

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Konsep Kesesuaian Instalasi Listrik**

Pada dasarnya konsep instalasi listrik telah diatur dalam pedoman umum instalasi listrik. Dimana didalamnya terdapat aturan-aturan dan persyaratan baik dari segi desain, pemasangan ataupun verifikasi instalasi listrik emi tercapainya keselamatan untuk manusia, ternak dan harta benda terhadap bahaya dan kerusakan yang timbul akibat pemakaian instalasi listrik secara wajar [2].

##### **2.1.1 Definisi Instalasi Listrik**

Listrik merupakan kata yang sudah tidak asing lagi, hampir setiap hari seseorang selalu berinteraksi dengan listrik. Mulai dari bangun tidur pada pagi hari hingga tidur kembali pada malam hari, setiap kegiatan manusia hampir tidak dapat terlepas dari listrik. Peralatan gedung tangga, seperti lampu, televisi, radio, lemari es, mesin cuci, bahkan kompor memerlukan listrik sebagai sumber energinya. Listrik telah menjadi salah satu kebutuhan masyarakat modern saat ini.

Listrik merupakan bentuk energi yang mengalir melalui jaringan kabel dan sudah menjadi bagian yang penting bagi kemajuan peradaban manusia di berbagai bidang, baik dalam bidang ekonomi, teknologi, sosial dan budaya, Meningkatnya aktifitas manusia akan mempengaruhi penggunaan listrik. Tingginya kebutuhan energi listrik kepada konsumen mengharuskan produsen menyediakan suplai energi listrik yang handal tetapi tetap ekonomis [3].

Fenomena listrik memungkinkan terjadinya fenomena fisika lainnya, seperti petir, medan listrik, dan arus listrik. Fenomena-fenomena tersebut merupakan cikal

bakal dari penemuan energi listrik dan peralatan listrik atau alat elektronik yang banyak digunakan masyarakat modern saat ini [4]. Secara sederhana listrik dapat dikatakan sebagai aliran listrik arus elektron. Energi listrik tidak dapat dilihat bentuknya namun dapat dilihat efeknya, seperti nyala lampu, televisi, panas setrika, gerak kipas angin dan lain-lain [2].

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Nomor 023/PRT/1978, pasal 1 butir 5 tentang Instalasi Listrik, menyatakan bahwa instalasi listrik adalah saluran listrik termasuk alat-alatnya yang terpasang di dalam dan atau di luar bangunan untuk menyalurkan arus listrik setelah atau di belakang pesawat pembatas/meter milik perusahaan.

Selanjutnya, menurut Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 01P/40/M.PE/1990, pasal 1 butir 5 tentang Instalasi Ketenagalistrikan, menyatakan bahwa instalasi ketenagalistrikan adalah bangunan-bangunan sipil dan elektro mekanik, mesin-mesin, peralatan, saluran-saluran, dan perlengkapannya yang digunakan untuk pembangkitan, konversi, transformasi, penyaluran, distribusi, dan pemanfaatan tenaga listrik ("*appliances*"), yang selanjutnya disebut Instalasi. Instalasi tersebut terdiri dari Instalasi Pengusaha dan Instalasi Pelanggan.

Lalu pada pasal 1 butir 6 berbunyi: Instalasi Pengusaha adalah instalasi milik Pengusaha dengan batas sampai dengan alat pembatas dan pengukur. Sedangkan pada pasal 1 butir 7 berbunyi: Instalasi Pelanggan adalah instalasi milik atau yang dikuasai pelanggan dengan batas sesudah batas alat pembatas dan pengukur.

Perjalanan listrik dari sumber energi yang dikelola PLN hingga bisa dinikmati pelanggan di gedung atau bangunan melalui beberapa tahapan yang cukup panjang. Listrik dibangkitkan melalui pembangkit listrik kemudian disalurkan menuju

GITET (Gardu induk tegangan ekstra tinggi). Dari GITET listrik disalurkan melalui SUTET (saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi) menuju GITET berikutnya. Dari GITET listrik disalurkan melalui SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi) menuju GI (Gardu Induk). Dari gardu induk kemudian disalurkan melalui JTM (Jaringan Tegangan Menengah) menuju gardu distribusi. Dari gardu distribusi inilah listrik masuk ke konsumen gedung tangga, bisnis, atau industri melalui JTR (Jaringan Tegangan Rendah).

### **2.1.2 Definisi Kesesuaian**

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), Kesesuaian berasal dari kata sesuai yang memiliki arti pas; cocok; seimbang. Sedangkan kesesuaian adalah perihal sesuai; keselarasan (tentang pendapat, paham, nada, kombinasi warna, dan sebagainya); kecocokan [5] Jadi dapat diartikan kesesuaian adalah suatu perihal atau ukuran yang sesuai, pas, dan cocok dalam suatu hal

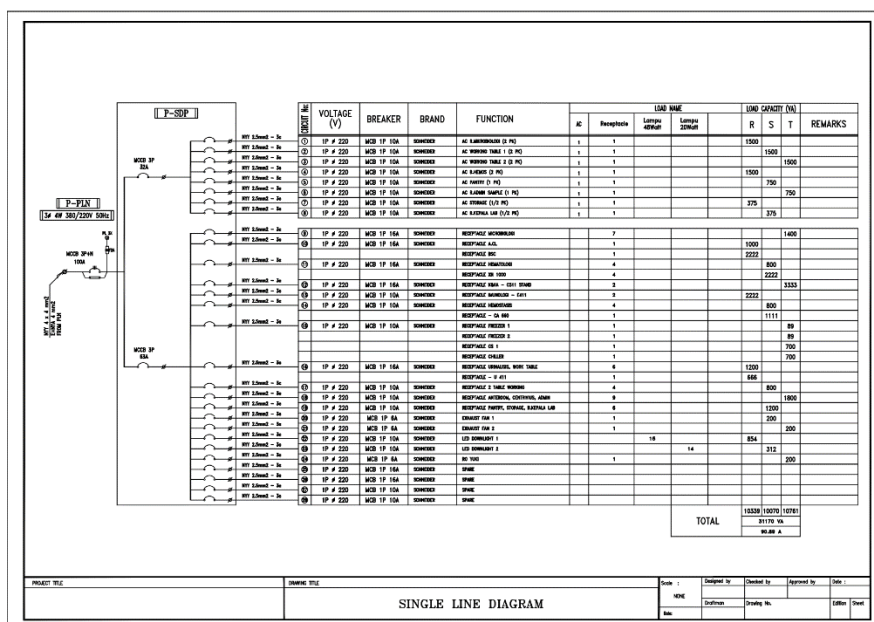
### **2.1.3 Kesesuaian Instalasi Listrik**

Setelah diketahui definisi dari kesesuaian, maka kesesuaian instalasi listrik dapat diartikan suatu perihal atau ukuran yang sesuai dalam suatu instalasi listrik yang memenuhi persyaratan yang ditentukan atau yang harus ada.

Salah satu aturan atau persyaratan dalam menentukan kesesuaian suatu instalasi listrik adalah Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL). PUIL yang terbaru dan digunakan saat ini adalah PUIL 2011. Dalam suatu instalasi listrik gedung tinggal, suatu kesesuaian instalasi listrik dapat dinilai dari kondisi instalasi, perlengkapan instalasi, dan tahanan isolasi (Risolasi).

## 2.2 Single Line Diagram (SLD)

Sebuah diagram atau gambar listrik yang merepresentasikan komponen-komponen sistem instalasi listrik yang diwakilkan oleh simbol-simbol, dan menggambarkan bagaimana komponen-komponen itu berhubungan. Kadang diagram atau gambar garis tunggal instalasi listrik ini disebut juga *one-line diagram*.



Gambar 2. 1 Single Line Diagram

Diagram satu garis atau diagram garis tunggal adalah cara yang disederhanakan untuk merepresentasikan sistem tenaga tiga fase. Diagram satu baris tidak menunjukkan koneksi listrik sirkuit yang tepat. Seperti namanya, diagram satu garis menggunakan satu garis untuk mewakili ketiga fase tersebut. Ini adalah jenis *blue-print* instalasi listrik paling dasar.

Diagram garis tunggal biasanya disebut diagram perencanaan instalasi listrik, sedangkan diagram garis ganda disebut diagram pelaksanaan. Diagram garis

tunggal diterapkan pada instalasi rumah sederhana maupun instalasi gedung–gedung sederhana hingga gedung besar/bertingkat. [6]

Diagram garis tunggal menunjukkan rating dan kapasitas peralatan listrik dan konduktor sirkuit serta perangkat proteksi. Informasi diagram garis tunggal biasanya mencakup:

- Saluran *incoming* (tegangan nominal dan besarnya —kapasitas dan nilai)
- *Circuit breaker* (PMT) utama, fuse atau sekring utama, *cut-out* (CTO), *switch*, dan *bus-tie*
- Transformator daya (rating, koneksi lilitan dan metode pembumian)
- *Circuit breaker* saluran pengumpan (*feeder*)
- *Fused switches relays* (fungsi, penggunaan, dan jenis)
- Transformator arus/potensial (ukuran, jenis dan rasio)
- Trafo untuk sistem kontrol
- Semua kabel utama dan kabel beban
- Semua gardu induk, termasuk relai integral dan panel utama serta sifat beban di setiap *feeder* dan di setiap gardu induk
- Tegangan dan ukuran peralatan penting (UPS, baterai, generator, distribusi daya, sakelar transfer, AC ruang komputer)

Manfaat diagram satu garis adalah untuk membantu mengidentifikasi saat *trouble-shooting* dan menyederhanakan pemecahan masalah,

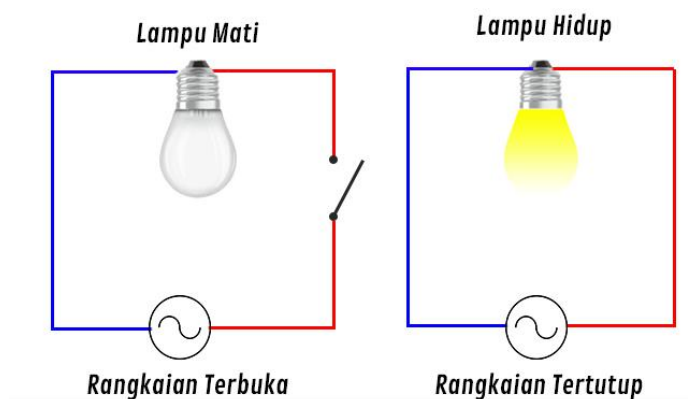
diagram satu garis yang akurat akan lebih menjamin keselamatan kerja personel, memenuhi kepatuhan pada regulasi dan standar yang berlaku, menjamin pengoperasian fasilitas dengan lebih aman dan andal.

Diagram garis tunggal adalah cetak biru dari sistem kelistrikan. Membuat diagram satu garis adalah langkah pertama dalam menyiapkan rencana respons kritis, memungkinkan personel kelistrikan untuk memahami sepenuhnya tata letak dan desain sistem distribusi kelistrikan fasilitas. Baik itu fasilitas baru atau yang sudah ada, diagram garis tunggal adalah peta jalan untuk semua aktivitas pengujian, servis, dan pemeliharaan di masa mendatang. Diagram atau gambar listrik yang efektif akan dengan jelas menunjukkan bagaimana komponen utama sistem kelistrikan dihubungkan. Ini menunjukkan jalur distribusi daya yang benar dari sumber daya yang masuk ke setiap beban hilir – termasuk peringkat dan ukuran setiap peralatan listrik, konduktor sirkuitnya, dan perangkat proteksinya. Seringkali para pengambil keputusan merasa tidak perlu memperbaiki diagram instalasi listrik, atau bahkan tidak menganggapnya penting. Banyak fasilitas industri dan komersial beroperasi tanpa diagram garis tunggal yang akurat. Kondisi ini mungkin dianggap penting sampai mereka menghadapi masalah atau kerugian nyata karena tidak memperbaiki atau tidak akuratnya diagram instalasi listrik [7].

### **2.3 Nilai Arus Beban**

Beban listrik adalah sesuatu yang harus “dipikul” oleh pembangkit listrik. Dalam aplikasi sehari-hari dapat digambarkan bahwa beban listrik adalah peralatan yang menggunakan daya listrik agar bisa berfungsi. Contoh beban listrik dalam rumah tangga diantaranya televisi, lampu penerangan, setrika, mesin cuci, lemari es dan lain-lain. Sementara pada industri biasanya digunakan untuk keperluan produksi seperti motor listrik dan alat berat lainnya yang bersumber dari tenaga listrik.

Pada keseluruhan sistem, total daya adalah jumlah semua daya aktif dan reaktif yang dipakai oleh peralatan yang menggunakan energi listrik. Jadi dalam penggunaan rumah tangga, total beban listrik adalah total semua daya yang dikonsumsi oleh peralatan listrik tersebut yang aktif, karena dalam kondisi mati peralatan tentu tersebut tidak menggunakan daya listrik.



Gambar 2. 2 Ilustrasi penggunaan daya listrik terhadap beban

#### 2.4 Penghantar/Kabel

Kabel adalah panjang dari satu atau lebih inti penghantar, baik yang berbentuk solid maupun serabut yang masing- masing dilengkapi dengan isolasinya sendiri- sendiri dan membentuk suatu kesatuan. Penyatuan/ penggabungan satu atau lebih inti- inti pada umumnya dilengkapi dengan selubung atau mantel [8].

Jenis kabel yang sering digunakan untuk instalasi listrik industri adalah NYA, NYM, dan NYY. Kabel NYA dalam penggunaannya harus menggunakan conduit atau pipa untuk melindunginya secara mekanis, karena kabel tersebut hanya memiliki 1 lapis isolasi saja yang mudah digigit tikus.

Kabel NYM memiliki selubung luar dari bahan PVC yang biasanya berwarna putih atau abu-abu. Sehingga secara mekanis kabel ini lebih kuat daripada kabel NYA. Kabel NYM dapat digunakan diluar pipa atau conduit. Untuk kabel NYY

seperti kabel NYM yaitu memiliki selubung luar, tetapi selubungnya berwarna hitam dan lebih kuat daripada selubung kabel NYM. Oleh karena itu, kabel NYY sering digunakan untuk kabel tanah yang kuat akan ketahanan mekanisnya.

Kabel memiliki inti yang luas penampangnya berbeda-beda. Luas penampang tersebut berkaitan dengan arus maksimal yang mampu dihantarkan pada suatu kabel secara terus-menerus. Apabila arus yang mengalir pada suatu kabel melebihi batas arus maksimal akan mengakibatkan kerusakan pada kabel tersebut.

Kemampuan hantar arus (KHA) adalah arus maksimum yang dapat dihantarkan secara kontinu oleh suatu konduktor, gawai atau aparatus, pada kondisi yang ditentukan tanpa suhu kondisi tunaknya melebihi nilai yang ditentukan [2]. Ampacity mewakili kapasitas pembawa arus maksimum dari suatu objek yang bergantung pada struktur dan materialnya.

Penentuan luas penampang kabel, langkah paling awal adalah mencari nilai arus nominal yang akan mengalir pada kabel tersebut. KHA yang digunakan untuk pemilihan kabel yaitu 125% dari arus nominal yang akan mengalir pada kabel tersebut. Ketika nilai kemampuan hantar arus telah diketahui, perlu disesuaikan dengan tabel KHA kabel pada PUIL 2011 untuk memperoleh luas penampang yang dibutuhkan. Apabila nilai kemampuan hantar arus tidak ada yang sesuai pada tabel, sebaiknya gunakan luas penampang kabel yang nilai KHA-nya lebih besar.

Ada tiga hal pokok yang harus diperhatikan dari kabel, yaitu sebagai berikut:

1. Konduktor/penghantar, merupakan media untuk menghantarkan arus listrik.
2. Isolasi, merupakan bahan dielektrik untuk mengisolir dari yang satu ke yang lain dan juga terhadap lingkungan-lingkungannya.



3. Selubung luar, yang memberikan perlindungan terhadap kerusakan mekanis pengaruh bahan-bahan kimia, *electrolysis*, api atau pengaruh-pengaruh luar lainnya yang dapat merugikan.

Pada umumnya untuk mengetahui jenis penghantar atau kabel diberikan kode pengenal serta warna selubung, penandaan kabel berselubung berinti tunggal digunakan pedoman PUIL 2011 seperti yang tercantum pada Tabel 2.1 dan 2.2.

Tabel 2. 1 Kode Penandaan Penghantar

Kode	Komponen
N	Kabel jenis standart, dengan tembaga sebagai penghantar
Gb	Spiral pita baja
Y	Isolasi PVC
Y	Selubung PVC
F	Kawat baja pipih
R	Kawat baja bulat
A	Kawat berisolasi
Re	Penghantar padat bulat
Rm	Penghantar bulat berkawat banyak

Tabel 2. 2 Penandaan Inti atau Rel

Inti atau Rel	Pengenal		
	Dengan Huruf	Dengan Lambang	Dengan Warna
1	2	3	4
Instalasi Arus Bolak-balik :			
Fasa Satu	L1/R		Merah
Fasa Dua	L2/S		Kuning
Fasa Tiga	L3/T		Hitam
Netral	N		Biru
Instalasi Perlengkapan Listrik :			
Fasa Satu	U/X		Merah
Fasa Dua	V/Y		Kuning
Fasa Tiga	W/Z		Hitam
Instalasi Arus Searah :			
Positif	L +	+	Tidak ditetapkan
Negatif	L -	-	Tidak ditetapkan
Kawat Tengah	M		Biru
Penghantar Netral	N		Biru
Penghantar Pembumian	PE		Loreng, Hijau-Kuning

(Sumber: [2])

### 2.4.1 Jenis Kabel/Penghantar

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

1. Penghantar berisolasi

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

2. Penghantar tidak berisolasi

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

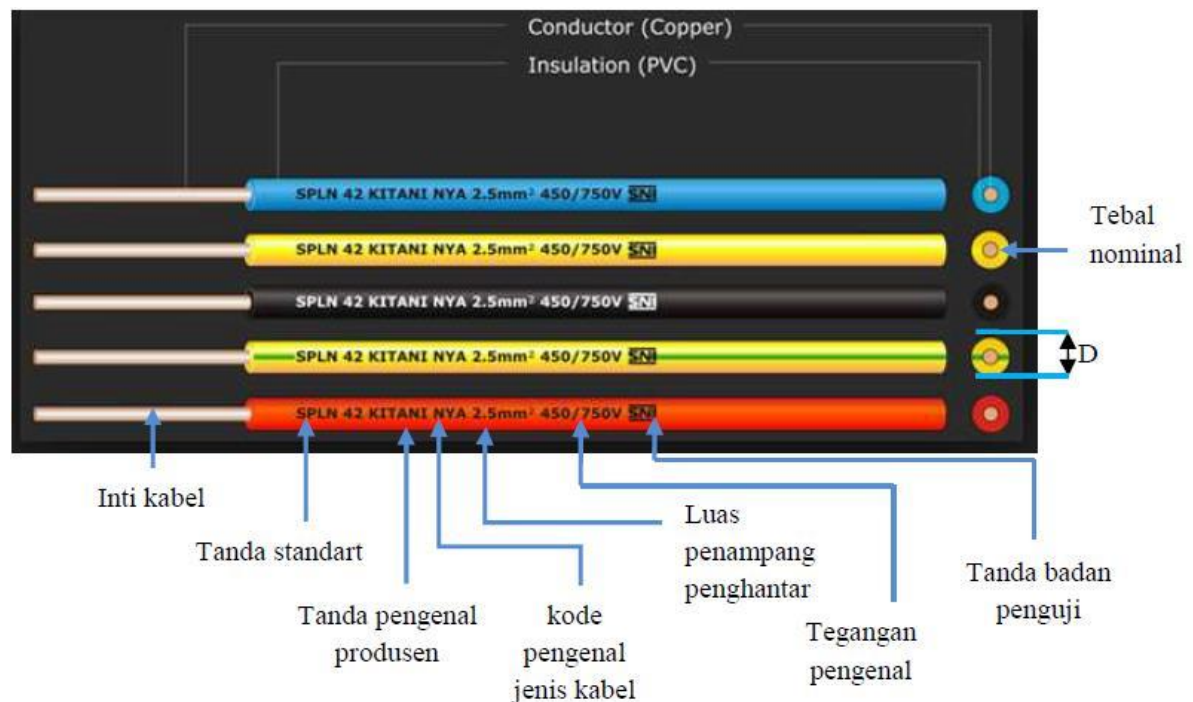
### 2.4.2 Jenis Kabel Yang Biasa Digunakan Pada Instalasi

1. Kabel NYA

Kabel NYA berinti tunggal, dengan lapisan isolasi dari bahan PVC, digunakan untuk instalasi luar atau kabel udara. Kode warna isolasinya antara lain warna merah, kuning, biru dan hitam berdasarkan peraturan PUIL. Lapisan isolasinya hanya 1 lapis yang menyebabkan kabel tersebut mudah rusak, tidak tahan

air (NYA adalah tipe kabel udara) dan mudah digigit tikus. Untuk menjaga keamanan ketika kita memakai kabel ini, kabel harus dipasang dalam pipa/conduit jenis PVC atau saluran tertutup agar tidak digigit tikus dan bila isolasinya terkelupas tidak tersentuh langsung [9]

Kabel NYA dimaksudkan untuk di pergunakan didalam ruangan yang kering, untuk instalasi tetap dalam pipa dan sebagai kabel penghubung dalam lemari distribusi. Isolasi kabel NYA diberi warna hijau-kuning, biru muda, hitam, kuning, atau merah. Contoh penandaan kabel NYA dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2. 3 Kabel NYA

(Sumber: [9])

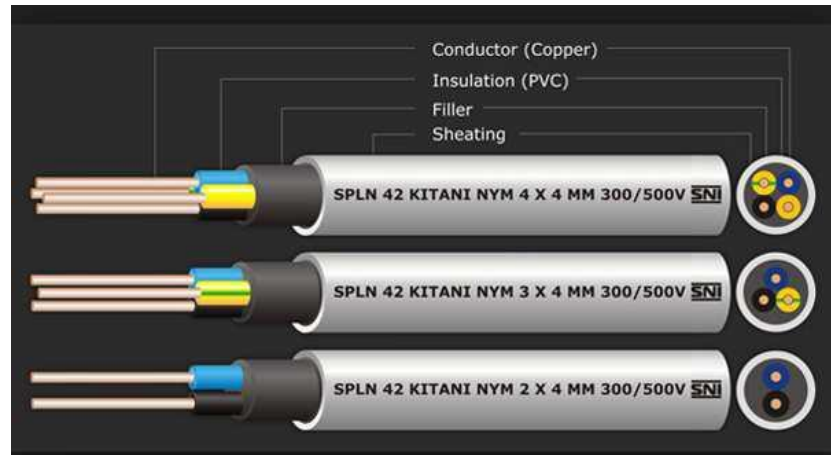
## 2. Kabel NYM

Kabel jenis ini sebetulnya kabel NYA yang diperbanyak misalnya 2, 3 sampai 4 konduktor yang dibungkus kembali dengan double isolasi. Fungsinya sama dengan kabel NYA yaitu untuk instalasi listrik rumah atau gedung dan system

tenaga. kabel ini memiliki isolasi PVC yang berwarna putih atau abu-abu. Kabel NYM memiliki isolasi 2 lapis sehingga relatif lebih aman dari pada kabel NYA dan harganya juga lebih mahal. Kabel NYA dapat digunakan baik di lingkungan yang kering dan basah tetapi tidak boleh ditanam. Karena kabel NYM memiliki isolasi dua lapis, sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari kabel NYA. Selain itu, kabel ini juga mampu bertahan dalam kondisi kering dan basah dan cukup sulit cacat.[10]

Kabel ini memiliki isolasi PVC yang berwarna putih atau abu-abu. Kabel NYM memiliki isolasi 2 lapis sehingga relatif lebih aman dari pada kabel NYA dan harganya juga lebih mahal. Kabel NYA dapat digunakan baik di lingkungan yang kering dan basah tetapi tidak boleh ditanam. Karena kabel NYM memiliki isolasi dua lapis, sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari kabel NYA. Selain itu, kabel ini juga mampu bertahan dalam kondisi kering dan basah dan cukup sulit cacat.

Isolasi inti NYM harus diberi warna hijau-kuning, biru muda, merah, hitam, atau kuning. Khusus warna hijau-kuning tersebut pada seluruh panjang inti dan dimaksudkan untuk penghantar tanah. Sedangkan warna selubung luar kabel harus berwarna putih atau putih keabu-abuan. Contoh penandaan kabel NYM dapat dilihat pada gambar berikut ini:



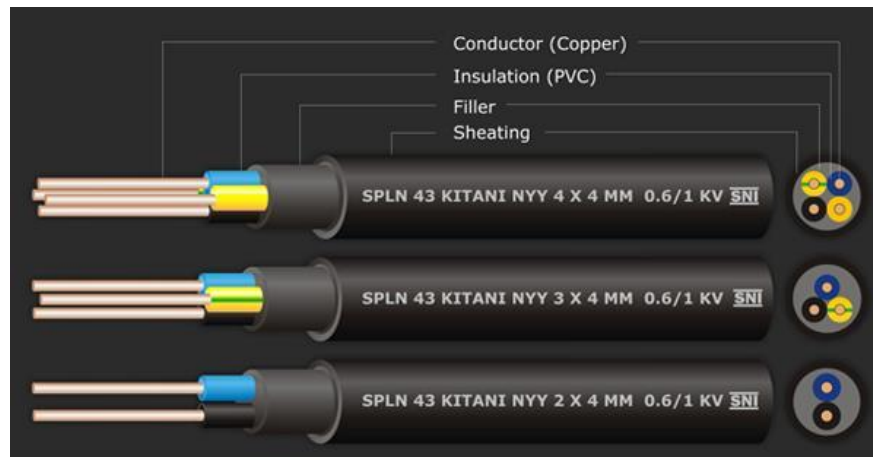
Gambar 2. 4 Kabel NYM

(Sumber: [9])

Sebagai penghantar gedung tinggal biasanya digunakan kabel berisolasi ganda (misalnya NYM) yang terdiri atas dua atau tiga inti tembaga pejal dengan penampang tiap intinya minimum  $1,5 \text{ mm}^2$ .

### 3. Kabel NYY

Kabel NYY dengan lapisan isolasi dari bahan PVC (biasanya berwarna hitam), jumlah intinya 2, 3 atau 4. Kabel NYY digunakan pada instalasi yang ditanam (kabel tanah) dan memiliki lapisan isolasi yang lebih kuat dari kabel NYM sehingga harganya lebih mahal daripada kabel NYM. Kabel NYY memiliki isolasi yang terbuat dari bahan yang tidak disukai tikus [9].



Gambar 2. 5 Kabel NYY

(Sumber: [9])

Kabel tanah *thermoplastik* tanpa perisai seperti NYY, biasanya digunakan untuk kabel tenaga pada industri. Penggunaan utama NYY sebagai kabel tenaga adalah untuk instalasi industri di dalam gedung maupun di alam terbuka, di saluran kabel dan dalam peralatan hubung bagi (PHB). Kabel ini juga dapat ditanam dalam tanah, dengan syarat diberikan perlindungan terhadap kemungkinan kerusakan mekanis. Perlindungannya bisa berupa pipa atau pasir dan di atasnya diberi batu.

#### 4. Kabel TIC

TIC singkatan dari *Twisted Insulation Cable*. Kabel Twist atau SR yang digunakan sebagai kabel udara yang ditarik dari tiang listrik ke KWH meter bangunan. Kabel konduktor dipilin bulat, instalasi kabel ini dibuat sedemikian rupa sehingga hantaran kabel membentuk kabel pilin dimana beberapa kabel berinti tunggal saling dililitkan sehingga saling membentuk suatu kelompok kabel yang disebut dengan kabel twisted. Penghantar jaringan sekunder menggunakan kabel twisted, dimana kabel ini

mempunyai Bahan isolasi kabel twisted dibuat dari bahan jenis polyethelin yaitu XLPE.



Gambar 2. 6 Kabel TIC

(Sumber: [11])

### 5. Kabel NYFGbY

Kabel NYFGbY adalah jenis kabel listrik yang sangat kuat karena dilapisi beberapa pelindung sekaligus yakni isolator PVC warna hitam dan logam di bagian dalam. Kabel ini cukup keras dan tidak lentur dan biasa dipakai untuk instalasi bawah tanah, di dalam ruangan, di dalam saluran-saluran, dan di tempat-tempat terbuka yang membutuhkan perlindungan ekstra karena daya tahan yang sudah sangat kuat. Kecuali jika ditanam di bawah jalan raya, tetap diperlukan perlindungan berupa PVC tambahan. Kedalaman maksimal untuk pemasangan kabel disarankan 80 cm [12].



Gambar 2. 7 Kabel NYFGbY

(Sumber: [13] )

Kelebihan dari kabel ini memiliki lapisan isolator yang sangat baik, sehingga kabel NYRGRBY bisa dibilang yang paling kuat dari kabel jenis lainnya.

## 6. Kabel BC

Kabel BC (*Bare Copper*) adalah kabel yang Kabel BC adalah jenis kabel listrik yang terbuat dari logam tembaga tanpa pelindung yang digunakan untuk grounding. Kabel BC tidak dianjurkan dipakai sebagai penghantar phase listrik karena dapat berbahaya jika terkena sentuhan atau terjadi hubung singkat. [14]



Gambar 2. 8 Kabel BC

(Sumber: [15])

### 2.4.3 Pemilihan Luas Penampang

Luas penampang biasanya memiliki satuan  $\text{mm}^2$  atau sama dengan millimeter persegi, satuan ini menentukan ukuran area luas penampang dari bagian konduktor atau inti kabel jadi yang terukur hanyalah ukuran konduktor (inti kabel) tidak termasuk pelindung atau isolator pada kabel.

Satuan  $\text{mm}^2$  ini sangat sering digunakan untuk kabel, misalnya ukuran kabel  $3 \times 4 \text{mm}^2$ , maksudnya adalah kabel tersebut memiliki 3 inti kabel dengan masing-



masing memiliki luas penampang  $4\text{mm}^2$ , angka  $4\text{mm}^2$  adalah luas penampang konduktor bukan diameter kabel.

Untuk mengetahui diameter kabel tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan luas lingkaran berikut ini :

$$D = \frac{\sqrt{4xL}}{\pi} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

D = Diameter

L = Luas

$\pi$  = 3,14

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

1. Kuat Hantar Arus (KHA)
2. Kondisi suhu/Sifat lingkungan
3. Susut tegangan
4. Kemungkinan perluasan

#### **2.4.4 Kemampuan Hantar Arus (KHA)**

Kuat arus listrik merupakan objek permasalahan dalam perancangan kabel instalasi listrik. Dalam suatu instalasi listrik harus diperhitungkan kemampuan hantar arus (KHA) yang mengalir pada suatu penghantar dimana KHA suatu penghantar tidak boleh kurang dari arus nominal peralatan dimana hal ini akan menentukan berapa besar ukuran kabel yang sesuai dengan instalasi tersebut. [16]. Untuk menentukan Kemampuan 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 :**

$$I_n = \frac{P(\text{watt})}{V \times \text{Cos}\phi} \text{ A} \dots\dots\dots( 2.2)$$

**Untuk tiga fasa :**

$$I_n = \frac{P(\text{watt})}{\sqrt{3} \times V_{L-L} \times \text{Cos}\phi} \text{ A} \dots\dots\dots( 2.3)$$

Seperti yang telah dipersyaratkan dalam PUIL 2011 bagian 2.2.2.2 bahwa setiap konduktor harus mempunyai KHA (Kemampuan 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 :

$$I_{KHA} = (125 \% \times I_n \text{ terbesar}) + I_n \text{ yang lainnya} \dots\dots\dots(2.4)$$

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)

$\text{Cos } \phi$  = 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)

Tabel 2. 3 KHA Terus Menerus dan KHA Pengenal Gawai Proteksi untuk Kabel Instalasi NYA

Jenis Konduktor	Luas penampang nominal Mm <sup>2</sup>	KHA Terus-menerus		KHA pengenal gawai proteksi	
		Pemasangan dalam conduit sesuai 7.13	Pemasangan di udara Sesuai 7.12.1	Pemasangan dalam conduit	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
NYFA	2,5	20	32	16	25
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
NYFAw	25	83	129	63	100
NYFAFw	35	103	158	80	125
NYFAZw					
NYFADw	50	132	198	100	160
	70	165	245	125	200
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

(Sumber: [2])

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

Dari tabel diatas dapat dijelaskan bahwa untuk instalasi NYA di setiap kabel memiliki kemampuan kuat hantar arus yang berbeda. Semakin besar luas penampang kabel maka semakin besar arus yang dapat dihantarkan. Selain itu,

kekuatan hantar arus sebuah kabel dipengaruhi dengan cara pemasangannya. Diantaranya di dalam conduit dan di udara dimana kekuatan hantar arus diudara lebih besar dibandingkan di dalam *conduit*) [2].

Tabel 2. 4 Terus Menerus dan KHA pengenal Gawai Proteksi Untuk Kabel Instalasi NYM

Jenis kabel	Luas Penampang Mm <sup>2</sup>	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
NYPLY <sub>w</sub>			
NYM/NYM-0	25	108	80
NYRAMZ	35	135	100
NYRUZY	50	168	125
NYRUZY <sub>r</sub>			
NHYRUZY	70	207	160
NHYRUZY <sub>r</sub>	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: [2])

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 pada suhu ambien 30° dengan suhu konduktor maksimum 70°.

Dari tabel instalasi kabel NYM diatas dapat dijelaskan bahwa setiap kabel memiliki kemampuan kuat hantar arus yang berbeda. Semakin besar luas

penampang kabel maka semakin besar arus yang dapat dihantarkan. Selain itu, kekuatan hantar arus sebuah kabel dipengaruhi dengan cara pemasangannya. Diantaranya di dalam conduit dan di udara dimana kekuatan hantar arus diudara lebih besar dibandingkan didalam conduit, jika dibandingkan dengan NYA maka kabel NYM memiliki KHA lebih tinggi.

Tabel 2. 5 KHA Terus Menerus dan KHA pengenalan gawai proteksi Untuk Kabel Instalasi NYY

Jenis kabel	Luas penampang Mm <sup>2</sup>	KHA terus-menerus					
		Inti tunggal		2-inti		3-inti dan 4-inti	
1	2	3	4	5	6	7	8
NYY	1,5	40	26	31	20	26	18,5
NYBY	2,5	54	35	41	27	34	25
NYFGbY	4	70	46	54	37	44	34
NYRGbY							
NYCY	6	90	58	68	48	56	43
NYCWY	10	122	79	92	66	75	60
NYSY	16	160	105	121	89	98	80
NYCEY							
NYSEY	25	206	140	153	118	128	106
NYSHY	35	249	174	187	145	157	131
NYKY	50	296	212	222	176	185	159
NYKBY							
NYKFGbY	70	365	269	272	224	228	202
NYKBRGbY	95	438	331	328	271	275	244
	120	499	386	375	314	313	282
	150	561	442	419	361	353	324
	185	637	511	475	412	399	371
	240	743	612	550	484	454	436
	300	843	707	525	590	524	481
	400	986	859	605	710	600	560
	500	1125	1000	-	-	-	-

(Sumber:[2] )

KHA terus-menerus untuk kabel tanah inti tunggal, berkonduktor tembaga, berinsulasi dan berselubung PVC, dipasang pada sistem a.s. dengan voltase

maksimum 1,8 kV, Serta untuk kabel anah 2-inti, 3-inti dan berkonduktor tembaga, berinsulasi dan berselubung PVC yang dipasang pada istem a.b. trifase dengan voltase pengenal 0,6/1 Kv (1,2 Kv), pada suhu ambien 30 derajat.

Dari table instalasi kabel NYY diatas dapat dijelaskan bahwa setiap kabel memiliki kemampuan kuat hantar arus yang berbeda. Semakin besar luas penampang kabel maka semakin besar arus yang dapat dihantarkan. Selain itu, kekuatan hantar arus sebuah kabel dipengaruhi dengan cara pemasanganya. Diantaranya di dalam conduit dan di udara dimana keukuatan hantar arus diudara lebih besar dibandingkan didalam conduit, Jika dibandingkan dengan NYA dan NYM maka kabel NYY memiliki KHA paling tinggi (PUIL 2014).

## **2.5 Gawai Proteksi dan Peralatan Hubung Bagi (PHB)**

Pengaman instalasi atau gawai proteksi berfungsi untuk mengamankan jaringan instalasi listrik dari arus berlebih atau arus hubung singkat yang disebabkan oleh gangguan yang terjadi pada saluran instalasi listrik. Pengaman instalasi yang biasa digunakan pada instalasi rumah tinggal adalah Mini Circuit Breaker (MCB) dan yang digunakan untuk skala industri adalah Moulded Case Circuit Breaker (MCCB). Apabila pengaman instalasi tidak dipasang dalam suatu instalasi listrik maka bila terjadi gangguan hubung singkat, dapat menimbulkan bahaya kebakaran. Oleh karena itu pengaman instalasi sangatlah penting bagi instalasi listrik rumah tinggal [17].

Dalam bagian pengaman listrik ini, instalasi listrik gedung dibagi dalam kelompok atau grup, yang disebut juga dengan istilah Peralatan Hubung Bagi (PHB) atau Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK). Tujuan paling utama adalah faktor keamanan. Apabila ada masalah pada peralatan listrik, misal hubung singkat,

maka tidak semua aliran listrik akan terputus. Dengan begitu akan lebih mudah mencari bagian dari instalasi listrik tersebut yang bermasalah.

Pembagian grup dalam suatu instalasi listrik biasa berdasarkan area, misalnya:

1. Antara bagian depan dan bagian belakang gedung.
2. Antara sayap kiri atau sayap kanan gedung.
3. Untuk gedung dua lantai, dapat dibagi tiap lantai.
4. Antara berbagai macam beban listrik, seperti pompa air, lampu penerangan, stop kontak, AC, dan lain-lain.

Pengaman listrik yang biasa dipakai dalam instalasi listrik gedung adalah pengaman lebur atau sekering dan miniature circuit breaker (MCB). Berikut penjelasan lengkapnya.

### **2.5.1 Pengaman Lebur (Sekering)**

Pengaman lebur (sekering) atau disebut juga fuse adalah komponen pengaman listrik yang sifat kerjanya meleburkan kawat yang dipasang didalam komponen tersebut apabila kawat tersebut dilewati dengan arus hubung singkat tertentu. Jenis kawat berbeda-beda untuk setiap hantar kawat dengan arus nominal tertentu, misalnya 2A, 4A, 6A, dan seterusnya.



Gambar 2. 9 Sekering Kawat Lebur



Gambar 2. 10 Sekering Tombol (otomatis)

Ada dua jenis dari komponen ini, yaitu tipe kawat lebur dan tipe tombol (otomatis). Untuk tipe kawat lebur mempunyai prinsip kerja seperti penjelasan diatas dan untuk menormalkan kembali perlu diganti dengan pengaman lebur yang baru. Sedangkan untuk tipe tombol, bila terjadi masalah hubung singkat maka arus listrik akan terputus dan untuk menormalkan kembali, cukup dengan menekan tombol yang besar pada sekering tersebut, sedangkan tombol kecil berfungsi untuk memutus aliran listrik. Komponen pengaman tipe lebur ini mulai jarang digunakan karena ada kesulitan tersendiri bila putus atau rusak karena terjadi masalah, terlebih lagi bila persediaan sekering baru digedung tidak ada.



### 2.5.2 *Miniature Circuit Breaker (MCB)*

*Miniature Circuit Breaker (MCB)* adalah perangkat elektromagnetik yang membawa bahan isolasi lengkap yang dicetak. Fungsi utama perangkat ini adalah untuk mengganti sirkuit. Ini berarti untuk secara otomatis membuka rangkaian (yang telah terhubung dengannya) ketika arus yang melewati rangkaian melampaui nilai atau batas yang ditetapkan. Perangkat dapat dihidupkan atau dimatikan secara manual sama seperti sakelar normal bila perlu.[18] Prinsip kerja *Miniature Circuit Breaker* membatasi arus lebih menggunakan gerakan bimetal untuk memutuskan rangkaian. Bimetal akan bekerja dari panas yang ditimbulkan oleh energi listrik. Pemutusan termal terjadi pada saat terjadi gangguan arus lebih pada rangkaian secara terus- menerus. *Miniature Circuit Breaker* memiliki sepasang kontak yang dapat dioperasikan dalam jalur arus utama antara terminal line untuk dihubungkan ke suplai daya dan terminal beban untuk dihubungkan ke beban yang disuplai oleh suplai daya.

*Molded Case Circuit Breaker* biasa disingkat MCCB. 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.

*Miniature Circuit Breaker* (MCB) adalah komponen pengaman listrik yang bekerja dengan system *thermal* atau panas, didalam komponen ini terdapat bimetal yang apabila arus listrik yang mengalir melebihi arus nominal dari MCB ini yang disebabkan oleh kelebihan beban atau terjadi hubung singkat, maka bimetal ini secara mekanis akan memutuskan aliran listrik dan menggerakkan tuas ke posisi OFF. Untuk menormalkan kembali, hanya dengan mengembalikan tuas ke posisi ON. Arus nominal yang terdapat pada MCB adalah 2A, 4A, 6A, 10A, 16A, 20A, 25A, 32A, 40A, 50A dan 63A. Nominal MCB ditentukan dari besarnya arus yang dapat dihantarkan. Jenis pengaman ini lebih banyak digunakan di instalasi listrik gedung. Untuk lebih jelasnya bisa liat tabel di bawah ini.

Tabel 2. 6 Arus Nominal pada MCB yang ada di pasaran

	MCB 1Fasa	MCB 3Fasa
Besar Amper	2	2
	4	4
	6	6
	10	10
	16	16
	20	20
	25	25
	32	32
	40	40
	50	50
	63	63
	80	80
	100	100
	125	125



Gambar 2. 11 *Miniature Circuit Breaker* (MCB)

### 2.5.3 Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)

MCCB merupakan perangkat pengaman pada tegangan menengah yang beroperasi secara otomatis terhadap beban lebih dan hubung singkat. Pada jenis tertentu pengaman ini, memiliki kemampuan pemutusan yang dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan. Arus nominal pada rating MCCB harus lebih besar dari arus yang dibutuhkan oleh peralatan yang terhubung.[19]

MCCB memiliki fungsi lebih besar dari MCB (*Miniature Circuit Breaker*) karena spesifikasinya lebih besar. Spesifikasi MCCB biasanya menggunakan 3 phase, karena hanya digunakan sebagai pengaman untuk motor listrik pada dunia industri.

Selain berfungsi sebagai pemutus arus listrik, ternyata MCCB juga memiliki peran penting dalam menjaga komponen kelistrikan lainnya seperti motor listrik agar umurnya lebih bertahan lama dan mencegah terjadinya kebakaran akibat korsleting listrik.



Gambar 2. 12 *Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)*

## 2.6 State of The Art

Tabel 2.7 *State of the art*

Identitas Peneliti	Judul	Permasalahan	Hasil
Nada Fitsa Alfazumi <sup>1</sup> , Wahri Sunanda <sup>1</sup> , Welly Yandi <sup>1</sup> 1Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung	Uji Kelayakan Instalasi Listrik di Universitas Bangka Belitung Berdasarkan PUIL 2011 (Studi di Gedung Fakultas Teknik)	Bagaimana kondisi kelayakan instalasi di gedung fakultas teknik universitas bangka belitung (keamanan Manusia dan harta benda)	Hasil analisis data menunjukkan luas penampang penghantar memenuhi standar kelayakan dengan nilai kurang dari 1,5 mm <sup>2</sup> , tahanan isolasi juga memenuhi standar dengan nilai besar dari 1,0 MΩ, resistansi pembumian yang tidak memenuhi standar kelayakan karena nilainya lebih besar dari 5 Ω, serta pengaman (MCB) yang kondisi fisiknya masih dalam keadaan baik dan layak digunakan [20]
Trio Saputra <sup>1*</sup> , Gatut Budiono <sup>2</sup> , Reza Sarwo Widagdo <sup>3</sup> Program Studi Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya	Studi Kelayakan Instalasi Listrik Gedung Graha UNESA Surabaya Berdasarkan PUIL 2011	Bagaimana kondisi kelayakan instalasi listrik Gedung Graha UNESA Surabaya (Manusia dan harta benda)	Hasil Analisis dari Gedung Graha Unisa Surabaya didapatkan bahwa terdapat ketidaklayakan pada panel SDP AC, LP-3A dan PP- AC-OU 3A dan 3B. 2. Hasil yang didapatkan dari SDP AC dengan beban 601.500 watt, terpasang pengaman sebesar 1000 A, luas penampang 4x240 mm <sup>2</sup> dari

			<p>perhitungan yang seharusnya 1250 A dan luas penampang 4x300 mm<sup>2</sup>. LP-3A dengan beban 33.186 Watt terpasang pengaman sebesar 50 A dari hasil perhitungan seharusnya terpasang 63 A. PP-AC-OU-3A dan 3B dengan beban 258.000 Watt terpasang pengaman sebesar 500 A, luas penampang 4x240 dari hasil perhitungan seharusnya terpasang 630 A dan luas penampang 4x300 mm<sup>2</sup>. Didapatkan perhitungan intensitas pencahayaan pada toilet sebesar 162 lux sedangkan pada gudang sebesar 78 lux, sehingga dari hasil perhitungan bahwa pencahayaan pada toilet dan gudang masih jauh dari standar. [21]</p>
--	--	--	---