

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Instalasi Listrik

Instalasi listrik adalah sebuah sistem yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik untuk memenuhi kebutuhan manusia dalam kehidupannya. Dalam perancangan sistem instalasi listrik sebuah gedung, instalasi listrik dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Instalasi pencahayaan buatan
2. Instalasi daya listrik

Instalasi pencahayaan buatan adalah upaya untuk memberikan daya listrik pada lampu sehingga dapat dijadikan sumber cahaya ketika pencahayaan alami terkendala waktu dan lingkungan. Pencahayaan buatan ini meliputi lampu, armatur lampu, kabel/penghantar dan sakelar. Instalasi pencahayaan buatan ini bertujuan untuk memberikan kenyamanan pada penghuni sebuah gedung dalam menjalankan aktivitas keseharian.

Instalasi daya listrik merupakan instalasi untuk menjalankan mesin-mesin listrik yang ada dalam gedung untuk memberikan supply daya listrik pada seluruh peralatan yang membutuhkan daya listrik dalam sebuah gedung. Sebuah rancangan instalasi listrik harus memenuhi standar dan undang-undang yang berlaku di Indonesia. Ketentuan mengenai komponen-komponen instalasi listrik sudah terangkum dalam Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) yang diterbitkan tahun 1977, kemudian direvisi tahun 1987 dan terakhir tahun 2000. Tujuan dari PUIL di Indonesia adalah melindungi manusia terhadap bahaya sentuhan dan kejutan arus listrik, keamanan instalasi dan peralatan listrik, menjaga gedung serta isinya dari bahaya kebakaran akibat

gangguan listrik, menjaga ketenagaan listrik yang aman dan efisien. Akan tetapi PUIL tidak berlaku bagi beberapa sistem instalasi listrik tertentu seperti, bagian instalasi tegangan rendah untuk menyalurkan berita atau isyarat, instalasi untuk keperluan telekomunikasi dan instalasi kereta rel listrik, instalasi dalam kapal laut, kapal terbang, kereta rel listrik, dan kendaraan yang digerakan secara mekanis serta instalasi listrik pertambangan di bawah tanah.

2.2 Perencanaan Instalasi Penerangan

2.2.1 Pencahayaan

Pencahayaan (illumination) adalah kepadatan cahaya dari suatu sumber yang bercahaya. Intensitas pencahayaan adalah flux cahaya yang jatuh pada 1 m² dari bidang itu, yang memiliki satuan lux (lx) dan dilambangakan dengan huruf E.. Jika sebuah bola lampu dianalogikan sebagai sebuah kran penyiram air, maka air yang disemburkan adalah lumen dan jumlah air yang dikeluarkan per satuan waktu per meter persegi dari luas lantai adalah intensitas pencahayaannya. Secara matematis :

$$N = \frac{E \times A}{\emptyset \times LLF \times Cu \times n}$$

N = Jumlah lampu

E = Kuat penerangan (Lux)

A = Luas bidang kerja (m²)

\emptyset = Total nilai pencahayaan lampu dalam satuan lumen

LLF = Light Loss Factor atau faktor kehilangan (0,7 - 0,8)

Cu = Coeffesien of Utilization

n = Jumlah lampu dalam 1 titik

Dimana

Luas bidang kerja (A) = $p \times l \times (h - tb)$

p = Panjang ruangan (meter)

l = Lebar ruangan (meter)

h = Tinggi ruangan (meter)

tb = Tinggi bidang kerja (meter)

Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan pada umumnya didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja. Yang dimaksud dengan bidang kerja ialah bidang horisontal imajiner yang terletak 0,75 meter di atas lantai pada seluruh ruangan (SNI 03-6575-75 2001).^[2]

Jenis ruangan yang akan dipasang penerangan mempunyai nilai atau tingkat pencahayaan yang berbeda sesuai dengan fungsi dan jenis ruangan tersebut. Dibawah ini adalah tabel standar pencahayaan pada suatu ruangan tertentu.

Tabel 2. 1 Standar Pencahayaan Pada Ruangan

No.	Jenis ruangan	Standar pencahayaan
1.	Teras	60 lux
2.	Ruang tamu	120 lux – 150 lux
3.	Ruang makan	120 lux – 250 lux
4.	Ruang kerja	120 lux – 250 lux
5.	Kamar tidur	120 lux – 250 lux

6.	Kamar mandi	250 lux
7.	Dapur	250 lux
8.	Garasi	60 lux
9.	Ruang computer	350 lux
10.	Ruang rapat	300 lux
11.	Ruang gambar	750 lux
12.	Gudang	150 lux
13.	Ruang arsip	300 lux
14.	Laboratorium	500 lux
15.	Kantin	200 lux
16.	Koridor	100 lux
17.	Ruang serbaguna	200 lux

Tabel 2. 2 Faktor Refleksi Berdasarkan Warna Tembok dan Langit Langit

No.	Warna Tembok dan Langit Langit	Faktor Refleksi
1.	Putih	0,7 – 0,8
No.	Warna Tembok dan Langit Langit	Faktor Refleksi
2.	Coklat terang	0,7 – 0,8
3.	Kuning terang	0,55 – 0,65
4.	Hijau terang	0,45 – 0,5
5.	Merah muda	0,45 – 0,5

6.	Biru langit	0,4 – 0,45
7.	Orange	0,2 – 0,25
8.	Hijau tua	0,1 – 1,15
9.	Biru tua	0,1 – 1,15
10.	Merah tua	0,1 – 1,15
11.	Hitam	0,04
12.	Abu abu	0,25 – 0,35

2.2.2 Lampu

Pada umumnya lampu dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu :

1. Lampu Pijar

Lampu ini adalah lampu bohlam biasa yang umum dipakai untuk penerangan. Lampu ini adalah pengembangan dari lampu pijar seperti yang diciptakan tahun 1879 oleh Thomas Alva Edison. Cahaya lampu ini dihasilkan dari berpijarnya filamen kawat tipis yang terbuat dari tungsten saat dialiri arus listrik. Filamen tungsten ini ditempatkan di dalam bola lampu (bohlam) kedap udara agar suhu panasnya terkonsentrasi di sekitar filamen tersebut. Dengan suhu kerja yang tinggi, filament akan berpijar lebih terang. Kestabilan cahaya yang dihasilkan tergantung pada kestabilan aliran listrik. Jika tegangan listrik turun, maka pijaran cahaya juga meredup. Intensitas lampu ini sekitar 15 lumen/watt, sehingga untuk menghasilkan cahaya yang lebih terang diperlukan juga energi listrik yang besar. Karena temperatur kerja yang tinggi,

lama kelamaan diameter kawat filamen akan terkikis dan akhirnya putus sehingga lampu sudah tidak dapat dipergunakan lagi. Umumnya rata-rata usia pakai lampu pijar adalah 1.000 jam atau sekitar 4 bulan untuk penggunaan 8 jam sehari. Efisiensinya juga rendah, karena hanya sekitar 5% dari energi listrik yang diubah menjadi energi cahaya. Sisanya diubah menjadi energi panas. Efisiensi ini termasuk rendah.

2. Lampu Pendar

Lampu ini adalah hasil pengembangan teknologi untuk mendapatkan lampu yang lebih efisien dari lampu pijar. Lampu pendar yang di Indonesia akrab disebut lampu fluorescent atau lampu neon ini diciptakan pada 1938. Cahaya yang dihasilkan berasal dari proses eksitasi gas. Untuk lampu neon, seperti namanya, digunakan gas neon dan menghasilkan cahaya berwarna merah. Untuk lampu fluorescent menggunakan gas argon. Cahaya putih yang didapat adalah proses lanjutan dari proses eksitasi tadi dengan permukaan fosfor pada bagian dalam tabung lampu. Proses eksitasi terjadi dua kali, yang pertama menghasilkan sinar ultraviolet dengan menggunakan merkuri, proses yang kedua terjadi saat sinar ultraviolet bereaksi dengan atom fosfor menghasilkan cahaya. Usia pakai lampu pendar lebih panjang dibandingkan lampu pijar, yaitu sebesar 8.500 – 10.000 jam. Intensitas cahaya lampu pendar juga lebih tinggi dari lampu pijar, yaitu sekitar 67 lumen/watt. Energi listrik yang diubah menjadi energi panas juga lebih rendah dibandingkan lampu pijar, sehingga tingkat efisiensinya juga lebih tinggi, Oleh sebab itu lampu pendar disebut juga sebagai lampu hemat energi.

3. Lampu LED

LED (*light emitting diode*) atau saat ini dikenal sebagai lampu L.E.D adalah lampu yang memiliki efisiensi yang lebih tinggi dan ramah lingkungan. Dibandingkan dengan kedua lampu sebelumnya, penghasil cahaya pada lampu LED sangatlah kecil, hanya berukuran kurang dari 1 milimeter persegi. Karena ukuran yang kecil ini, diperlukan rangkaian dari beberapa LED untuk mendapatkan satu bola lampu sebagai alat penerangan. Lampu LED memiliki intensitas cahaya sekitar 70 – 100 lumen/watt. Karena suhu kerja tidak terlalu panas, maka usia pakai pun bertambah, yaitu hingga 50.000 jam. Belum lagi dari nilai efisiensi yang mencapai 50% dari energi listrik diubah menjadi energi cahaya, sehingga lampu LED benar-benar menguntungkan untuk penggunaan jangka panjang^[5]

4. Lampu Halogen

Lampu jenis ini merupakan lampu spot yang baik. Lampu spot adalah lampu yang cahayanya mengarah ke satu area saja, misalnya lampu untuk menerangi benda seni secara terfokus. Lampu ini baik untuk digunakan sebagai penerangan taman untuk membuat kesan dramatis dari pencahayaan terpusat seperti menerangi patung, tanaman, kolam atau area lainnya. Jenis lampu ini sebenarnya merupakan lampu filamen yang sudah berhasil dikembangkan menjadi lebih terang, namun juga kebutuhan energi (watt) yang relatif sama.

2.2.3 Kabel

Kabel untuk instalasi listrik terbagi menjadi beberapa macam, yaitu :

1. Kabel NYA

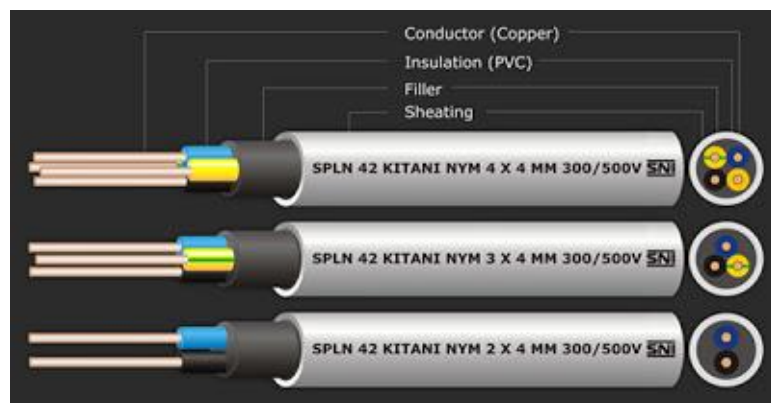
Kabel jenis ini digunakan untuk instalasi listrik rumah dengan ukuran penampang yang sering digunakan adalah $1,5 \text{ mm}^2$ dan $2,5 \text{ mm}^2$. Yang berinti tunggal, berlapis bahan isolasi PVC. Kode warna isolasi ada warna merah, kuning, biru dan hitam. Lapisan isolasinya hanya 1 lapis sehingga mudah cacat, tidak tahan air (NYA adalah tipe kabel udara) dan mudah digigit tikus. Untuk lebih aman jika menggunakan kabel tipe ini sebaiknya kabel di pasang di dalam pipa atau saluran penutup, dengan demikian lebih aman dari gangguan hewan pengerat dan tidak terkena air, dan juga jika ada isolasi yang terkelupas (terbuka) tidak tersentuh langsung dengan manusia.



Gambar 2. 1 Kabel NYA

2. Kabel NYM

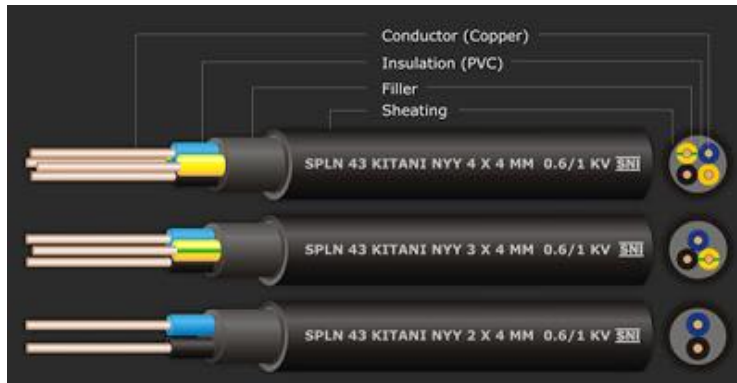
Kabel NYM adalah kabel yang mempunyai inti lebih dari 1 (ada yang berinti 1,2,3, atau 4) dan memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna putih atau abu-abu). Kabel NYM memiliki lapisan isolasi dua lapis, sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari kabel NYA. Kabel ini dapat digunakan dilingkungan yang kering dan basah, namun tidak boleh ditanam. ^[4]



Gambar 2. 2 Kabel NYM

3. Kabel NYY

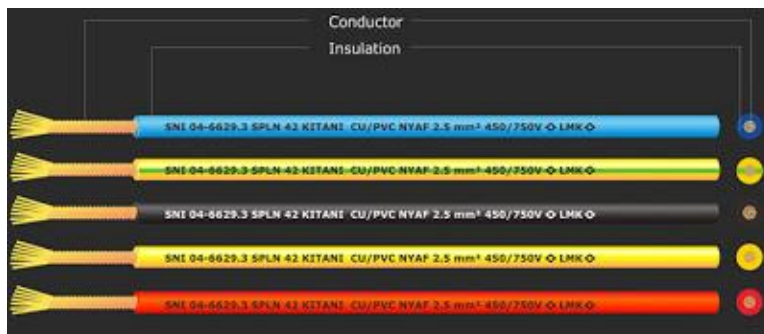
Kabel ini dirancang untuk instalasi tetap didalam tanah dan harus tetap diberikan perlindungan khusus (misalnya duct, pipa PVC atau pipa besi). Kabel NYY dapat digunakan pada instalasi listrik didalam dan diluar ruangan dalam kondisi lembab ataupun kering. Kabel ini memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna hitam), ada yang berinti 2, 3 atau 4 dan memiliki lapisan isolasi yang lebih kuat dari kabel NYM.



Gambar 2. 3 Kabel NYY

4. Kabel NYAF

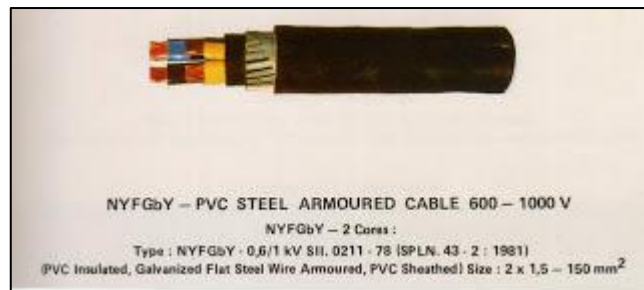
Kabel NYAF adalah Kabel yang digunakan untuk instalasi dalam kabel kotak distribusi pipa atau didalam duct. Jenis kabel ini juga sering digunakan sebagai kabel kontrol pengendali pada instalasi listrik. Kabel NYAF merupakan jenis kabel fleksibel dengan penghantar tembaga serabut berisolasi PVC. Digunakan untuk instalasi panel-panel yang memerlukan fleksibilitas yang tinggi, kabel jenis ini sangat cocok untuk tempat yang mempunyai belokan – belokan tajam. Digunakan pada lingkungan yang kering dan tidak dalam kondisi yang lembab/basah atau terkena pengaruh cuaca secara langsung.



Gambar 2. 4 Gambar NYAF

5. Kabel NYFGbY

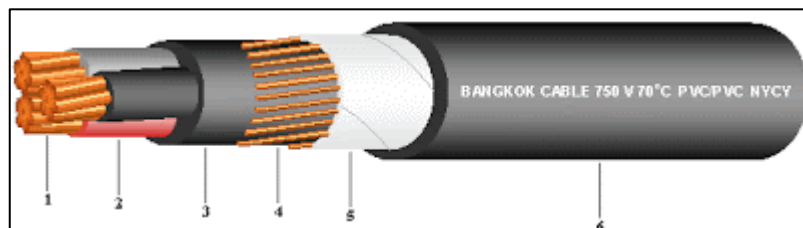
Kabel NYFGbY/NYRGbY/NYBY adalah Kabel yang dirancang khusus untuk instalasi tetap dalam tanah yang ditanam langsung tanpa memerlukan perlindungan tambahan (kecuali harus menyeberang jalan). Pada kondisi normal kedalaman pemasangan dibawah tanah adalah 0,8 meter.



Gambar 2. 5 Kabel NYFGbY

6. Kabel NYCY

Kabel NYCY adalah Kabel yang dirancang untuk jaringan listrik dengan penghantar konsentris dalam tanah, dalam ruangan, saluran kabel dan alam terbuka. Kabel protodur dengan dua lapis pelindung pita CU Kabel. Instalasi ini bisa ditempatkan diluar atau didalam bangunan, baik pada kondisi lembab maupun kering.



Gambar 2. 6 Kabel NYCY

7. Kabel NYMHYO

Kabel NYMHYO adalah kabel jenis serabut yang mempunyai inti dua serabut. Kabel ini biasanya digunakan untuk soundsystem, loudspeaker, dan virtual video. Jika digunakan pada pemakaian daya yang besar seperti AC, Kulkas, TV hanya bersifat temporary / sementara karena jenis kabel ini hanya mampu menghantarkan listrik 20VA-50VA.



Gambar 2. 7 Kabel NYMHYO

8. Kabel Marine TPYC

Kabel Marine TPYC adalah kabel penghantar dengan bahan Tined Copper Annealed Stranded Copper (STC) class 2 dengan bahan pelindung Ethylene Propylene Rubber (EPR). Untuk lapisan ketiganya dilindungi dengan bahan Polyvinyl Chloride (PVC). Sedangkan pada lapisan keduanya dilindungi dengan pelindung dari Galvernized Steel Wire Braid (GSWB). Dan untuk lapisan paling luar dilindungi dengan lapisan yang sama pada lapisan ketiga yaitu Polyvinyl Chloride (PVC). Kabel ini biasa digunakan dalam instalasi listrik pada kapal laut karena memiliki ketahanan kabel hingga pada suhu 90⁰ Celcius.



Gambar 2. 8 Kabel TPYC

Kabel yang digunakan pada instalasi listrik harus disesuaikan dengan kebutuhannya dan kondisi ruangan yang akan di pasag kabel. Luas penampang kabel juga harus diperhatikan, karena kuat hantar kabel listrik sangat ditentukan oleh penampang kabel dan arus listrik yang mengalir. Berikut adalah tabel kuat hantar arus kabel sesuai dengan ukurannya.

Tabel 2. 3 Kuat Hantar Arus Listrik Berdasarkan Luas Penampang Kabel

No	Luas penampang kabel (mm ²)	Kuat hantar arus (ampere)
1.	1,5	18
2.	2,5	26
3.	4	34
4.	6	44
5.	10	61
6.	16	82
7.	25	108
8.	35	135
9.	50	168
10.	70	207

11.	95	250
12.	120	292

2.2.4 Saklar

Saklar pada Instalasi Listrik berfungsi sebagai pemutus dan penghubung arus listrik baik pada jaringan listrik arus kuat maupun arus lemah. Saklar Listrik dapat digolongkan menjadi beberapa bagian yaitu berdasarkan jumlah Kontak dan Kondisi yang dimilikinya, berdasarkan hubungannya, dan berdasarkan pengendalinya.

2.2.4.1 Saklar Berdasarkan Jumlah Kontak dan Kondisi.

Saklar berdasarkan jumlah kontak dan kondisi dibagi menjadi :

1. SPST (*Single Pole Single Throw*)

SPST yaitu Saklar ON/OFF yang paling sederhana dengan hanya memiliki 2 Terminal. Contohnya Saklar Listrik ON/OFF pada lampu.

2. SPDT (*Single Pole Double Throw*)

SPDT yaitu Saklar yang memiliki 3 Terminal. Saklar jenis ini dapat digunakan sebagai Saklar Pemilih. Contohnya Saklar pemilih Tegangan Input Adaptor yaitu 110V atau 220V.

3. DPST (*Double Pole Single Throw*)

DPST yaitu saklar yang memiliki 4 Terminal. DPST dapat diartikan sebagai 2 Saklar SPST yang dikendalikan dalam satu mekanisme.

4. DPDT (*Double Pole Double Throw*)

DPDT yaitu saklar yang memiliki 6 Terminal. DPDT dapat diartikan sebagai 2 Saklar SPDT yang dikendalikan dalam satu mekanisme.

5. SP6T (*Single Pole Six Throw*)

SP6T yaitu saklar yang memiliki 7 Terminal yang pada umumnya berfungsi sebagai Saklar pemilih. Jenis Saklar ini banyak ditemui dalam Rangkaian Adaptor yang dapat memilih berbagai Tegangan Output, misalnya pilihan output 1,5V, 3V, 4,5V, 6V, 9V dan 12V.

2.2.4.2 Saklar Berdasarkan Hubungannya

Saklar berdasarkan hubungannya dibagi menjadi :

1. Saklar tunggal

Saklar tunggal pada umum sering dijumpai pada rumah, apartemen, hotel, ataupun industri. Fungsi dari saklar tunggal ialah untuk menghidupkan dan mematikan satu buah lampu atau lebih. Saklar ini hanya terdiri dari atas sebuah tuas.

2. Saklar kutub dua

Merupakan jenis saklar listrik yang terdiri dari dua buah tuas, berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik pada sumber dan beban yang berbeda.

3. Saklar kutub tiga

Merupakan saklar yang dipakai pada golongan yang terdiri dari sejumlah lampu-lampu besar, misalnya Untuk penerangan lantai, penerangan bagian atas dan gedung-gedung pertemuan untuk dihubungkan dengan tiga fasa. Hubungan ini disambung dan diputuskan dengan saklar kutub tiga.

4. Saklar seri

Merupakan dua buah saklar tunggal yang dihubungkan secara seri. Digunakan untuk menghidupkan satu buah lampu atau lebih secara bersamaan ataupun bergantian. Biasanya saklar ini dipasang pada area yang memiliki lebih dari satu lampu. Misalnya ruang keluarga, ruang tamu dan ruangan lainnya.

5. Saklar tukar

Merupakan saklar yang digunakan untuk menghidupkan dan mematikan lampu dari 2 tempat yang berbeda. Selain itu juga bisa digunakan untuk menyalakan 2 buah lampu atau lebih secara bergantian. Saklar tukar biasanya digunakan pada gudang bawah tanah, lorong-lorong, dan tangga pada rumah bertingkat.

6. Saklar tarik

Merupakan saklar yang digunakan pada kamar tidur, dan kamar mandi yang dapat dihidupkan dan dimatikan dengan menarik saklarnya dengan perantaraan tali sebagai penariknya.

7. Saklar tombol tekan

Merupakan saklar yang digunakan untuk mengontrol motor-motor listrik dan juga banyak digunakan untuk melayani bel, dan lain-lain.

2.2.4.3 Saklar Berdasarkan Pengendalinya

Saklar berdasarkan pengendalinya dibagi menjadi :

1. Selector Switch

Merupakan saklar pemilih yang menyediakan beberapa posisi (ada 2,3,4 atau lebih) pilihan dengan tipe geser maupun putar. Selector switch biasanya dipasang pada panel kontrol untuk memilih jenis operasi yang berbeda, dengan rangkaian yang

berbeda pula. Selector switch memiliki beberapa kontak dan setiap kontak dihubungkan oleh kabel menuju rangkaian yang berbeda, misal untuk rangkaian putaran motor cepat dan untuk rangkaian putaran motor lambat. Atau pada rangkaian audio misalnya memilih posisi radio, tape dan lainnya.

2. Saklar Toggle

Saklar Toggle merupakan saklar yang menghubungkan atau memutuskan arus dengan cara menggerakkan toggle/tuas yang ada secara mekanis. Ukurannya relatif kecil, dan pada umumnya digunakan pada rangkaian elektronika

3. Limit Switch (LS)

Limit switch merupakan saklar yang banyak digunakan di industri. Pada dasarnya limit switch bekerja berdasarkan sirip saklar yang memutar tuas karena mendapat tekanan plunger atau tripping sirip wobbler. Contoh aplikasi saklar ini adalah pada PMS (Disconnecting Switch) untuk menghentikan putaran motor lengan PMS.

4. Saklar Mekanik

Saklar mekanik merupakan saklar yang digunakan untuk otomatisasi dan juga proteksi rangkaian. Saklar mekanik akan on atau off secara otomatis oleh sebuah proses perubahan parameter, misalnya posisi, tekanan, atau temperatur. Saklar akan On atau Off jika set titik proses yang ditentukan telah tercapai. Terdapat beberapa tipe saklar mekanik, antara lain adalah Limit Switch, Flow Switch, Level Switch, Pressure Switch dan Temperature Switch. Contoh penggunaannya seperti pada magic com adalah saklar Temperature Switch

5. Flow Switch (FL)

Saklar ini digunakan untuk mendeteksi perubahan aliran cairan atau gas di dalam pipa. Pada saat cairan dalam pipa tidak ada aliran, maka kontak tuas/piston tidak bergerak karena tekanan disebelah kanan dan kiri tuas sama. Namun pada saat ada aliran, maka tuas/piston akan bergerak dan kontak akan berubah sehingga dapat menyambung atau memutuskan rangkaian.

6. Float Switch (FS)

Saklar level atau float switch merupakan saklar yang digunakan untuk mengontrol level permukaan cairan di dalam tangki. Perubahan kontak saklar ditentukan pada cairan dalam tangki, dengan posisi saklar ada yang horizontal dan ada yang vertikal.

7. Temperature Switch

Saklar temperatur disebut thermostat, yang bekerja berdasarkan perubahan temperatur. Perubahan kontak elektrik di picu oleh pemuaian cairan yang ada pada chamber yang tertutup (sealed chamber) chamber ini terdiri dari tabung kapiler dan silinder yang terbuat dari stainless steel.




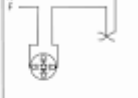







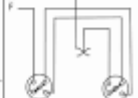
8. Saklar Tekanan atau Pressure Switch

Pressure switch merupakan saklar yang sistem kerjanya tergantung dari tekanan pada perangkat saklar. Tekanan tersebut berasal dari air, udara atau cairan lainnya, misalnya oli.

9. Saklar Push Button

Saklar *push button* adalah tipe saklar yang menghubungkan aliran listrik sesaat saja saat ditekan dan setelah dilepas maka kembali lagi pada posisi off. Saklar tipe ini banyak digunakan pada

rangkaian elektronika yang di kombinasikan dengan rangkaian pengunci.

Nama	Lambang (simbol)	Konstruksi	Skema instalasi	Skema hubungan Pelaksanaan
Saklar tunggal				
Saklar seri				
Saklar tukar				

Gambar 2. 9 Simbol Pengawatan Sakelar Pada Instalasi Listrik

2.2.5 Panel Distribusi

Panel Distribusi merupakan panel pembagi yang digunakan untuk menyalurkan beban listrik dari sumber daya listrik ke beban listrik. Panel Distribusi terbagi menjadi 2 yaitu, Panel Utama dan Panel Tiap Lantai

2.2.5.1 Panel Utama

Panel Utama merupakan panel yang berfungsi untuk membagi daya listrik dari sumber daya listrik Generator Set maupun listrik PLN ke Panel pembagi pada tiap lantai. Generator Set (genset) merupakan pembangkit listrik yang dimiliki oleh sebuah kapal untuk memenuhi kebutuhan listrik pada saat melakukan pelayaran, sedangkan sumber daya listrik dari PLN digunakan pada saat kapal bersandar. Pada panel utama selalu dilengkapi

dengan sistem proteksi seperti MCCB dan MCB dimana kapasitas yang dipasang pada panel ini lebih besar dari pada yang dipasang pada panel tiap lantai dan Pada setiap Panel distribusi pada sebuah kapal selalu dilengkapi dengan panel sinkron, yaitu panel yang berfungsi untuk memindahkan beban dari generator satu ke generator yang lainnya tanpa harus memutuskan aliran listrik. Untuk melakukan sinkronisasi generator harus ada kesamaan dari empat kondisi atau parameter. Kondisi tersebut adalah:

1. Tegangan
2. Frekuensi
3. Perbedaan fasa (sudut fasa)
4. Urutan fasa

2.2.5.2 Panel Tiap Lantai

Panel Tiap Lantai merupakan panel yang mendistribusikan daya listrik dari panel utama menuju masing-masing peralatan yang membutuhkan daya seperti pencahayaan, kotak kontak, maupun panel distribusi yang lebih kecil. Pada panel tiap lantai ini seringkali dilakukan pemeliharaan (maintenance) sehingga dipasang pada ujung koridor tiap lantai pada kapal. Sistem proteksi yang dipasang pada panel ini mempunyai ukuran yang atau kapasitas yang lebih kecil daripada yang ada di panel utama.^[5]

2.3 Sistem Proteksi

Sistem Proteksi pada suatu sistem tenaga listrik adalah sistem pengamanan yang di lakukan terhadap peralatan-peralatan listrik yang terpasang pada sistem tenaga listrik tersebut, misalnya Generator, Transformator, Jaringan Transmisi/distribusi dan lain-lain terhadap kondisi abnormal dari sistem itu sendiri. Yang di maksud dengan kondisi abnormal tersebut antara lain dapat berupa :

1. Hubung singkat
2. Tegangan lebih/kurang
3. Beban lebih
4. Frekuensi sistem turun/naik

Adapun fungsi dari sistem proteksi adalah :

1. Untuk menghindari ataupun untuk mengurangi kerusakan peralatan listrik akibat adanya gangguan (kondisi abnormal). Semakin cepat reaksi perangkat proteksi yang di gunakan, maka akan semakin sedikitlah pengaruh gangguan terhadap kemungkinan kerusakan alat.
2. Untuk mempercepat melokalisir luas/zone daerah yang terganggu sehingga menjadi sekecil mungkin.
3. Untuk memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen.
4. Untuk mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

Agar sistem proteksi dapat dikatakan baik dan benar (dapat bereaksi dengan cepat dan tepat), maka di adakan pemilihan dengan seksama dengan memperhatikan faktor-faktor sebagai berikut :

1. Macam saluran yang di amankan
2. Pentingannya saluran yang dilindungi
3. Kemungkinan banyaknya terjadi gangguan
4. Tekno-ekonomis sistem yang digunakan

Peralatan utama yang dipergunakan untuk mendeteksi dan memerintahkan peralatan proteksi bekerja adalah relay.

2.3.1 Syarat-Syarat Relay Pengaman

Syarat-syarat agar peralatan relay pengaman dapat dikatakan bekerja dengan baik dan benar terutama dalam melakukan tugasnya sebagai pengamanan terhadap sistem, yaitu:

1. Cepat bereaksi

Relay harus cepat bereaksi/bekerja bila sistem mengalami gangguan atau kerja abnormal. Kecepatan bereaksi dari relay adalah saat relay mulai merasakan adanya gangguan sampai dengan pelaksanaan pelepasan circuit breaker (C.B) karena perintah dari relay tersebut. Waktu bereaksi ini harus secepat mungkin sehingga dapat menghindarkan kerusakan pada alat-alat serta membatasi daerah yang mengalami gangguan/kerja abnormal. dikarenakan suatu sistem tenaga mempunyai batas-batas stabilitas serta kadang-kadang gangguan sistem gangguan bersifat sementara, maka relay yang semestinya bereaksi dengan cepat.

2. Selektif

Selektif adalah kecermatan pemilihan dalam mengadakan pengamanan, dimana hal ini menyangkut koordinasi pengaman dari sistem secara keseluruhan. Untuk mendapatkan keandalan yang lebih tinggi, maka relay pengaman harus mempunyai kemampuan selektif yang baik. Dengan demikian relay akan bekerja dengan tepat dan akibatnya gangguan dapat dieliminir menjadi sekecil mungkin.

3. Kepekaan (sensitifitas)

Sensitifitas adalah kepekaan relay proteksi terhadap segala macam gangguan dengan tepat yakni gangguan yang terjadi

di daerah perlindungannya. Kepekaan suatu sistem proteksi ditentukan oleh nilai terkecil dari besaran penggerak saat peralatan proteksi mulai beroperasi. Nilai terkecil besaran penggerak berhubungan dengan nilai minimum arus gangguan dalam daerah yang dilindunginya.

4. Stabilitas

Stabilitas merupakan sifat yang tetap inoperatif apabila gangguan-gangguan terjadi diluar zona yang melindungi (gangguan luar).

5. Keandalan

Keandalan relay dihitung dengan jumlah relay bekerja/mengamankan daerahnya terhadap jumlah gangguan yang terjadi.

6. Ekonomis

Relay sebaiknya yang murah dan tanpa meninggalkan persyaratan-persyaratan yang telah disebutkan diatas. ^[7]

2.3.2 Klasifikasi Relay

Dari beberapa macam relay yang ada, relay dapat dibedakan menurut klasifikasinya, yaitu:

1. Berdasarkan prinsip kerjanya :
 - a. Relay elektromagnetis tarikan dan induksi
 - b. Relay termis
 - c. Relay elektronis
2. Berdasarkan konstruksinya :
 - a. Tipe angker tarikan
 - b. Tipe batang seimbang
 - c. Tipe cakram induksi

- d. Tipe kap induksi
 - e. Tipe kumparan yang bergerak
 - f. Tipe besi yang bergerak
3. Berdasarkan basaran yang diukur
 - a. Relay tegangan
 - b. Relay arus
 - c. Relay impedansi
 - d. Relay frekuensi
 4. Berdasarkan cara menghubungkan sensing element
 - a. Primary relay, yaitu relay yang sensing elementnya berhubungan langsung dengan sirkit yang di amankan
 - b. Secondary relay, yaitu relay yang sensing elementnya mendapatkan arus dan atau tegangan dari dari trafo arus dan tegangan secara tidak langsung.

2.3.3 Menentukan Besar Kapasitas MCB

MCB merupakan peralatan proteksi yang berfungsi untuk memberikan perlindungan terhadap resiko hubungan singkat (korsleting) dan beban lebih. Pemasangan MCB juga dapat membatasi daya listrik yang digunakan di rumah agar tidak kelebihan beban yang dapat menyebabkan MCB trip. Untuk menentukan MCB yang sesuai perlu menentukan besarnya total daya listrik (watt) dan total arus listrik (ampere) yang terpakai di rumah. Kapasitas MCB yang akan digunakan dapat ditentukan dengan rumus :

$$P = V x I x \cos \Phi \longrightarrow \text{untuk listrik 1 fasa (2.2)}$$

$$P = V \times I \times \cos \Phi \times \sqrt{3} \longrightarrow \text{untuk listrik 3 fasa}$$

(2.3)

P = Daya listrik(watt)

V = Tegangan listrik(volt)

I = Arus listrik(amper)

$\cos \Phi$ = Faktor daya

2.3.4 Sistem Grounding

Dalam instalasi listrik, grounding akan menjadi acuan pokok pada sebuah jaringan listrik. Tegangan akan diukur pada satu titik dengan titik lainnya dan sebagai titik acuannya adalah grounding. Titik pembumian berarti hubungan yang solid pada jaringan listrik ke tanah, karena sebagian besar dan massanya hampir tidak ada resistansi atau relatif kecil resistansi arus listriknya. Jika referensi pengukuran tegangan adalah tanah maka titik pentanahan tersebut menjadi grounding. Karena keberadaan titik pembumian pada kapal tidak berhubungan dengan tanah, maka lambung kapal dapat digunakan sebagai pengganti bumi. Tergantung pada konstruksi jaringan listrik yang dipasang mungkin tidak terhubung dengan potensial bumi.^[8]

2.4 Motor Induksi

Motor induksi adalah salah satu jenis dari motor-motor listrik yang bekerja berdasarkan induksi elektromagnet. Motor induksi memiliki sebuah sumber energi listrik yaitu di sisi stator, sedangkan sistem kelistrikan di sisi rotornya diinduksikan melalui celah udara dari stator dengan media elektromagnet. Hal inilah yang menyebabkannya diberi nama motor induksi. Adapun penggunaan motor induksi di industri ini adalah sebagai penggerak, seperti untuk blower, kompresor, pompa, penggerak utama proses produksi

atau mill, peralatan workshop seperti mesin-mesin bor, grinda, crane, dan sebagainya.

Dalam Penggunaannya, sebagian motor induksi tiga fasa memerlukan pengereman seperti yang terdapat pada motor crane. Pengereman dilakukan agar motor berhenti sesuai dengan letak dan posisi yang kita inginkan.

2.4.1 Jenis – Jenis Motor Listrik

Motor listrik terbagi dua yaitu :

1. Motor arus bolak balik (AC)

Motor arus bolak balik (AC) terbagi menjadi :

a. Motor sinkron

b. Motor Induksi, terbagi lagi menjadi :

1) Motor induksi 1 fasa

2) Motor induksi 3 fasa

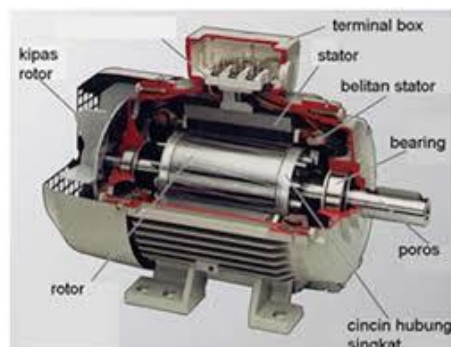
2. Motor arus searah (DC)

Motor arus searah (DC) terbagi menjadi :

a. Motor DC shunt

b. Motor DC seri

c. Motor DC Compound



Gambar 2. 10 Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik (ac) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar yang dihasilkan oleh arus stator.

Belitan stator yang dihubungkan dengan satu sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron. Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus, dan sesuai dengan hukum lenz, rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putar relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban akan memperbesar kopel motor, yang oleh karenanya akan memperbesar pula arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi, bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun.

2.4.2 Konstruksi Motor Induksi

Sebuah motor induksi terdiri dari dua bagian utama yaitu rotor dan stator. Rotor merupakan bagian yang berputar dan stator merupakan bagian yang diam.

1. Stator

Stator termasuk komponen utama motor listrik, karena komponen ini akan bersinggungan langsung dengan kerja motor listrik. Stator merupakan lilitan tembaga statis yang terletak mengelilingi poros utama. Fungsi stator adalah untuk membangkitkan medan magnet pada sekitar rotor. Komponen ini terdiri dari lempengan besi yang dililit tembaga. Tembaga ini berhubungan dengan sumber arus.

Sehingga ketika lilitan tersebut dialiri arus listrik akan menyebabkan timbulnya medan magnet pada stator.

2. Rotor

Bagian ini menyerupai stator, bedanya rotor merupakan lilitan tembaga yang bersifat dinamis. Bersifat dinamis karena menempel bersama poros utama motor yang akan berputar. Pada umumnya tembaga yang digunakan berdiameter kecil yang bertujuan agar jumlah lilitan lebih banyak, karena semakin banyak lilitan maka semakin besar pula putaran yang dihasilkan.

3. Main shaft

Main shaft atau poros utama adalah komponen logam memanjang sebagai tempat menempelnya beberapa komponen. Pada umumnya poros utama terbuat dari bahan aluminium yang anti karat. Selain itu komponen ini harus stabil pada putaran dan suhu yang tinggi.

4. Brush

Brush adalah sikat tembaga yang akan menghubungkan arus listrik dengan rotor coil. Sikat ini menempel pada rotor kecil yang terletak diujung rotor utama. Gesekan yang terjadi akan mengalirkan arus dengan arah yang sama walaupun rotor berputar. Sehingga putaran dapat *sinkron* dan *kontinyu*. Gesekan akan didukung oleh pegas yang ada dibelakang sikat tembaga. Pegas ini selalu menekan brush sehingga sikat ini akan selalu menempel pada rotor walaupun berputar pad RPM tinggi. Didalam motor harus dilengkapi dengan dua buah brush. Brush ini akan menyuplai arus dan masa untuk *rotor coil*. Komponen ini sering menjadi penyebab motor listrik mati, karena kerak yang menempel

pada permukaan brush akan menyebabkan aliran arus terhambat. Selain itu kondisi brush yang aus karena terus tergesek juga menghambat aliran arus listrik.

5. Bearing

Bearing berfungsi sebagai bantalan antara permukaan poros dengan motor housing agar putaran motor berjalan dengan mulus. Umumnya berbahan aluminium yang memiliki gaya gesek ringan. Sehingga tidak menghambat putaran motor.

6. Drive pulley

Komponen ini terletak diujung bagian luar poros utama. Fungsinya untuk mentransfer putaran motor menuju komponen lain. Komponen ini umumnya berbentuk gear atau pulley, yang siap dihubungkan dengan komponen yang perlu digerakan dengan motor ini.

7. Motor housing

Motor housing atau bodi motor, berfungsi untuk melindungi semua komponen *elektrik* motor. Selain itu motor housing berfungsi sebagai pelindung pemakai yang mengoperasikan motor dari putaran rotor yang sangat tinggi.

2.4.3 Prinsip Kerja Motor Induksi

Prinsip kerja motor induksi adalah berdasarkan induksi elektromagnet, dimana tegangan sumber diberikan pada kumparan stator, sehingga inti besi di stator menjadi magnet, kemudian menginduksikan magnet tersebut ke rotor. Dengan demikian, di kumparan rotor akan terinduksi tegangan karena kumparan rotor merupakan loop tertutup, maka akan mengalir arus di kumparan rotor tersebut yang berinteraksi dengan medan

magnet di stator, sehingga timbullah gaya putar pada rotor yang mendorong rotor untuk berputar dengan kecepatan sinkron dan akan mengikuti persamaan :

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p}$$

(2.4)

N_s = kecepatan putar dari medan putar stator dalam rpm

f = Frekuensi arus dan tegangan stator

P = Banyaknya kutub

Garis-garis gaya fluks dari stator tersebut yang berputar akan memotong penghantar-penghantar rotor sehingga pada penghantar rotor tersebut timbul Gaya Gerak Listrik (GGL) atau tegangan induksi.^[10]

Berhubung kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup maka pada kumparan tersebut mengalir arus. Arus yang mengalir pada penghantar rotor yang berada dalam medan magnet berputar dari stator, maka pada penghantar rotor tersebut timbul gaya-gaya yang berpasangan dan berlawanan arah, gaya tersebut menimbulkan torsi yang cenderung memutar rotornya, rotor akan berputar dengan kecepatan (N_r) mengikuti putaran medan putar stator (N_s).

2.4.4 Memilih Motor Induksi

Motor Induksi yang merupakan peralatan penting untuk digunakan sebagai penggerak utama harus berjalan dengan baik. Oleh karena itu, perlu perhatian sepenuhnya dalam pemilihan jenis motor yang paling tepat dengan mempertimbangkan sejumlah faktor teknis untuk setiap aplikasi, sehingga motor akan memberikan kinerja yang diinginkan dan optimal. Karakteristik motor bervariasi dengan sifat aplikasi dan jenis tugas yang diharapkan. Untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak, motor listrik dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu, Daya listrik yang digunakan, Kecepatan putaran yang

dihasilkan, dan tenaganya(Torsi). Dari ketiga faktor tersebut memiliki hubungan antara yang satu dengan yang lain yaitu semakin besar daya listrik yang digunakan maka semakin besar pula torsi yang dihasilkan dan semakin kecil daya listrik yang digunakan maka semakin kecil pula torsi yang dihasilkan. Begitu juga dengan kecepatan putaran motor, semakin besar kecepatan putaran motor maka semakin kecil torsi yang dihasilkan dan semakin kecil kecepatan putaran motor maka semakin besar torsi yang dihasilkan.

2.5 Diagram Pengawatan

Diagram Pengawatan merupakan sebuah gambar elektroteknik yang dinyatakan dengan simbol–simbol yang menyatakan hubungan antara bagian–bagian peralatan atau suatu instalasi listrik.

2.5.1 Manfaat Diagram Pengawatan

1. Mengetahui prinsip kerja suatu peralatan atau instalasi.
2. Membantu pelaksanaan pemasangan suatu peralatan atau instalasi.
3. Mempermudah dalam menelusuri, mengusut gangguan pada suatu peralatan atau instalasi.

2.5.2 Macam-Macam Diagram Pengawatan

1. Diagram Layout, adalah diagram yang menyatakan tata letak alat atau terminal dan sejenisnya.
2. Diagram Internal, adalah diagram yang menyatakan rangkaian internal suatu alat, mislanya diagram internal alat ukur.
3. Diagram Penyambungan, adalah diagram yang menyatakan nomor terminal dari suatu alat yang harus disambungkan ke nomor terminal dari alat yang lain dengan menggunakan penghantar/kawat.

4. Diagram Terminal, adalah diagram yang menyatakan penghantar-pengantar dengan kode pengawatan tertentu yang tersambung pada suatu terminal.
5. Diagram garis tunggal, merupakan gambaran sederhana dari suatu sirkit yang menunjukan bagian-bagian pentingnya saja namun dapat menggambarkan cara operasi dan fungsi kelompok dari suatu instalasi listrik, sirkit biasanya digambarkan dalam bentuk garis tunggal dan huruf atau simbol yang sesuai.^[11]