipe transportasi dalam gedung yang terbagi menjadi 2 kelompok yaitu mekanis dan manual.



Gambar 2. 1 Pembagian Trasnportasi dalam gedung

Pada gedung dengan jumlah 3 lantai lebih harus memiliki lift sebagai alat transportasi dalam gedung. Lift adalah alat transportasi vertikal yang digunakan untuk mengangkut orang atau barang. Lift terhubung antar lantai dalam bangunan bertingkat secara menerus dengan menggunakan tenaga mesin (mekanik). Lift umumnya digunakan di gedung-gedung

bertingkat tinggi biasanya lebih dari tiga atau empat lantai. Kebutuhan dari lift dapat ditentukan dengan rumus:

1. Jumlah kepadatan orang di setiap gedung, dibandingkan dengan luas bangunan. Rumusnya:

(jumlah kepadatan orang)/(luas bangunan)

Dari rumus diatas didapatkan standar kepadatan orang dibandingkan luas bangunan adalah:

- a. Untuk bangunan KANTOR, rata-rata 1 orang = $11m^2$ x luas netto bangunan
 - b. Untuk bangunan HOTEL, rata-rata 1 orang = $15m^2$ x luas netto bangunan
 - c. Untuk bangunan APARTEMEN, rata-rata 1 orang = $15m^2$ x luas netto bangunan
 - d. Untuk bangunan *SHOPPING CENTER*, rata-rata 1 orang = $11m^2$ x luas netto bangunan
2. Standar rata-rata jumlah orang yang diangkut dalam 1 menit adalah 13% dari jumlah penghuni maka, rumusnya:

13% x Jumlah Penghuni..... (2. 1)

Misal 1000 orang, 1 lantai, 1 menit maka $13\% \times 1000 = 130$ orang

3. Kapasitas Lift dalam 1 menit, rumusnya:

$H = \frac{300XP}{RT}$ (2. 2)

Dengan:

H = kapasitas dari Lift

P = jumlah orang yang di angkut dalam 1 menit

RT = waktu perjalanan

4. Cara menentukan jumlah pemakai bangunan, yaitu:

$$\text{(Jumlah Lantai x Luas Tiap Lantai)} / \text{(jumlah Kepadatan Orang tiap lantai)} \dots\dots\dots (2. 3)$$

5. Jumlah Lift yang dibutuhkan ditentukan dengan

$$\text{(Jumlah orang yang diangkut)} / \text{(kapasitas Lift)} \dots\dots\dots (2. 4)$$

B. Tata udara

Sistem tata udara atau pengkondisian udara (*air conditioning*) adalah penerapan sistem *refrigerasi* untuk menjaga temperatur ruangan pada sebuah bangunan agar tetap dingin pada saat musim panas. Dimana kebutuhan dari setiap gedung atau bangunan akan berbeda sesuai dengan luas dan tinggi dari ruangan tersebut. Kebutuhan tata udara atau *air conditioning* dapat dihitung sebagai berikut:

1. Kebutuhan BTU = $\frac{L \times W \times H \times I \times E}{60}$ (2. 5)

Keterangan:

L = Panjang ruangan (feet)

W = Lebar ruangan (feet)

H = Tinggi ruangan (feet)

I = Nilai 10 jika berinsulasi (ruang berada di bawah atau berhimpitan dengan ruang lain) Nilai 18 jika ruangan tidak berinsulasi.

E = Nilai 16 jika dinding terpanjang ruang menghadap ke utara.

Nilai 17 jika dinding terpanjang ruang menghadap ke timur.

Nilai 18 jika dinding terpanjang ruang menghadap ke selatan.

Nilai 20 jika dinding terpanjang ruang menghadap ke barat.

Dimana (1 meter = 3,28 feet)

2. Beban Kalor Melalui Beban Kaca (BSB)

- Utara = (luas kaca)² × 800 Btu/h/m² = ... Btu/h

- Selatan = (luas kaca) m² × 400 Btu/h/m² = ... Btu/h

- Timur = (luas kaca)² × 900 Btu/h/m² = ... Btu/h

- Barat = (luas kaca) m² × 1000 Btu/h/m² = ... Btu/h

3. Beban Kalor oleh Transmisi Bidang Dinding (BSB)

- Utara = (luas dinding utara)^{22,15} Btu/h/m² (t₀ - t₁) = ... Btu/h

- Selatan = (luas dinding selatan)^{22,15} Btu/h/m² (t₀ - t₁) = ...

Btu/h

- Timur = (luas dinding timur)^{22,15} Btu/h/m² (t₀ - t₁) = ... Btu/h

- Barat = (luas dinding barat)^{22,16} Btu/h/m² (t₀ - t₁) = ... Btu/h

- Atap = (luas dinding atap)^{22,15} Btu/h/m² (t₀ - t₁) = ... Btu/h

4. Beban Kalor Internal (BSO, BLO dan BSL)

- Beban Sensibel Orang

$$BSO = okupansi \times 200 \text{ btu} = \dots \text{ Btu/h} \dots \dots \dots (2. 6)$$

- Beban Laten Orang

$$BLO = okupansi \times 250 \text{ btu} = \dots \text{ Btu/h} \dots \dots \dots (2. 7)$$

- Beban Sensibel Lampu

$$BSL = \Sigma \text{watt} \times 1,25 \times 3,4 = \dots \text{ Btu/h} \dots \dots \dots (2. 8)$$

- Beban Laten Peralatan

$$BLP = \Sigma watt \text{ peralatan} \times 0,86 \times 10^{-3} \dots\dots\dots(2.9)$$

5. Beban Ventilasi atau Infiltrasi (CFM_1 dan CFM_2)

$$\text{Beban infiltrasi } CFM_1 = \frac{(P) \times (L) \times (T) \times (AC) \times 35,31}{60} \text{ Btu/h} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

P = Panjang ruangan (m)

L = Lebar ruangan (m)

T = Tinggi ruangan (m) AC = pertukaran udara per jam yaitu 2

$$\text{Beban ventilasi } CFM_2 = [(t_0 - t_1) 1,08 + (Rh_0 - Rh_1) \times 0,67] \dots\dots\dots$$

$$\text{Btu/h} \dots\dots\dots (2.11)$$

C. Plumbing

Plumbing atau perpipaan pada gedung bertingkat menjadi salah satu faktor terpenting karena menunjang kenyamanan dari gedung tersebut.

Perpipaan pada gedung berlantai memiliki fungsi menjadi sarana untuk mengalirkan ketersediaan air bersih dan lain-lain, dan untuk *fire fighting*/sistem pemadam kebakaran.

Kebutuhan air dari sebuah gedung dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

1. Menentukan kebutuhan air bersih.

Kebutuhan air orang rata-rata / hari

Gedung Hotel = 300 Liter / Orang / Hari

Jadi total kebutuhan air = **Jumlah total penghuni x Kebutuhan air orang rata-rata / hari** (2. 12)

2. Menentukan kebutuhan air untuk pemadam kebakaran (Hydrant)

Kebutuhan hydrant = Kapasitas standpipe yang digunakan (GPM) x Waktu pemadaman(2. 13)

2.4.1.2 Elektrikal

Elektrikal dalam konstruksi menjadi faktor yang penting karena saling berkaitan dengan sistem lainnya pada utilitas bangunan, sistem elektrikal pada gedung menjadi penting karena pada saat proses dan sesudah selesai pembangunan sistem ini menjadi pendukung dan kenyamanan pada saat telah beroperasi.

Sistem Elektrikal adalah suatu rangkaian yang menyediakan kebutuhan daya listrik untuk seluruh gedung tersebut. Dalam rangkaian Elektrikal mencakup sarana penyesuaian tegangan listrik (trasformator), sarana penyaluran utama (kabel *feeder*), dan panel hubung utama atau LVMDP (*Low Voltage Main Distribution Panel*) dan setiap panel utama yang ada pada setiap gedung SDP (Sub Distribution Panel) dan yang terakhir panel yang ada disetiap gedung baik panel penerangan, pabel stop kontak, panel stop kontak UPS, dan panel PVAC untuk power AC.

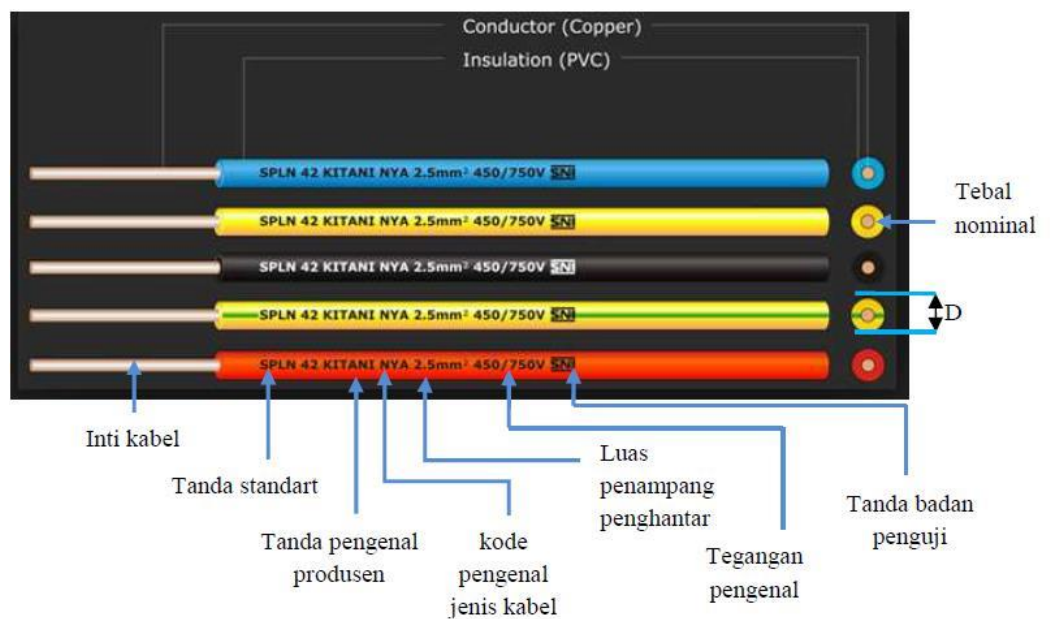
A. Kabel/Penghantar

Jenis dari kabel atau penghantar yang sering digunakan untuk sistem instalasi listrik adalah NYA, NYM, NYY, dan jenis lainnya sesuai tempat dan kebutuhannya.

1. Kabel NYA

Pada kabel yang bertipe NYA adalah tipe kabel yang hanya memiliki satu inti tembaga atau tunggal dengan lapisan PVC sebagai selimut dari tembaga atau intinya. Dengan warna dari isolatornya Merah/Hitam untuk *fasa* (+), Biru untuk *netral* (-), dan Kuning Strip Hijau untuk *ground*(pe) (KESDM, 2015). Kabel dengan jenis ini biasa digunakan pada instasli rumah karena harga yang relatif murah dan pada instalasi rumah ukuran inti dari kabel yang sering digunakan adalah 2,5 - 2,5mm². Kabel dengan jenis ini mudah sekali cacat baik disebabkan oleh hewan dan tidak tahan air karena kabel dengan jenis NYA hanya memiliki 1 lapis isolasi. Oleh karena itu kabel jenis NYA pada proses instalasi baik pada rumah ataupun pada gedung harus menggunakan pipa/*conduit* dengan jenis PVC atau saluran tertutup untuk perlindungan lebih.

Pada gambar 2.2 adalah contoh dari kabel jenis NYA dan menjelaskan tentang bagian-bagian pada setiap kabel NYA dan arti dari kalimat yang tertera pada kabel NYA.



Gambar 2. 2 Kabel NYA

(Sumber: <http://www.info-elektro.com/2015/08/jenis-jenis-kabel-listrik-untuk.html>)

Kabel dengan jenis NYA sendiri memiliki kuat hantar arus yang berbeda sesuai dengan keadaan dan letak dari kabel tersebut. Kuat hantar arus dari kabel ini dapat dilihat pada tabel 2.2 yang menunjukkan spesifikasi dari Kuat hantar arus dari kabel NYA sesuai dengan luas penampang dari kabel tersebut.

Tabel 2. 2 Tabel KHA kabel NYA

Tabel K.52.3.1 – KHA terus menerus yang diperbolehkan dan proteksi untuk kabel instalasi inti tunggal berinsulasi PVC pada suhu ambient 30 °C dan suhu konduktor maksimum 70 °C

Jenis Konduktor	Luas penampang nominal mm ²	KHA terus menerus		KHA pengenal gawai proteksi	
		Pemasangan dalam konduit ^(x) sesuai 7.13	Pemasangan di udara ^(xx) sesuai 7.12.1	Pemasangan dalam konduit	Pemasangan di udara
1	2	3	4	5	6
	0,5	2,5	-	2	-
	0,75	7	15	4	10
	1	11	19	6	10
	1,5	15	24	10	20
	2,5	20	32	16	25
NYFA					
NYFAF					
NYFAZ	4	25	42	20	35
NYFAD	6	33	54	25	50
NYA	10	45	73	35	63
NYAF					
	16	61	98	50	80
	25	83	129	63	100
	35	103	158	80	125
NYFAw					
NYFAFw	50	132	198	100	160
NYFAZw	70	165	245	125	200
NYFADw dan NYL	95	197	292	160	250
	120	235	344	250	315
	150	-	391	-	315
	185	-	448	-	400
	240	-	5285	-	400
	300	-	608	-	500
	400	-	726	-	630
	500	-	830	-	630

CATATAN ^(x) Untuk satu atau lebih kabel tunggal tanpa selubung

^(xx) Untuk kabel tunggal dengan jarak sekurang-kurangnya sama dengan diameternya

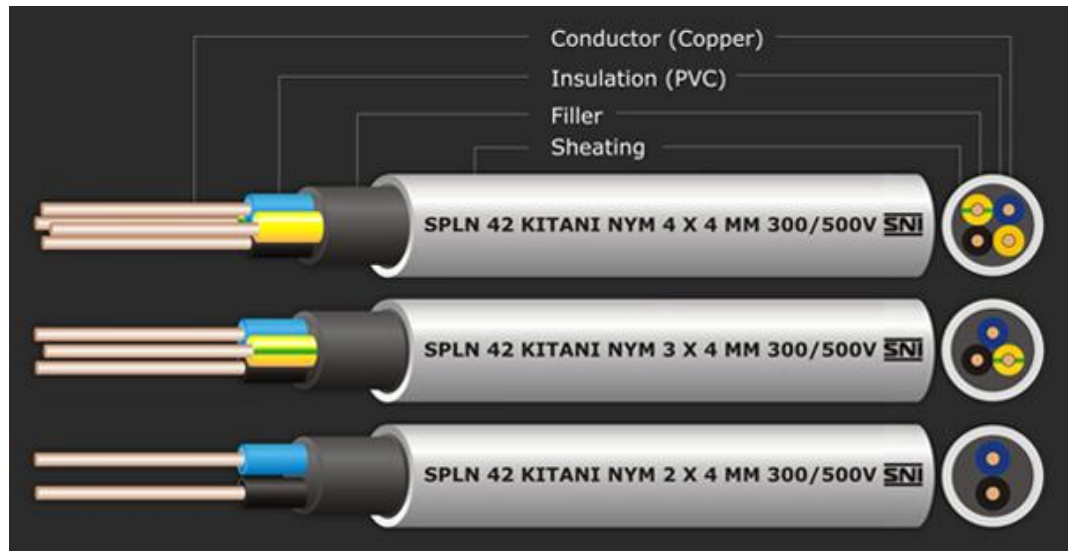
(Sumber: SNI 0225:2011/Amd 1:2013)

2. Kabel NYM

Kabel berjenis NYM yang mana kabel jenis ini memiliki selubung luar berbahan PVC yang biasanya berwarna putih atau abu-abu, kabel jenis NYM memiliki inti lebih dari satu buah ada yang berinti 2, 3, dan 4. Kabel NYM memiliki 2 lapis isolasi sehingga memiliki ketahanan lebih dan keamanan lebih baik sehingga

dapat ditempatkan pada tempat yang kering dan lembab, serta dapat ditempatkan di udara terbuka tapi tidak untuk ditanam.

Pada gambar 2.3 adalah contoh kabel NYM dan menjelaskan bagian-bagian dari kabel NYM.



Gambar 2. 3 Kabel NYM

(Sumber: <http://www.info-elektro.com/2015/08/jenis-jenis-kabel-listrik-untuk.html>)

Lapisan isolasi inti dari kabel NYM memiliki beberapa warna ada coklat\ merah, hitam, biru, kuning, dan hijau kuning. Khusus untuk warna hijau kuning dimaksud untuk penghantar tanah atau *grounding*. Sedangkan dengan lapisan isolasi luar berwarna putih atau putih keabu-abuan.

Pada tabel 2.3 menjelaskan mengenai kuat hantar arus dari kabel dengan jenis NYM yang memiliki nilai sesuai dengan luas penampang dari kabel tersebut.

Tabel 2. 3 Tabel KHA kabel NYM

Tabel K.52.3.4 – 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 ambien 30 °C, dengan suhu konduktor maksimum 70 °C

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
	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 Kabel fleksibel berinsulasi PVC	150	335	250
	185	382	315
	240	453	400
	300	504	400
	400	-	-
	500	-	-

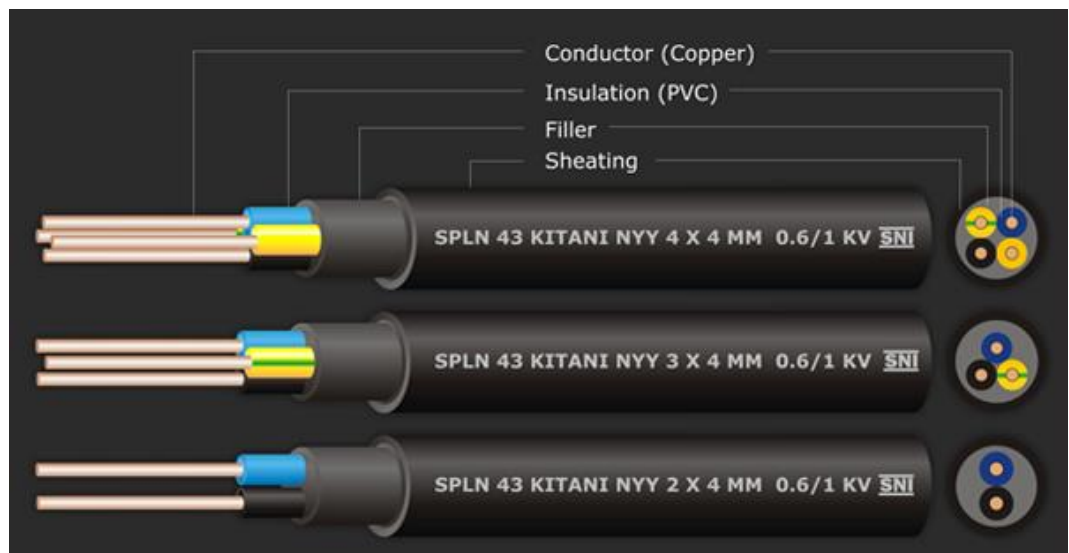
(Sumber: SNI 0225:2011/Amd 1:2013)

3. Kabel NYY

Kabel NYY adalah kabel yang dirancang untuk instalasi tetap dan memiliki lapisan isolasi berwarna hitam, kabel NYY memiliki inti dari 2, 3, dan 4 inti. Kabel NYY dirancang untuk instalasi tanam (kabel tanah) dan memiliki lapisan isolasi yang lebih kuat dari kabel NYM dan bahan dari isolasinya terbuat dari bahan yang tidak disukai oleh hewan.

Kabel tanah thermoplastic tanpa perisai seperti kabel NYY, biasanya digunakan sebagai kabel tenaga pada industri. Kabel NYY ini juga dapat di tanam dalam tanah dengan syarat harus ada perlindungan lebih dari kerusakan mekanis.

Pada gambar 2.4 adalah cohtoh dari kabel NYY dan menjelaskan tentang bagian-bagian dari kabel NYY.



Gambar 2. 4 Kabel NYY

(Sumber: <http://www.info-elektro.com/2015/08/jenis-jenis-kabel-listrik-untuk.html>)

Kabel NYY memiliki nilai kuat hantar arus sesuai dengan luas penampang seperti jenis kabel yang lainnya, dengan nilai KHA dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 4 Tabel KHA kabel NYY

Tabel K.52.3.5a – KHA terus menerus untuk kabel tanah inti tunggal, berkonduktor tembaga, berinsulasi dan berselubung PVC, dipasang pada sistem a.s. dengan voltase kerja maksimum 1,8 kV; serta untuk kabel tanah 2-inti, 3-inti dan 4-inti berkonduktor tembaga, berinsulasi dan berselubung PVC yang dipasang pada sistem a.b. trifase dengan voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV), pada suhu ambien 30 °C.

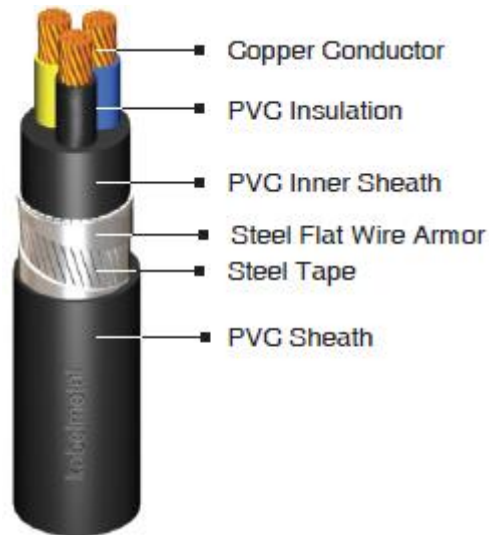
Jenis kabel	Luas penampang mm ²	KHA terus menerus					
		Inti tunggal		2-inti		3-inti dan 4-inti	
		di tanah	di udara	di tanah	di udara	di tanah	di udara
1	2	A	A	A	A	A	A
		3	4	5	6	7	8
	1,5	40	26	31	20	26	18,5
	2,5	54	35	41	27	34	25
	4	70	46	54	37	44	34
	6	90	58	68	48	56	43
NY Y	10	122	79	92	66	75	60
NY BY	16	160	105	121	89	98	80
NY FGbY							
NY RGbY	25	206	140	153	118	128	106
NY CY	35	249	174	187	145	157	131
NY CWY	50	296	212	222	176	185	159
NY SY							
NY CEY	70	365	269	272	224	228	202
NY SEY	95	438	331	328	271	275	244
NY HSY	120	499	386	375	314	313	282
NY KY							
NY KBY	150	561	442	419	361	353	324
NY KFGBY	185	637	511	475	412	399	371
NY KRGBY	240	743	612	550	484	464	436
	300	843	707	525	590	524	481
	400	986	859	605	710	600	560
	500	1125	1000	-	-	-	-

(Sumber: SNI 0225:2011/Amd 1:2013)

4. NYFGbY

Jenis kabel ini dirancang khusus untuk instalasi tetap dalam tanah yang ditanam langsung tanpa memerlukan perlindungan tambahan terkecuali harus melintasi jalan. Kabel NYFGbY memiliki beberapa lapisan pelindung inti kabel sehingga memiliki daya tahan yang lebih kuat. Pada kondisi normal kabel ini ditanam dalam tanah dengan kedalaman 0,8 meter.

Gambar 2.5 menjelaskan tentang bagian-bagian dari kabel NYFGbY



Gambar 2. 5 Kabel NYFGbY

(Sumber: <http://www.info-elektro.com/2015/08/jenis-jenis-kabel-listrik-untuk.html>)

5. Kabel BC (*Bare Core*)

Kabel BC atau *Bare Core* adalah kabel dengan inti tembaga dan tidak memiliki selimut lapisan isolator. Biasanya kabel BC digunakan pada instalasi penangkal petir dan pada instalasi pembumian atau *Grounding*.

Pada gambar 2.6 adalah contoh dari kabel BC atau *Bare Core*



Gambar 2. 6 Kabel BC

(Sumber: <http://www.info-elektro.com/2015/08/jenis-jenis-kabel-listrik-untuk.html>)

6. Kabel TIC (*Twisted Isolation Cable*)

Kabel TIC atau *Twisted Isolation Cable* adalah kabel udara yang biasa sering digunakan oleh PLN untuk jaringan tegangan rendah dari jaringan tegangan rendah ke rumah-rumah pelanggan.

Pada gambar 2.7 adalah contoh dari kabel TIC yang digunakan untuk kabel udara.



Gambar 2. 7 Kabel TIC

Sumber: (<https://www.kabelindo.co.id/wp-content/uploads/2021/11/Twisted.pdf>)

B. Pengaman Instalasi

Pengaman instalasi atau pengaman listrik adalah suatu alat yang berfungsi untuk melindungi sistem instalasi dari beban yang melebihi dari kapasitasnya. Fungsi utama dari pengaman instalasi adalah mengamankan instalasi dari hubung singkat atau beban lebih dari peralatan listrik dengan cara memutus arus listrik.

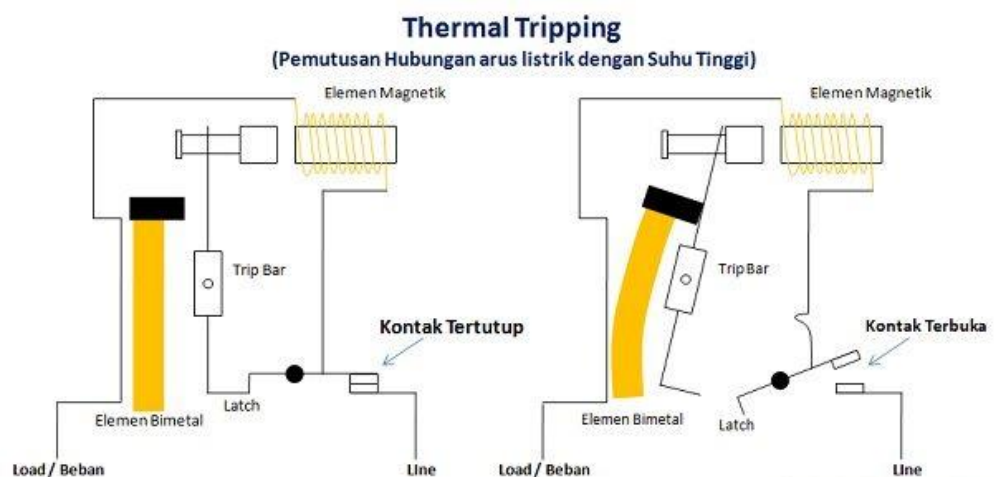
Pada pengaman instalasi listrik pada gedung dibagi dalam kelompok atau grup atau yang dikenal dengan Peralatan Hubung Bagi (PHB) lalu ada Sub Distribution Panel (SDP) dan Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP)

terdiri dari MCB dan MCCB 1 *fasa* dan 3 *fasa*. MCB dan MCCB ini terpasang di setiap panel dan saling berhubungan.

1. *Miniature Circuit Breaker* (MCB)

Miniature Circuit Breaker atau MCB adalah suatu rangkaian pengaman yang dilengkapi dengan komponen *thermis* (bimetal) untuk pengaman arus lebih dan juga dilengkapi relay elektromagnetik untuk pengaman arus singkat (Sumardjati, 2019). Prinsip kerja dari MCB adalah membatasi arus lebih menggunakan *bimetal* untuk memutus rangkaian. Maka MCB akan bekerja apabila arus yang melebihi kapasitas dari MCB dan akan menimbulkan panas maka elemen *bimetal* secara mekanis akan memutus aliran listrik.

Pada gambar 2.8 dan 2.9 adalah cara kerja dari MCB dan contoh bentuk dari MCB 1 *fasa* sampai 3 *fasa*.



Gambar 2. 8 Cara Kerja MCB

Sumber: (<https://www.nesabamedia.com/pengertian-mcb/>)



Gambar 2. 9 MCB

(Sumber: <https://www.electricaltechnology.org/2016/02/mcb-miniature-circuit-breaker-types-construction-working-uses.html>)

2. Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)

Molded Case Circuit Breaker biasa disingkat MCCB. Menurut Ismansyah (2009:14) MCCB merupakan sebuah pemutus tenaga yang memiliki fungsi sama dengan MCB, yaitu mengamankan peralatan dan instalasi listrik saat terjadi hubung singkat dan membatasi kenaikan arus karena kenaikan beban. Kalau dilihat secara langsung antara MCCB dan MCB 3 pole berbeda, kalau MCCB memiliki tuas trip satu saja, tetapi MCB 3 *pole* memiliki 3 tuas trip yang digabung. Sehingga 3 tuas pada MCB tidak bisa bekerja secara terpisah.

Secara umum, MCCB adalah perangkat listrik untuk melindungi beban listrik atau rangkaian listrik dengan pemutusan rangkaian listrik pada saat terjadi arus gangguan seperti arus lebih, arus sesaat dan arus hubung singkat antara sumber daya listrik dan beban listrik.

Sebuah MCCB dengan cara menggabungkan fitur pelindung gangguan pembumian arus sisa yang sensitif adalah wajib di awal setiap instalasi *Low*

Voltage. Alasan lebih lanjut untuk MCCB ini adalah bahwa konsumen tidak dapat melebihi miliknya (kontraktual) menyatakan beban maksimum, karena pengaturan perjalanan yang berlebihan, yaitu disegel oleh otoritas pemasok, akan memotong pasokan di atas nilai yang dinyatakan (Slinn et al., 2020).

Pada gambar 2.10 menunjukkan contoh dari MCCB



Gambar 2. 10 MCCB

(Sumber: <https://www.se.com/id/en/product-category/4200-circuit-breakers-and-switches/?filter=business-4-low-voltage-products-and-systems>)

C. Busbar

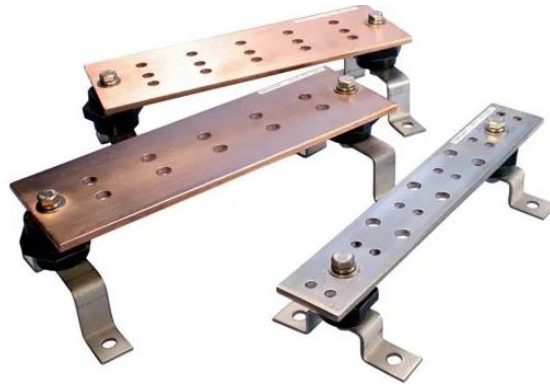
Busbar merupakan konduktor yang terbuat dari plat tembaga atau aluminium. Umumnya benda ini memiliki bentuk persegi panjang atau tabung dengan tingkat ketebalan berbeda-beda. Busbar sendiri berguna sebagai penghantar energi listrik sekaligus mengatur sistem masukan dan keluaran dari panel listrik.

Pada menentukan ukuran dari busbar yang tepat harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a. Pertimbangkan dimensi busbar untuk kondisi normal operasi
- b. Mengetahui tegangan yang akan dihasilkan
- c. Tipe dan ukuran penampang busbar dipilih berdasarkan arus yang akan mengalir

Busbar menjadi komponen alternatif dalam pendistribusian listrik. Bentuknya yang rapi dan tersusun sebagai konduktor, busbar dapat dipergunakan secara bersamaan dengan kabel sebagai penghantar listrik. Kelebihan lain busbar ialah dapat mengatasi kondisi suhu panas berlebih saat dilewati arus listrik yang besar.

Pada gambar 2.11 menunjukkan contoh dari busbar yang biasa ada pada dalam panel listrik.



Gambar 2. 11 Busbar

Sumber: (<https://i0.wp.com/www.builder.id/wp-content/uploads/2021/05/fungsi-busbar.jpg?fit=600%2C350&ssl=1>)

D. Lampu Pilot

Komponen panel listrik lainnya adalah lampu indikator. Lampu indikator dalam panel listrik memiliki fungsi untuk mengetahui apakah rangkaian bekerja dengan benar atau tidak. Tak hanya itu, lampu indikator juga berfungsi untuk tanda peringatan jika terjadi sesuatu.

Gambar 2.12 menunjukkan contoh dari lampu pilot yang berfungsi menjadi indikator pada panel listrik.



Gambar 2. 12 Lampu Pilot

Sumber:(<https://www.sinarmandirisejahtera.co.id/products/ELECTRICAL/pilot-lamp-indicator-lamp>)

E. Fuse

Bisa dibayangkan, Fuse menjadi komponen panel listrik yang sering Anda lihat. Fuse biasanya terpasang dalam rangkaian yang disusun secara seri dan akan terbakar jika terlewati arus yang melebihi beban Fuse.

Gambar 2.13 menunjukkan contoh dari fuse yang ada pada dalam panel listrik.



Gambar 2. 13 Fuse

Sumber: (<https://www.jyalistrik.co.id/product/fuse-kubur-3-p568557.aspx>)

F. Panel Listrik

Panel listrik adalah sebuah alat atau perangkat yang berfungsi untuk membagi, menyalurkan, dan kemudian mendistribusikan energi listrik dari sumbernya. Panel listrik memiliki berbagai fungsi dan kegunaan yaitu sebagai berikut:

- a. Menempatkan komponen listrik sebagai pendukung dari mesin-mesin listrik agar bisa beroperasi sebagaimana mestinya sesuai prinsip kerja kelistrikan.

- b. Mengamankan komponen listrik supaya terlindungi dari hal-hal apapun yang bisa mempengaruhinya.
- c. Menata rangkaian atau komponen listrik agar terlihat aman dan rapi.

Panel listrik terdiri dari beberapa komponen listrik yang berfungsi sebagai proteksi instalasi listrik agar instalasi aman dan mudah di akses bila terjadi gangguan. Adapun bagian-bagian dari panel listrik adalah sebagai berikut:

- a. Panel Listrik
- b. MCCB
- c. MCB
- d. Busbar
- e. Fuse
- f. Push Button dan Pilot Lamp

2.5 Persyaratan Umum Instalasi Listrik

Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2011) adalah dokumen Standar Nasional Indonesia (SNI) yang digunakan menjadi standar acuan dalam pemasangan Instalasi tenaga Listrik tegangan rendah untuk rumah tangga, gedung perkantoran, gedung publik, dan bangunan lainnya (KESDM, 2015). PUIL 2011 ini menjadi standar wajib yang digunakan oleh instalatur dalam pemasangan instalasi listrik, serta digunakan juga oleh lembaga inspeksi teknik tegangan rendah dalam pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik sebelum diterbitkan Sertifikat Laik Operasi (SLO).

Sesuai dengan peraturan pemerintah mengenai standar persyaratan umum instalasi listrik (PUIL) (PERATURAN MENTERI PERTAHANAN REPUBLIK INDONESIA, 2020) adalah dokumen SNI yang digunakan sebagai acuan dalam pemasangan instalasi tenaga listrik tegangan rendah untuk rumah tangga, gedung perkantoran, gedung publik, dan lainnya.

Pada PUIL 2011 juga menentukan Kuat Hantar Arus dari kabel yang dimana, nilai arus yang melewati kabel harus berada dibawah nilai KHA kabel. Jika arus yang melewati kabel di bawah dari nilai KHA maka kabel dinyatakan layak dan aman untuk digunakan, tetapi bila arus yang melewati kabel melebihi dari nilai KHA kabel tersebut, maka kabel dinyatakan tidak layak karena akan mengalami kenaikan suhu dan ini dinyatakan kondisi yang tidak normal.

Untuk menentukan Kuat Hantar Arus (KHA) dari penghantar yang digunakan terlebih dahulu harus diketahui besarnya arus nominal atau arus maksimum yang diserap oleh beban. Untuk mengetahui arus nominal yang diserap oleh beban, terlebih dahulu diketahui arus nominalnya. Penentuan arus nominal dapat dihitung dengan persamaan-persamaan berikut ini:

Untuk satu fasa:

$$In = \frac{P(watt)}{V \times \cos\phi} A \dots\dots\dots(2. 14)$$

Untuk tiga fasa:

$$In = \frac{P(watt)}{\sqrt{3} \times VL-L \times \cos\phi} A \dots\dots\dots(2. 15)$$

Seperti yang telah ditentukan pada PUIL bahwa setiap konduktor harus mempunyai KHA (Kuat hantra Arus), tidak kurang dari arus yang mengalir didalamnya. Setelah mengetahui nilai arus beban yang melewati penghantar, maka untuk mencari KHA kabel dapat dihitung dengan rumus sesuai PUIL 2011 yaitu:

$$I_{KHA} = (125 \% \times I_n \text{ terbesar}) \dots\dots\dots (2. 16)$$

Keterangan:

I_n = Arus nominal (Ampere)

P = Daya yang diserap (Watt)

V = Tegangan fasa dengan netral (Volt)

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

$\cos \varphi$ = Faktor daya

I_{KHA} = KHA kabel penghantar (Ampere)

$I_n \text{ terbesar}$ = Arus nominal terbesar beban yang dilayani (A)

$I_n \text{ lainnya}$ = Arus nominal beban yang lainnya (A)