

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Tenaga Listrik

Kumpulan dari komponen-komponen atau alat-alat listrik seperti *transformator*, generator, saluran distribusi, saluran transmisi, dan beban, yang dihubungkan dan membentuk suatu sistem dan menyalurkan energi listrik secara kontinu dari pusat pembangkit menuju konsumen disebut sistem tenaga listrik. Generator sinkron mengubah energi gerak secara mekanis yang ditimbulkan pada poros turbin menjadi energi listrik tiga fasa, melalui *transformator step-up*, kemudian energi listrik ini dikirim melalui saluran transmisi tegangan tinggi menuju pusat-pusat beban (Distribusi & Syahputra, 1995). Suplai tenaga listrik yang stabil dan terus-menerus adalah syarat penting yang harus dipenuhi dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik. Maka dari itu, terjadi pembagian beban yang pada awalnya merata, tetapi karena waktu penyalaan beban-beban tersebut tidak serempak maka menimbulkan ketidakseimbangan beban yang berakibat pada penyuplaian tenaga listrik (Mulyadi, 2013).

2.2. Teori Daya

A. Nilai Maksimum, Nilai Efektif

I. Nilai Maksimum

Merupakan nilai maksimum yang terdapat pada arus bolak-balik sebagai nilai puncak (*peak to peak*). Nilai tegangan ditulis sebagai :

$$V_{MAX} = V_M \dots\dots\dots (2.1)$$

Dan arus ditulis sebagai:

$$I_{MAX} = I_M \dots\dots\dots (2.2)$$

II. Nilai Efektif (Nilai *rms* / *root mean square*)

Merupakan nilai tegangan/arus bolak-balik yang dapat menghasilkan energi yang setara dengan yang dihasilkan oleh tegangan/arus searah.

Tegangan efektif atau V_{rms} dapat ditulis sebagai :

$$V_{eff} = \frac{V_M}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Arus efektif atau I_{rms} dapat dituliskan sebagai:

$$I_{eff} = \frac{I_M}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (2.4)$$

B. Daya Aktif, Daya Reaktif, dan Daya Semu

I. Daya Aktif

Merupakan daya yang diserap oleh komponen pasif resistor dan sering disebut juga dengan daya nyata. Simbol daya ini adalah P dengan satuan Watt yang dapat dirumuskan ke dalam persamaan :

$$P = V_{eff} \times I_{eff} \cos\theta \dots\dots\dots (2.5)$$

II. Daya Reaktif

Merupakan *Power Losses* atau rugi-rugi daya akibat penyerapan daya oleh komponen pasif selain resistor. Dengan memperkecil faktor daya, munculnya daya ini dapat diminimalisir. Simbol daya ini adalah Q dengan satuan *VAR (Volt Ampere Reaktif)* yang dapat dirumuskan ke dalam :

$$Q = V_{eff} \times I_{eff} \sin\theta \dots\dots\dots (2.6)$$

III. Daya Semu

Merupakan daya hasil resultan dari daya rata-rata dan daya reaktif. Simbol daya ini adalah S dengan satuan VA (*Volt Ampere*) yang secara sistematis dapat dituliskan sebagai:

$$S = V_{eff} \times I_{eff} \dots \dots \dots (2.7)$$

(Wibisono et al., 2021)

2.3. Perancangan Instalasi Listrik

Saluran listrik beserta peralatan yang terpasang di dalam maupun di luar bangunan untuk mentransfer arus listrik disebut instalasi listrik. Perancangan instalasi listrik sendiri harus memenuhi syarat yang memenuhi ketentuan PUIL 2011, karena PUIL 2011 merupakan standar wajib sesuai dengan yang tertuang di Standar Nasional Indonesia 0225:2011/Amd1:2013 mengenai Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011) Amandemen 1. Karena PUIL 2011 sendiri memuat ketentuan-ketentuan pemasangan instalasi listrik serta pemilihan peralatan dan perlengkapan instalasi listrik tegangan rendah, juga diperkenalkan penggunaan peralatan dan perlengkapan instalasi dengan teknologi yang lebih maju yang bertujuan meningkatkan keamanan instalasi. Menentukan peralatan untuk pengaman listrik harus memperhitungkan besarnya arus listrik dari beban-beban instalasi listrik yang ada atau besarnya arus dan tegangan listrik yang masih mampu ditanggung dalam beberapa saat, apabila suatu instalasi ataupun peralatan listrik yang digunakan terjadi gangguan, gangguan-gangguan yang terjadi pada instalasi listrik tersebut menurut PUIL 2000, butir 4.2.7.2, halaman 112 di antaranya:

- a) arus beban lebih
- b) arus hubung singkat

c) arus bocor ke bumi

Maka dari itu, penentuan untuk pemasangan peralatan pengaman listrik yang sesuai akan didapatkan suatu sistem instalasi listrik yang aman dan efisien (Ikhsan Kamil & Z Indra, 2011).

2.4. Penghantar

Suatu benda yang berbahan logam ataupun non logam berupa kabel ataupun berupa kawat penghantar yang bersifat konduktor atau bisa mengalirkan arus listrik dari satu titik ke titik yang lain disebut sebagai penghantar. Penghantar yang dilapisi dengan isolasi dan keseluruhan inti ditambahkan dengan selubung pelindung disebut kabel, contohnya adalah:

1. NYA



Gambar 2. 1 Kabel NYA

Sumber : (Dermawan et al., 2016)

Merupakan kabel berisolasi PVC dan berinti kawat tunggal. Warna isolasinya ada beberapa macam yaitu merah, kuning, biru dan hitam. Jenisnya adalah kabel udara (tidak untuk ditanam dalam tanah). Karena isolasinya hanya satu lapis, maka mudah luka karena gesekan, gigitan tikus atau gencetan. Dalam pemasangannya, kabel jenis ini harus dimasukkan dalam suatu *conduit* kabel.

2. NYM

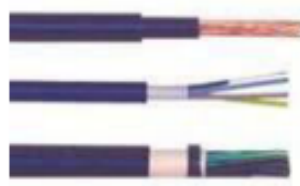


Gambar 2. 2 Kabel NYM

Sumber : (Dermawan et al., 2016)

Kabel jenis ini mempunyai isolasi luar jenis PVC berwarna putih (cara mengenalinya bisa dengan melihat warna yang khas putih ini) dengan selubung karet didalamnya dan berinti kawat tunggal yang jumlahnya antara 2 sampai 4 inti dan masing-masing inti mempunyai isolasi PVC dengan warna berbeda. Kabel ini relative lebih kuat karena adanya isolasi PVC dan selubung karet. Pemasangannya pada instalasi listrik dalam rumah maupun industri bisa tanpa *conduit* (kecuali dalam tembok sebaiknya menggunakan *conduit* seperti yang dijelaskan sebelumnya).

3. NYY



Gambar 2. 3 Kabel NYY

Sumber : (Dermawan et al., 2016)

Warna khas kabel ini adalah hitam dengan isolasi PVC ganda sehingga lebih kuat. Karena lebih kuat dari tekanan gencetan dan air, pemasangannya bisa

untuk outdoor, termasuk ditanam dalam tanah. Kabel untuk lampu taman dan di luar rumah sebaiknya menggunakan kabel jenis ini.

Sedangkan kawat penghantar adalah penghantar yang tidak dilapisi dengan isolasi contohnya seperti:

1. BC (*Bare Conductor*)



Gambar 2. 4 BC (*Bare Conductor*)

Sumber : [Kabel Listrik untuk Penangkal Petir dan Grounding System \(pusatgroundingindonesia.com\)](http://pusatgroundingindonesia.com)

Kabel BC merupakan jenis kabel penghantar yang tidak mempunyai isolator pada sistem instalasi penangkal petir. Kabel BC hanya mempunyai inti kabel atau bare core. Karena sifatnya tidak memiliki isolator, kabel BC digunakan untuk penangkal petir konvensional, karena memiliki beberapa keunggulan, di antaranya konduktivitas yang baik, tahan terhadap korosi, biaya yang lebih rendah, dan mudah dipasang.

2. Penghantar Berlubang (*Hollow Conductor*)

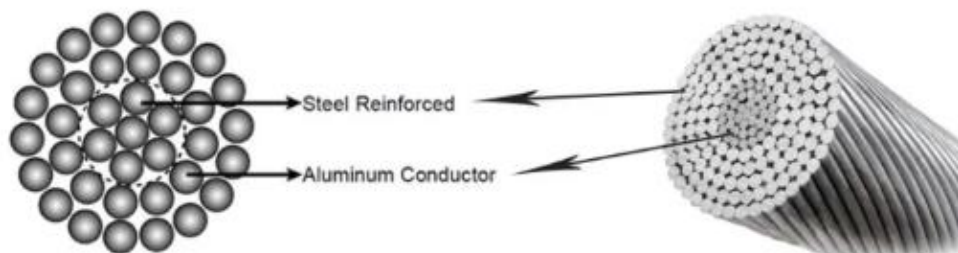


Gambar 2. 5 *Hollow Conductor*

Sumber : [Why are hollow conductors used in transmission lines? \(electricaldesks.com\)](http://electricaldesks.com)

Hollow Conductor adalah konduktor berongga yang biasa digunakan di saluran transmisi untuk mengurangi kehilangan korona.

3. ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*)



Gambar 2. 6 ACSR

Sumber : [ACSR \(Aluminium Conductor Steel-Reinforced\) Overview - EES CABLE](#)

ACSR (Aluminium Conductor Steel-Reinforced) adalah sebuah konduktor tanpa isolasi berkapasitas tinggi dan berkekuatan tinggi yang digunakan terutama di saluran listrik di atas kepala. Untaian luar terbuat dari aluminium dengan kemurnian tinggi, dipilih karena konduktivitasnya yang sangat baik, ringan, dan ketahanan terhadap korosi.

Secara umum penghantar dibedakan menjadi dua jenis, yaitu penghantar berisolasi dan penghantar tanpa isolasi. Kabel penghantar yang terbungkus isolasi, ada yang berinti tunggal atau banyak, ada yang kaku atau berserabut, ada juga yang

dipasang di udara atau di dalam tanah, dan masing-masing dari jenis tersebut digunakan sesuai dengan kondisi tempat pemasangannya (Nasution et al., 2021a).

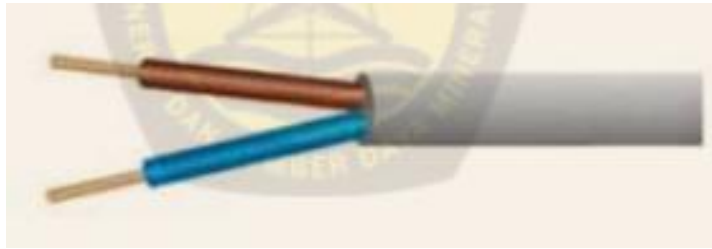
Menurut PUIL 2011 (SNI 0225:2011) luas penampang penghantar harus ditentukan untuk kondisi operasi normal dan untuk kondisi gangguan sesuai dengan:

- a. suhu maksimum yang diizinkan.
- b. drop voltase yang diizinkan.
- c. stres elektromagnetik yang mungkin terjadi karena arus gangguan bumi dan hubung pendek.
- d. stres mekanis lain yang mungkin mengenai konduktor
- e. impedans maksimum berkaitan dengan berfungsinya proteksi hubung pendek
- f. metode instalasi

identifikasi inti kabel sendiri harus dicapai dengan menggunakan insulasi berwarna atau dengan metode lain yang sesuai. Setiap inti kabel hanya boleh mempunyai satu warna, kecuali inti yang diidentifikasi dengan kombinasi warna hijau-kuning khusus untuk *grounding* dan biru untuk netral. Adapun skema warna yang dipakai dalam SNI 0225:2011 (PUIL 2011) yang mengacu *International Electrotechnical Commission (IEC) 60446* adalah:

1. Kabel Inti Tunggal : tidak ada skema warna yang lebih disukai

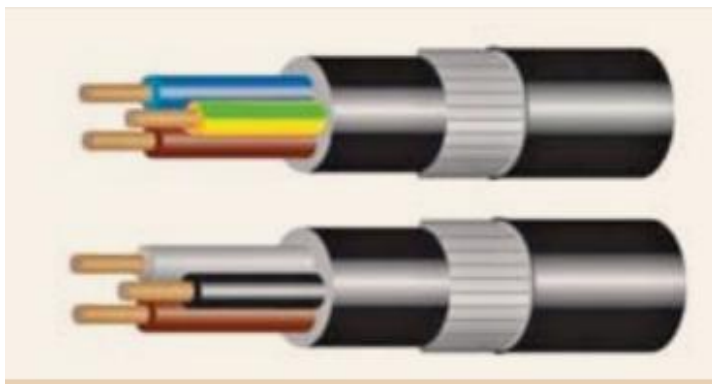
2. Kabel 2 Inti : tidak ada skema warna yang lebih disukai



Gambar 2. 7 Kabel 2 Inti

Sumber : (SNI, 2011)

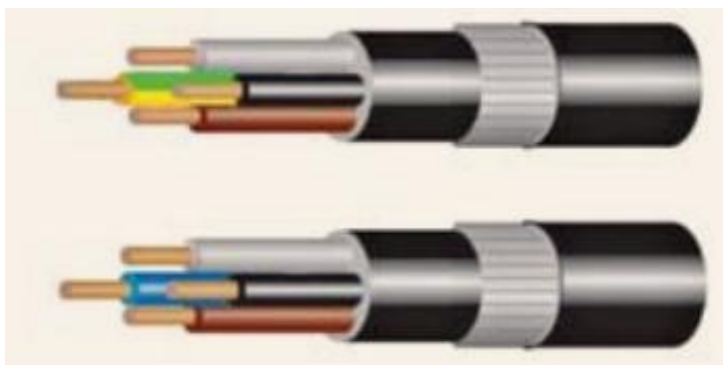
3. Kabel 3 Inti : hijau-kuning, biru, coklat; atau coklat, hitam, abu-abu



Gambar 2. 8 Kabel 3 Inti

Sumber : (SNI, 2011)

4. Kabel 4 Inti : hijau-kuning, coklat, hitam, abu-abu; atau biru, coklat, hitam, abu- abu



Gambar 2. 9 Kabel 4 Inti

Sumber : (SNI, 2011)

5. Kabel 5 Inti : hijau-kuning, biru, coklat, hitam, abu-abu; atau biru, coklat, hitam, abu-abu, hitam



Gambar 2. 10 Kabel 5 Inti

Sumber : (SNI, 2011)

2.5. Pemilihan Penghantar

Untuk penentuan jenis penghantar yang akan digunakan dalam sebuah instalasi dan juga luas penghantar yang akan diperlukan dalam instalasi tersebut dipilih berdasarkan 3 pertimbangan, yaitu:

a) Kemampuan Hantar Arus

Yaitu menentukan luas penampang penghantar yang diperlukan, di mana harus dipilih berdasarkan arus yang melewati penghantar tersebut. Arus nominal sendiri yang melewati suatu penghantar dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

Arus DC :

$$I = \frac{P}{V} A \dots \dots \dots (2.8)$$

Arus AC 1 Fasa :

$$I = \frac{P}{V \times \cos \varphi} A \dots \dots \dots (2.9)$$

Arus AC 3 Fasa:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \times \cos \varphi} A \dots \dots \dots (2.10)$$

Di mana :

I = Arus nominal (*Ampere*)

P = Daya aktif (*Watt*)

V = Tegangan (*Volt*)

$\cos \varphi$ = Faktor daya

Terdapat dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 (SNI 0225:2011) kemampuan hantar arus yang digunakan dalam menentukan penghantar ataupun gawai pengaman adalah 1,25 kali dari arus nominal yang melewati penghantar atau gawai pengaman tersebut. Jika kemampuan hantar arus sudah didapatkan maka tinggal mencari luas penampang yang sesuai dengan yang diperlukan (Nasution et al., 2021b).

b) Drop Tegangan

Seberapa besar kehilangan atau penurunan nilai tegangan listrik yang mengalir pada suatu kabel penghantar dari nilai tegangan nominal, atau yang biasa juga disebut sebagai drop tegangan, di mana bahwasanya drop tegangan ini selisih antara besar tegangan sumber dengan besar tegangan beban dari suatu instalasi listrik. Adapun faktor penyebab drop tegangan yaitu:

1. Panjang Kabel Penghantar
2. Besar Arus
3. Tahanan Jenis (*Rho*)

(Nasution et al., 2021b).

c) Luas Penampang Penghantar

Drop tegangan dan rugi daya pada saluran distribusi tergantung pada luas penampang, panjang saluran dan besar tahanan dari penghantarnya. Persamaan yang digunakan untuk menentukan drop tegangan ialah:

Drop tegangan :

$$V = I \times R \dots\dots\dots (2.11)$$

$$R = \rho \frac{l}{A} \dots\dots\dots (2.12)$$

Rugi-rugi daya :

$$P = I^2 \times R \dots\dots\dots (2.13)$$

Di mana :

V = Rugi Tegangan dalam Penghantar (*Volt*)

R = Tahanan (Ω)

P = Rugi-rugi daya (*Watt*)

ρ = Tahanan Jenis ($\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$) = 0,0000000175 Ωm

l = Panjang Penghantar (meter)

I = Besar Arus (*Ampere*)

A = Luas Penampang Penghantar (mm^2)

(Nasution et al., 2021b).

3. Kondisi Suhu

Pada setiap penghantar pasti memiliki suatu resistansi (R), jika penghantar itu dialiri oleh arus maka terjadi rugi – rugi I^2R , yang mana kemudian rugi–rugi itu akan berubah menjadi energi panas, jika dialiri dalam waktu t detik maka energi panas yang terjadi adalah I^2Rt , dan jika dialiri dalam waktu yang cukup lama maka

akan ada kemungkinan terjadinya kerusakan pada penghantar tersebut (Nasution et al., 2021b).

2.6. Pengaman Instalasi Listrik

Pengaman instalasi listrik merupakan suatu peralatan listrik yang dipakai untuk melindungi komponen-komponen listrik dari segala kerusakan yang disebabkan oleh gangguan seperti arus beban lebih maupun arus hubung singkat. Fungsi dari pengaman instalasi listrik dalam sebuah pendistribusian energi listrik adalah:

1. Isolasi: Digunakan untuk memisahkan instalasi atau bagian-bagiannya dari sumber daya listrik untuk pengamanan.
2. Kontrol: sesuatu untuk membuka atau menutup sirkit instalasi selama kondisi operasi normal di mana hal itu untuk tujuan operasi ataupun perawatan.
3. Proteksi: digunakan untuk keamanan kabel maupun peralatan-peralatan listrik dan manusia terhadap suatu kondisi yang tidak normal seperti beban lebih, hubung singkat dengan memutuskan arus gangguan serta mengisolasi gangguan yang ada (Nasution et al., 2021b).

Menurut PUIL 2011 karena pada instalasi listrik harus mempunyai pengamanan yang memadai terhadap gangguan elektromagnetik sehingga berfungsi dengan baik, maka untuk pengamanan instalasi listrik sendiri harus dirancang agar meminimalkan risiko kerusakan atau tersulutnya bahan yang mudah terbakar karena tingginya suhu atau busur api listrik serta stres elektromekanis karena arus lebih yang mungkin timbul pada konduktor, kemudian khususnya dalam pengamanan arus lebih, bila dipasang GPAL (Gawai Proteksi Arus Lebih) sebagai gawai proteksi dan terjadi gangguan maka diperlukan arus gangguan

sebesar minimal 5 x In GPAL yang terpasang, agar GPAL (MCB) tersebut dapat trip.

2.7. Panel Listrik

Peralatan listrik yang berguna sebagai pusat untuk mengontrol penyaluran daya listrik dari sumber daya listrik negara atau disebut PLN (Perusahaan Listrik Negara) terhadap instalasi penerangan atau peralatan listrik dengan daya besar disebut sebagai panel listrik. Yang mana di dalamnya terdapat dari komponen listrik yang disusun dengan maksud dan tujuan tertentu. Panel listrik sendiri ada yang berguna untuk penyaluran dan pembagi ataupun penyaluran sistem tenaga listrik dari pusat kontrol ke konsumen dan yang lainnya (Supriyati, 2018).

a. *Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP)*

Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP) adalah jenis panel listrik yang mana sumber tegangannya rendah yaitu tegangan 220/380 V. *LVMDP* ini berguna untuk mendistribusikan sistem tenaga listrik, baik itu dari sumber PLN ataupun dari Generator. Panel listrik ini adalah pembagi utama atau disebut pusat pembagi pada tegangan 220/380V ke pelanggan atau ke beban. Panel listrik ini juga berguna sebagai pengaman sistem jaringan distribusi listrik, dan pengendali sumber tegangan dari listrik PLN ataupun Generator (Hendarto & Lutfi, 2016).



Gambar 2.11 *Panel LVMDP*

Sumber : (Malik, 2016a)

2.8. **Komponen Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP)**

a. *Air Circuit Breaker (ACB)*

Air Circuit Breaker (ACB) ialah komponen *circuit breaker* dengan sistem proteksi memakai sistem udara. Di mana sistem kerjanya dengan udara yang ada pada tekanan ruang atmosfer berguna sebagai sistem proteksi ketika ada bunga api yang disebabkan oleh gangguan ataupun yang lainnya. *ACB* ini bisa digunakan pada tegangan rendah maupun menengah. Prinsip kerja *ACB* ini yaitu di mana pada saat kontak bekerja akan timbul bunga api pada bagian bawah kontak, maka bunga api itu suhunya lebih tinggi di bandingkan suhu bagian atas kontak, hal inilah yang menyebabkan aliran udara bergerak dari bawah ke atas. Karena itu bunga api akan mudah dipadamkan dengan cara konveksi udara, karena lintasan dari bunga api sudah di perpanjang (Wardono et al., 2019).



Gambar 2.12 ACB (*Air Circuit Breaker*)

Sumber : (Malik, 2016b)

b. *Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)*

Suatu komponen yang bisa memutuskan arus yang mengalir melalui *MCCB* disebut sebagai *MCCB (Moulded Case Circuit Breaker)*. Pada panel sendiri, *MCCB* ada yang kapasitasnya tetap dan ada juga yang kapasitasnya bervariasi. Pada *MCCB* yang memiliki kapasitas tetap, *MCCB* tersebut akan beroperasi sesuai dengan ratingnya. Berbeda dengan *MCCB* yang memiliki kapasitas yang bervariasi, *MCCB* ini bisa bekerja sesuai dengan kapasitas *MCCB* yang tertera ataupun diatur tergantung kebutuhan yang ada. *MCCB* juga memiliki kapasitas arus hubung singkat, yang mana kapasitas arus hubung singkat ini adalah nilai maksimum pada saat ada gangguan yang dapat di amankan oleh *MCCB*. Kapasitas arus hubung singkat ini juga umumnya tertera pada *nameplate MCCB* tersebut (Al Amin, 2018a).

Gambar 2.13 MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker*)

Sumber : (Al Amin, 2018b)

MCCB ini bisa bekerja secara manual ataupun otomatis. Pada sistem manual ,pemutusan rangkaian menggunakan tuas yang terdapat pada MCCB. Sedangkan jika pada sistem otomatis , menggunakan sistem *motorize* melalui *push button*.

c. *Automatic Transfer Switch (ATS)*

Suatu komponen yang berfungsi sebagai *switch* atau saklar dalam satu sumber tegangan listrik ke tegangan listrik lainnya seperti generator disebut sebagai *ATS (Automation Transfer Switch)*. *ATS* ini yang nantinya akan mengatur atau memilih sumber incoming mana yang akan digunakan dalam panel *LVMDP*. Yang mana *ATS* menggunakan beberapa perangkat kontrol berupa modul yang bisa di atur sesuai dengan kebutuhan pada panel. (Hendarto et al., 2015a).



Gambar 2.14 Modul AMF

Sumber : (Hendarto et al., 2015b)

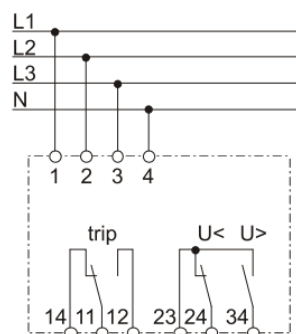
d. *Over Under Voltage Relay (OUVR)*

Suatu alat yang berguna untuk sistem pengamanan pada panel *LVMDP* salah satunya adalah *Over Under Voltage Relay (OUVR)*. *OUVR* ini hidup pada saat tegangan terjadi kenaikan atau penurunan dari batas toleransi yang sudah di atur, biasanya *OUVR* ini di atur 10 persen dari tegangan kerjanya. Umumnya penggunaan *Over Under Voltage Relay (OUVR)* pada panel *LVMDP* ini bertujuan untuk keselamatan, keamanan, Kesehatan kerja dalam menjalankan pengoperasian panel *LVMDP* (Hendarto & Gumilang, 2016).



Gambar 2.15 *Over Under Voltage Relai (OUVR)*

Sumber : (Priyanto & Handayani, 2021b)



Gambar 2.16 Skema *OUVR*

Sumber: (A, n.d.)

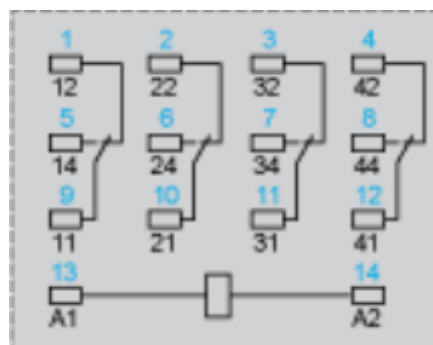
e. *Relai*

Relai merupakan salah satu sistem proteksi yang bekerja dengan prinsip mengetahui suatu gangguan atau adanya arus listrik yang melalui kontak dari relai tersebut, yang mana relai akan otomatis bekerja dengan cara membuka atau menutup kontak yang ada pada relai itu sendiri. Relai ini ada yang menggunakan arus *AC* dan *DC* tergantung sesuai kebutuhan. Pada dasarnya relai saat dialiri arus pada koilnya, maka kontak *Normally Open (NO)* yang ada pada kontak relai akan berubah menjadi *Normally Close (NC)* begitu pun sebaliknya pada saat tidak dialiri arus. Dengan hal tersebut juga relai ini umumnya disebut sebagai saklar yang bekerja dengan prinsip elektromagnetik (Saleh & Haryanti, 2017).



Gambar 2.17 Relai

Sumber : (Malik, 2016b)



Gambar 2.18 Skema Relai

Sumber : (Schneider Electric, 2022)

f. *Fuse*

Fuse adalah komponen pada panel *LVMDP* yang mana biasanya di gunakan untuk sistem pengaman pada lampu indikator, fuse ini juga berupa sekering yang mana merupakan pengaman peralatan atau suatu instalasi dari adanya gangguan arus hubung singkat (Hendarto et al., 2015b).



Gambar 2.19 *Fuse*

Sumber : (SQLE, 2016)

g. *Miniature Circuit Breaker (MCB)*

Suatu komponen yang berguna untuk membatasi suatu arus listrik sebagai pengaman pada suatu instalasi bangunan ataupun lainnya salah satunya adalah *Miniature Circuit Breaker (MCB)*. *MCB* ini sistem kerjanya yaitu di mana terjadi hubung singkat, maka dua keping bimetal yang ada di *MCB* akan memuai dan membatasi arus yang mengalir. Bisa dibilang *MCB* ini akan bekerja secara otomatis jika terjadi arus hubung singkat yang melaluinya yang mana arus tersebut melebihi dari arus nominal pada *MCB* tersebut (Hendarto et al., 2015b).



Gambar 2.20 *Miniature Circuit Breaker (MCB)*

Sumber : (Susanto, 2013)

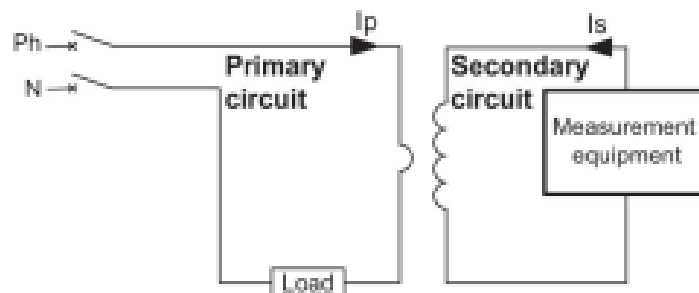
i. *Current Transformator (CT)*

Current Transformator (CT) merupakan komponen yang berguna untuk pengukuran arus maupun konversi arus atau rasio. *CT* ini ada yang berbentuk suatu lingkaran ataupun yang lainnya, yang di dalamnya ada sebuah kumparan. Selain itu, *CT* ini juga bisa dipakai untuk suatu pengukuran daya dan energi, ataupun pengukuran jarak jauh, dan rele proteksi (Malik, 2016b).



Gambar 2.21 *Current Transformator (CT)*

Sumber : (Malik, 2016b)



Gambar 2.22 Skema *Current Transformator (CT)*

Sumber : (Schneider Electric, n.d.)

j. *Time Delay Relay (TDR)*

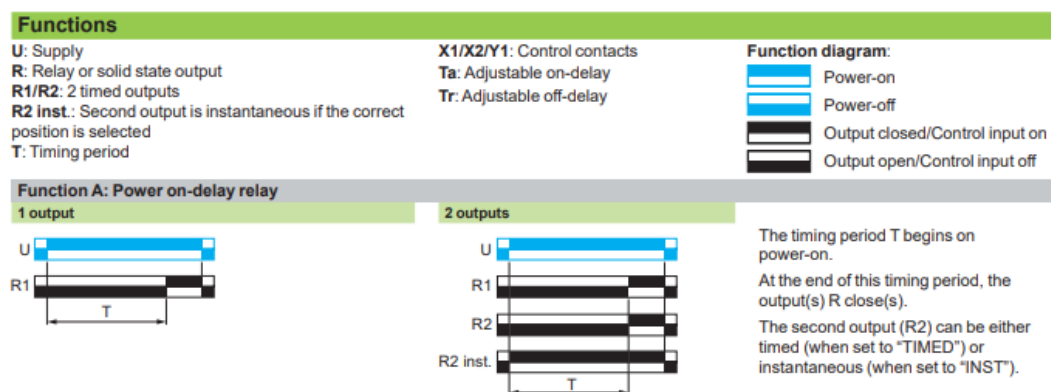
Time Delay Relay (TDR) merupakan suatu relai penunda waktu yang mana bisa diatur sesuai dengan kebutuhan kita, *TDR* ini ada dua jenis yaitu *OFF delay* dan *ON delay*. *OFF delay* sendiri adalah kontak relai yang akan tertunda saat keadaan *OFF* dan *ON delay* adalah ketika kontak relai tertunda saat keadaan *ON*.

TDR ini dimaksudkan untuk mengatur waktu hidup atau mati dari sumber tegangan yang akan digunakan, biasanya digunakan untuk on delay generator yang mana untuk sumber listrik cadangan ke panel (Rasmini, 2017a).



Gambar 2.23 Time Delay Relay (TDR)

Sumber : (Sudaryana, 2015)



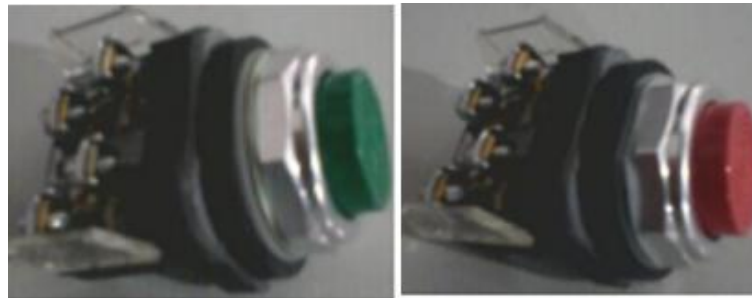
Gambar 2.24 Skema Time Delay Relay (TDR)

Sumber : (May & Communication, n.d.)

k. *Push Button*

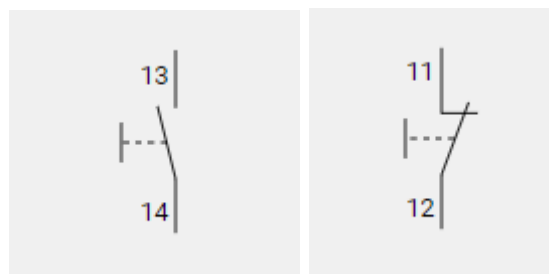
Push Button merupakan salah satu komponen berbentuk tombol yang berfungsi sebagai menghidupkan atau mematikan suatu sistem operasi secara manual pada panel dengan prinsip kerja *normally open (NO)* dan *normally close (NC)*. *Push button* ini memiliki dua macam, yaitu push button *ON* yang biasanya

berwarna hijau dan *push button OFF* yang biasanya berwarna merah. Jika keadaan awal *push button* ini *normally open (NO)* dan ketika di tekan maka akan berubah menjadi *normally close (NC)* dan begitu pun sebaliknya ketika keadaan awal *push button* ini di *normally close (NC)* dan pada saat ditekan maka akan berubah menjadi *normally open (NO)* (Hendarto et al., 2015b).



Gambar 2.25 Push Button

Sumber : (Hendarto et al., 2015b)



Gambar 2.26 Push Button NO/NC Symbol

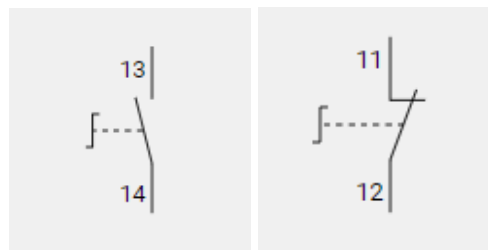
Sumber : <https://symbols.radिकासoftware.com/category/push-buttons>

1. Selector Switch

Selector Switch adalah salah satu komponen yang bekerja untuk pengatur mode sistem kerja seperti *auto* dan *manual* dalam panel *LVMDP*. Prinsip kerja komponen ini yaitu menyambungkan dan memutuskan atau memindahkan arus suatu rangkaian sistem sesuai dengan petunjuk yang ditunjukkan *selector switch* itu sendiri ataupun sesuai kebutuhan yang diinginkan (Hendarto et al., 2015b).

Gambar 2.27 *Selector Switch*

Sumber : (Rasmini, 2017b)

Gambar 2.28 *Selector Switch NO/NC Symbol*Sumber : <https://symbols.radिकासoftware.com/category/push-buttons>

m. Lampu Indikator

Lampu indikator atau biasa disebut sebagai *pilot lamp* merupakan komponen yang berguna sebagai lampu indikasi pada panel, yang mana umumnya berwarna merah mengindikasikan fasa R, berwarna kuning mengindikasikan fasa S, dan warna hijau mengindikasikan fasa T. Lampu indikator inilah yang juga sering di pakai untuk mengetahui informasi kinerja panel apakah berjalan atau tidak. Biasanya jika panel listrik berjalan maka lampu indikator yang berwarna hijau akan hidup, dan pada saat panel listrik dalam kondisi tidak berjalan maka lampu indikator yang berwarna merah akan hidup (Malik, 2016b).



Gambar 2.29 Lampu Indikator

Sumber : (Malik, 2016b)

2.9. **Box Panel**

Box atau kerangka panel adalah wadah dari panel itu sendiri dan berguna untuk *cover* atau pelindung komponen yang terdapat pada panel listrik. Pada panel listrik, bahan untuk *box* atau kerangka panel ini berbeda-beda, karena menyesuaikan kebutuhan dan lingkungan dari panel tersebut. Ada yang berbahan *stainless steel*, *aluminium*, dan plat besi atau baja (Malik, 2016b).

Gambar 2.30 *Box Panel*

Sumber : (Malik, 2016b)

2.10. **Busbar**

Busbar umumnya adalah batangan tembaga yang berguna sebagai penyalur atau pendistribusian arus dan tegangan listrik pada panel dan dapat menyalurkan

hingga kapasitas listrik yang besar, biasanya busbar di gunakan sebagai *incoming* dan *outgoing* panel. Untuk menentukan besarnya ukuran rel *bus bar* digunakan persamaan sebagai berikut:

$$In = \frac{P}{\sqrt{3} V \cdot \cos Q \eta} \dots\dots\dots (2.14)$$

In = Arus nominal dalam *Ampere*

P = Jumlah daya beban dalam *Watt*

V = Tegangan jala –jala dalam *Volt*

Cos Q = Faktor kerja 0,85

η = Efisiensi 0,85

(Tukiman & Karyanta, 2016).



Gambar 2.31 Busbar

Sumber : (Malik, 2016b)

2.11. Motor Induksi 1 Phase dan 3 Phase

Tabel 2.1 Motor Induksi 1 Phase dan 3 Phase

Aspek	Motor 1 Phase	Motor 3 Phase
Jumlah Fasa	1 (satu fasa)	3 (tiga fasa)
Jenis Tegangan	AC 220V (umumnya rumah tangga)	AC 380V – 400V (umumnya industri)
Konstruksi	Sederhana, ada kapasitor dan starting winding	Lebih kompleks, tidak butuh kapasitor
Torsi Awal (Starting Torque)	Rendah, perlu bantuan kapasitor untuk start	Tinggi, langsung kuat tanpa alat bantu
Efisiensi	Lebih rendah	Lebih tinggi
Daya Output	Umumnya kecil (≤ 3 HP)	Bisa besar (hingga ratusan HP)
Stabilitas Operasi	Kurang stabil, bisa mudah panas	Lebih stabil dan efisien
Biaya	Lebih murah	Lebih mahal
Pemeliharaan	Mudah dan murah	Sedikit lebih rumit, namun awet
Aplikasi	Rumah tangga, alat kecil, pompa kecil	Industri, pompa besar, kompresor, conveyor, blower, dll.
Jenis Rangkaian	Menggunakan kapasitor (<i>start/run</i>)	Rangkaian langsung (<i>star/delta</i>)

2.12. Kapasitas Pengaman Utama

Di mana kapasitas pengaman ini salah satunya adalah kapasitas *MCCB* yang merupakan total suatu arus yang bisa melewati *MCCB* tanpa gangguan dan sebagainya. Besar arus kapasitas dari *MCCB* dirumuskan sebagai berikut:

$$I_{kMCCB} = I_{bT} + I_{RJ} \dots\dots\dots(2.15)$$

Di mana :

I_{kMCCB} = Kapasitas minimal arus *MCCB*, *Ampere*.

I_{bT} = Arus beban total, *Ampere*.

I_{RJ} = Arus akibat rugi-rugi daya, *Ampere*. Hal tersebut diasumsikan rugi-rugi daya sebesar 10 %. Sedangkan kemampuan arus hubung singkat suatu *MCCB*, harus berada di atas arus gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi :

$$I_{fMCCB} > I_{fTJ} \dots\dots\dots(2.16)$$

Di mana :

I_{fMCCB} = Kapasitas arus hubung singkat *MCCB*, *Ampere*.

I_{fTJ} = Arus hubung singkat, *Ampere*.

(Al Amin, 2018b)

1. Arus Beban.
 - a. Arus beban setiap cabang

Untuk arus beban dari setiap cabang, dapat dicari melalui persamaan ini :

$$I_{bf} \frac{P_{bf}}{V \cos(\varphi)} \dots\dots\dots(2.17)$$

Di mana :

I_{bf} = Arus yang mengalir di saluran beban setiap cabang, *Ampere*.

P_{bf} = Daya beban per fasa tiap cabang, *Watt*.

V = Tegangan kerja beban per fasa, *Volt*.

$\cos(\varphi)$ = Faktor kerja beban.

(Al Amin, 2018b)

- b. Arus beban total.

Arus beban total, dapat dicari melalui persamaan ini :

$$I_{bt} = \sum_l^n I_{bf(n)} \dots\dots\dots(2.18)$$

Di mana :

I_{bt} = Arus total yang harus dilayani *MCCB*, *Ampere*.

$I_{bf(n)}$ = Arus beban per fasa tiap *feeder* (cabang), *Ampere*.

(Al Amin, 2018b)

2. Arus Hubung Singkat.

Dalam menemukan kapasitas arus hubung singkat suatu *MCCB*, memakai standar arus hubung singkat tiap fasa yang melalui *MCCB* ketika terjadi gangguan.

Yang mana besar arus gangguan dirumuskan :

$$I_{f(2fasa)} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(2.19)$$

Di mana :

$I_{f(2fasa)}$ = Arus gangguan 2 fasa, *Ampere*.

V_f = Tegangan saat gangguan, *Volt*.

Z_1 = Impedansi urutan positif, *Ohm*.

Z_2 = Impedansi urutan negatif, *Ohm*.

Impedansi urutan positif sama dengan negatif, dapat dicari dari saluran dan beban yang ada, dengan mengabaikan reaktansi saluran dan beban (Al Amin, 2018b).

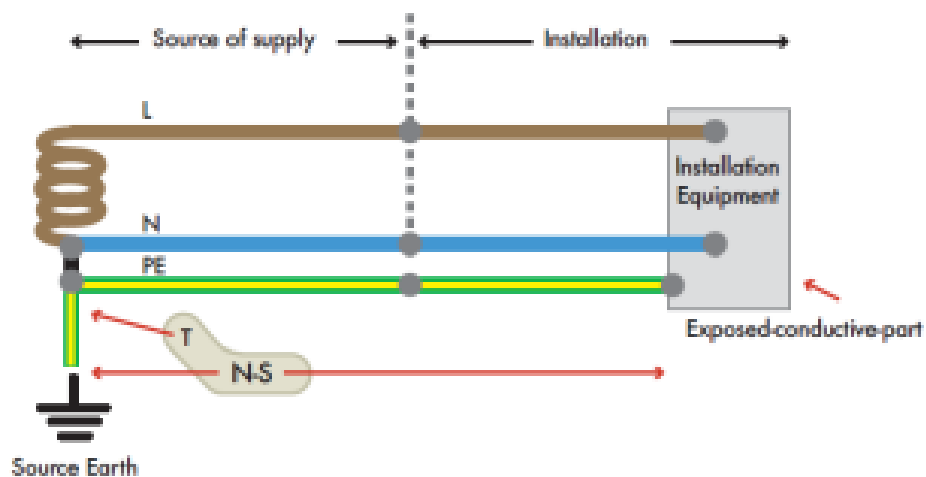
2.13. *Grounding*

Grounding merupakan usaha penyaluran arus listrik pada sebuah instalasi listrik ke bumi untuk mencegah terjadinya kontak antara manusia dengan tegangan listrik akibat dari kebocoran isolasi. Berdasarkan PUIL 2011 (SNI 0225:2011), untuk sambaran petir dibutuhkan nilai tahanan *grounding* < 5 *ohm*, untuk peralatan elektronika membutuhkan nilai tahanan *grounding* < 3 *ohm* dan beberapa perangkat membutuhkan nilai tahanan *grounding* < 1 *ohm*. Nilai tahanan *grounding* sendiri

dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu jenis sistem *grounding*, jenis tanah, kandungan elektrolit tanah, suhu dan kelembaban. Berdasarkan standar PUIL 2011 (SNI 0225:2011), *grounding* sistem 1 fasa sendiri terbagi menjadi sebagai berikut :

1. *TN (Terre Neutral)*

Pada sistem pembumian *TN* ini bagian netral dari sumber energi listrik terhubung langsung ke bumi dalam satu titik, sehingga bagian netral dari sebuah instalasi terhubung langsung ke bagian netral dari sumber listrik. Gunanya untuk mengurangi dampak terhadap peralatan dan makhluk hidup di sekitar.

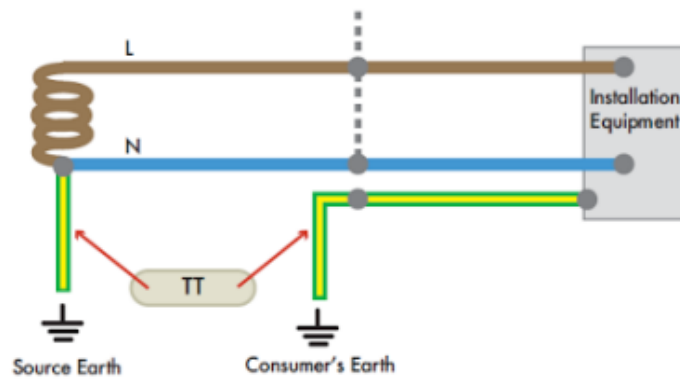


Gambar 2.32 *TN-S 1*

Sumber : (Kurniasih, 2018a)

2. *TT (Double Terre)*

Dan pada sistem *TT*, bagian netral dari sumber listrik tidak terhubung langsung dengan pembumian netral pada sisi instalasi beban. Kegunaan dari sistem ini adalah mengurangi interferensi antar peralatan pada user yang berbeda, maka dari itu sistem ini banyak dipakai pada telekomunikasi. Selain itu, sistem ini juga lebih aman apabila terjadi kerusakan kabel netral.

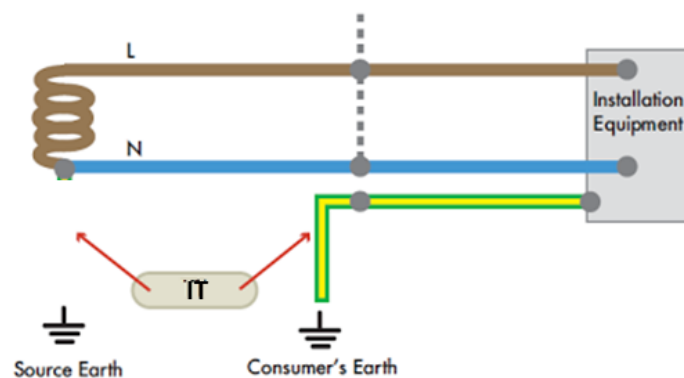


Gambar 2.33 TT 1

Sumber : (Kurniasih, 2018b)

3. IT (*Isolated Terre*)

pada sistim pembumian dengan jenis *IT* ini, netralnya isolated (tidak terhubung) dengan bumi. Titik *PE* tidak terhubung ke saluran netral tetapi langsung dihubungkan ke pembumian. Sistem ini umunya dipakai pada peralatan listrik yang *supply* listriknya berasal dari genset misalnya pada kereta api dan kegunaannya untuk membatasi level tegangan *over voltage* ketika terjadinya gangguan pada sistim tersebut (Kurniasih, 2018b).



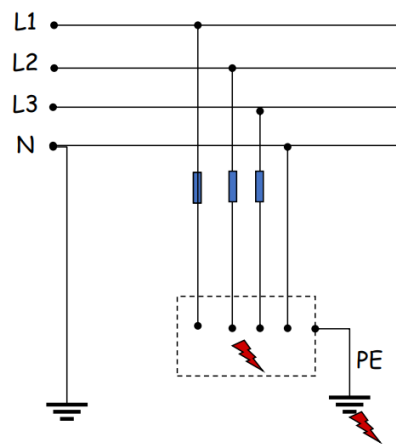
Gambar 2.34 IT 1

Sumber : (Kurniasih, 2018b)

Dan untuk *grounding* sistem 3 fasa adalah sebagai berikut:

1. *TT (Double Terre)*

Membumikan titik netral di sumbernya dan membumikan pada bagian konduktor terbuka instalasi dan bagian konduktor terbuka perlengkapan listrik.

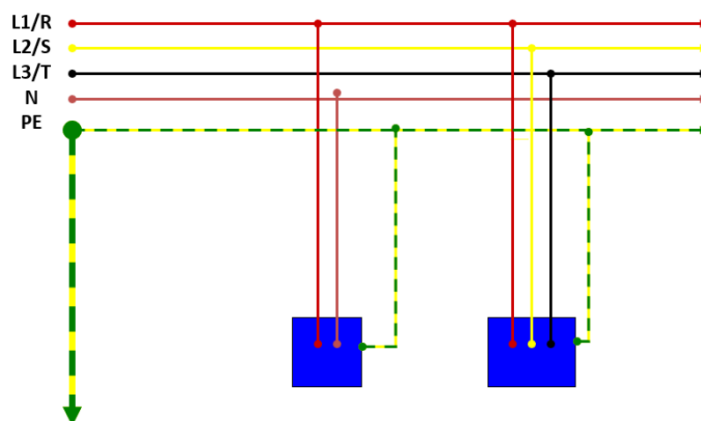


Gambar 2.35 *TT* 3 Fasa

(PLN, n.d.)

2. *IT (Isolated Terre)*

Bila terjadi arus bocor atau hubung singkat, arus akan tersalur ke bumi melalui penghantar pengaman.

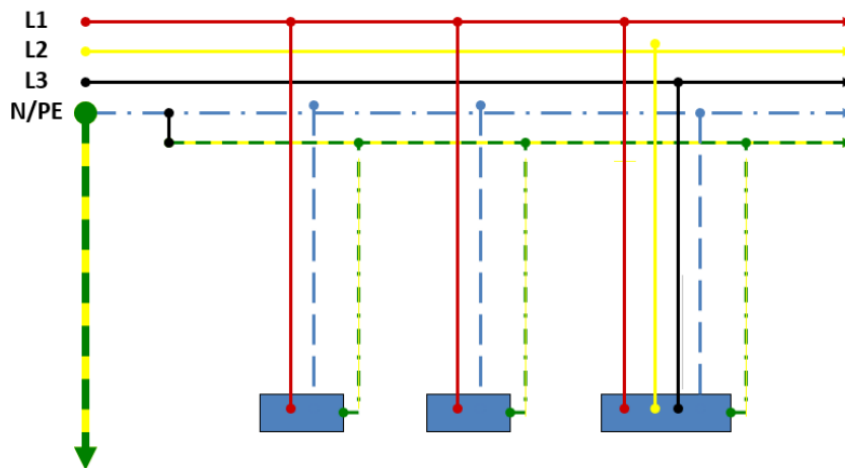


Gambar 2.36 *IT* 3 Fasa

(PLN, n.d.)

3. *TN (Terre Neutral)*

bagian netral dari sumber energi listrik terhubung langsung ke bumi dalam satu titik.

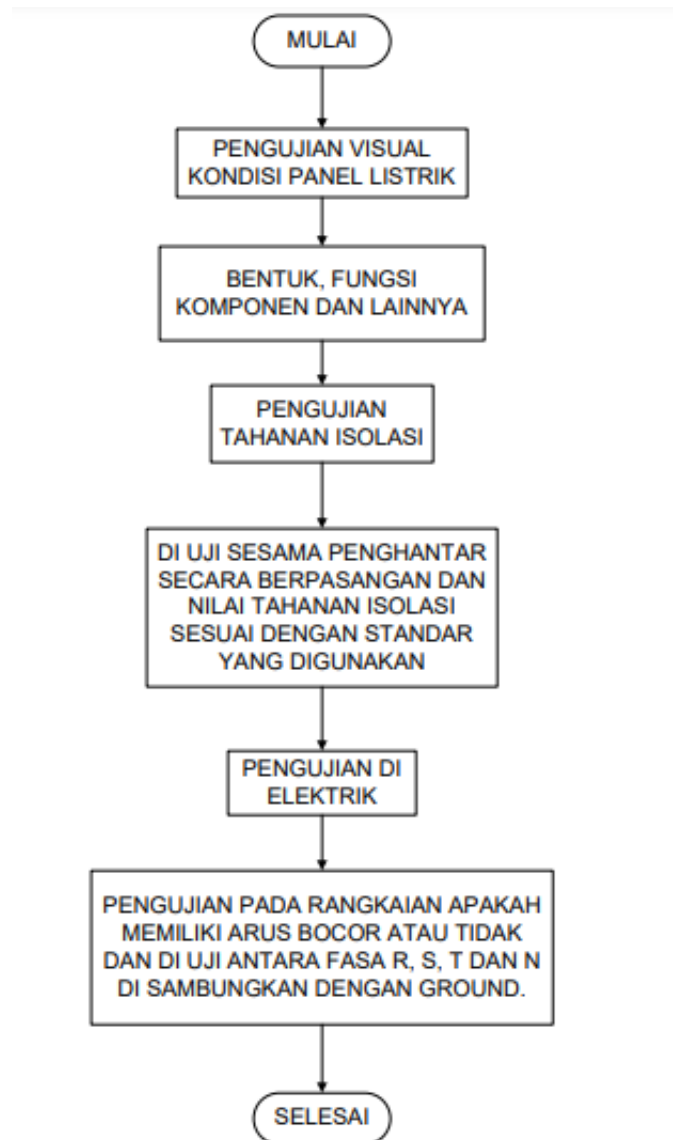


Gambar 2.37 *TN 3 Fasa*

(PLN, n.d.)

2.14. *Factory Acceptance Test (FAT)*

Pengujian pada sebuah panel listrik yang sudah selesai di buat disebut sebagai *Factory Acceptance Test (FAT)*. Yang mana pengujian ini di lakukan untuk panel listrik yang sudah selesai di buat dapat beroperasi dengan baik dan berfungsi secara normal dan sesuai dengan apa yang di rancang. *FAT* ini di proses memakai panel tes simulasi, di mana panel tes simulasi ini yang akan menghantarkan tegangan maupun arus masukan kepada panel listrik yang akan di uji dan tegangan maupun arus masukan ini bisa di atur sedemikian rupa sesuai kebutuhan oleh penguji. *FAT* ini juga tidak sembarang orang yang bisa melakukannya, hanya dilakukan oleh orang-orang khusus dalam *FAT* atau yang sudah profesional dalam bidang ini (Priyanto & Handayani, 2021b). *FAT* ini memiliki beberapa tahapan, yaitu:



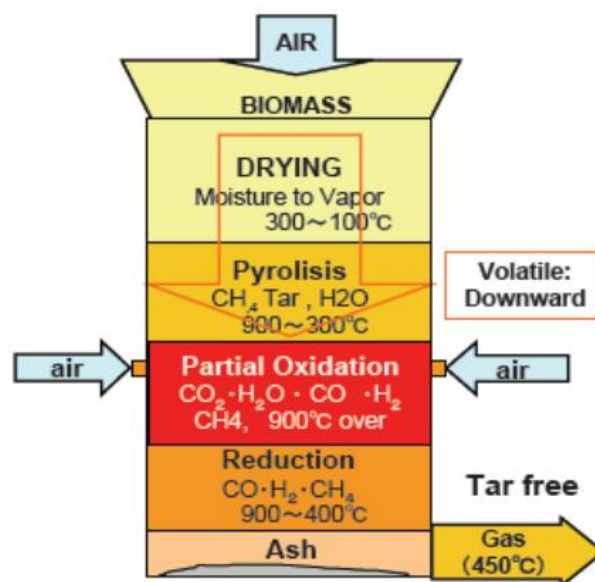
Gambar 2.38 FAT

- a. Pengujian visual : Di mana ini dilakukan dengan melihat bagaimana kondisi panel listrik dari bentuk, ataupun fungsi komponen dan sebagainya.
- b. Pengujian isolasi : Dalam PUIL 2011 ,tahanan isolasi adalah suatu nilai tahanan yang terdapat dalam dua tembaga saluran yang terisolasi. Dan dalam PUIL 2011, pengujian tahanan isolasi itu mengukur:
 1. Sesama penghantar secara berpasangan

2. Pembumian dan penghantar nilai tahanan isolasi harus minimal bernilai 1000 ohm di kalikan dengan tegangan kerja.
- c. Pengujian elektrik : Yang mana pengujian terhadap rangkaian yang di uji ini apakah memiliki arus yang bocor atau tidak, dan pengujian dielektrik ini juga dilakukan antara fasa R,S,T dan N di sambungkan dengan *ground* (Priyanto & Handayani, 2021b).

2.15. Sistem Gasifikasi Sekam Padi

Gasifikasi adalah sebuah metode untuk menghasilkan energi alternatif dari konversi bahan bakar padat seperti biomassa, batu bara dan lainnya menjadi produk syngas dengan bantuan udara/ $O_2/H_2O/CO_2$, atau campurannya lainnya. Hasil berupa syngas tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi yang mana salah satunya adalah energi listrik dengan memanfaatkan sebuah generator. Gasifikasi sendiri memiliki proses yang terdiri dari beberapa tahapan, yaitu tahap pengeringan, *pirolisis*, *oksidasi*, dan *reduksi*.



Gambar 2.39 Proses Gasifikasi

Sumber : (Suliono et al., 2017b)

Gambar tersebut menjelaskan bahwa biomassa awalnya memasuki dalam tahap pengeringan yang mana proses ini terjadi penguapan uap air yang terjadi karena diberikan suhu temperatur 100 – 300 *Celcius*. Kemudian setelah tahap pengeringan biomassa memasuki tahap *pirolisis* 300 - 900 *Celcius*, yang mana dalam tahap ini menghasilkan gas yang bisa terbakar seperti H_2 , CO , CH_4 , dan *hidrokarbon* lainnya. Dan ada yang tidak bisa terbakar seperti CO_2 , H_2O , *tar*, minyak, dan arang. Lalu setelah itu ada tahap oksidasi 900 *Celcius*, yang mana tahap ini biasanya disebut pembakaran, karena di sini terjadi reaksi antara biomassa, arang dan hasil-hasil *pirolisis* dengan oksigen dari penggasifikasi. Yang terakhir ada tahap *reduksi* (400-900 *Celcius*), di mana tahap ini merupakan reaksi antara CO_2 yang dihasilkan pada tahap oksidasi dengan arang yang dihasilkan tahap *pirolisis* (Jeklin, 2017).

2.16. PUIL SNI-0225

PUIL SNI-0225 adalah standar acuan yang digunakan dalam penelitian ini dari mulai perancangan, perakitan, sampai pengujian *Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP)*. Standar yang digunakan yaitu sebagai berikut:

1. PUIL 2011 (SNI 0225:2011) *Safety factor* sebesar 1,25 faktor ini digunakan sebagai margin keamanan, arus nominal beban dikalikan dengan faktor keamanan 1,25.
2. Pemilihan *circuit breaker* (Nilai I_n harus dipilih antara I_B dan I_Z , dipilih yang sama atau terdekat di atas I_B dan di bawah $KHA = I_Z$ kabel).
3. SNI 0225 menetapkan frekuensi standar untuk instalasi listrik di Indonesia adalah 50 Hz dan toleransi bernilai ± 1 Hz.

4. Skema warna kabel PUIL 2011 (SNI 0225:2011)

4.1.2 Skema warna	
Skema warna yang lebih disukai untuk kabel fleksibel dan kabel inti tunggal adalah:	
- kabel inti tunggal	: tidak ada skema warna yang lebih disukai;
- kabel dua inti	: tidak ada skema warna yang lebih disukai;
- kabel tiga inti	: hijau-kuning, biru, coklat; atau coklat, hitam, abu-abu;
- kabel empat inti	: hijau-kuning, coklat, hitam, abu-abu; atau biru, coklat, hitam, abu-abu;
- kabel lima inti	: hijau-kuning, biru, coklat, hitam, abu-abu; atau biru, coklat, hitam, abu-abu, hitam;

Gambar 2.40 Skema warna kabel

5. Ukuran kabel PUIL 2011 (SNI 0225:2011/Amd 1:2013) Tabel K.52.3.4

KHA (Kekuatan Hantaran Arus) pada kabel

Jenis kabel	Luas Penampang (mm ²)	KHA terus menerus					
		Inti tunggal		2-inti		3—inti dan 4-inti	
		ditanah (A)	diudara (A)	ditanah (A)	diudara (A)	ditanah (A)	diudara (A)
1	2	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
NYN	10	122	79	92	66	75	60
NBY	16	160	105	121	89	98	80
NYFGbY							
NYRbY	25	206	140	153	118	128	106
NYCY	35	249	174	187	145	157	131
NYCWY	50	296	212	222	176	185	159
NYSY							
NYCEY	70	365	269	272	224	228	202
NYSEY	95	438	331	328	271	275	244

Gambar 2.41 Ukuran kabel

6. SNI 0225:2020 pemilihan peralatan dan perlengkapan instalasi listrik dengan teknologi yang lebih maju, prosedur instalasi, dan keselamatan.
7. SNI 0225:2020 proteksi untuk keselamatan (terhadap kejutan listrik, efek termal, arus lebih, dan gangguan voltase).
8. SNI 0225:2011/Amd1:2013 mengenai jarak antar komponen harus memadai untuk mencegah kerusakan atau masalah lainnya.

9. Toleransi tegangan yang diizinkan (PUIL) atau SNI 0225:2011 adalah -4% dan +5% dari tegangan nominalnya.
10. SNI 0225:2011 kabel NYAF memiliki resistansi sebesar 13,3 ohm/km. Jika digunakan kabel dengan panjang 1 meter di setiap ujung terminasi, maka resistansi dihitung 0.0133 ohm jadi untuk pengujian kontinuitas tidak boleh melebihi 0,0133 ohm.
11. (SNI 0225-6:2020) mengadopsi IEC 60364-6 dalam menentukan nilai tahanan isolasi yang harus diukur, tegangan yang digunakan untuk menguji isolasi adalah 500 V, resistansi isolasi minimal yang diterima adalah 20 Megaohm, pengujian dilakukan selama 60 detik.

2.17. Penelitian Terkait

Berdasarkan studi tentang sistem gasifikasi sekam padi dan perancangan serta pengujian *low voltage main distribution panel (lvmdp)* sudah ada banyak dilakukan. Beberapa penelitian yang signifikan dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.2 Penelitian Terkait

No	Judul Artikel/Jurnal	Penulis Artikel/jurnal	Isi Artikel/Jurnal
1	Potensi Pemanfaatan Biomassa Sekam Padi Untuk Pembangkit Listrik Melalui Teknologi Gasifikasi	Isworo Pujotomo	Artikel ini membahas tentang potensi pemanfaatan biomassa sekam padi untuk pembangkit listrik melalui teknologi sistem gasifikasi, di mana prosesnya meliputi pengeringan, pirolisis,

			oksidasi, dan reduksi. Tipe gasifikasi ada beberapa macam, yaitu <i>downdraft</i>, <i>updraft</i>, <i>fluidized bed</i>, dan <i>entrained bed</i>, disesuaikan dengan kebutuhannya. Gasifikasi ini juga perlu memperhatikan teknik pendinginan dan pembersihan gas produser, zat-zat yang harus dibersihkan seperti tar, debu dan <i>fine particle</i>. Salah satu contoh penerapan pemanfaatan gasifikasi sekam padi adalah pada pembangkit listrik tenaga diesel.
2	Studi Kelayakan Ekonomi Pembangunan PLTD Sistem <i>Dual Fuel</i> dengan Gasifikasi Sekam Padi Kapasitas 50 kVA	Syamsul Ma'arif, Rena Juwita Sari, Mochamad Syamsiro	Artikel ini membahas tentang pemanfaatan sekam padi sebagai bahan alternatif melalui teknologi gasifikasi untuk pembangkit listrik dengan sistem <i>dual</i>

			<i>fuel</i> mengombinasikan solar 40% dan <i>syngas</i> dari sekam padi 60%, gasifikasi ini menggunakan reaktor tipe <i>downdraft</i> untuk meminimalkan tar yang dihasilkan.
3	Karakterisasi Gasifikasi Biomassa Sekam Padi Menggunakan Reaktor <i>Downdraft</i> dengan Dua Tingkat Laluan Udara	Bambang Sudarmanta, Daniar Bororoh Murtadji, Dita Firsta Wulandari	Artikel ini membahas tentang karakterisasi proses gasifikasi biomassa dengan reaktor <i>downdraft</i> dua tingkat laluan udara dan menganalisis efisiensi <i>thermal</i> dan zona proses gasifikasi, serta mengidentifikasi kerugian energinya, variasi suhu udara yang masuk melalui tingkat laluan kedua dari 30°C hingga 70°C. Dihasilkan zona proses gasifikasi yaitu: 1. <i>Drying</i>: 100-150°C 2. <i>Pirolisis</i>: hingga 300°C

			3. Oksidasi Parsial: hingga 960°C 4. Reduksi: 400-500°C Efisiensi <i>thermal</i> reaktor mencapai 50% pada suhu udara masuk 50°C, kerugian energi mencapai 20% selain dari arang karbon, abu, dan panas lingkungan.
4	Perancangan <i>Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP)</i> untuk Optimalisasi Distribusi Listrik Mall Karawaci Tangerang di PT Tiga Utama Teknik	Ilham Dzaki, Reni Rahmadewi	Artikel ini membahas tentang perancangan <i>LVMDP</i> untuk mengoptimalkan distribusi energi listrik di Mall Karawaci Tangerang secara aman dan efisien, yang memiliki kebutuhan daya besar dan kompleks. Karena sering terjadi pemadaman mendadak, <i>overload</i>, fluktuasi tegangan, dan gangguan pasokan listrik dari eksternal. Perancangannya meliputi

			pembuatan <i>wiring diagram</i> , instalasi komponen, dan juga pengujian.
5	Perakitan Dan Pengujian Panel Daya Listrik <i>Portable Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP)</i> Dengan Proteksi Urutan Fasa	Gunadi Tjahjono, Ichsan Fahmi, Fransiskus F.G.Ray, Yanthonius M.Hietingwati	Artikel ini membahas tentang perakitan dan pengujian panel daya listrik laboratorium pendidikan teknik elektro di Universitas Nusa Cendana, dengan proteksi urutan fasa agar tetap stabil dan benar, terhindar dari kerusakan peralatan akibat gangguan fasa, lalu panel tersebut diuji dan diukur tahanan isolasinya pada penghantar, busbar, bodi panel, serta perlengkapan listrik seperti <i>NFB (No Fuse Breaker)</i> , <i>MCB (Miniature Circuit Breaker)</i> satu dan tiga fasa, serta stop kontak tiga fasa. Lalu ada juga pengukuran tegangan, arus, dan daya

			dilakukan pada masing-masing fasa R, S, dan T menggunakan beban motor induksi tiga fasa.
--	--	--	--

Dilihat pada tabel 2.1 terdapat perbedaan dengan penelitian ini di antaranya tempat penelitian, dan juga bisa dibilang penggabungan dari penelitian-penelitian tersebut menjadi tolak ukur penulis dalam perancangan dan pengujian *low voltage main distribution panel* sistem gasifikasi sekam padi ini, dimulai dari mengkaji sistem gasifikasi sekam padinya, lalu membuat panel listrik sesuai kebutuhan alat sistem gasifikasi tersebut secara aman dan efisien melalui perancangan dan pengujian.