

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Instalasi Listrik

Sistem Instalasi Listrik merupakan suatu proses penyaluran daya listrik yang dibangkitkan dari sumber tenaga listrik ke peralatan listrik atau beban yang disesuaikan dengan ketentuan yang telah ditetapkan dalam peraturan dan standar listrik yang ada (Cholish, Andrea I, Abdullah, Haq M.Z, & Siagian S.M, 2020).

Instalasi listrik penerangan ada 2 macam, yaitu instalasi listrik didalam gedung dan instalasi listrik di luar gedung. Instalasi di dalam gedung merupakan suatu instalasi yang berada di dalam gedung termasuk untuk penerangan, teras, dan lain lain sedangkan instalasi di luar gedung merupakan instalasi yang berada diluar gedung termasuk penerangan halaman, taman, jalan penerangan papan nama, dan lain lain.

2.1.1 Prinsip-Prinsip Dasar Instalasi

Prinsip dasar instalasi listrik merupakan aspek penting yang perlu di perhatikan dalam perencanaan dan pemasangan instalasi listrik supaya sistem dapat bekerja secara aman, andal, efektif, dan efisien. Perencanaan instalasi listrik yang baik harus memenuhi standar dan ketentuan yang berlaku tujuannya untuk menjamin keamanan, keandalan, serta efisiensi distribusi energi listrik pada bangunan gedung (Setiyawan, dkk. 2023).

Selain itu, evaluasi instalasi listrik juga diperlukan untuk memastikan seluruh komponen instalasi masih memnuhi strandar keselamatan dan kelayakan operasional (Dongka, Fitriani, & Hidayat, 2022).

Adapun prinsip dasar tersebut, sebagai berikut :

1. Keamanan

Instalasi listrik yang terpasang harus mempertimbangkan faktor keamanan yang sesuai dengan peraturan dan standar yang telah ditetapkan oleh SPLN, PUIL 2020, dan IEC (*International Electrotechnical Commision*).

2. Keandalan

Seluruh peralatan yang digunakan pada instalasi harus dalam kondisi andal dan baik secara mekanik maupun secara kelistrikan.

3. Ketercapaian

Pemasangan peralatan instalasi listrik relatif mudah dijangkau oleh penggunaannya sehingga memudahkan dalam pengoperasian, perawatan dan juga perbaikan serta pemilihan tata letak komponen listrik yang tidak sulit untuk dijangkau.

4. Ketersediaan

Kesiapan suatu instalasi listrik untuk melayani kebutuhan baik berupa daya, pelatan maupun kemungkinan perluasan instalasi. Sehingga Ketika terjadi perluasan tidak mengganggu instalasi yang ada.

5. Keindahan

Dalam pemasangannya perlu disusun dengan rapih dan enak dipandang dengan tidak menyalahi peraturan dan standar yang berlaku.

6. Ekonomis

Biaya yang dikeluarkan dalam pemasangan instalasi listrik perlu diperhitungkan secara teliti dengan mempertimbangkan hal tertentu sehingga

biaya yang dikeluarkan dapat diminimalisir sehemat mungkin tanpa mengesampingkan hal-hal diatas. (Dongka, Fitriani, & Hidayat, 2022).

2.1.2 Kesesuaian Instalasi Listrik

Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), istilah “kesesuaian” berasal dari kata “sesuai” yang berarti tepat, selaras, seimbang. Dengan demikian, kesesuaian mengacu pada keadaan dimana hal-hal seperti pendapat, pemahaman, nada, atau kombinasi warna berada dalam kondisi harmonis dan saling mendukung satu sama lain, sehingga mencerminkan kecocokan (KBBI, <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/sesuai>, akses 6 April 2025). Dengan Demikian, kesesuaian dapat dipahami sebagai kondisi atau standar yang tepat, serasi, dan sesuai dalam konteks tertentu.

Setelah memahami arti kesesuaian, maka kesesuaian instalasi listrik dapat diartikan sebagai kondisi atau ukuran ideal dalam sistem kelistrikan, dimana seluruh komponen telah memenuhi kriteria standar yang telah ditetapkan.

Salah satu standar utama dalam menentukan kesesuaian instalasi listrik adalah Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL). Versi terbaru yang digunakan saat ini adalah PUIL 2020.

2.2 Sistem Instalasi Listrik Gedung

Sistem instalasi gedung merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk menerima, menyalurkan, mengendalikan, dan melindungi energi listrik dari sumber tenaga listrik hingga ke berbagai beban yang digunakan di dalam bangunan secara aman, andal, dan efisien. Dalam penerapannya, sistem instalasi listrik gedung terdiri atas instalasi tenaga dan instalasi penerangan yang saling terintegrasi untuk

mendukung aktivitas pengguna bangunan. Perancangan sistem instalasi harus memperhatikan aspek keselamatan, kontinuitas pelayanan, kemudahan pemeliharaan, serta kesesuaian terhadap standar yang berlaku seperti PUIL 2020 dan SNI (Dwilesmana & Cahyono, 2023; Sugianto & Muis, 2021).

2.2.1 Komponen Sistem Instalasi Listrik

Komponen utama sistem instalasi listrik gedung tersebut meliputi sumber tenaga listrik, alat ukur energi listrik, panel distribusi, penghantar, sistem proteksi, sistem pentanahan, dan berbagai jenis beban listrik. Setiap komponen memiliki fungsi yang berbeda namun saling mendukung dalam menjamin keandalan dan keamanan sistem distribusi listrik. Sumber tenaga listrik berfungsi menyediakan energi listrik, penghantar berfungsi menyalurkan energi listrik, panel distribusi berfungsi membagi energi listrik ke berbagai kelompok beban, sedangkan sistem proteksi dan pentanahan berfungsi melindungi instalasi maupun pengguna dari gangguan listrik. Adapun beban listrik merupakan peralatan yang memanfaatkan energi listrik untuk menunjang operasional gedung seperti penerangan, kotak kontak, pendingin ruangan, dan elevator (Sugianto & Muis, 2021).

2.2.2 Umur Pakai/Standar *Life Time* Komponen Instalasi Listrik

Umur pakai (*life time*) komponen instalasi listrik merupakan jangka waktu suatu komponen dapat beroperasi secara normal sesuai fungsi dan spesifikasi yang ditetapkan sebelum mengalami penurunan kinerja atau memerlukan penggantian. Umur pakai komponen dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kualitas material, kondisi lingkungan, tingkat pembebanan, frekuensi operasi, serta pelaksanaan pemeliharaan. Evaluasi umur pakai komponen penting dilakukan untuk menjaga

keandalan sistem instalasi listrik dan mencegah terjadinya gangguan yang dapat mengganggu kontinuitas pelayanan listrik (Matsuda et al., 2020).

2.2.3 Standar Parameter Komponen Instalasi Listrik

Setiap komponen instalasi listrik memiliki parameter teknis yang digunakan sebagai dasar dalam perencanaan, pemasangan, pengoperasian, dan evaluasi instalasi listrik. Pada sistem tenaga listrik parameter yang diperhatikan meliputi tegangan, arus, daya, faktor daya, frekuensi, dan keseimbangan untuk memastikan kualitas dan kontinuitas penyaluran energi listrik. Pada panel distribusi, parameter yang digunakan meliputi tegangan kerja, arus nominal, kapasitas pembebanan kemampuan menahan arus hubung singkat, dan temperatur operasi panel sesuai ketentuan IEC 61439. Pada penghantar, parameter yang diperhatikan meliputi kemampuan hantar arus, jatuh tegangan, kemampuan menahan arus hubung singkat, dan kekuatan mekanis sebagaimana diatur dalam PUIL 2020. Sementara itu, pada perangkat proteksi seperti MCB dan MCCB, parameter yang digunakan meliputi arus nominal, tegangan kerja, dan kapasitas pemutusan arus gangguan yang mengacu pada IEC 60898-1 dan IEC 60947-2. Adapun pada sistem pentanahan, parameter utama yang digunakan adalah nilai tahanan pentanahan yang menunjukkan efektivitas sistem dalam menyalurkan arus gangguan ke tanah. Pemenuhan parameter-parameter tersebut sangat penting untuk menjamin keamanan, keandalan, dan kontinuitas operasi sistem instalasi listrik.

2.3 Penghantar/Kabel

Penghantar atau kabel listrik merupakan komponen vital yang berfungsi menyalurkan arus listrik dari sumber ke berbagai peralatan listrik. Penghantar ini

membentuk 2 jenis rangkaian utama pada sistem listrik, yaitu rangkaian kendali dan rangkaian catu daya. Kedua rangkaian tersebut dirancang untuk memastikan menjalankan sistem sesuai dengan fungsi kerjanya. Dalam instalasi listrik gedung, pemilihan jenis dan ukuran harus disesuaikan dengan kapasitas beban dan standar PUIL agar sistem distribusi listrik dapat bekerja secara aman dan efisien (Setiyawan, dkk., 2023; Lestari & Oetomo, 2021).

2.3.1 Jenis Penghantar/Kabel

Penghantar listrik merupakan suatu material yang bersifat konduktor atau mampu mengalirkan arus listrik dari satu titik ke titik lainnya. Umumnya penghantar terbuat dari logam seperti tembaga atau aluminium karena sifat konduktivitasnya yang tinggi. Dalam instalasi listrik, pemilihan penghantar harus disesuaikan dengan kebutuhan pembebanan, metode pemasangan, serta standar keselamatan instalasi listrik agar sistem dapat bekerja secara aman dan andal (Setiyawan, dkk. 2023; PUIL 2020). Penghantar dibagi menjadi 2 jenis utama, yaitu kabel berisolasi dan kawat tanpa isolasi.

Kabel berisolasi merupakan penghantar yang memiliki pelindung yang disebut isolasi, yang mencegah arus listrik keluar dari jalurnya dan keseluruhan inti dilengkapi dengan pelindung bersama sehingga dapat melindungi pengguna dari sengatan listrik. Beberapa jenis kabel berisolasi yang umum digunakan pada instalasi gedung antara lain kabel NYA, NYM, NYY yang umumnya menggunakan material tembaga dengan isolasi PVC (Abast, dkk., 2023; PUIL 2020).

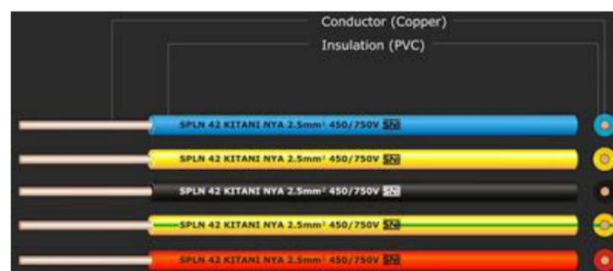
Kawat tanpa isolasi merupakan penghantar yang tidak memiliki lapisan pelindung atau isolasi, sehingga seluruh permukaannya menghantarkan listrik.

Jenis penghantar ini umumnya digunakan pada sistem transmisi maupun distribusi tenaga listrik tertentu yang membutuhkan penyaluran daya dalam kapasitas besar. Contoh dari kawat tanpa isolasi, yaitu Bare Conductor (BC), Aluminium Conductor Steel Reinforced (ACSR), dan sebagainya.

2.3.2 Jenis Penghantar/Kabel yang Biasa Digunakan Pada Instalasi

Dalam instalasi listrik, pemilihan jenis penghantar atau kabel yang sesuai sangat penting untuk memastikan keamanan dan efisiensi sistem. Berikut adalah jenis penghantar atau kabel yang biasa digunakan pada instalasi.

2.3.2.1 Kabel NYA

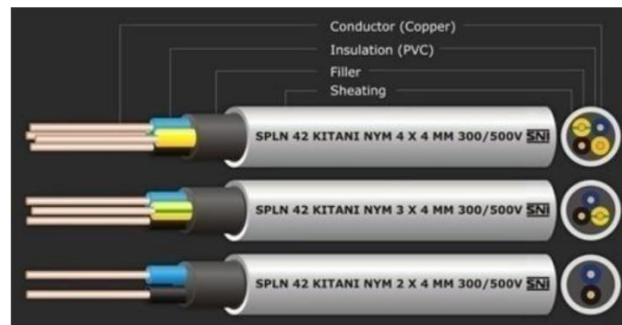


Gambar 2.1 Kabel NYA (PUIL 2011).

Pada Gambar 2.1 merupakan Jenis kabel NYA, penghantar yang terbuat dari tembaga berinti tunggal memiliki bentuk pejal atau satu inti padat dan hanya memiliki 1 lapisan isolasi PVC. Dikarenakan hanya memiliki 1 lapis isolasi, kabel NYA seperti Gambar 2.1 sebaiknya dipasang pipa pelindung atau saluran tertutup untuk menghindari kerusakan mekanis dan gangguan hewan pengerat, seperti tikus.

Selain itu, penggunaan pipa pelindung bertujuan untuk meningkatkan keamanan pengguna terhadap kemungkinan kontak langsung dengan penghantar apabila terjadi kerusakan pada kabel isolasi kabel PUIL 2020; Setiyawan, dkk., 2023).

2.3.2.2 Kabel NYM

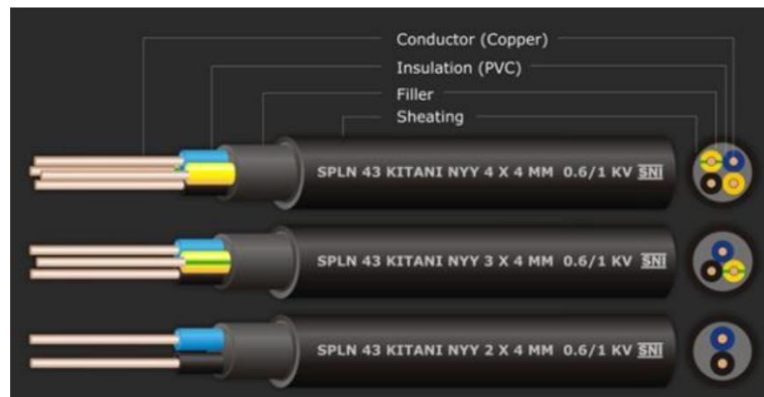


Gambar 2.2 Kabel NYM (PUIL 2011).

Pada Gambar 2.2 merupakan jenis kabel NYM, penghantar yang terbuat dari tembaga dan terdiri dari 2, 3 hingga 4 inti tembaga. Kabel NYM seperti Gambar 2.2 memiliki 2 lapisan isolasi PVC sehingga dalam hal tingkat keamanan lebih baik dari dari kabel NYA. Lapisan isolasi pada inti harus diberi warna loreng kuning-hijau, biru, merah, hitam, atau kuning. Warna loreng kuning-hijau yang diaplikasikan di sepanjang inti kabel digunakan khusus untuk pentanahan atau pembumian atau grounding instalasi listrik, warna biru untuk netral, dan warna merah atau hitam untuk penghantar fasa. Lapisan isolasi luar umumnya diberi warna putih atau putih keabu-abuan (PUIL 2020; Lestari & Oetomo, 2021).

Kabel NYM seperti Gambar 2.2 dirancang untuk instalasi tetap dalam bangunan, cocok untuk lingkungan baik kering maupun lembap. Penggunaan kabel NYM umumnya diaplikasikan pada sistem instalasi gedung seperti instalasi penerangan, kotak kontak, dan distribusi daya tegangan rendah. Namun, kabel NYM ini tidak disarankan untuk ditanam langsung di dalam tanah tanpa perlindungan tambahan, seperti pipa pelindung atau conduit guna mencegah kerusakan mekanis dan keamanan instalasi (Abast, dkk., 2023; Dongka, Fitriani, & Hidayat, 2022).

2.3.2.3 Kabel NYY



Gambar 2.3 Kabel NYY (PUIL 2011).

Pada Gambar 2.3 merupakan jenis kabel NYY, penghantar yang terbuat dari tembaga dan terdiri dari 2, 3 hingga 4 inti tembaga. Kabel NYY seperti Gambar 2.3 ini memiliki 2 lapisan isolasi yang berbahan PVC, dimana masing-masing inti berisolasi PVC serta selubung luarnya juga berisolasi PVC berwarna hitam yang lebih tebal dibandingkan kabel NYM. Ketebalan selubung luar Kabel NYY seperti Gambar 2.3 memberikan tingkat perlindungan yang lebih baik terhadap kelembapan, pengaruh cuaca, serta gangguan mekanis ringan sehingga Kabel NYY ini cocok digunakan untuk instalasi listrik tetap baik di dalam bangunan maupun ditanam di dalam tanah atau diluar ruangan (PUIL 2020; Lestari & Oetomo, 2021).

Namun dalam pemasangan tanam didalam tanah atau diluar ruangan kabel ini perlu diberikan perlindungan terhadap kemungkinan terjadinya kerusakan mekanis. Perlindungan yang dimaksudkan dapat berupa pipa atau pasir dan di bagian atas di beri batu.

2.3.3 Pemilihan Luas Penampang

Pemilihan luas penampang kabel listrik sangatlah penting dalam perencanaan instalasi listrik untuk memastikan kabel mampu mengalirkan arus listrik sesuai kebutuhan tanpa resiko *overheating*.

Luas penampang penghantar berpengaruh terhadap kemampuan hantar arus (KHA), rugi-rugi daya, serta kenaikan temperature penghantar saat dialiri listrik. Semakin kecil luas penampang penghantar, maka nilai tahanan penghantar akan semakin besar sehingga meningkatkan Risiko panas berlebih pada kabel (Firnanda, dkk., 2023; Sugianto, dkk., 2022). Rumus yang digunakan untuk menghitung luas penampang kabel, terutama yang berbentuk lingkaran adalah:

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2 \quad 2.1$$

Dimana:

A = Luas Penampang (mm^2)

D = Diameter konduktor (mm)

$\pi = 3,14$

Pemilihan luas penampang kabel listrik juga harus ditetapkan berdasarkan arus listrik yang mengalir melalui penghantar tersebut. Perhitungan arus beban diperlukan untuk menentukan kesesuaian penghantar dan rating pengaman terhadap kebutuhan daya listrik pada instalasi gedung (Sugianto, dkk., 2022).

Perhitungan arus beban pada penelitian ini dilakukan terhadap panel distribusi dan sirkit cabang. Pada panel distribusi, daya yang digunakan merupakan total daya yang terhubung pada panel, sedangkan pada sirkit cabang, daya yang digunakan merupakan daya beban yang dilayani oleh masing-masing sirkit

berdasarkan jumlah titik beban yang diproteksi oleh satu MCB sesuai kondisi eksisting instalasi. Arus nominal beban yang mengalir melalui suatu penghantar dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

1.1 Arus Searah:

$$I_b = \frac{P}{V} \quad 2.2$$

2.1 Arus Bolak-balik 1 Fasa:

$$I_b = \frac{P}{(V \times \cos\phi)} \quad 2.3$$

3.1 Arus Bolak-balik 3 Fasa:

$$I_b = \frac{P}{(\sqrt{3} \times V \times \cos\phi)} \quad 2.4$$

Dimana:

I_b = Arus nominal beban penuh (Ampere)

P = Daya Aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

$\cos\phi$ = Faktor Daya

Perhitungan arus nominal pada rumus 2.2, 2.3, & 2.4 tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan luas penampang penghantar dan pemilihan sistem proteksi seperti MCB/MCCB agar penghantar mampu bekerja sesuai kemampuan hantar arus yang diizinkan berdasarkan standar instalasi listrik yang berlaku.

2.3.4 Kemampuan Hantar Arus (KHA)

Kemampuan Hantar Arus (KHA) merupakan kemampuan maksimum suatu penghantar dalam mengalirkan arus listrik secara terus menerus tanpa menyebabkan suhu penghantar melebihi batas temperatur yang diizinkan. Nilai KHA sangat dipengaruhi oleh luas penampang penghantar, jenis isolasi kabel, metode pemasangan, serta kondisi lingkungan sekitar penghantar. Pemilihan penghantar dengan nilai KHA yang sesuai sangat penting dalam instalasi listrik untuk mencegah terjadinya panas berlebih (*overheating*), kerusakan isolasi kabel, maupun Risiko kebakaran akibat arus berlebih (Firnanda, dkk., 2023).

Selain pemilihan penghantar, penggunaan dari Miniature Circuit Breaker (MCB) yang sesuai dengan kapasitas penghantar diperlukan untuk proteksi lebih lanjut. Apabila rating arus MCB yang digunakan lebih besar dari nilai KHA penghantar, maka penghantar berpotensi mengalami overheating dan terbakar sebelum MCB bekerja memutus arus gangguan. Kondisi tersebut dapat menyebabkan kerusakan penghantar dan meningkatkan risiko gangguan instalasi listrik. Oleh karena itu, kesesuaian antara penghantar dan sistem proteksi menjadi salah satu aspek penting dalam perencanaan instalasi listrik gedung (Sugianto, dkk., 2022).

KHA dapat dihitung dengan mempertimbangkan arus beban penuh (I) dan faktor keamanan. Rumus yang digunakan adalah:

$$KHA = 1,25 \times I_b \quad 2.5$$

Dimana :

$$KHA = \text{Kuat Hantar Arus (Ampere)}$$

1,25 = Faktor keamanan 125% untuk mengantisipasi lonjakan arus atau penambahan beban

I_b = Arus beban penuh (Ampere)

Tabel 2.1 adalah tabel KHA yang digunakan untuk menentukan pemilihan luas penampang.

2.3.5 Pemilihan Penghantar dan Sistem Proteksi

Dalam suatu instalasi listrik, pemilihan penghantar dan sistem proteksi harus dilakukan secara terkoordinasi agar penghantar terlindungi dari arus lebih serta sistem instalasi dapat beroperasi dengan aman. Oleh karena itu, pemilihan penghantar tidak dapat dipisahkan dari pemilihan sistem proteksi yang digunakan (Firnanda, dkk., 2023). Menurut PUIL 2020, pada sirkit motor arus pengenal GPAL dipilih sekurang-kurangnya sebesar 110% - 115% arus pengenal motor. Selain itu, berdasarkan tabel pemilihan gawai proteksi pada PUIL 2020, arus nominal gawai proteksi dipilih lebih kecil daripada kemampuan hantar arus penghantar (KHA) agar penghantar tetap terlindungi terhadap arus lebih. Berdasarkan ketentuan tersebut, serta mempertimbangkan bahwa rating gawai proteksi yang tersedia merupakan rating standar sehingga dalam praktik pemilihannya berada di atas arus beban dan di bawah kemampuan hantar arus penghantar, maka pada penelitian ini koordinasi antara arus beban, arus nominal pengaman, dan kemampuan hantar arus penghantar dinyatakan dengan hubungan sebagai berikut:

$$I_b < I_n < I_z$$

Dimana :

I_b = Arus beban

I_n = Arus nominal penganan

$$I_z = \text{Kemampuan hantar arus penghantar}$$

Hubungan tersebut menunjukkan bahwa arus nominal pengaman harus lebih besar atau sama dengan arus beban, namun tidak boleh melebihi kemampuan hantar arus penghantar. Dengan demikian apabila terjadi arus lebih, sistem proteksi akan bekerja terlebih dahulu sebelum penghantar mengalami pemanasan berlebih yang dapat merusak isolasi kabel (Sugianto, dkk., 2022).

Tabel 2. 1 KHA terus menerus yang diperbolehkan untuk kabel instalasi berinsulasi dan berselubung PVC, serta fleksibel dengan voltase pengenalan 230/400 (300) volt pada suhu ambien 30°C, dengan suhu konduktor maksimum 70°C.

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

Tabel 2.2 KHA terus menerus untuk kabel tanah inti tunggal, berkonduktor tembaga, berinsulasi dan berselubung PVC, dipasang pada sistem a.s. dengan voltase kerja maksimum 1,8kV; 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 0,6/1kV (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	3	4	5	6	7	8
NYY NYBY NYFGbY NYRGbY NYCY NYCWY NYSY NYCEY NYSEY NYHSY NYKY NYKBY NYKFGBY NYKRGbY	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
	10	122	79	92	66	75	60
	16	160	105	121	89	98	80
	25	206	140	153	118	128	106
	35	249	174	187	145	157	131
	50	296	212	222	176	185	159
	70	365	269	272	224	228	202
	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	464	436
	300	843	707	525	590	524	481
	400	986	859	605	710	600	560
	500	1125	1000	-	-	-	-

2.4 Pengaman Instalasi dan Peralatan Hubung Bagi (PHB)

Pengaman instalasi dan peralatan hubung bagi (PHB) merupakan komponen penting dalam sistem instalasi listrik untuk mendistribusikan, mengendalikan, dan melindungi sistem tenaga listrik dari berbagai gangguan yang dapat membahayakan peralatan maupun pengguna instalasi listrik. Dalam bangunan, PHB berperan sebagai pusat distribusi tenaga listrik yang menerima energi listrik dari sumber kemudian menyalurkannya ke berbagai kelompok beban melalui penghantar dan perangkat proteksi yang sesuai (Dongka, Fitriani, & Hidayat, 2022).

Pengaman instalasi merupakan alat yang dirancang untuk melindungi sistem instalasi dari arus listrik yang melebihi kapasitasnya. Pengaman instalasi memiliki fungsi utama, yaitu melindungi instalasi dengan cara otomatis memutuskan aliran listrik saat terjadi gangguan seperti hubung singkat atau kelebihan beban pada peralatan listrik, sehingga mencegah potensi kerusakan bahaya lebih lanjut. Penggunaan sistem proteksi yang sesuai dengan karakteristik beban dan kemampuan hantar arus penghantar sangat penting untuk menjaga keamanan dan keandalan instalasi listrik (Riyadi & bachtiar, 2021).

Peralatan Hubung Bagi (PHB) merupakan perangkat yang berfungsi untuk menerima energi listrik dari sumber dan mendistribusikannya ke berbagai sirkuit atau beban, serta menyediakan sarana pengamanan dan pengendalian pada instalasi listrik. Dalam instalasi gedung, PHB umumnya terdiri dari panel distribusi yang dilengkapi dengan perangkat proteksi seperti MCB, MCCB, kontaktor, maupun peralatan pengukuran listrik. Oleh karena itu, pemilihan dan pemasangan PHB harus dilakukan sesuai standar instalasi listrik yang berlaku agar distribusi daya listrik dapat berlangsung secara aman, andal, dan mudah dalam pengoperasian maupun pemeliharaan (Al Zakina, dkk., 2020).

Berikut merupakan jenis-jenis pengaman yang umum digunakan dalam instalasi listrik suatu bangunan.

2.4.1 Pengaman Lebur (Sekering)



Gambar 2.4 Sekering kawat lebur dan sekering tombol

Pengaman lebur (sekering) atau *fuse* seperti pada Gambar 2.4 merupakan pengaman dalam sistem instalasi listrik yang dirancang untuk melindungi rangkaian dari arus berlebih atau hubungan arus pendek (Lukasiak et al., 2023). Sekering seperti pada gambar 2.4 bekerja berdasarkan prinsip pemanasan akibat aliran arus listrik (*efek Joule*), dimana elemen logam penghantar di dalam sekering akan meleleh ketika arus yang mengalir melebihi nilai nominal yang telah ditentukan. Pelelehan elemen tersebut menyebabkan rangkaian listrik terputus sehingga dapat mencegah kerusakan peralatan listrik maupun risiko kebakaran akibat arus berlebih (Bula et al., 2022).

Komponen dari sekering atau *fuse* terdiri dari kawat tipis yang akan meleleh dan memutus aliran listrik saat arus yang mengalir melebihi kapasitas yang ditentukan, sehingga mencegah kerusakan pada peralatan lain dalam rangkaian tersebut. Setiap jenis kawat memiliki ukuran yang disesuaikan dengan kapasitas arus nominal tertentu, seperti 2A, 4A, 6A, dan seterusnya (Lukasiak et al., 2023).

Terdapat 2 jenis tipe pada sekering, yaitu tipe kawat lebur dan tipe tombol (otomatis). Tipe kawat lebur memiliki cara kerja yang sama seperti penjelasan

sebelumnya namun setelah sekering ini berfungsi diperlukan pergantian dengan unit baru untuk mengembalikan sistem ke kondisi normal. Tipe tombol (otomatis) memiliki cara kerja jika terjadi hubung singkat, maka arus listrik yang terhubung akan terputus dan untuk kembali ke kondisi normal hanya perlu menekan tombol yang besar pada sekering tersebut. Tombol kecil pada sekering tombol (otomatis) berfungsi untuk memutus aliran listrik.

2.4.2 *Miniature Circuit Breaker (MCB)*



Gambar 2.5 Bentuk MCB 1 fasa dan 3 fasa

Miniature Circuit Breaker (MCB) pada Gambar 2.5 merupakan perangkat pengaman listrik yang berfungsi untuk memutus aliran listrik secara otomatis ketika terjadi arus berlebih akibat beban berlebih dan hubung singkat, sehingga dapat melindungi penghantar, peralatan listrik,, dan pengguna dari kerusakan akibat gangguan listrik (Mallah et al., 2022). Selain berfungsi sebagai pengaman terhadap arus lebih dan hubung singkat, MCB juga berfungsi sebagai alat pemutus dan penyambung rangkaian (*switching*), alat isolasi rangkaian, serta dalam penerapannya pada instalasi pelanggan dapat berfungsi sebagai pembatas daya, yaitu membatasi arus sesuai rating MCB sehingga daya yang digunakan tidak melebihi kapasitas yang telah ditentukan. MCB bekerja menggunakan mekanisme

thermal trip berupa bimetal yang akan mengalami deformasi akibat peningkatan temperatur ketika arus yang mengalir melebihi nilai nominalnya. Perubahan bentuk bimetal tersebut akan menggerakkan mekanisme pemutus sehingga kontak listrik terbuka dan rangkaian terputus, serta tuas bergerak ke posisi OFF, untuk mengembalikan aliran listrik cukup dengan menggeser tuas kembali ke posisi ON (Su et al., 2024).

Miniature Circuit Breaker (MCB) seperti pada Gambar 2.5 tersedia dalam berbagai kapasitas arus nominal. Tabel 2.3 merupakan daftar arus nominal pada MCB 1 fasa dan 3 fasa yang ada di pasaran.

Tabel 2.3 Arus nominal pada MCB 1 Fasa dan 3 Fasa yang ada di pasaran

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

Kapasitas yang ditunjukkan pada Tabel 2.3 ini menunjukkan besarnya arus maksimum yang dialirkan oleh MCB tersebut.

2.4.3 Molded Case Circuit Breaker (MCCB)



Gambar 2.6 *Molded Case Circuit Breaker (MCCB)*

Molded Case Circuit Breaker (MCCB) seperti pada Gambar 2.6 merupakan perangkat yang berfungsi ganda sebagai pengaman dan penghubung dalam instalasi listrik. Sebagai pengaman, MCCB seperti Gambar 2.6 berfungsi melindungi sistem dari gangguan seperti arus hubung singkat dan beban lebih (Lee et al., 2020). Selain berfungsi sebagai pengaman, MCCB juga dapat digunakan sebagai perangkat pemutus dan penyambung rangkaian listrik secara manual atau otomatis sesuai kebutuhan sistem (Wang et al., 2023).

Molded Case Circuit Breaker (MCCB) seperti Gambar 2.6 memiliki kapasitas hantar arus yang lebih tinggi dibandingkan MCB. Selain itu MCCB dapat diaplikasikan pada berbagai tingkat tegangan listrik, mulai dari tegangan rendah (*Low Voltage*) hingga tegangan menengah (*Medium Voltage*) (Perea-Mena et al., 2022).

2.5 Sistem Pentanahan (*Grounding System*)

Sistem pentanahan atau *Grounding system* merupakan salah satu komponen penting dalam instalasi listrik yang berfungsi sebagai sarana pengaman. Sistem ini bekerja dengan cara menyalurkan arus gangguan atau arus berlebih dari peralatan listrik ke dalam tanah. Dengan adanya sistem pentanahan yang baik, potensi bahaya seperti sengatan listrik dapat diminimalkan sehingga keselamatan manusia lebih terjamin, sekaligus melindungi bangunan dan peralatan listrik dari kerusakan akibat gangguan listrik (Herawati, Pakpahan, Rodiah, & Anggraini, 2024).

Pada bangunan atau gedung, sistem pentanahan yang baik diperlukan untuk mengurangi risiko gangguan maupun bahaya akibat sambaran petir, terutama pada saat curah hujan tinggi. Oleh karena itu, nilai tahanan pentanahan yang disarankan untuk sistem proteksi bangunan adalah $< 5 \Omega$. Sementara itu, untuk perlindungan peralatan elektronik dibutuhkan nilai tahanan pentanahan yang lebih kecil, yaitu $< 3 \Omega$. Adapun pada perangkat komputer yang lebih sensitif terhadap gangguan listrik, nilai tahanan pentanahan yang direkomendasikan adalah $< 1 \Omega$ agar sistem dapat bekerja dengan aman dan stabil (Basrah Pulungan, Desy Piliya Reza, Ta'ali, & Hambali, 2021).

2.6 Jurnal Terkait

Penelitian terdahulu atau jurnal terkait yang memiliki kertekaitan dengan penelitian ini di sajikan pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Jurnal Terkait

No	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Pembahasan Jurnal
1.	Analisis Pemilihan Penghantar Tenaga Listrik Paling Efisien Pada Gedung Bertingkat	Adrianna Eka Puji Lestari, Poedji Oetomo, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional, (2021)	Penelitian ini membahas mengenai efisiensi penggunaan media penghantar listrik pada instalasi gedung bertingkat 27 lantai dengan tujuan untuk menentukan jenis penghantar yang paling efisien dalam hal rugi daya dan efisiensi energi.
2.	Perencanaan Sistem Kelistrikan Gedung C Universitas Kristen Indonesia	Parorrongan, I., Lepong, N., Songli, Y., Lobo, E. T. S., & Seno, T. T. (2025)	Penelitian ini membahas perencanaan sistem kelistrikan Gedung C Universitas Kristen Indonesia Paulus dengan tujuan merancang instalasi listrik yang aman dan efisien, dan sesuai standar PUIL serta SNI.
3.	Perancangan Instalasi Listrik Sistem Pemilihan Kabel dan Pemutus	Lazuardi Bagas Megantara, Karnoto, Tejo Sukmadi, Departemen Teknik Elektro,	Penelitian ini membahas mengenai perancangan instalasi listrik pada rumah pompa di Bandara Ahmad Yani untuk memastikan kinerja optimal motor pompa. Fokus utama dari penelitian ini adalah pemilihan kabel dan pemutus

No	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Pembahasan Jurnal
	Pada Rumah Pompa Bandara Ahmad Yani Semarang Menggunakan <i>Software</i> ETAP 12.6	Universitas Diponegoro, (2018)	yang sesuai menggunakan <i>Software</i> ETAP 12.6 dan kesesuaian dengan standar PUIL 2000.
4.	Perencanaan Sistem Instalasi Listrik Gedung Wingtar Akademi Angkatan Udara Yogyakarta	Riyan Setiyawan, Makmur Heri Santoso, Ima Rochimawati, Yuiarman Saragih, Sekolah Tinggi Teknologi Bina Tunggal Bekasi, Universitas Singaperbangsa Karawang, (2023)	Penelitian ini membahas mengenai perancangan sistem instalasi listrik di Gedung Wingtar Akademi Angkatan Udara Yogyakarta dengan fokus pada pemilihan jenis & ukuran kabel, serta perangkat pengaman yang sesuai dengan kapasitas beban dan standar PUIL 2011 untuk mendukung operasional pada gedung tersebut.
5.	Instalasi Gedung Bertingkat	Sugianto, Abdul Muis, Program Studi Teknik Elektro, ISTN, (2021)	Penelitian ini membahas perancangan sistem instalasi listrik pada gedung bertingkat dengan fokus utama pada penentuan rekapitulasi daya, penentuan luas penghantar kabel, penentuan rating arus pengaman, dan kebutuhan dari kapasitas trafo dan genset gedung. Komponen yang digunakan juga mengacu pada PUIL 2000 dan Undang-undang tahun 2002.

No	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Pembahasan Jurnal
6.	Analisa Sistem Instalasi Listrik Dan Pembagian Daya Di P.T Kereta Api Indonesia Persero (Studi Kasus Stasiun Tebing Tinggi)	Cholish, Ilham Andrea, Abdullah, Moh. Zainul Haq, Sinta Marito Siagian, RELE (Rekayasa Elektrikal & Energi) : Jurnal Teknik Elektro, (2020)	Penelitian ini membahas tentang sistem instalasi listrik di PT. KAI Stasiun Tebing tinggi yang bertujuan untuk menganalisis sistem instalasi listrik dan pembagian daya dengan fokus pada evaluasi pencahayaan diberbagai sumber ruangan sesuai SNI 16-7062-2004, perhitungan konsumsi energi listrik berdasarkan kebutuhan masing-masing ruangan, dan peniliana efisiensi sistem distribusi daya yang ada.
7.	Evaluasi Instalasi Listrik Gedung Perkantoran dengan Metode Standarisasi Puil 2011	Rahmat Hidayat Dongka, Fitriani, M. Akmal Hidayat, Akademi Teknologi Industri Dewantara Palopo, (2022)	Penelitian ini membahas mengenai evaluasi terhadap instalasi listrik pada Gedung Perkantoran Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Sorong berdasarkan standar PUIL 2011 yang bertujuan untuk menilai kelayakan instalasi listrik gedung berdasarkan PUIL 2011, menentukan kebutuhan daya listrik yang sesuai operasional gedung, dan mengevaluasi sistem pembumian sebagai bagian dari keandalan dan keamanan instalasi listrik.
8.	Studi Kelayakan Instalasi Listrik Gedung Graha UNESA Surabaya	Trio Saputra, Gatut Budiono, Reza Sarwo Widagdo, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, (2023)	Penelitian ini membahas mengenai instalasi listrik Gedung Graha UNESA Surabaya yang merupakan gedung baru memerlukan evaluasi instalasi listrik berdasarkan PUIL 2011 untuk memastikan kesesuaian dengan standar keselamatan dan teknis yang berlaku. Tujuan dari penelitian ini menilai kelayakan instalasi listrik gedung berdasarkan PUIL 2011, mengevaluasi

No	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Pembahasan Jurnal
	Berdasarkan PUIL 2011		rating MCB dan panampang kabel yang terpasang, serta mengukur intensitas pencahayaan di beberapa ruangan dan membandingkannya dengan standar yang ditetapkan.
9.	Perancangan Sistem Instalasi Listrik di Gedung Christian Center Kota Manado	Fernanda Chelsea Kakomole, Hans Tumaliang, Sartje Silimang, Universitas Sam Ratulangi Manado, (2023)	Penelitian ini membahas mengenai perancangan instalasi listrik di Gedung Christian Center Kota Manado sesuai dengan standar PUIL 2011 dan SNI dengan tujuan perancangan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik gedung secara optimal, menjamin keselamatan pengguna melalui instalasi yang sesuai standar, dan mewujudkan sistem distribusi listrik yang hemat energi dan biaya.
10.	Perancangan Instalasi Tenaga Listrik di Bengkel Universitas Negeri Manado	Jacki Pattinasarany, Ridwan, Billy Kilis, dan Jocke Rapar, Universitas Negeri Manado, (2022)	Penelitian ini membahas perancangan ulang instalasi listrik bengkel Universitas Negeri Manado agar sesuai dengan standar PUIL 2011 dan SNI. Tujuan lainnya dari penelitian ini adalah menghitung kebutuhan daya listrik berdasarkan peralatan yang digunakan dan meningkatkan keamanan dan efisiensi distribusi daya listrik di bengkel.
11.	The Effect of Nonlinear Loads on The Underground Distribution Cables: a Case Study	Elsharkawy, T. M. Z., Osman, G. F. A., & Salem, W. A. A. (2022).	Penelitian ini membahas pengaruh beban nonlinier terhadap temperatur kabel distribusi bawah tanah dengan tujuan menganalisis dampak harmonisa terhadap kenaikan suhu kabel pada berbagai metode pemasangan.

No	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Pembahasan Jurnal
12.	Design of an Electrical Installation of a Storey Building	Najeem O. Adelakun Banji A. Olanipekun Samuel O. Asogba, International Journal of Engineering Technology Research & Management, (2020)	Penelitian ini membahas tentang instalasi listrik yang efisien dan sesuai standar dengan cara menganalisis dan merancang instalasi listrik pada bangunan bertingkat menggunakan metode lumen untuk menghitung pencahayaan. Tujuannya Menyediakan pendekatan yang sesuai untuk desain layanan listrik berdasarkan ketentuan dari <i>Institution of Electrical Engineers</i> (IEE) Regulations, Menghasilkan desain yang mencakup pencahayaan, daya, dan skematik papan distribusi, dan Mengilustrasikan hasil analisis dan desain menggunakan aplikasi AutoCAD.
13.	Protecting Residential Electrical Panels and Service Through Model Predictive Control: A Field Study	Pergantis, E. N., Premera, L. D. R., Lee, A. H., Priyadarshana, Liu, H., Groll, E. A., Ziviani, D., & Kircher, K. J. (2025).	Penelitian ini membahas perlindungan panel listrik rumah tinggal menggunakan metode Model Predictive Control (MPC) dengan tujuan menjaga arus beban tetap berada dalam batas aman kapasitas panel.
14.	Hasanuddin University Training Center and	Andi Muh Iqbal Firaldi, Ansar Suyuti, Fitriyanti	Penelitian ini membahas mengenai Training Center dan Convence Hotel Universitas Hasanudin yang perlu perencanaan instalasi listrik yang memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Peraturan Umum Instalasi

No	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Pembahasan Jurnal
	Convention Hotel Electrical Installation Study	Mayasari, Jurnal EKSITASI, (2023)	Listrik (PUIL) 2011 tujuannya untuk mengevaluasi sistem instalasi listrik gedung dengan fokus utama, yaitu perhitungan kebutuhan pencahayaan (illuminasi) untuk setiap ruangan menggunakan metode lumen, penentuan jenis dan ukuran konduktor berdasarkan Kemampuan Hantar Arus (KHA), dan evaluasi sistem proteksi, kontrol, dan pentanahan agar sesuai dengan standar keselamatan.
15.	A Probabilistic Conductor Size Selection Framework for Active Distribution Networks	Waswa, L., Chihota, M. J., & Bekker, B. (2021)	Penelitian ini membahas pemilihan penghantar pada jaringan distribusi aktif dengan tujuan menentukan ukuran konduktor yang mampu memenuhi batas pembebanan dan kualitas tegangan pada sistem yang terintegrasi sumber energi terbarukan.
16.	An Instructive Flow Chart for Optimising the Electrical Cable Sizing Design Procedure	Al-Mahdawi, E. (2020)	Penelitian ini membahas optimasi prosedur penentuan ukuran kabel listrik dengan tujuan memperoleh desain instalasi yang aman, andal, dan sesuai dengan kebutuhan beban.

No	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Pembahasan Jurnal
17.	Moderinization of Electrical Installations for Lighting and Power In The Electroenergetics Laboratory of The University of Petrosani	FLORIN MUREȘAN-GRECU, FLORIN GABRIEL POPESCU, MARIUS DANIEL MARCU, DRAGOS PASCULESCU, MIRCEA RISTEIU5, TEODORA LAZAR, Annals of the University of Petrosani, Electrical Engineering, (2024)	Penelitian ini membahas mengenai perlunya pembaruan instalasi listrik pencahayaan dan daya di Laboratorium Elektroenergetika ("Laboratorium L1") Gedung A Universitas Petroșani untuk memenuhi standar keselamatan dan efisiensi energi terkini dengan cara merancang dan mengimplementasikan instalasi listrik interior untuk pencahayaan dan soket listrik yang sesuai dengan peraturan dan standar saat ini, menyusun proyek teknis yang mencakup situasi desain dan perhitungan untuk menentukan parameter instalasi, meningkatkan efisiensi energi dan keselamatan di laboratorium melalui penggunaan teknologi dan peralatan modern.
18.	Feasibility Study and Design of Smart Low Energy Building Electrical Installations (Case Study: Isfahan	M. Parhamfar, S. Shojaeian, Z. Bandegani, Energy Systems Research, (2023)	Penelitian ini membahas mengenai bangunan, merupakan konsumen energi utama dan sumber emisi CO ₂ yang signifikan, menyumbang sekitar sepertiga dari konsumsi energi global sehingga optimasi konsumsi energi dan penerapan teknologi energi terbarukan dalam sektor konstruksi memiliki potensi besar untuk mengurangi konsumsi energi dan emisi karbon. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi kelayakan teknis dan perancangan instalasi listrik pada proyek gedung fakultas virtual Universitas Isfahan, sesuai dengan standar dan

No	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Pembahasan Jurnal
	University, Virtual Faculty Building)		pedoman bangunan berenergi rendah di Iran, khususnya Bab 19 dari Peraturan Bangunan Nasional Iran.
19.	Effective Cable Sizing Model for Building Electrical Services	Nair, M. P., & Nithiyananthan, K. (2016)	Penelitian ini membahas pengembangan model penentuan ukuran kabel listrik pada bangunan dengan tujuan menghasilkan metode pemilihan kabel yang efektif, aman, dan sesuai standar internasional. Penelitian ini mempertimbangkan faktor kemampuan hantar arus, jatuh tegangan, temperatur operasi, serta kondisi instalasi dalam proses penentuan ukuran kabel.
20.	Optimal Selection of Conductors in Distribution System Designs Using Multi-Criteria Decision	Ponce, D., Aguila Téllez, A., & Krishnan, N. (2023).	Penelitian ini membahas pemilihan ukuran dan jenis penghantar yang optimal pada sistem distribusi tenaga listrik menggunakan metode <i>Multi-Criteria Decision Making</i> (MCDM) berbasis CRITIC. Penelitian ini bertujuan adalah menentukan konfigurasi penghantar yang memberikan keseimbangan terbaik antara biaya investasi, rugi-rugi daya, profil tegangan, dan keandalan sistem distribusi.