



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
REPUBLIK INDONESIA

2013



Teknik Penerangan listrik

Semester 3

kelas

XI

PENULIS

KATA PENGANTAR

Bahan ajar ini disusun dalam bentuk modul/paket pembelajaran yang berisi uraian materi untuk mendukung penguasaan kompetensi tertentu yang ditulis secara sequensial, sistematis dan sesuai dengan prinsip pembelajaran dengan pendekatan kompetensi (*Competency Based Training*). Untuk itu modul ini sangat sesuai dan mudah untuk dipelajari secara mandiri dan individual. Oleh karena itu walaupun modul ini dipersiapkan untuk peserta siswa SMK dapat digunakan juga untuk diklat lain yang sejenis.

Dalam penggunaannya, bahan ajar ini tetap mengharapkan asas keluwesan dan keterlaksanaannya, yang menyesuaikan dengan karakteristik peserta, kondisi fasilitas dan tujuan kurikulum/program, guna merealisasikan penyelenggaraan pembelajaran di SMK. Penyusunan Bahan Ajar Modul bertujuan untuk menyediakan bahan ajar berupa modul produktif sesuai tuntutan penguasaan kompetensi tamatan SMK sesuai program keahlian.

Demikian, mudah -mudahan modul ini dapat bermanfaat dalam mendukung pengembangan pendidikan kejuruan, khususnya dalam pembekalan kompetensi kejuruan peserta diklat.

Bandung, Januari 2014
P4TK BMTI Bandung,

(-----)
NIP

DAFTAR ISI

PENULIS	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. DESKRIPSI JUDUL	1
B. PRASYARAT	1
C. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL.....	2
D. TUJUAN.....	3
E. KOMPETENSI	3
F. CEK KEMAMPUAN	3
PERATURAN UMUM INSTALASI LISTRIK.....	5
Part B.....	191
Part B.....	196
DAFTAR PUSTAKA.....	244

BAB I

PENDAHULUAN

A. DESKRIPSI JUDUL

Semua orang menyadari bahwa cahaya membantu mereka untuk melihat suatu obyek yang diinginkannya. Contoh dengan cahaya yang terang, orang dapat membedakan berbagai warna, membedakan kecantikan disekitarnya, menikmati keindahan panorama, menyaksikan atraksi-atraksi menarik dan lain sebagainya. Pendekkata cahaya merupakan sesuatu yang penting bagi manusia karena dapat merangsang mata sehingga menghasilkan penglihatan.

Melaksanakan Instalasi Listrik Penerangan merupakan modul teori dan atau praktikum yang membahas secara lengkap rangkaian instalasi listrik penerangan, melaksanakan instalasi listrik penerangan dan menguji fungsi hasil pekerjaan instalasi listrik penerangan. Modul ini terdiri dari beberapa kegiatan belajar, yaitu mencakup dalam menafsirkan gambar kerja, fungsi, cara pemasangan dan penggunaan dari komponen instalasi listrik penerangan. Dengan menguasai modul ini diharapkan siswa mampu melaksanakan pekerjaan instalasi listrik penerangan dan menguji fungsi hasil instalasi dengan baik.

B. PRASYARAT

Untuk mengerjakan modul Melaksanakan Instalasi Listrik Penerangan memerlukan kemampuan awal yang harus dimiliki siswa, yaitu:

- a. Siswa telah menguasai symbol-simbol kelistrikan dan penerapannya.
- b. Siswa telah menguasai gambar diagram suatu kawat dan gambar pelaksanaan.
- c. Siswa mampu menentukan komponen instalasi listrik penerangan.

- d. Siswa mampu merencanakan tata letak komponen dan membuat jalur papan rangkaian.
- e. Siswa mampu merencanakan tata letak dan jalur sambungan berdasarkan diagram skema.
- f. Siswa menguasai tehnik pembuatan mata kabel dan macam-macam sambungan kabel.
- g. Siswa mampu menggunakan peralatan listrik sesuai dengan fungsinya.
- h. Siswa menguasai tindakan keselamatan.

C. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mempelajari modul ini antara lain:

1. Persiapkan alat dan bahan yang digunakan pada setiap kegiatan belajar.
2. Lakukan setiap kegiatan belajar dengan cermat. Pembelajaran pengetahuan (teori) setiap kegiatan belajar melalui instruktur.
3. Pengujian penguasaan materi setiap kegiatan belajar dengan mengerjakan lembar kerja dan lembar latihan.
4. Pembelajaran ketrampilan (praktik) setiap kegiatan belajar dalam pengawasan instruktur dan secara bersamaan instruktur mengevaluasi kinerja siswa secara individu atau kelompok.
5. Setelah semua kegiatan belajar diselesaikan, dilakukan evaluasi kognitif dan evaluasi psikomotor dengan mengerjakan lembar evaluasi.
6. Siswa dinyatakan verhasil, jika memperoleh skor minimal 7,0.
7. Kembalikan semua peralatan praktik yang digunakan.
8. Bersihkan dan rapikan tempat praktik.

D. TUJUAN

1. Tujuan Antara.

- a. Siswa dapat menjelaskan fungsi dan penggunaan dari komponen instalasi listrik penerangan.
- b. Siswa dapat menjelaskan gambar rangkaian instalasi listrik penerangan dan cara kerjanya.
- c. Siswa dapat memilih komponen instalasi untuk listrik penerangan.
- d. Siswa dapat melakukan tehnik pembuatan mata kabel dan tehnik sambungan ekor babi dengan baik.
- e. Siswa dapat melaksanakn instalasi listrik penerangan sesuai dengan gambar rangkaian.
- f. Siswa dapat melakukan uji fungsi hasil instalasi sesuai dengan gambar rangkaian.

2. Tujuan Akhir.

- a. Siswa mampu melaksanakan pekerjaan instalasi listrik penerangan.
- b. Siswa mampu menguji fungsi hasil pekerjaan instalasi listrik penerangan.

E. KOMPETENSI

Pembelajaran dari modul ini akan menghasilkan siswa didik / diklat yang dapat memasang instalasi listrik penerangan baik gedung atau rumah dengan benar dan rapi sesuai dengan ruangan yang ditanganinya.

F. CEK KEMAMPUAN

Pada awal pembelajaran siswa didik diberi tugas untuk memasang instalasi listrik penerangan sederhana dengan benar dan rapi sesuai dengan ruangan yang ditanganinya. Apabila siswa telah dapat melaksanakan tugas tersebut dengan benar,

maka siswa yang bersangkutan sudah dapat ujian untuk mendapatkan sertifikat, dan tidak perlu mengikuti modul ini serta diperbolehkan langsung mengikuti modul berikutnya.

1. Jelaskan fungsi lampu penerangan pada bangunan gedung?
2. Gambarkan instalasi lampu penerangan menggunakan 1 saklar silang dan 2 buah lampu?
3. Sebutkan macam-macam komponen lampu penerangan pada bangunan gedung
4. Sebutkan apa saja komponen dan sirkit instalasi listrik tegangan rendah fasa tunggal dan fasa tiga yang digunakan untuk penerangan piranti elektronika dan piranti rumah tangga?
5. Sebutkan macam-macam piranti elektronik dan piranti rumah tangga (*home appliances*) ?
6. Mjelaskan fungsi lampu penerangan jalan umum (PJU) dan lampu penerangan lapangan (*out door*)?
7. Mendeskripsikan karakteristik lampu penerangan jalan umum (PJU) dan lampu penerangan lapangan (*out door*)?
8. Sebutkan fungsi-fungsi lampu tanda (tanda bahaya, lampu lalu lintas, papan reklame/*Billboard* dan lampu kabut)?

PERATURAN UMUM INSTALASI LISTRIK

Keselamatan Kerja

Dalam pemasangan instalasi listrik, biasanya rawan terhadap terjadinya kecelakaan. Kecelakaan bisa timbul akibat adanya sentuh langsung dengan penghantar beraliran arus atau kesalahan dalam prosedur pemasangan instalasi. Oleh karena itu perlu diperhatikan hal-hal yang berkaitan dengan bahaya listrik serta tindakan keselamatan kerja. Beberapa penyebab terjadinya kecelakaan listrik diantaranya :

- Kabel atau hantaran pada instalasi listrik terbuka dan apabila tersentuh akan menimbulkan bahaya kejut.
- Jaringan dengan hantaran telanjang
- Peralatan listrik yang rusak
- Kebocoran listrik pada peralatan listrik dengan rangka dari logam, apabila terjadi kebocoran arus dapat menimbulkan tegangan pada rangka atau body
- Peralatan atau hubungan listrik yang dibiarkan terbuka
- Penggantian kawat sekering yang tidak sesuai dengan kapasitasnya sehingga dapat menimbulkan bahaya kebakaran
- Penyambungan peralatan listrik pada kotak kontak (stop kontak) dengan kontak tusuk lebih dari satu (bertumpuk).

Contoh langkah-langkah keselamatan kerja berhubungan dengan peralatan listrik, tempat kerja, dan cara-cara melakukan pekerjaan pemasangan instalasi listrik dapat diikuti petunjuk berikut :

1. Menurut PUIL ayat 920 B6, beberapa ketentuan peralatan listrik diantaranya :

- a) Peralatan yang rusak harus segera diganti dan diperbaiki. Untuk peralatan rumah tangga seperti sakelar, fitting, kotak-kontak, setrika listrik, pompa listrik yang dapat mengakibatkan kecelakaan listrik.
 - b) Tidak diperbolehkan :
 - Mengganti pengaman *arus lebih* dengan kapasitas yang lebih besar
 - Mengganti kawat pengaman lebur dengan kawat yang kapasitasnya lebih besar
 - Memasang kawat tambahan pada pengaman lebur untuk menambah daya
 - c) Bagian yang bertegangan harus ditutup dan tidak boleh disentuh seperti terminal-terminal sambungan kabel, dan lain-lain
 - d) Peralatan listrik yang rangkaiannya terbuat dari logam harus ditanahkan
2. Menurut PUIL ayat 920 A1, tentang keselamatan kerja berkaitan dengan tempat kerja, diantaranya :
- a) Ruang yang didalamnya terdapat peralatan listrik terbuka, harus diberi tanda peringatan “ AWAS BERBAHAYA”
 - b) Berhati-hatilah bekerja dibawah jaringan listrik
 - c) Perlu digunakan peralatan pelindung bila bekerja di daerah yang rawan bahaya listrik
3. Pelaksanaan pekerjaan instalasi listrik yang mendukung pada keselamatan kerja, antara lain :
- Pekerja instalasi listrik harus memiliki pengetahuan yang telah ditetapkan oleh PLN (AKLI)

- Pekerja harus dilengkapi dengan peralatan pelindung seperti : Baju pengaman (lengan panjang, tidak mengandung logam, kuat dan tahan terhadap gesekan), Sepatu, Helm, Sarung tangan.
- Peralatan (komponen) listrik dan cara pemasangan instalasinya harus sesuai dengan PUIL.
- Bekerja dengan menggunakan peralatan yang baik
- Tidak memasang tusuk kontak secara bertumpuk
- Tidak boleh melepas tusuk kontak dengan cara menarik kabelnya, tetapi dengan cara memegang dan menarik tusuk kontak tersebut.

Peraturan

Sistem penyaluran dan cara pemasangan instalasi listrik di Indonesia harus mengikuti aturan yang ditetapkan oleh PUIL (Peraturan umum Instalasi Listrik) yang diterbitkan tahun 1977, kemudian direvisi tahun 1987 dan terakhir tahun 2000. Tujuan dari Peraturan umum Instalasi Listrik 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.

Agar energi listrik dapat dimanfaatkan secara aman dan efisien, maka ada syarat-syarat yang harus dipatuhi oleh pengguna energi listrik. Peraturan instalasi listrik terdapat dalam buku Peraturan Umum Instalasi Listrik atau yang sering disingkat dengan PUIL. Di mulai dari tahun 2000, kemudian direvisi tahun 1987, dan terakhir tahun 2000. Sistem instalasi listrik yang dimulai dari sumber listrik (tegangan,

frekwensi), peralatan listrik, cara pemasangan, pemeliharaan dan keamanan, sudah diatur dalam PUIL. Jadi setiap perencana instalasi listrik, instalatir (pelaksana), Operator, pemeriksa dan pemakai jasa listrik wajib mengetahui dan memahami Peraturan Umum Instalasi listrik (PUIL).

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.
- Instalasi listrik pertambangan di bawah tanah.
- Instalasi tegangan rendah tidak melebihi 25 V dan daya kurang dari 100 W.
- Instalasi khusus yang diawasi oleh instansi yang berwenang (misalnya : instalasi untuk telekomunikasi, pengawasan, pembangkitan, transmisi, distribusi tenaga listrik untuk daerah wewenang instansi kelistrikan tersebut).

Pada ayat 103 A1 dari PUIL merupakan peraturan lain yang berkaitan dengan instalasi listrik, yakni :

- a. Undang-Undang No. 1 tahun 1970, tentang Keselamatan Kerja.
- b. Peraturan Bangunan Nasional.
- c. Peraturan Pemerintah No. 18 tahun 1972, tentang Perusahaan Listrik Negara.
- d. Peraturan lainnya mengenai kelistrikan yang tidak bertentangan dengan PUIL.

Suatu peralatan listrik boleh dipergunakan untuk instalasi apabila :

- Memenuhi ketentuan-ketentuan PUIL 2000.
- Telah mendapat pengesahan atau izin dari instansi yang berwenang (ayat 202 A2)

Berdasarkan ketentuan PUIL 2000 ayat 202 B1 : semua instalasi yang selesai dipasang sebelum dipergunakan harus diperiksa dan diuji lebih dahulu. Menurut ayat 110 T16, tegangan dibagi menjadi :

- Tegangan rendah (sampai 1000 V)
- Tegangan Menengah (1000 V – 20 kV)
- Tegangan Tinggi (di atas 20 kV)

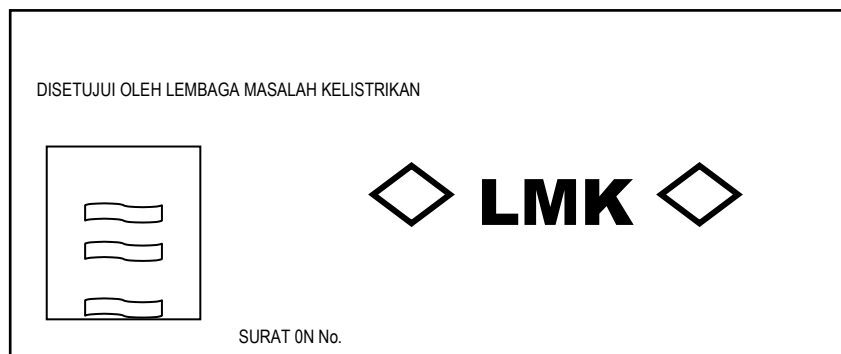
Pengujian Peralatan Listrik

Di negara kita semua peralatan listrik sebelum digunakan oleh konsumen harus melalui uji kelayakan. Menurut ayat 202 A2 semua peralatan listrik yang akan dipergunakan instalasi harus memenuhi ketentuan PUIL. Di Indonesia peralatan listrik diuji oleh suatu lembaga dari Perusahaan Umum Listrik Negara, yaitu Lembaga Masalah Kelistrikan disingkat LMK.



Tanda Persetujuan Pengujiam dari LMK

Peralatan listrik yang mutunya diawasi oleh LMK dan disetujui, diizinkan untuk memakai tanda LMK. Bahan yang berselubung bahan termoplastik, misalnya berselubung PVC, tanda ini dibuat timbul dan diletakan pada selubung luar kabel. Lambang persetujuan ini dipasang pada kabel yang berselubung PVC, misalnya kabel NYM. Sedangkan unruk kabel yang kecil seperti NYA, lambang persetujuan dari LMK berupa kartu yang ditunjukkan pada gambar 1.2.



Tanda Persetujuan Penguji dari LMK

Di negara kita peralatan listrik yang telah diawasi mutu produksinya oleh LMK baru kabel-kabel buatan dalam negeri.

2. Jenis-jenis lampu penerangan

Jenis-jenis lampu banyak kita jumpai di toko. Lampu-lampu ini mempunyai bentuk dan fungsi serta ukuran yang berbeda. Jenis lampu tersebut merupakan upaya pabrik untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Lampu merupakan alat untuk memberikan penerangan, baik di dalam rumah maupun di luar rumah. Bahkan, lampu juga dipasang di kendaraan-kendaraan. Khusus untuk penerangan rumah, lampu sangat dibutuhkan dan disesuaikan dengan tata letaknya.

Setiap ruang di rumah membutuhkan penerangan yang berbeda. Oleh karena itu, kita harus memahami tata letak lampu ini agar fungsi dan manfaatnya benar-benar dapat kita peroleh.

Tentunya, jika kita salah meletakkan lampu di ruangan, maka hasil penerangannya tidak dapat maksimal. Misalnya, ruangan yang luas tidak mungkin kita pasang lampu dengan jenis lampu kecil.

Begitu juga halnya dengan ruangan yang kecil tidak mungkin dipasang lampu dengan ukuran yang besar. Atau, tidak mungkin lampu taman kita pasang di dalam ruang tamu atau ruang keluarga.

Di masyarakat, kita mengenal ada beragam jenis lampu yang dapat kita gunakan untuk memenuhi kebutuhan penerangan. Jika kita datang ke toko dan menyatakan keinginan untuk membeli lampu, maka pelayan akan segera menanyakan jenis lampu yang kita inginkan. Oleh karena itulah, maka kita perlu memahami jenis lampu dan juga ukuran lampu.

Dengan cara seperti ini, maka kita dapat memperoleh lampu sesuai dengan kebutuhan. Walau sebenarnya dapat saja lampu-lampu tersebut dipasang sembarang, tetapi hasilnya pasti tidak sesuai dengan harapannya. Beberapa jenis lampu yang dapat kita utarakan dalam hal ini adalah halogen, pijar, TL, dan LED.

Setiap jenis lampu tersebut mempunyai ciri khusus dan selanjutnya dipergunakan pada tempat yang berbeda, yaitu sebagai berikut.

a. Lampu Halogen

Lampu ini menggunakan kawat dari bahan tungsten dan di dalam ruang vakumnya diberi gas. Gas ini mempunyai fungsi menciptakan sinar yang kuat. Lampu halogen ini digunakan sebagai lampu sorot.

b. Lampu Pijar

Lampu jenis ini berpijar kawat filamennya saat aliran listrik mengalirinya. Pijaran kawat inilah yang berubah menjadi cahaya. Jenis ini sangat mudah menyala tetapi sangat panas untuk pemakaian yang relatif lama. Oleh karena itu, lampu jenis ini boros energi.

c. Lampu TL

Lampu ini menyala sebab adanya bahan fosfor yang mengubah sinar ultraviolet menjadi cahaya. Jenis lampu ini lebih terang dan hemat dibandingkan lampu pijar.

d. Lampu LED

Lampu LED ini merupakan jenis lampu yang paling hemat pemakaian energinya. Lampu ini konstruksinya kecil sehingga dapat diterapkan dalam berbagai aplikasi. Disamping itu, warna yang dihasilkan berwarna-warni sehingga nampak indah.

Jenis-jenis lampu memang sangat menguntungkan bagi kehidupan kita. Dengan mempergunakan jenis lampu yang sesuai, maka dekorasi rumah kita dapat menjadi indah. Selamat mempergunakannya.

Penerangan dengan lampu disebut juga penerangan buatan karena di buat oleh tangan manusia, lampu menjadi elemen yang sangat vital untuk penerangan pada malam hari karena kemudahan memakai lampu dibandingkan sumber cahaya lain seperti cempluk (lampu minyak), obor, atau penerangan lain. Berbagai jenis lampu tersedia di pasaran dan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri. Memilih jenis lampu hemat energi, misalnya, akan mempengaruhi keawetan (lama waktu kita memakai lampu tersebut) serta biaya listrik operasional yang dibutuhkannya. Apa saja jenis lampu dan kelebihan serta kekurangannya?

Lampu Pijar (biasa)



Warna cahaya lampu pijar adalah kuning

derajat suhu warna 2'500 – 2'700 K (Kelvin) Jenis lampu yang dikembangkan Thomas Alfa Edison ini memakai filamen tungsten yaitu semacam kawat pijar didalam bola kaca yang diisi gas nitrogen, argon, kripton, hidrogen dan sebagainya. Lampu ini membutuhkan lebih banyak energi dibandingkan lampu TL untuk mendapatkan tingkat terang yang sama. Lampu pijar atau bohlam biasa ini hanya bertahan 1000 jam atau untuk rata-rata pemakaian 10 jam sehari semalam, hanya bertahan kira-kira 3 – 4 bulan, dan setelah itu kita harus membeli bohlam baru.

Banyak orang menyukai menggunakan lampu pijar karena warna yang ditimbulkannya. Warna kuning lampu pijar terasa hangat. Namun yang membeli lampu pijar karena harganya yang relatif murah juga tidak sedikit. Sebaiknya kita memperhatikan bahwa lampu pijar memang murah, namun hanya bertahan 3-4 bulanan saja.

Lampu TL (Fluorescent)



Jenis lampu ini juga dikenal dengan lampu neon. Dewasa ini lampu neon bentuknya macam-macam, ada yang bentuknya memanjang biasa, bentuk spiral atau tornado, dan ada juga yang bentuk memanjang vertikal dengan fitting (bentuk pemasangan ke kap lampu) yang mirip seperti lampu pijar biasa. Lampu TL lebih hemat energi dibandingkan lampu pijar, karena lebih terang. Untuk lampu TL yang baik (merk bagus), bisa bertahan 15.000 jam atau setara dengan 10 tahun pemakaian, harganya juga sekitar 10x lampu pijar biasa. Sedangkan lampu TL yang berkualitas buruk mungkin bisa bertahan 4-6 bulan saja (dewasa ini banyak bermunculan merk lampu 'hemat energi' yang murah, namun kualitasnya rendah).

Lampu TL saat ini juga banyak memiliki varian dan bentuk seperti diatas dengan fitting ulir yang biasa dipakai untuk lampu bohlam biasa.



Lampu TL yang banyak digunakan sejak dulu dengan fitting khusus untuk lampu TL yang panjang.

Dengan jumlah watt (energi listrik) yang lebih kecil, lampu TL atau neon lebih murah digunakan daripada membeli lampu pijar biasa, dan saat ini jenis lampu TL juga bervariasi baik bentuk, fitting pemasangan, serta warna cahayanya ada yang putih, kuning, dan warna lainnya. Dengan keseimbangan antara harga dan lama pemakaian, lampu TL banyak digunakan untuk penerangan toko, mall, serta tempat-tempat lain yang membutuhkan cahaya terang dan lebih hemat energi.

Warna cahaya lampu pijar adalah:

kuning (2'700 K – 3'000 K)

netral (3'500 K – 4'500 K)

putih (5'500 K – 6'500 K)

Lampu Halogen



lampu halogen biasanya memiliki reflektor (cermin dibelakangnya) untuk memperkuat cahaya yang keluar. Fittingnya biasanya khusus, namun saat ini ada pula yang dengan jenis fitting biasa.

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.

Warna cahaya lampu halogen adalah:

halogen biasa: kuning 3'000 K

halogen high pressure: putih 6'000 K

Lampu LED



Lampu ini merupakan sirkuit semikonduktor yang memancarkan cahaya ketika dialiri listrik. Sifatnya berbeda dengan filamen yang harus dipijarkan (dibakar) atau lampu TL yang merupakan pijaran partikel. Lampu LED memancarkan cahaya lewat aliran listrik yang relatif tidak menghasilkan banyak panas. Karena itu lampu LED terasa dingin dipakai karena tidak menambah panas ruangan seperti lampu pijar. Lampu LED juga memiliki warna sinar yang beragam, yaitu putih, kuning, dan warna-warna lainnya.

Satu varian bentuk lampu LED, dimana bentuk lampu LED yang menggantikan bohlam bisa bermacam-macam. Yang pasti adalah lampu LED merupakan lampu berisi kumpulan LED kecil dengan warna putih atau kuning.

Lampu LED merupakan lampu paling hemat energi diantara jenis lampu lainnya, meskipun harganya relatif mahal. Saat artikel ini dibuat, lampu LED 4 watt kualitas bagus yang setara dengan lampu pijar 25 watt, harganya masih sekitar Rp140an ribu.

Meskipun demikian, lampu LED disarankan bagi Anda yang memperhatikan bahwa energi (watt) yang dipakai sangat kecil sehingga menggunakan lampu LED sama dengan menghemat listrik hingga 1/5 dari biasanya. Lampu LED juga bisa bertahan sangat lama hingga 20an tahun. Bila dibandingkan dengan menggunakan lampu pijar, maka dalam 20 tahun harus membeli atau mengganti sekitar 60an lampu pijar. Dengan asumsi harga lampu pijar biasa adalah Rp6.000,-, maka biaya yang harus dikeluarkan dengan menggunakan lampu pijar biasa adalah --Rp360.000,- tentunya lebih menarik untuk menggunakan lampu LED. Adapun saat ini, terdapat juga lampu LED sekitar 3 watt setara bohlam 20an watt 'made in China' yang murah meriah seharga sekitar Rp 30an ribu, namun jangka keawetannya belum dijamin dengan baik.

3. Perhitungan kuantitas luminasi

Setelah mempelajari rangkaian materi ini siswa mampu :

Menjelaskan susunan spektrum gelombang elektromagnetis dan spektrum cahaya.

Menjelaskan proses penglihatan mata manusia, karakteristik kepekaan penglihatan, akomodasi dan adaptasi mata, kepekaan kontras dan ketajaman penglihatan.

Mengaplikasikan konsep besaran-besaran penerangan dalam perhitungan kebutuhan cahaya yang diperlukan suatu lokasi atau obyek meliputi.

- Perhitungan fluksi cahaya
- Perhitungan tingkat illuminasi
- Perhitungan intensitas cahaya dan luminasi

b. Pengertian Cahaya

Cahaya membantu kita untuk melihat suatu obyek yang kita inginkan. Karena adanya cahaya orang dapat mengatakan bahwa paras anak itu kelihatan cantik, rumah Bapak Yoseph kelihatannya besar, gunung itu kelihatannya tinggi dan seterusnya. Cahaya adalah energi Radian yang dapat merangsang retina mata, sehingga menghasilkan penglihatan.

Sedangkan energi Radian adalah energi yang dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetis.

c. Gelombang Elektromagnetis

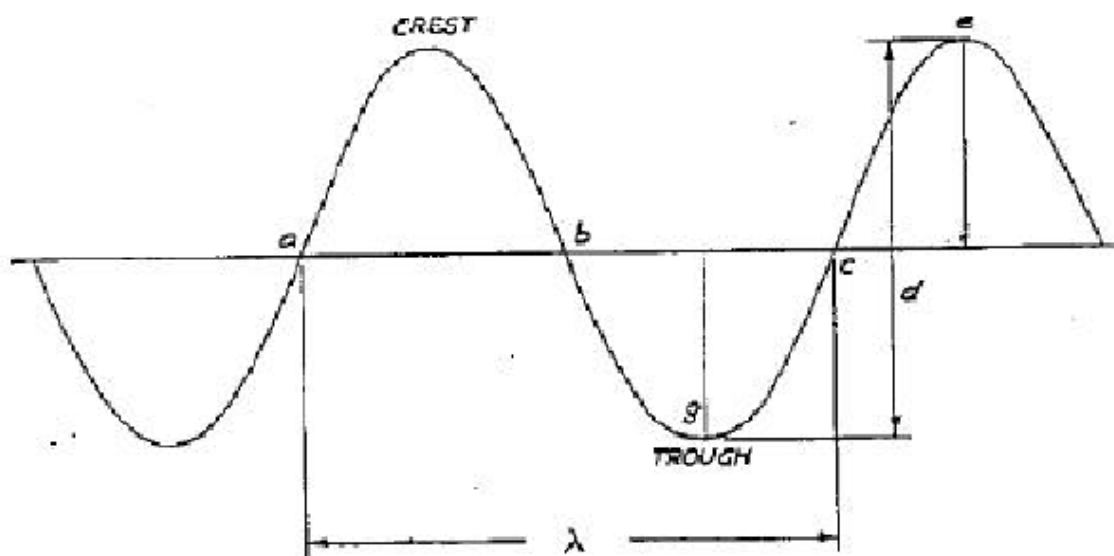
Dimanapun kita berada, setiap saat kita dilingkupi oleh beberapa energy Radian. Umumnya energi Radian dimaksud dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetis. Sebagai contoh : panas dan cahaya matahari adalah energi radian, stasiun pemancar radio dan televisi memancarkan programnya ke rumah-rumah dalam bentuk gelombang elektromagnetis.

Radar pesawat terbang dan radar kapal laut dapat mendeteksi sesuatu melewati gumpalan awan dan kabut karena adanya gelombang elektromagnetis. Sinar-X adalah energi radian yang dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetis. Sinar ini biasanya digunakan untuk mendeteksi bagian-bagian dalam tubuh manusia atau bagian-bagian mesin yang tersembunyi. Semua jenis pancaran atau radiasi elektromagnetis memiliki kesamaan yaitu bergerak dalam bentuk gelombang dengan kecepatan (V) yang sama. Perbedaannya adalah semua jenis pancaran atau radiasi elektromagnetis memiliki ketidaksamaan jumlah gelombang yang dihasilkan pada selang waktu tertentu (f) dan efek yang terjadi pada permukaan yang dikenainya.

c.1. Karakter Gelombang

Karakter suatu gelombang ditentukan oleh :

- Bentuk gelombang tersebut
- Panjang gelombangnya
- Amplitudonya



Gambar (2.1) Bentuk Gelombang Elektromagnetis

Satu gelombang penuh terdiri dari satu puncak (a-b) dan satu lembah (b-c).

Jarak antara titik puncak (e) dan titik lembah (g) disebut amplitudo (d).

Jarak titik (a) dan (c) disebut panjang gelombang (λ) Apabila kecepatan

rambat gelombang adalah v dan frekuensi getaran gelombang per detik

adalah f maka : $v = f \times (\lambda)$ Dari persamaan ini jelas bahwa gelombang elektromagnetis

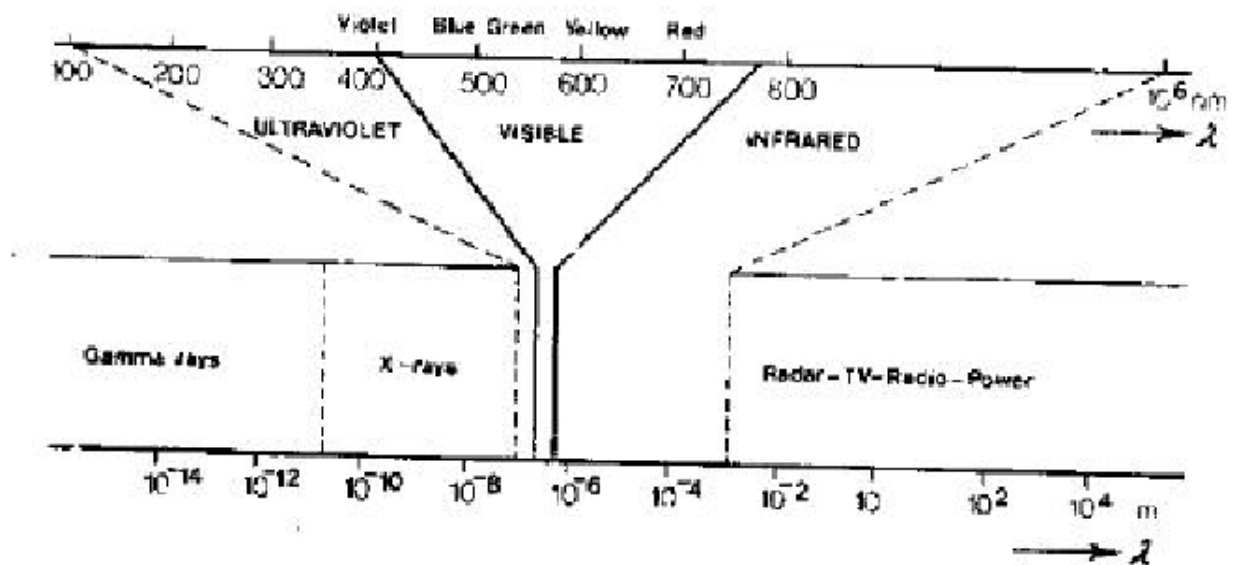
yang memiliki frekuensi tinggi akan memiliki panjang gelombang yang pendek. Panjang

gelombang elektromagnetik biasanya dinyatakan dalam satuan meter sedangkan frekwensi getarannya dinyatakan dalam satuan hertz.

C.2. Spektrum Gelombang Elektromagnetis

Telah dijelaskan bahwa semua jenis radiasi elektromagnetis memiliki kecepatan gerak v yang sama tetapi memiliki frekuensi getaran f yang tidak sama. Hal ini berarti bahwa semua jenis radiasi elektromagnetis dapat disusun dalam suatu deretan radiasi menurut tingkatan frekuensinya f ataupun tingkatan panjang gelombangnya (λ) Susunan deretan radiasi elektromagnetis seperti itu disebut spektrum gelombang elektromagnetis.

Spektrum adalah sebutan atau nama dari deretan radiasi yang disusun dalam bentuk panjang gelombang atau frekuensi. Jenis-jenis radiasi elektromagnetis dapat dilihat dalam gambar di bawah ini.



Gambar (2.2) Spektrum Gelombang Elektromagnetis

Urutan jenis-jenis radiasi elektromagnetis pada spektrum gelombang elektromagnetis, mulai dari panjang gelombang terpendek adalah; sinar cosmic, sinar gama, sinar-x,

radiasi vacuum ultraviolet, radiasi ultraviolet, cahaya tampak, radiasi infrared, gelombang radar, gelombang televisi, gelombang radio, gelombang transmisi daya.

d. Cahaya Tampak

Salah satu jenis radiasi elektromagnetis adalah cahaya tampak. Dengan adanya cahaya tampak ini orang dapat melihat objek di sekelilingnya kemudian berfikir dan memberi tanggapan. Peranan cahaya bukan hanya membantu orang untuk dapat melihat suatu objek, tetapi juga mempengaruhi proses berpikir orang tersebut untuk menetapkan tanggapan terhadap obyek yang dilihatnya.

d.1. Gelombang Cahaya

Energi cahaya yang dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetis memiliki panjang gelombang (λ) 380 nanometer sampai dengan 780 nanometer. Gelombang elektromagnetis ini (gelombang cahaya) bergerak dengan kecepatan V 299860 kilometer per detik atau sekitar 186000 mil per detik, dengan frekuensi getaran gelombang (f) 390×10^{12} hertz sampai dengan 790×10^{12} hertz. Ketiga besaran ini (V , λ dan f) adalah besaran-besaran gelombang cahaya. Notasi (V) menyatakan kecepatan rambat gelombang cahaya, diukur dalam satuan kilometer per detik.

Notasi λ menyatakan panjang gelombang cahaya, diukur dalam satuan nanometer,

notasi (f) menyatakan frekuensi getaran gelombang cahaya, diukur dalam satuan hertz.

Hubungan besaran-besaran cahaya ini ditunjukkan oleh persamaan $v = f \times \lambda$

Dimana

$$F = \lambda \frac{1}{T}$$

f (λ) dan T adalah periode waktu untuk satu gelombang penuh, dinyatakan dalam detik.

Contoh-contoh soal :

1. Sebuah lampu merkuri memancarkan cahaya dengan frekuensi $5,49337 \times 10^{14}$ hertz.

Berapa panjang gelombang cahaya lampu tersebut ?

Jawab :

Kecepatan rambat gelombang semua jenis radiasi elektromagnetis sama yaitu 299860 kilometer per detik. Cahaya lampu merkuri adalah salah satu jenis radiasi elektromagnetis dimaksud. Oleh karena itu kecepatan rambat gelombangnya sama dengan 299860 kilometer per detik.

Selanjutnya :

$$V = f \times \lambda$$

$$\lambda = V/f$$

$$\lambda = \frac{299860 \times 10^{12}}{5,49337 \times 10^{14}}$$

$$\lambda = \frac{2998,6}{5,49337}$$

$$\lambda = 545,858 \text{ nanometer}$$

2. Sebuah lampu tabung memancarkan cahaya violet dengan panjang gelombang 400 nanometer. Hitunglah frekuensi getaran gelombang cahaya lampu tersebut.

Jawab :

Cahaya violet adalah salah satu jenis radiasi elektromagnetis. Oleh sebab itu kecepatan rambat gelombangnya adalah 299860 kilometer per detik. Selanjutnya :

$$v = f \times \lambda$$

$$f = v / \lambda$$

$$\lambda = \frac{299860 \times 10^{12}}{400} \text{ hertz}$$

$$\lambda = \frac{299860 \times 10^{10}}{4} \text{ hertz}$$

$$\lambda = 74965 \times 10^{10} \text{ hertz}$$

$$\lambda = 7,4965 \times 10^{14} \text{ hertz}$$

d.2. Spektrum Cahaya Tampak

Semua logam penghantar akan memijar jika dialiri arus listrik tertentu. Sebagai contoh, pada waktu menghidupkan kompor listrik, mula-mula terasa panas dari elemen pemanasnya.

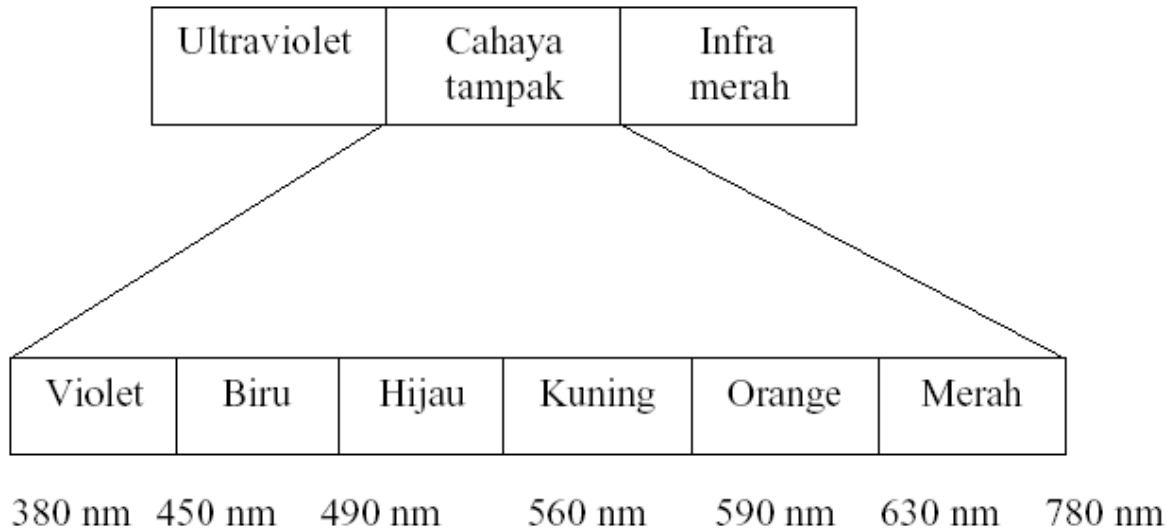
Beberapa saat kemudian elemen ini terlihat memijar. Jika saklar pengatur panas distel pada posisi tingkat pemanasan yang lebih tinggi maka pemijaran elemen pemanas akan bertambah terang.

Gejala yang sama dapat terjadi pada lampu pijar, yaitu apabila lampu ini beroperasi di atas tegangan normalnya amaka lampu akan terlihat lebih terang dari semula. Sebaliknya lampu akan terlihat suram apabila beroperasi dibawah tegangan normalnya. Gejala-gejala tersebut diatas memberi gambaran bahwa logam penghantar berarus listrik dapat menimbulkan rasa panas untuk nilai arus tertentu. x^2

Apabila nilai arus secara bertahap dinaikan, yaitu dengan mengatur tegangan kerja, maka pada awalnya logam mulai memancarkan cahaya merah, kemudian cahaya kuning dan akhirnya cahaya putih.

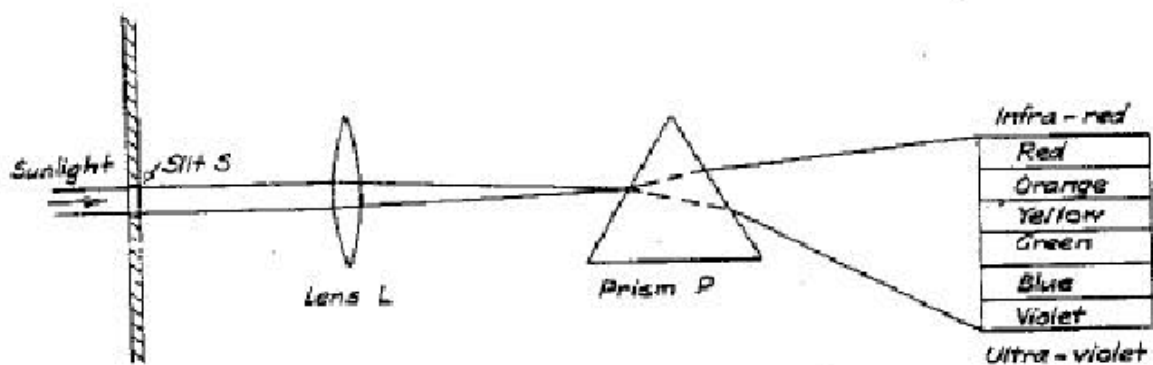
Warna-warna cahaya ini memiliki panjang gelombang (λ) yang berlainan. Cahaya merah memiliki (λ) lebih panjang dari cahaya kuning, seterusnya cahaya kuning memiliki (λ) lebih panjang dari cahaya putih. Warna-warna cahaya ini tersusun menurut panjang gelombangnya masing-masing dan susunan demikian disebut

spektrum cahaya tampak (perhatikan gambar di bawah ini).



Gambar (2.3). Spektrum Cahaya

Spektrum cahaya tampak dapat ditampilkan dengan cara sebagai berikut :



Gambar (2.4) Pembiasan Cahaya Matahari Oleh Prisma

Berkas cahaya matahari dilewatkan melalui cela S, yang kemudian dipertajam lensa L pada permukaan prisma P. Cahaya ini akan diuraikan prisma P kedalam beberapa jalur warna cahaya yaitu; merah, orange, kuning, hijau, biru dan violet. Masing-masing warna cahaya ini memiliki daerah panjang gelombang tertentu. Cahaya violet sekitar 380 nm sampai 450 nm, cahaya biru sekitar 450 nm sampai

dengan 490 nm, cahaya hijau sekitar 490 nm sampai dengan 560 nm, cahaya kuning sekitar 560 nm sampai dengan 590 nm, cahaya orange sekitar 590 nm sampai dengan 630 nm, cahaya merah sekitar 630 nm sampai dengan 780 nm.

e. Radiasi Ultraviolet dan Inframerah

Ultraviolet teradiasi dibawah panjang gelombang cahaya tampak, sedangkan inframerah teradiasi di atas panjang gelombang cahaya tampak. Kata ultra berarti di luar, jadi ultraviolet adalah radiasi elektromagnetis yang memiliki panjang gelombang ataupun frekuensi di luar cahaya tampak. Kata infra berarti di bawah, jadi inframerah adalah radiasi elektromagnetis yang memiliki frekuensi di bawah frekuensi cahaya tampak.

e.1. Radiasi Ultraviolet

Matahari sebagai sumber cahaya memancarkan tiga gelombang ultraviolet yaitu :

- Ultraviolet – A (UV-A), teradiasi diantara panjang gelombang 380 nm dan 320 nm.
- Ultraviolet – B (UV-B), teradiasi diantara panjang gelombang 320 nm dan 285 nm.
- Ultraviolet – C (UV-C), teradiasi diantara panjang gelombang 285 nm dan 220 nm.

UV-A dan UV-B dapat menembus atmosfer dan menjangkau manusia, sedangkan UV-C diserap atmosfer sehingga tidak menjangkau manusia di permukaan bumi.

UV-A tidak berbahaya, sedangkan UV-B dan UV-C berbahaya karena dapat

merusak kulit dan mata manusia. Disamping bahaya-bahaya yang ditimbulkan, ada juga manfaat ultraviolet bagi kehidupan manusia, diantaranya :

- UV-A dapat menghasilkan zat pewarna kulit.
- UV-B dapat menghasilkan vitamin D
- UV-C dapat membunuh sejumlah bakteri pembusuk sehingga dapat digunakan untuk maksud pengawetan.

Walaupun UV-C dari matahari tidak sampai ke permukaan bumi, namun jenis ultraviolet ini ada karena diradiasikan oleh lampu-lampu tabung tertentu dan mesin-mesin las.

e.2. Radiasi Inframerah

Inframerah teradiasi dalam daerah panjang gelombang 780 nm sampai 100 atau 200 mikrometer. Radiasi dalam jalur panjang gelombang ini merupakan radiasi panas. Oleh sebab itu radiasi panas disebut juga radiasi inframerah.

Dalam beberapa kondisi tertentu, radiasi inframerah membawa bahaya bagi manusia. Sebagai contoh : rusaknya mata manusia karena melihat gerhana matahari dengan mata telanjang. Pada saat terjadi gerhana matahari, radiasi inframerah dengan intensitas yang tinggi masuk ke dalam mata dan membakar retina sehingga mengakibatkan buta total. Para pekerja di Industri penempaan besi dan glass secara bertahap dikenai radiasi inframerah sehingga dalam selang waktu tertentu mendapat serangan sakit catarac mata. Disamping bahaya-bahaya tersebut di atas, radiasi inframerah dapat digunakan untuk hal-hal yang bermanfaat misalnya penggunaan lampu-lampu

inframerah sebagai :

- Lampu pengering cat mobil.
- Lampu pengering barang di industri
- Lampu penghangat ruangan tertentu (kamar mandi)
- Lampu untuk menyinari bagian tubuh yang sakit, dengan tujuan menghilangkan rasa sakit.

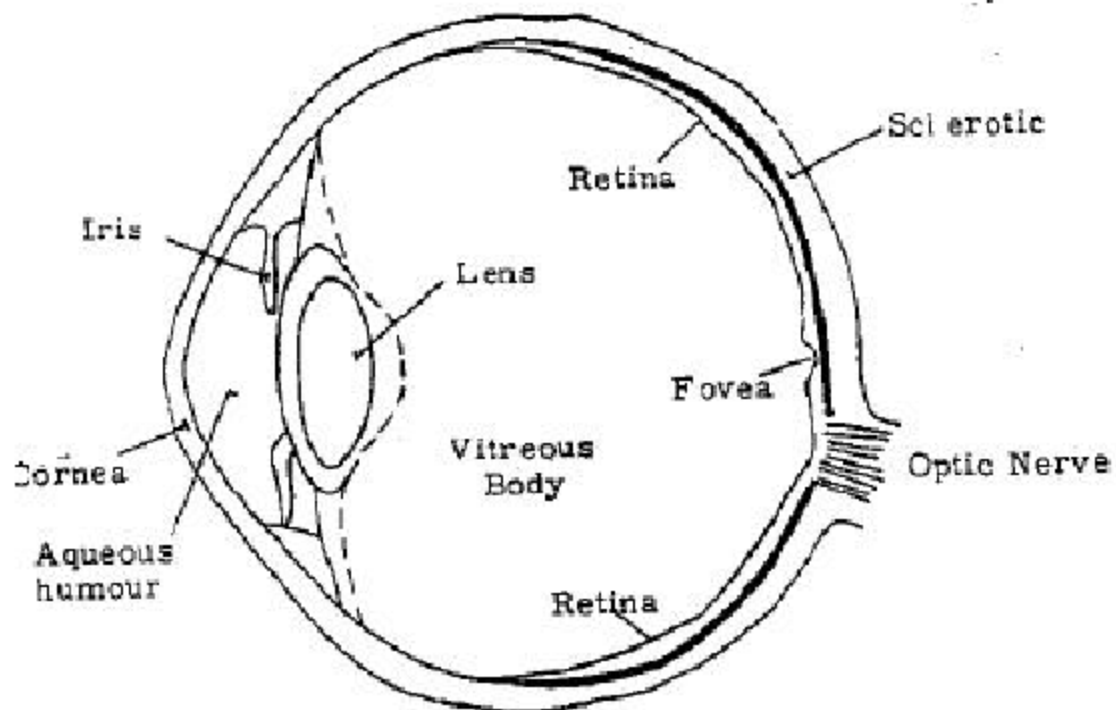
f. Penglihatan

Semua objek yang dilihat mata selalu diikuti dengan kerja otak untuk memberi tanggapan. Sebagai contoh, timbulnya rasa senang ketika melihat panorama yang indah. Dalam hal ini otak bekerja untuk memberi tanggapan bahwa panorama itu indah. Jadi proses melihat selalu meminta kerja otak untuk memberi tanggapan.

Suatu objek dapat dilihat dengan jelas jika disekeliling medan pandang ke objek itu tersedia penerangan yang memadai. Seluk beluk penerangan yang memadai dapat dipahami dengan terlebih dahulu mengetahui cara kerja mata, cara menghasilkan dan memanfaatkan cahaya dengan baik.

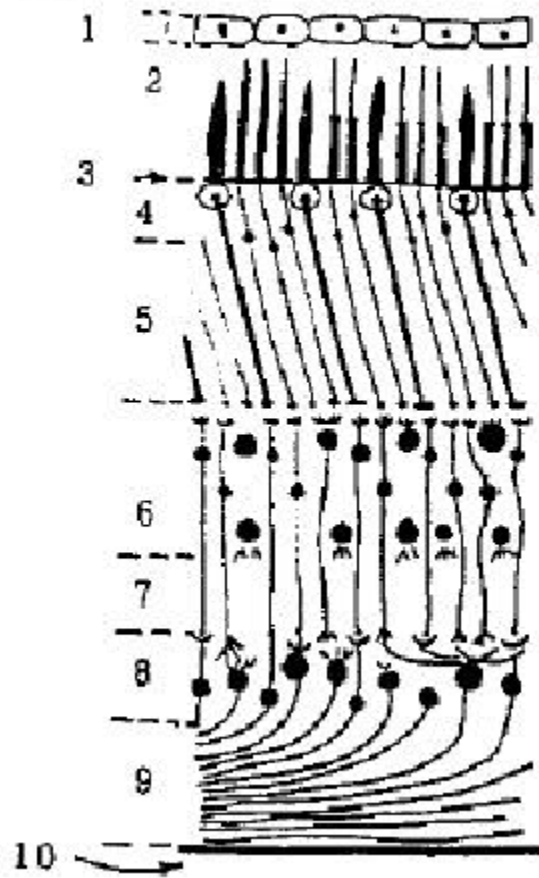
g. Mata Manusia

Bentuk mata manusia hampir bulat, berdiameter + 2,5 cm. Bagian luarnya terdapat lapisan pembungkus sclera yang mempunyai ketebalan + 1 mm.



Gambar (2.5) Konstruksi Mata Manusia

Seperenam luas sclera di bagian depan merupakan lapisan bening yang disebut cornea. Di sebelah dalam cornea ada iris dan pupil. Fungsi iris untuk mengatur bukaan pupil secara otomatis menurut jumlah cahaya yang masuk ke mata. Dalam keadaan terang bukaan pupil akan kecil, sedangkan dalam keadaan gelap bukaan pupil akan membesar. Diameter bukaan pupil berkisar antara 2 sampai 8 mm. Bagian penting mata lainnya adalah retina. Bagian ini merupakan lapisan sebelah dalam mata, dengan ketebalan 0,004 sampai 0,02 inchi.



Gambar (2.6) Konstruksi Bagian Retina Mata

1. Pigment epithelium
2. Layer of rods and cones
3. External limiting membrane
4. Outer nuclear layer
5. Outer fibre layer
6. Inner fibre layer
7. Layer of ganglion cells

8. Layer of optic nerve fibres

9. Internal limiting membrane

Retina terdiri atas lapisan saraf yang peka terhadap cahaya (Rod dan cone), lapisan cell bipolar, lapisan cell ganglion dan lapisan serat saraf optic. Retina mata manusia normal memiliki 100 juta rod dan cone, dengan perincian bahwa jumlah rod hampir sepuluh kali jumlah cone. Rod sangat peka cahaya tetapi tidak dapat membedakan warna, sedangkan cone kurang peka cahaya tetapi dapat membedakan warna. Rod tersebar sepanjang retina sedangkan cone terkonsentrasi pada fovea dan mempunyai hubungan tersendiri dengan serat saraf optik. Pada retina terdapat dua buah bintik yaitu bintik kuning (fovea) dan bintik buta (blind spot). Pada bintik kuning (fovea) terdapat sejumlah cone sedangkan pada bintik buta tidak terdapat cone maupun rod. Suatu objek dapat dilihat dengan jelas apabila bayangan objek tersebut tepat jatuh pada fovea. Dalam hal ini lensa mata akan bekerja otomatis untuk memfokuskan bayangan objek tersebut sehingga tepat jatuh pada bagian fovea.

Diantara cornea dan lensa mata terdapat semacam cairan encer (aqueous humour). Demikian pula antara lensa mata dan bagian belakang mata terisi semacam cairan kental (vitreous humour). Cairan ini bekerja bersama-sama lensa mata untuk membiaskan cahaya sehingga tepat jatuh pada fovea atau dekat fovea. Proses kerja mata manusia diawali dengan masuknya cahaya melalui bagian cornea, yang kemudian dibiaskan oleh aqueous humour ke arah pupil. Pada bagian pupil, jumlah cahaya yang masuk ke dalam mata dikontrol secara otomatis, dimana untuk jumlah cahaya yang banyak, bukaan pupil akan mengecil sedangkan untuk jumlah cahaya

yang sedikit bukaan pupil akan membesar. Lewat pupil, cahaya diteruskan ke bagian lensa mata, dan oleh lensa mata cahaya difokuskan ke bagian retina melalui vitreus humour. Cahaya ataupun objek yang telah difokuskan pada retina, merangsang rod dan cone untuk bekerja dan hasil kerja ini diteruskan ke seraf optik, ke otak dan kemudian otak bekerja untuk memberi tanggapan sehingga menghasilkan penglihatan.

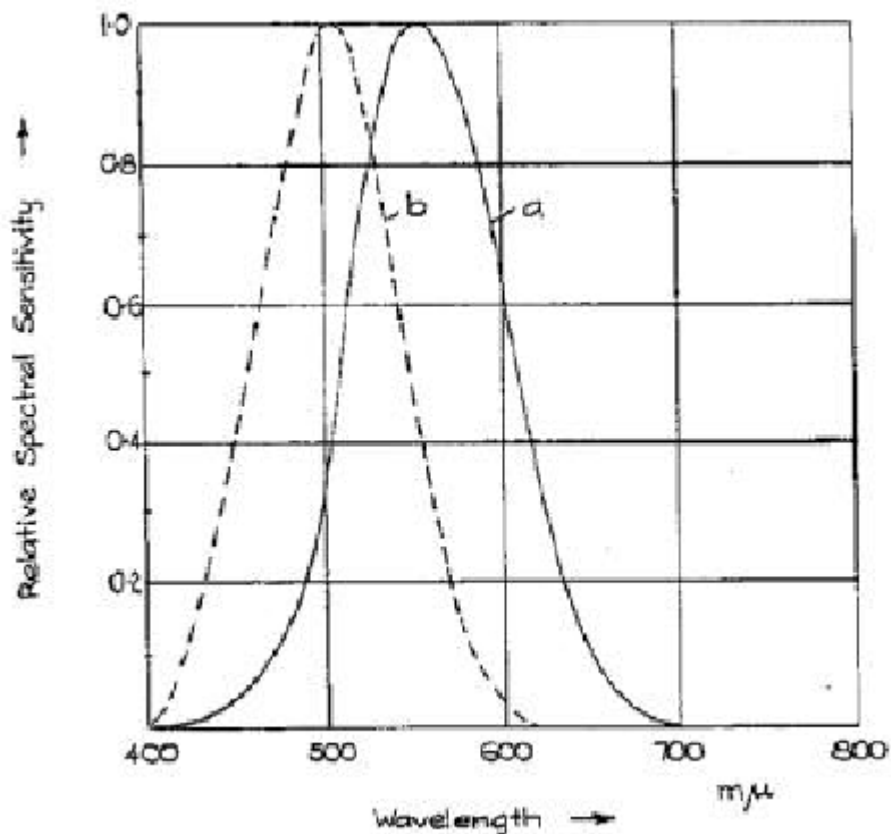
g.1. Karakteristik Kepekaan Penglihatan Mata Manusia

Tingkat kepekaan mata manusia terhadap cahaya akan rendah pada (λ) cahaya yang pendek dan pada (λ) cahaya yang panjang. Tetapi kepekaan dimaksud akan maksimum pada (λ) cahaya yang terletak dekat harga pertengahan dari skala panjang gelombang spektrum cahaya tampak.

Kepekaan mata terhadap berbagai jenis panjang gelombang/cahaya, tidak selamanya sama untuk setiap orang. Demikian pula halnya dengan kepekaan kerja rod dan cone pada retina mata. Rod bekerja untuk penglihatan dalam suasana kurang cahaya, misalnya pada malam hari (Scotopic vision).

Sedangkan cone bekerja untuk penglihatan dalam suasana terang, misalnya pada siang hari (photopic vision). Luminasi terendah dimana efek cahaya dapat menghasilkan penglihatan adalah 10^{-6} cd/m². Pada tingkat luminasi antara 10^{-6} cd/m² sampai dengan 10^{-2} cd/m², penglihatan mata adalah scotopic vision. Mata manusia dalam kondisi penglihatan ini belum dapat mendeteksi warna objek yang dilihat. Pada tingkat luminasi di atas 10^{-2} cd/m², penglihatan mata adalah photopic vision. Dalam kondisi penglihatan ini, mata manusia dapat mendeteksi warna objek yang dilihat. Oleh sebab itu

rencana penerangan interior harus menghasilkan kondisi penglihatan photopic vision. Kepekaan mata manusia untuk kedua jenis penglihatan (scotopic vision dan photopic vision), ditunjukkan oleh kurva karakteristik di bawah ini :



Gambar (2.7) Kurva Sensitivitas Penglihatan Mata Manusia

Kepekaan maksimum mata manusia untuk jenis penglihatan ‘scotopic vision’ jatuh pada panjang gelombang 507 nm, sedangkan untuk jenis penglihatan ‘photopic vision’ jatuh pada panjang gelombang 555 nm.

g.2. Akomodasi Mata Manusia

Telah dijelaskan bahwa suatu objek dapat dilihat dengan jelas apabila bayangan objek tersebut tepat jatuh pada bagian fovea. Untuk itu maka lensa mata harus dapat bekerja otomatis memfokuskan bayangan objek sehingga tepat jatuh pada bagian fovea. Kerja lensa mata bergantung pada jarak antara objek dan mata. Untuk objek yang dekat, lensa mata akan cenderung cembung sedangkan untuk objek yang jauh lensa mata akan cenderung menjadi plat. Kerja otomatis lensa mata ini disebut akomodasi mata. Untuk mata yang normal, akomodasi mata menghasilkan bayangan pada retina sedangkan untuk mata yang tidak normal (mata yang tidak dapat berakomodasi), maka bayangan obyek mungkin jatuh di bagian depan atau di bagian belakang retina.

Mata orang yang tidak dapat berakomodasi tetapi dapat melihat jelas objek di dekatnya, maka orang tersebut dikatakan berpenglihatan dekat. Dalam hal ini jarak antara lensa mata dan retina terlalu jauh sehingga bayangan obyek yang dilihatnya jatuh di depan retina. Untuk memperbaiki penglihatan ini maka orang tersebut dianjurkan menggunakan kaca mata dari jenis lensa cekung. Sedangkan mata orang yang tidak dapat berakomodasi tetapi dapat melihat jelas objek yang jauh dari padanya, maka orang tersebut dikatakan berpenglihatan jauh. Dalam hal ini jarak antara lensa mata dan retina terlalu dekat sehingga bayangan objek yang dilihatnya jatuh di belakang retina. Untuk memperbaiki penglihatan ini maka orang tersebut dianjurkan menggunakan kaca mata dari jenis lensa cembung.

Kemampuan akomodasi mata manusia biasanya berkurang sejalan dengan perubahan umur. Oleh sebab itu kesempurnaan penglihatan orang yang berusia lanjut sering harus dibantu dengan menggunakan kaca mata.

g.3. Adaptasi Mata Manusia

Mata manusia memiliki kemampuan untuk mengatur kepekaannya secara otomatis terhadap intensitas cahaya yang berlainan. Sebagai contoh : orang dari tempat terang memasuki suatu ruang gelap maka pada mulanya orang tersebut tidak dapat melihat obyek dalam ruangan itu tetapi beberapa saat kemudian dapat melihat. Selanjutnya orang yang keluar dari ruang gelap ke tempat terang maka pada awalnya timbul rasa menyilaukan yang kemudian diikuti dengan penyesuaian mata sampai menghasilkan penglihatan normal.

Kerja otomatis mata manusia untuk menyesuaikan penglihatan menurut besarnya intensitas cahaya ini (misalnya dari terang ke gelap atau sebaliknya), disebut adaptasi mata. Proses adaptasi mata manusia dari suasana terang ke suasana gelap atau sebaliknya dari suasana gelap ke suasana terang selalu membutuhkan waktu. Biasanya adaptasi mata dari suasana terang ke suasana gelap membutuhkan waktu lebih lama jika dibandingkan dengan adaptasi mata dari suasana gelap ke suasana terang.

g.4. Contrast

Untuk dapat melihat jelas suatu objek, perlu adanya contrast antara objek tersebut dengan latar belakangnya. Contrast diartikan sebagai perbedaan terang atau perbedaan warna objek yang dilihat dan latar belakangnya. Kepekaan contrast mata manusia terhadap objek yang dilihat dari latar

belakangnya, akan tinggi apabila objek dan latar belakang dimaksud terlihat lebih banyak memancarkan cahaya dibandingkan dengan cahaya yang dipancarkan oleh bagian-bagian lain di sekelilingnya. Apabila terjadi keadaan sebaliknya dimana daerah sekeliling obyek lebih banyak memancarkan cahaya (lebih terang) maka kepekaan contrast mata manusia akan rendah, sehingga akibatnya obyek yang dilihat tidak dapat diidentifikasi dengan jelas. Untuk itu maka pada tempat-tempat kerja seperti meja tulis atau meja baca, tempat mesin kerja, harus memiliki penerangan yang memadai.

g.5. Ketajaman Penglihatan

Kemampuan mata manusia untuk dapat melihat jelas suatu obyek secara mendetail disebut ketajaman penglihatan. Ketajaman penglihatan mata manusia terhadap suatu obyek ditentukan oleh tiga faktor sebagai berikut :

1. Berapa besar cahaya yang diperlukan untuk dapat melihat jelas suatu obyek.
2. Berapa besar sudut penglihatan ke arah obyek tersebut.
3. Bagaimana baiknya contrast antara obyek dimaksud dan latar belakangnya.

Dengan demikian untuk melihat jelas suatu obyek secara mendetail maka halhal yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Memasang penerangan yang memadai ke obyek tersebut.
2. Menambah contrast antara obyek dan latar belakangnya.
3. Memperbesar sudut penglihatan ke arah obyek tersebut dengan menggunakan lensa pembesar.

g.6. Faktor-Faktor Yang Merugikan Penglihatan

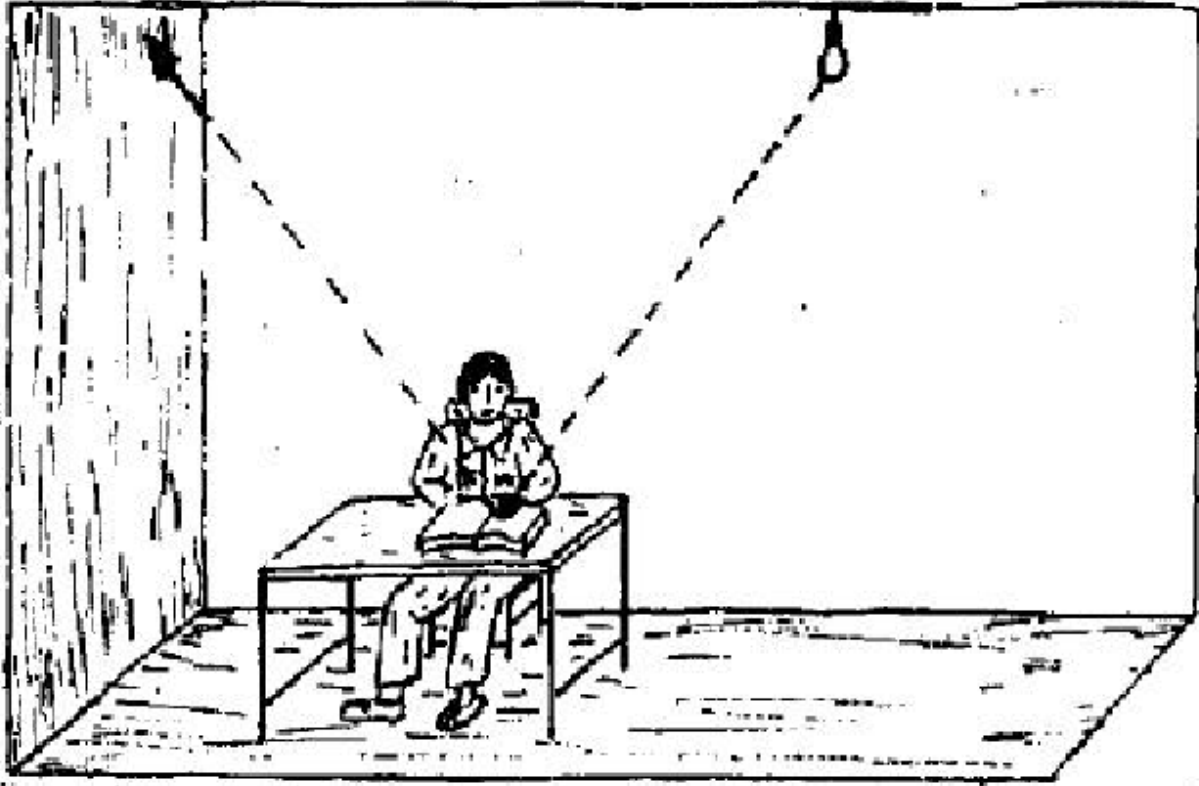
Kadang-kadang instalasi penerangan menampilkan beberapa kondisi penerangan yang merugikan penglihatan. Kondisi penerangan dimaksud antara lain adalah kesilauan dan gejala adanya cahaya yang bergetar. Kesilauan adalah kondisi penerangan dimana beberapa bagian medan pandang memiliki jumlah pancaran/pantulan cahaya ekstrim lebih banyak dibandingkan dengan bagian-bagian lainnya yang berada dalam medan pandang dimaksud. Selanjutnya gejala cahaya yang bergetar (Stroboscopic effect) adalah suatu kondisi penerangan dimana terasa adanya pergantian irama cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Kedua kondisi penerangan di atas menimbulkan penglihatan yang tidak menyenangkan dan merugikan. Sebagai contoh, adanya gejala cahaya yang bergetar dalam suatu instansi penerangan di workshop ataupun di bengkel dapat mengakibatkan kesalahan memberi tanggapan penglihatan terhadap poros suatu mesin yang berputar, yaitu dalam kenyataan poros mesin berputar cepat, tetapi karena adanya pengaruh cahaya yang bergetar, maka poros mesin terlihat berputar pelan atau bahkan seperti tidak berputar. Beberapa contoh gejala kesilauan terjadi pada saat berjalan menentang sorotan lampu mobil dimana pada saat tersebut mata tidak dapat melihat obyek lain yang berada di sekeliling medan pandang. Untuk mengurangi gangguan penglihatan ini maka di sekeliling medan pandang termasuk latar belakangnya perlu ditambah tingkat penerangan yang memadai. Contoh lain gejala kesilauan terjadi pada saat melihat lampu-lampu penerangan yang kebetulan harus terpasang dalam

daerah medan pandang, dimana cahaya lampu dimaksud ekstrim lebih terang dibandingkan tingkat penerangan sekelilingnya atau latar belakangnya.

Gejala kesilauan dapat juga terjadi apabila jumlah dan posisi peletakan lampu-lampu penerangan dalam suatu ruangan kerja berada dalam medan pandang. Untuk mengurangi pengaruh kesilauan dalam suatu ruangan dapat dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut :

1. Mengurangi jumlah cahaya lampu yang berada dalam medan pandang yaitu dengan memasang penutup transparan (kap) pada lampu tersebut sehingga distribusi cahaya yang jatuh pada medan pandang menjadi berkurang.
2. Memperbesar jarak ketinggian letak lampu (umumnya pada ruangan ruangan yang besar).
3. Mengecat langit-langit dan dinding dengan cat berwarna terang sehingga dapat mengurangi kontras antara cahaya yang dipancarkan lampu-lampu penerangan dan bagian-bagian lain yang berada di sekeliling ruangan.

Kesilauan dapat terjadi secara langsung dari sumber cahaya ataupun melalui pantulan. Kesilauan karena pantulan biasanya terjadi karena bidang yang diterangi bersifat mengkilap sehingga bayangan lampu ataupun sebagian besar cahaya dipantulkan ke mata. Salah satu contoh jenis kesilauan ini terjadi pada saat membaca atau menulis di atas kertas mengkilap dimana kertas tersebut memancarkan kembali cahaya lampu ke arah mata sehingga menimbulkan kesilauan dan mengganggu penglihatan. Untuk mengurangi gangguan penglihatan ini maka letak lampu penerangan diatur demikian rupa sehingga arah datangnya cahaya ke bidang baca adalah dari sudut samping.



Gambar (2.8) Pengaturan Arah Cahaya Pada Meja Kerja

Letak lampu dalam gambar di atas harus diatur demikian rupa sehingga pantulan cahaya yang tajam dari bidang baca yang mengkilap tidak mengenai mata. Untuk itu disarankan agar letak lampu penerangan tidak dari arah depan tetapi harus dari arah samping.

h. Besaran-Besaran Penerangan

Dalam teknik penerangan dikenal besaran-besaran penerangan fluks cahaya, illuminasi, intensitas cahaya dan luminasi.

1. Fluks cahaya; besaran fluks cahaya dinotasikan dengan simbol (λ) adalah kelompok berkas cahaya yang dipancarkan suatu sumber cahaya setiap satu

detik. Fluks cahaya diukur dalam satuan lumen. Sebagai contoh lampu halogen 500 watt/220 Volt mengeluarkan cahaya sebanyak 9500 lumen, lampu merkuri fluorescen 125 watt/220 volt mengeluarkan fluks cahaya sebanyak 5800 lumen. Umumnya lampu-lampu listrik dengan ukuran watt tertentu, menghasilkan jumlah fluks cahaya tertentu. Perbandingan antara jumlah fluks cahaya yang dihasilkan dan jumlah watt yang diserap rangkaian lampu disebut efficiency cahaya lampu tersebut. Sebagai contoh lampu fluorescent dengan nomor kode warna 54 memiliki efficiency 69 (lumen/watt), lampu fluorescent dengan nomor kode warna 83 memiliki efficiency 96 (lumen/watt).

Selanjutnya perbandingan antara fluks cahaya yang dipancarkan armatur lampu dan jumlah fluks cahaya yang dipancarkan lampunya sendiri disebut light output ratio atau disingkat LOR armatur lampu tersebut. Nilai LOR biasanya dicantumkan pada katalog. Jadi armatur dengan nilai LOR tertentu akan memancarkan sejumlah fluks cahaya tertentu pada bidang kerja.

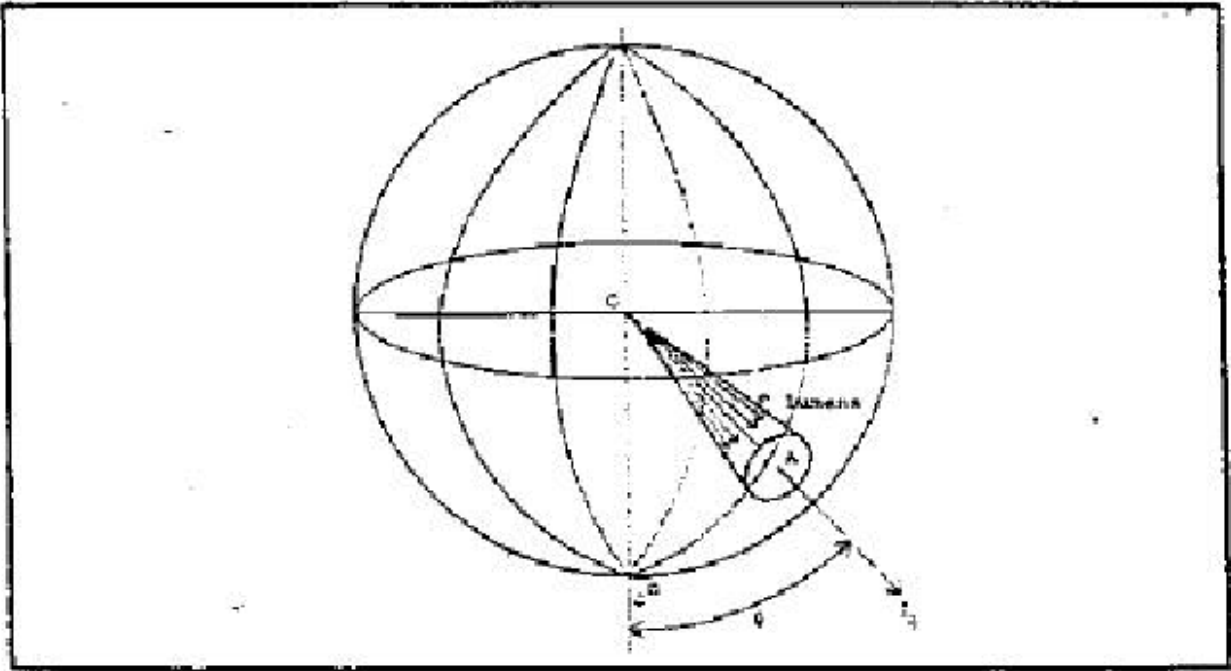
2. Intensitas Cahaya; besaran intensitas cahaya dinotasikan dengan simbol (I).

Konsep intensitas cahaya dipakai untuk menerangkan pancaran fluks cahaya dalam arah tertentu, dari suatu permukaan yang memancarkan cahaya.

Permukaan dimaksud bisa berupa permukaan-permukaan lampu atau armatur lampu dan bisa juga berupa permukaan-permukaan yang memantulkan atau yang meneruskan cahaya.

Intensitas cahaya didefinisikan sebagai jumlah fluks cahaya yang dipancarkan suatu sumber cahaya per satuan sudut ruang, dalam arah tertentu.

Untuk jelasnya perhatikan gambar (2.9) berikut ini.



Gambar (2.9) Ilustrasi Penjelasan Intensitas Cahaya

Salah satu sifat cahaya, dapat merambat ke segala penjuru. Sehubungan dengan sifat tersebut, maka sumber cahaya dapat dibayangkan terletak pada pusat bola dan dilingkupi oleh bidang bola tersebut.

Bangun kerucut dalam gambar di atas memperlihatkan pancaran fluks cahaya dalam arah tertentu yaitu λ pangkat N_0 dari sudut referensi N_0 pangkat N_0 . Jadi intensitas cahaya dalam arah tersebut (I_λ), secara matematis dapat ditulis sebagai

berikut :

$$I_{\lambda} = \frac{\lambda}{\Omega}$$

Dimana :

I_{λ} = Intensitas cahaya dalam arah λ , dinyatakan dalam satuan lumen per steradian atau candela (Cd)

λ = Fluks cahaya, dalam satuan lumen (lm)

Ω = Sudut ruang, dinyatakan dalam steradian (Sr)

Intensitas Cahaya (I) biasanya disebut juga dengan nama candle power (cp).

Harga rata-rata candle power suatu sumber cahaya adalah harga rata-rata untuk semua arah, dan merupakan hasil bagi fluks cahaya total yang dipancarkan dengan faktor 4π . Apabila harga rata-rata dimaksud diperhitungkan untuk setengah bidang bola maka besarnya sama dengan hasil bagi fluks cahaya total yang dipancarkan setengah bidang bola dengan factor 2π .

Contoh soal :

Sebuah selubung lampu tembus cahaya terbuat dari bahan gelas berbentuk bundar dengan diameter 20 cm, digunakan untuk menyelubungi lampu listrik 100 cd. Apabila 20% cahaya lampu diserap oleh selubung dimaksud, hitunglah intensitas cahaya rata-rata yang dipancarkan lampu setelah diselubungi.

Jawab :

$$I_{\lambda} \times \lambda \frac{\lambda_T}{\lambda_T}$$

$$100 \times \lambda \frac{\lambda}{4 \lambda}$$

$$\lambda \times \lambda \times 4 \times \lambda \times 100 \text{ lumen}$$

λ_T adalah fluks cahaya yang dihasilkan oleh lampu. Dua puluh persen fluks ini diserap oleh selubung lampu sehingga total fluks cahaya yang dipancarkan lampu setelah diselubungi adalah : $(80/100) \times 4 \lambda \times 100 = 320 \lambda$ lumen.

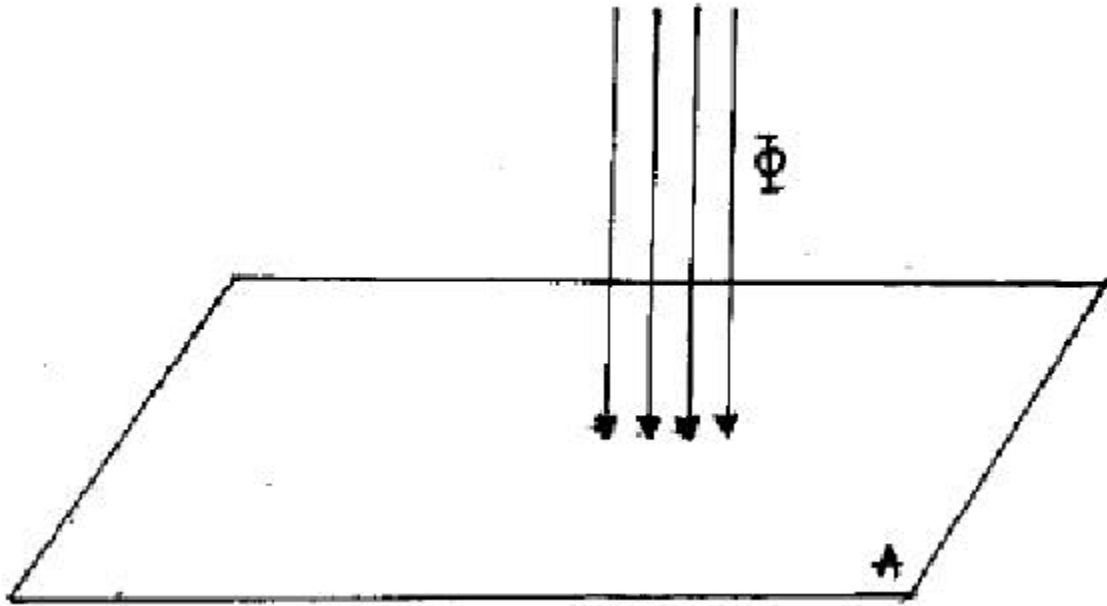
Intensitas cahaya rata-rata =

$$\frac{320 \lambda}{4 \lambda} \text{ cd} = 80 \text{ cd}$$

3. Illuminasi; besaran illuminasi dinotasikan dengan huruf (E) dan dinyatakan dalam satuan lumen per meter persegi atau lux. Apabila suatu permukaan seluas A meter persegi menerima fluks cahaya sebanyak λ lumen maka illuminasi rata-rata pada bidang tersebut adalah (λ / A) lux. Apabila luas permukaan A terukur dalam satuan feed dan fluksi cahaya λ dalam satuan lumen maka illuminasi (E) dinyatakan dalam satuan footcandle (fc). Secara matematis, illuminasi pada suatu bidang kerja dapat ditulis sebagai berikut :

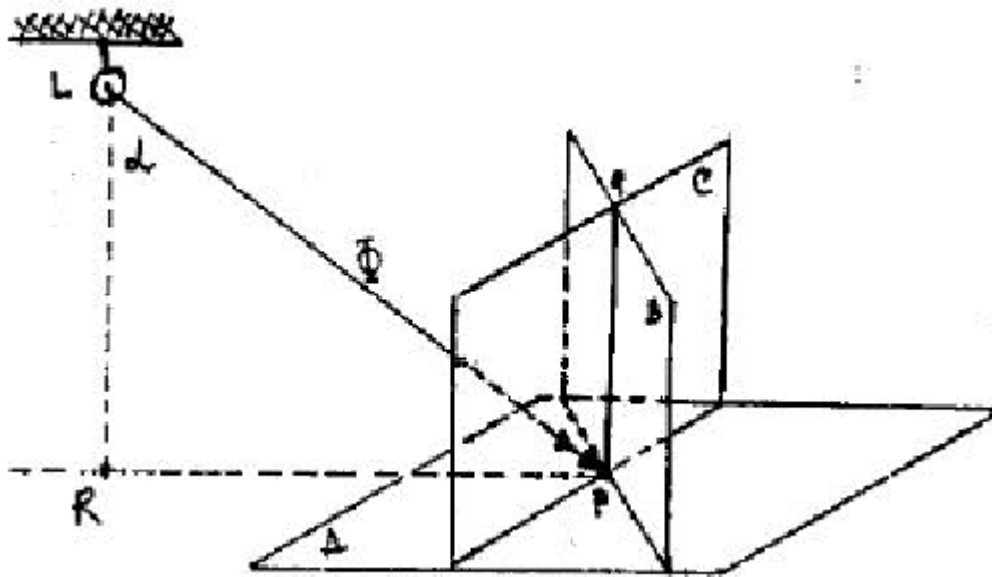
$$E \lambda \frac{\lambda}{A} \dots\dots\dots (i)$$

Persamaan (i) berlaku apabila fluksi cahaya tegak lurus terhadap bidang A (lihat gambar (2.10) berikut ini) :



Gambar (2.10) Ilustrasi Penjelasan Konsep Illuminasi

Dalam kenyataan tidak selamanya fluksi cahaya dari lampu penerangan jatuh tegak lurus pada bidang kerja, tetapi umumnya selalu membentuk sudut lebih besar atau lebih kecil dari 900 (lihat gambar (2.11) berikut ini :



Gambar (2.11) Ilustrasi Penjelasan Konsep Illuminasi Untuk Cahaya Yang Tidak Tegak Lurus Bidang Kerja

Komponen fluksi cahaya yang tegak lurus bidang horizontal (A) adalah $\lambda \cos \lambda$. Dengan demikian iluminasi horizontal pada bidang horizontal (A) dapat ditulis sebagai berikut :

$$E_H \lambda \frac{\lambda \cos \lambda}{A}$$

Selanjutnya komponen fluksi cahaya yang tegak lurus bidang vertikal yang dibentuk melalui garis potong PQ adalah $\lambda \sin \lambda$. Apabila luas bidang vertikal dimaksud adalah x maka iluminasi vertikal dapat ditulis sebagai berikut :

$$E_V \lambda \frac{\lambda \sin \lambda}{x}$$

Menurut hukum kwadrat jarak, illuminasi pada suatu tempat akan sebanding dengan intensitas cahaya dan berbanding terbalik dengan kwadrat jarak antara sumber cahaya dan bidang yang diterangi.

Apabila intensitas cahaya ke arah bidang yang diterangi adalah (I) cd dan jarak antara sumber cahaya dan bagian bidang yang diterangi adalah (d) meter maka illuminasi pada bidang tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$E \lambda \frac{I}{d^2} \dots\dots\dots (ii)$$

Persamaan (ii) berlaku jika fluksi cahaya jatuh tegak lurus pada bidang yang diterangi. Tetapi apabila posisi lampu dan bidang seperti dalam gambar (2.11) di atas maka persamaan (ii) dapat ditulis sebagai berikut :

$$E_{\text{Horizontal}} (E_H) \lambda \frac{I \cos \lambda}{(LP)^2}$$

$$E_{\text{Vertikall}} (E_V) \lambda \frac{I \sin \lambda}{(LP)^2}$$

Illuminasi horizontal (EH) pada titik P dalam gambar (2.11) di atas dapat juga dijabarkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
E_p &= \lambda \frac{I \cos \lambda}{(LP)^2} \\
&= \lambda \frac{I(LR)}{(LP)^2(LP)} \\
&= \lambda \frac{I(LR)}{(LP)^2(LP)} \times \frac{(LR)^2}{(LR)^2} \\
&= \lambda \frac{I}{(LR)^2} \times \frac{(LR)^3}{(LP)^3} \\
&= E_R \cos^3 \lambda \dots\dots\dots (iii)
\end{aligned}$$

EP dan ER dalam persamaan (iii) di atas masing-masing menyatakan illuminasi horizontal pada titik P dan illuminasi horizontal pada titik R.

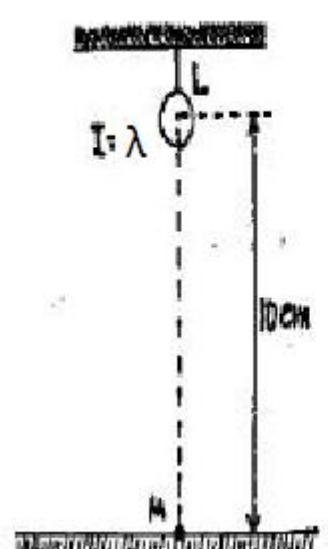
Illuminasi horizontal harus direncanakan dengan baik karena illuminasi ini yang menentukan tingkat terangnya suatu bidang kerja. Illuminasi vertikal dihitung pada bidang vertikal yang tegak lurus dengan arah pandang. Dalam praktek illuminasi vertikal otomatis terpenuhi jika illuminasi horizontal yang diperlukan telah memenuhi. Biasanya tingkat illuminasi pada lokasi-lokasi tertentu telah ditetapkan oleh rekomendasi-rekomendasi. Sebagai contoh SAA code (AS 1680) menetapkan rekomendasi tingkat illuminasi di beberapa tempat kerja pemeriksaan dan pengujian teknik adalah 400 lux. Jadi jumlah fluksi cahaya yang harus sampai ke bidang kerja seluas 200 m² adalah 400 lux x 200 m² = 80.000 lumen.

Contoh Soal

Hitunglah intensitas cahaya yang diperlukan untuk menghasilkan illuminasi 10 lux pada suatu bidang kerja yang mempunyai jarak 10 meter dari lampu penerangannya jika :

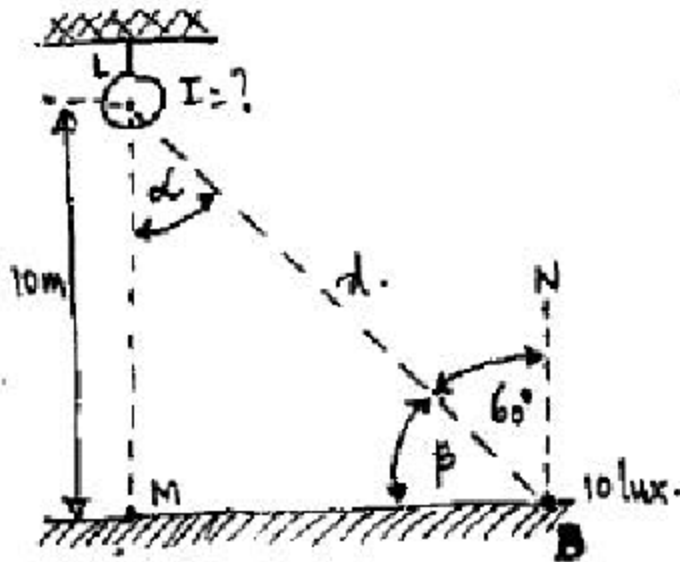
- Arah cahaya lampu tegak lurus terhadap bidang kerja.
- Arah cahaya lampu membentuk sudut 60° terhadap garis normal pada bidang kerja.

a.


$$E = \frac{I}{d^2}$$
$$I = E d^2$$
$$= 10 \times 10^2$$
$$= 100 \text{ (cd)}$$
$$E \lambda \frac{I}{d^2}$$
$$I = E d^2$$
$$= 10 \times 10^2$$
$$= 100 \text{ (cd)}$$

Gambar (2.12) Menentukan Intensitas Cahaya, Jika Arah Cahaya Tegak Bidang Kerja

b.



$$\lambda = 60^{\circ}$$

$$\lambda = 90^{\circ} - 60^{\circ} \\ = 30^{\circ}$$

$$\sin \beta \lambda \frac{LM}{LB} \\ \lambda \frac{LM}{d}$$

$$d \lambda \frac{LM}{\sin \beta}$$

$$\lambda \frac{10}{(1/2)}$$

$$\lambda 20 \text{ m}$$

Gambar (2.13) Menentukan Intensitas Cahaya Jika Arah Cahaya Membentuk

Sudut λ terhadap vertikal

$$E \lambda \frac{I \cos \lambda}{d^2}$$

$$10 \lambda \frac{I \cos 60^{\circ}}{400}$$

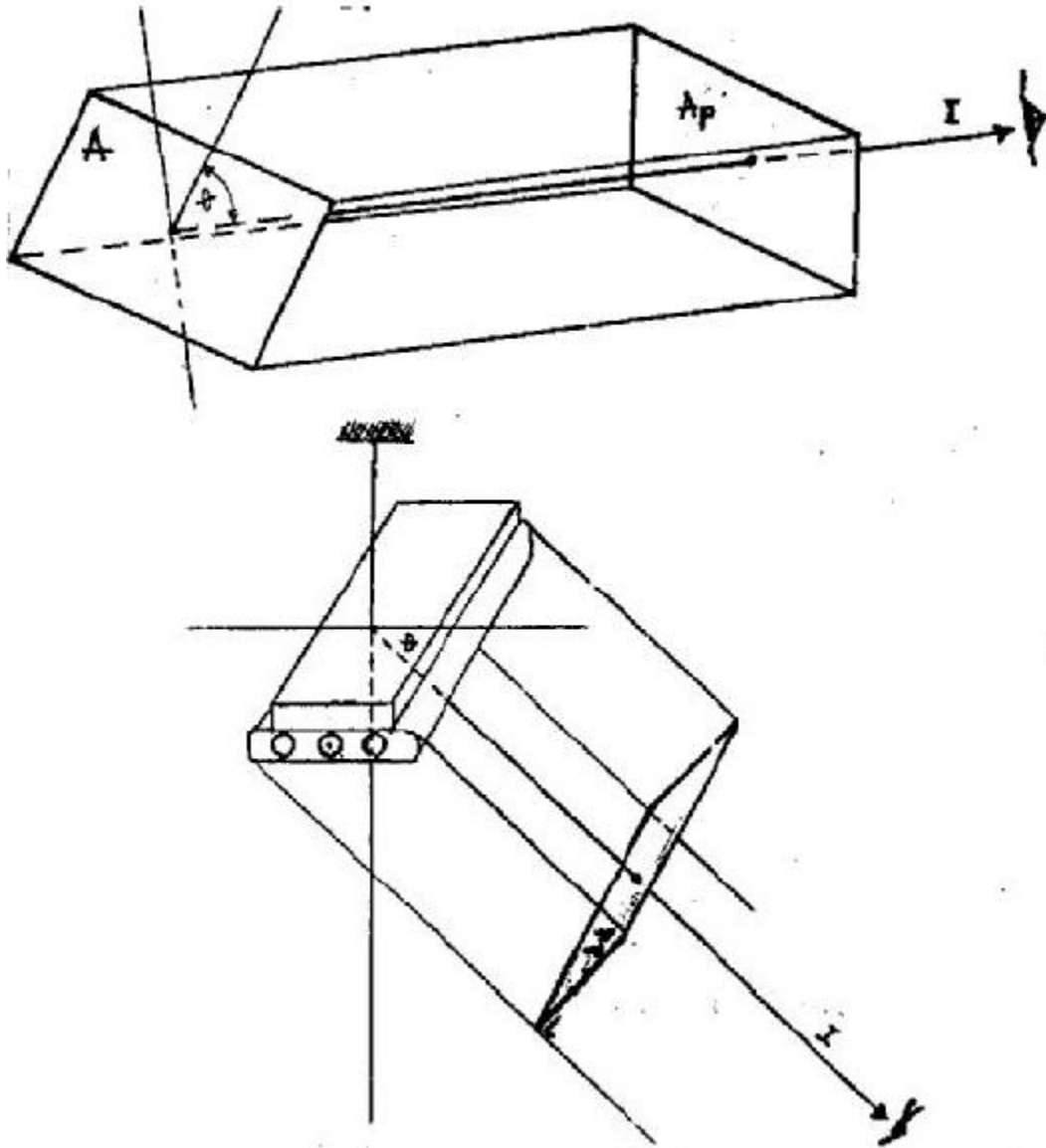
$$I = 8000 \text{ (cd)}$$

4. Luminasi; besaran luminasi dinotasikan dengan huruf (L) dan dinyatakan dalam satuan candela per meter persegi (cd/m²).

Luminasi didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas cahaya (I) dari suatu obyek yang memancarkan cahaya dalam arah tertentu, dengan luas

bidang proyeksinya (A_p) dalam arah dimaksud.

Obyek yang memancarkan cahaya dapat langsung dari lampu, atau merupakan pantulan dari suatu bidang permukaan.



Gambar (2.14) Ilustrasi Penjelasan Konsep Luminasi

Apabila (A) adalah luas suatu permukaan yang dilihat dari arah mempunyai intensitas cahaya (I) maka luminasinya dalam arah dinyatakan sebagai berikut :

$$L_{\lambda} = \frac{I}{A_p} \cos \lambda$$
$$L_{\lambda} = \frac{I \cos \lambda}{A \sin (90 - \lambda)}$$

Contoh Soal :

Dua buah obyek besar dan kecil, masing-masing memancarkan cahaya ke arah pengamat yang berada pada jarak 300 m. Obyek yang berukuran besar adalah dinding sebuah bangunan yang memiliki luas permukaan 400 m² disoroti dengan lampu listrik sehingga memantulkan cahaya 5000 cd tegak lurus ke arah pengamat. Obyek yang berukuran kecil adalah sebuah lampu sinyal dengan luas permukaan 0,1 m², memancarkan cahaya 5000 cd tegak lurus ke arah pengamat. Hitunglah Illuminasi dan Luminasi disisi pengamat.

Jawab :

I. Perhitungan untuk dinding bangunan :

$$\begin{aligned} \text{a. Illuminasi (E}_B) &= \frac{I \cos \lambda}{d^2} \\ &= \frac{5000 \cos 0^{\circ}}{(300)^2} \text{ (lux)} \\ &= 0,06 \text{ lux} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Luminasi (L}_B) &= \frac{I}{A \sin (90 - \lambda)} \\
 &= \frac{5000}{400} (\text{cd/m}^2) \\
 &= 12,5 (\text{cd/m}^2)
 \end{aligned}$$

II. Perhitungan untuk lampu sinyal :

$$\text{a. Illuminasi (E}_S) = \frac{I \cos \lambda}{d^2}$$

Apabila (A) adalah luas suatu permukaan yang dilihat dari arah mempunyai intensitas cahaya (I) maka luminasinya dalam arah dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 L &= \lambda \frac{I}{A_p} \\
 &= \lambda \frac{I}{A \sin (90 - \lambda)}
 \end{aligned}$$

Contoh Soal :

Dua buah obyek besar dan kecil, masing-masing memancarkan cahaya ke arah pengamat yang berada pada jarak 300 m. Obyek yang berukuran besar adalah dinding sebuah bangunan yang memiliki luas permukaan 400 m² disoroti dengan lampu listrik sehingga memantulkan cahaya 5000 cd tegak lurus ke arah pengamat. Obyek yang berukuran kecil adalah sebuah lampu sinyal dengan luas permukaan 0,1 m², memancarkan cahaya 5000 cd tegak lurus ke arah pengamat.

Hitunglah Illuminasi dan Luminasi disisi pengamat.

Jawab :

I. Perhitungan untuk dinding bangunan :

$$\begin{aligned} \text{a. Illuminasi } (E_B) &= \frac{I \cos \lambda}{d^2} \\ &= \frac{5000 \cos 0^0}{(300)^2} \text{ (lux)} \\ &= 0,06 \text{ lux} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Luminasi } (L_B) &= \frac{I}{A \sin (90 - \lambda)} \\ &= \frac{5000}{400} \text{ (cd/m}^2\text{)} \\ &= 12,5 \text{ (cd/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

II. Perhitungan untuk lampu sinyal :

$$\text{a. Illuminasi } (E_S) = \frac{I \cos \lambda}{d^2}$$

i. Konversi Satuan Illuminasi dan Luminasi

Sistem satuan internasional besaran-besaran penerangan didasarkan pada satuan lumen, candela, meter dan detik. Beberapa contoh besaran penerangan dengan sistem satuan internasionalnya adalah sebagai berikut :

a. Intensitas cahaya (I) λ lumen per steradian (lm/sr) atau candela (cd)

b. Fluksi cahaya (λ) λ lumen (lm).

- c. Efficiency cahaya (λ) λ lumen per watt (lm/λ).
- d. Illuminasi (E) λ lumen per meter persegi (lm/m^2) atau lux
- e. Luminasi (L) λ candela per meter persegi (cd/m^2) atau nit.

Illuminasi (E) dapat juga dinyatakan dalam satuan lumen per foot persegi (lm/ft^2) atau footcandle, dimana 1 (lm/ft^2) setara dengan 10,76 lux atau 1 lux setara dengan 0,0929 (lm/ft^2). Selanjutnya Luminasi (L) dapat juga dinyatakan dalam satuan-satuan sebagai berikut :

- a. Candela per inchi persegi (cd/in^2)
- b. Candela per centimeter persegi (cd/cm^2) atau stilb (sb).
- c. Footlambert (ft-L)
- d. Apostilb (asb).
- e. Lambert
- f. Mili Lambert

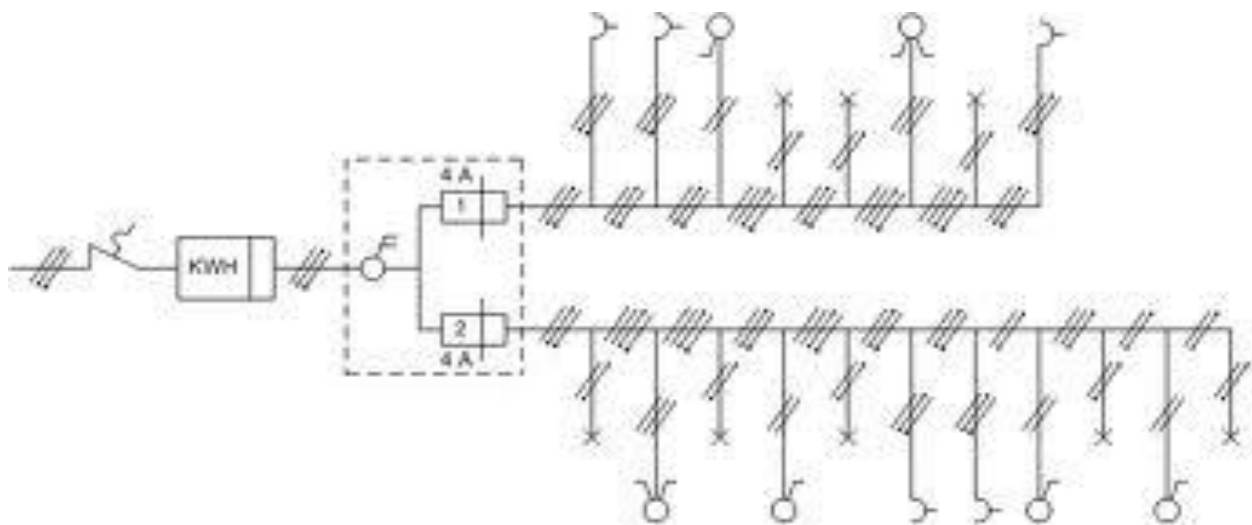
Faktor konversi masing-masing Satuan Luminasi (L) dapat dilihat dalam tabel (2.1) di bawah ini.

Tabel (2.1) Faktor Konversi Satuan Luminasi (L)

Mengkonversi Satuan Luminasi (L) dalam lajur ini _____								
Terhadap satuan luminasi (L) dalam lajur ini	Faktor Pengali	cd/m ²	cd/in ¹	ft-L	asb	sb	lambert	mililambert
		cd/m ²	1	1550	3,43	0,318	10000	3180
cd/in ¹	0,000645	1	0,00221	0,000205	6,45	2,05	0,00205	
ft-L	0,929	452	1	0,0929	2920	929	0,929	
asb	3,14	4970	10,8	1	31400	10000	10	
sb	0,0001	0,155	0,000343	0,0000318	1	0,318	0,000318	
lambert	0,000314	0,487	0,00108	0,0001	3,14	1	0,001	
mililambert	0,314	487	1,08	0,1	3140	1000	1	

4. Pengontrolan lampu penerangan untuk bangunan industry

Di dalam merencanakan gambar banyak kita jumpai bahwa suatu instalasi listrik tidak selalu untuk lampu-lampu penerangan atau untuk motor-motor listrik, akan tetapi untuk kedua-duanya, yaitu untuk keperluan penerangan maupun untuk motor-motor listrik (tenaga). Sebagai contoh, instalasi listrik di dalam rumah tinggal atau hotel, di dalamnya tidak hanya ada instalasi listrik untuk penerangan saja, tetapi juga terdapat instalasi listrik untuk motor-motor seperti kipas angin, almari es, air conditioner, dan sebagainya. Di dalam bengkel atau pabrik dapat dijumpai bahwa instalasi listrik tidak hanya untuk penerangan atau motor-motor, akan tetapi untuk kedua-duanya.



Gambar 4. Perencanaan instalasi listrik

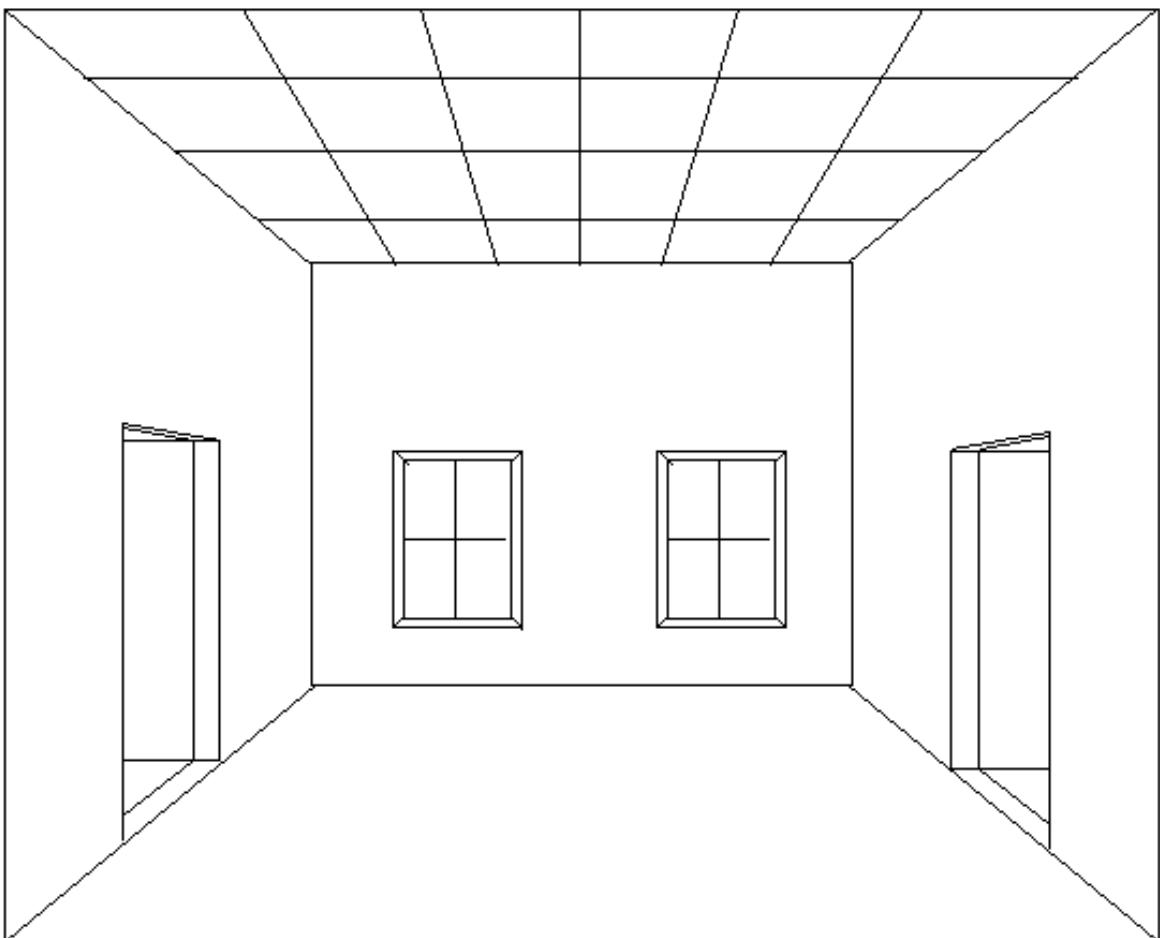
Sebelum menggambar terlebih dahulu mengukur denah gambar sesuai lokasi/situasi dimana rencana bangunan atau gedung akan dipasang instalasi listriknya. Dalam gambar rencana kita buat gambar denah ruangan, gambar pengawatan secara

lengkap serta gambar skema beban listrik berikut kelengkapan perhitungan material (komponen) dan tafsiran harga, bila perlu dilengkapi dengan tenaga dan biaya.

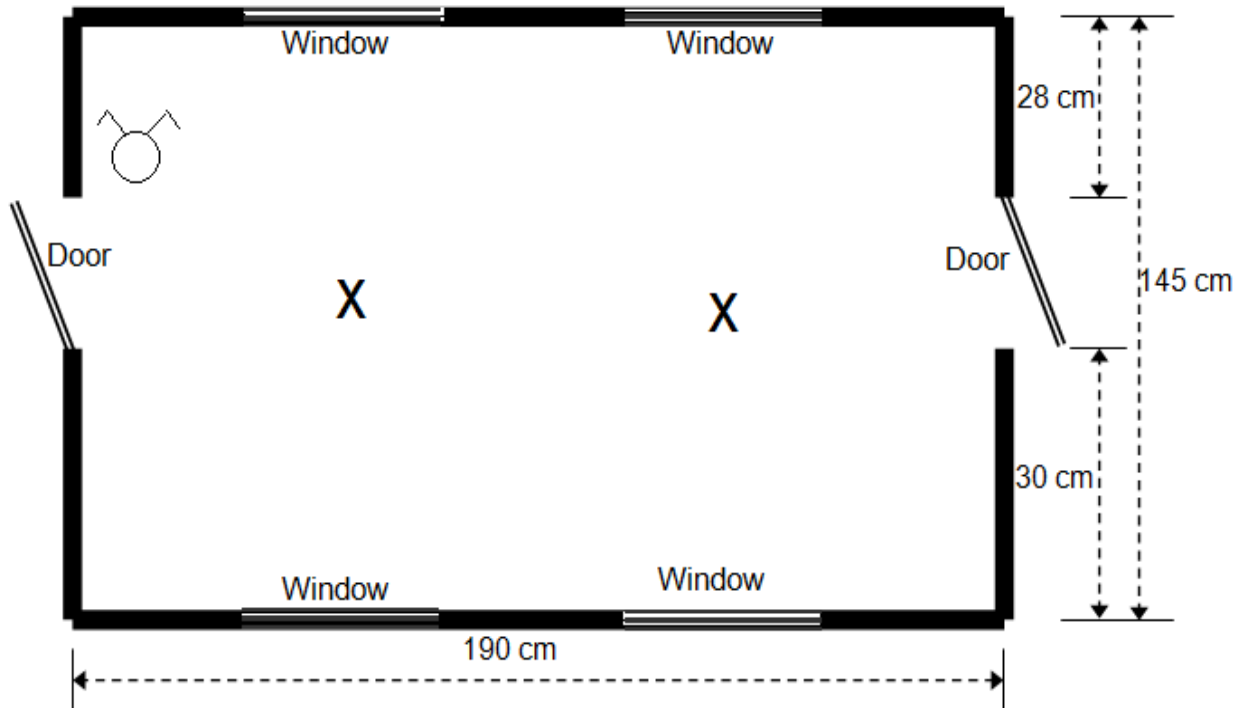
Adapun contoh dari perencanaan pemasangan instalasi listrik sebagai berikut :

- a. Memasang instalasi penerangan menggunakan satu saklar seri dan dua buah lampu.

Gambar Ruangan



Denah Ruangan



Alat dan Bahan

- | | |
|-----------------------------|------------|
| 1. Kawat penghantar..... | secukupnya |
| 2. Isolasi PVC | secukupnya |
| 3. Pipa PVC..... | secukupnya |
| 4. Lampu pijar 25 watt..... | 2 buah |
| 5. Saklar seri..... | 1 buah |
| 6. Kotak sekering..... | 1 buah |
| 7. Fiting lampu..... | 2 buah |
| 8. Tespen..... | 1 buah |
| 9. Megger..... | 1 buah |
| 10. Multitester | 1 buah. |

Diagram Satu Garis

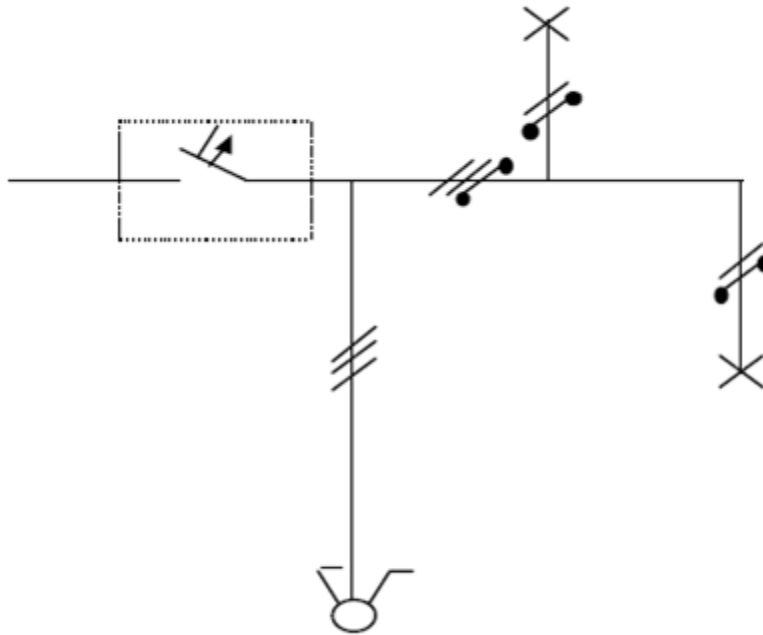
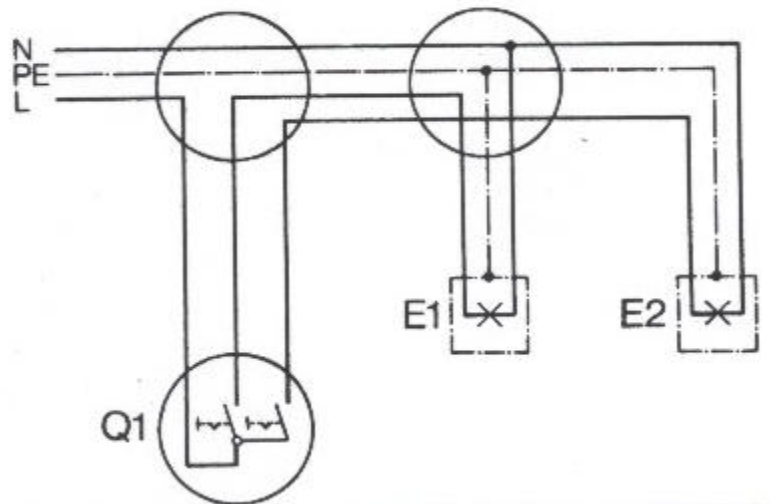
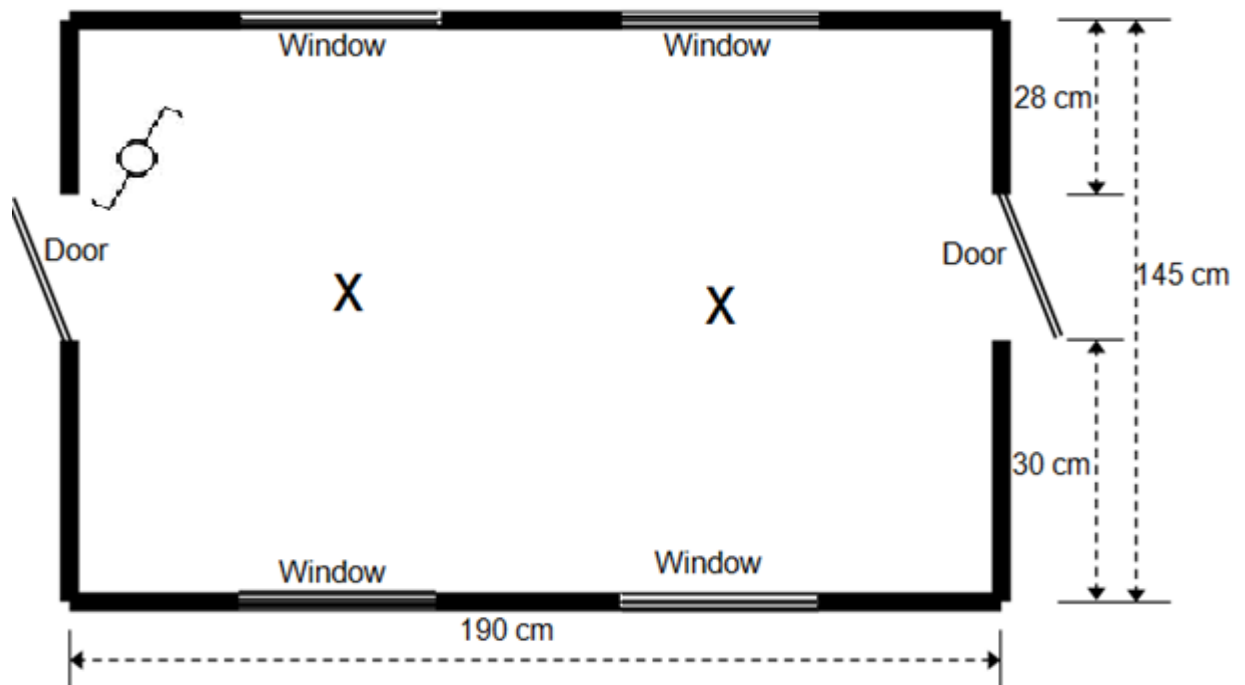


Diagram Pengawatan



- b. Memasang instalasi penerangan menggunakan satu saklar tukar dengan dua buah lampu.

Denah Ruangan



Alat dan Bahan

- | | |
|-----------------------------|------------|
| 1. Kawat penghantar..... | secukupnya |
| 2. Isolasi PVC | secukupnya |
| 3. Pipa PVC..... | secukupnya |
| 4. Lampu pijar 25 watt..... | 2 buah |
| 5. Saklar tukar..... | 1 buah |
| 6. Kotak sekering..... | 1 buah |
| 7. Fiting lampu..... | 2 buah |
| 8. Tespen..... | 1 buah |
| 9. Megger..... | 1 buah |
| 10. Multitester | 1 buah. |

Diagram Satu Garis

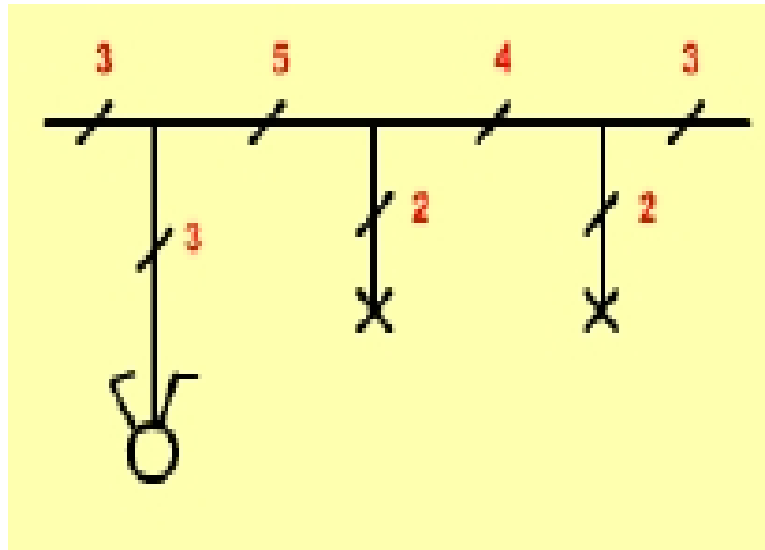
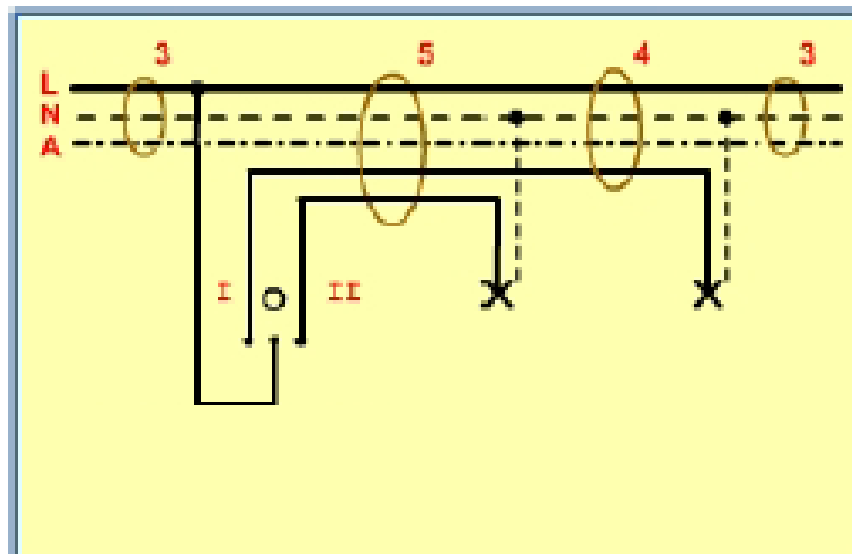
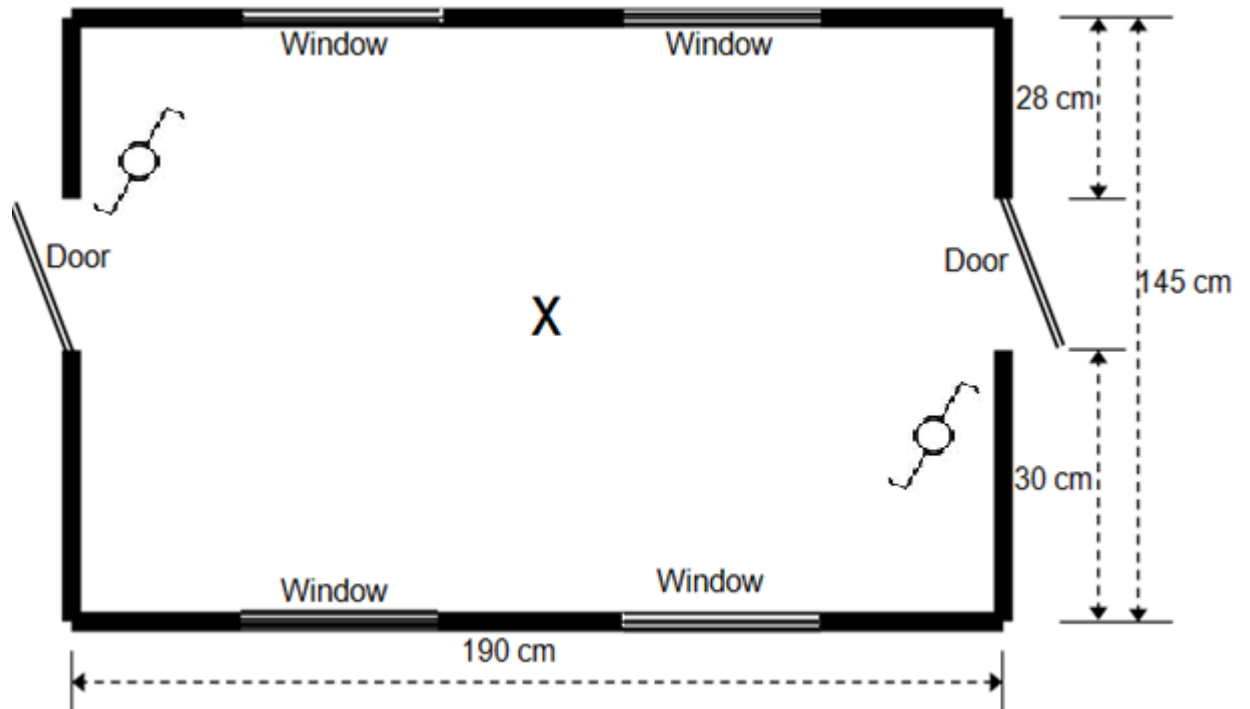


Diagram Pengawatan



- c. Memasang instalasi penerangan menggunakan dua saklar tukar dengan satu buah lampu. (rangkaian saklar hotel).

Denah Ruangan



Alat dan Bahan

- | | |
|-----------------------------|------------|
| 1. Kawat penghantar..... | secukupnya |
| 2. Isolasi PVC | secukupnya |
| 3. Pipa PVC..... | secukupnya |
| 4. Lampu pijar 25 watt..... | 1 buah |
| 5. Saklar tukar..... | 2 buah |
| 6. Kotak sekering..... | 1 buah |
| 7. Fiting lampu..... | 2 buah |
| 8. Tespen..... | 1 buah |
| 9. Megger..... | 1 buah |
| 10. Multitester | 1 buah. |

Diagram Satu Garis

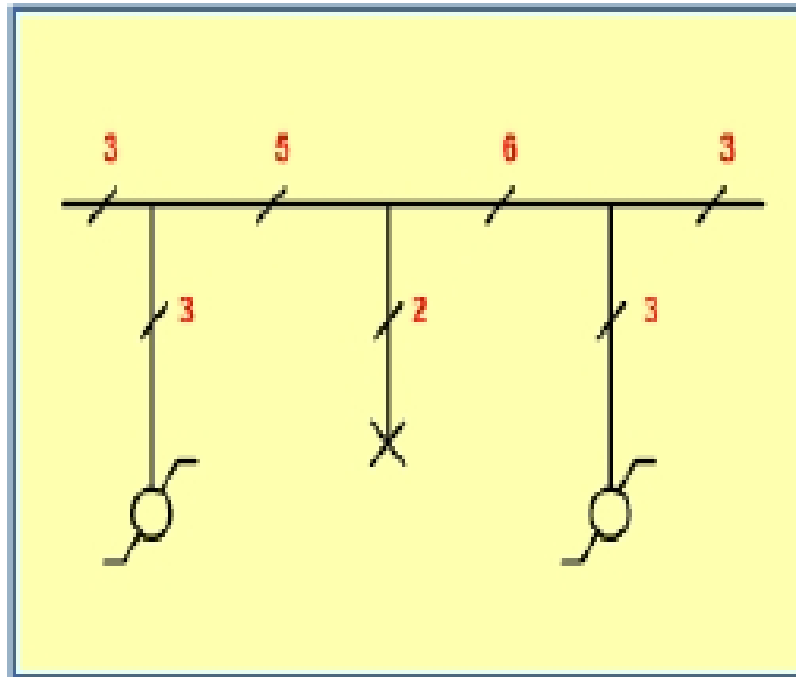
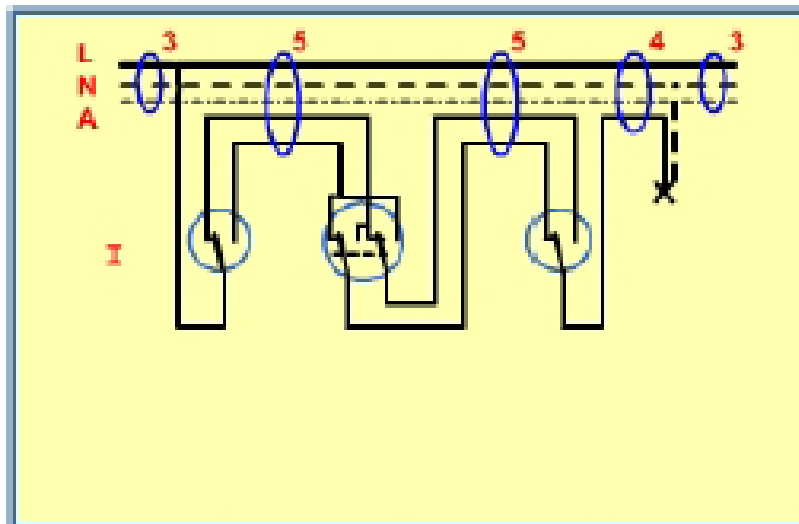
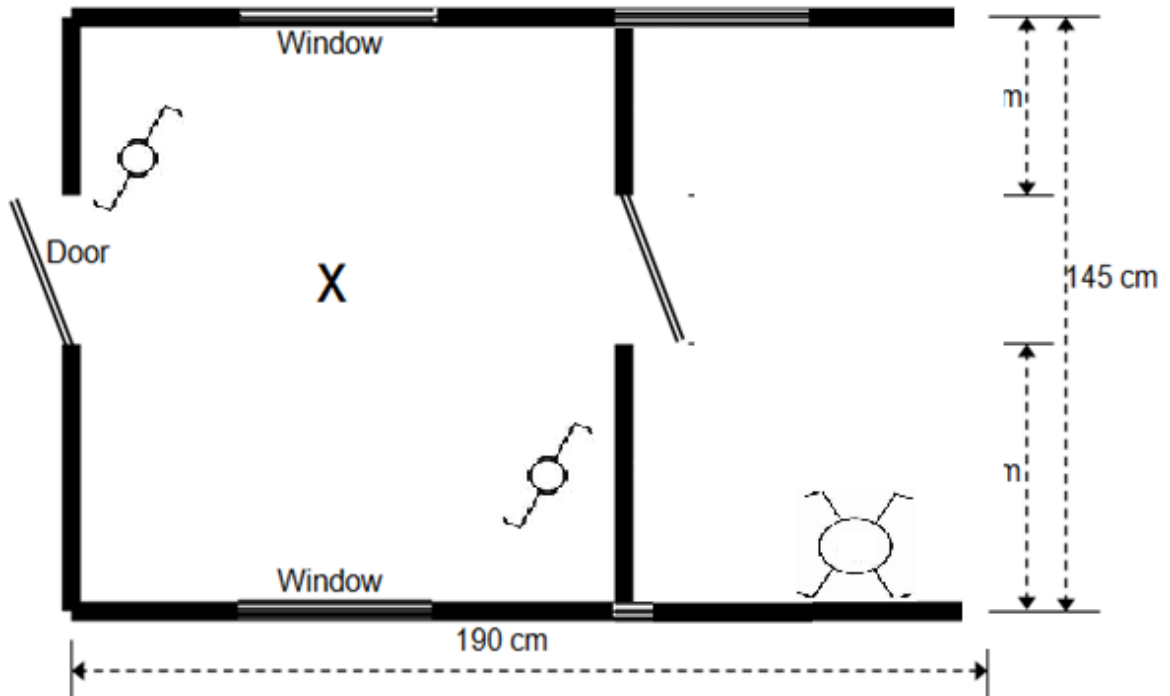


Diagram Pengawatan



- d. Memasang instalasi penerangan menggunakan dua saklar tukar , satu saklar silang dan satu buah lampu.

Denah Ruangan



Alat dan Bahan

- | | |
|-----------------------------|------------|
| 1. Kawat penghantar..... | secukupnya |
| 2. Isolasi PVC | secukupnya |
| 3. Pipa PVC..... | secukupnya |
| 4. Lampu pijar 25 watt..... | 1 buah |
| 5. Saklar tukar..... | 2 buah |
| 6. saklar silang | 1 buah |
| 7. Kotak sekering..... | 1 buah |
| 8. Fiting lampu..... | 2 buah |
| 9. Tespen..... | 1 buah |
| 10. Megger..... | 1 buah |
| 11. Multitester | 1 buah. |

Diagram Satu Garis

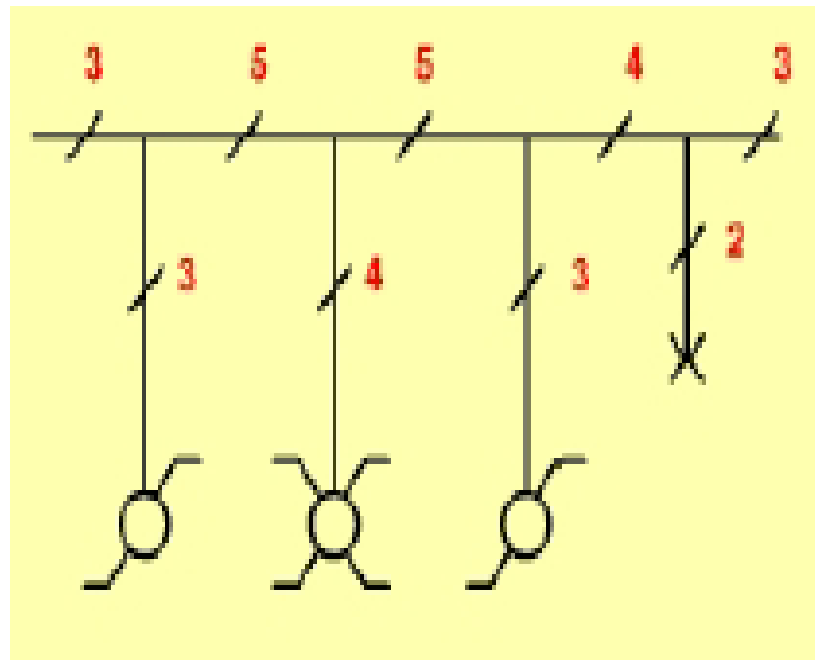
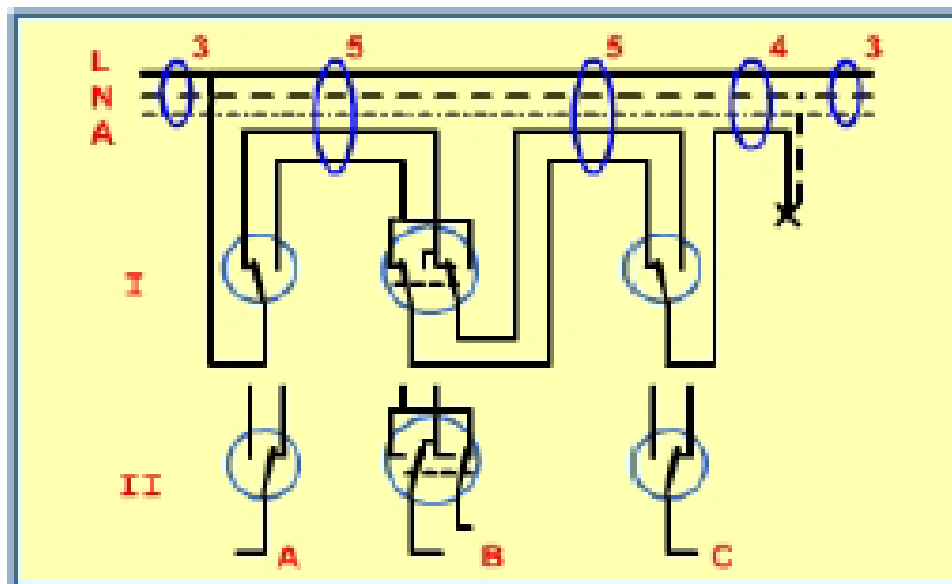


Diagram Pengawatan

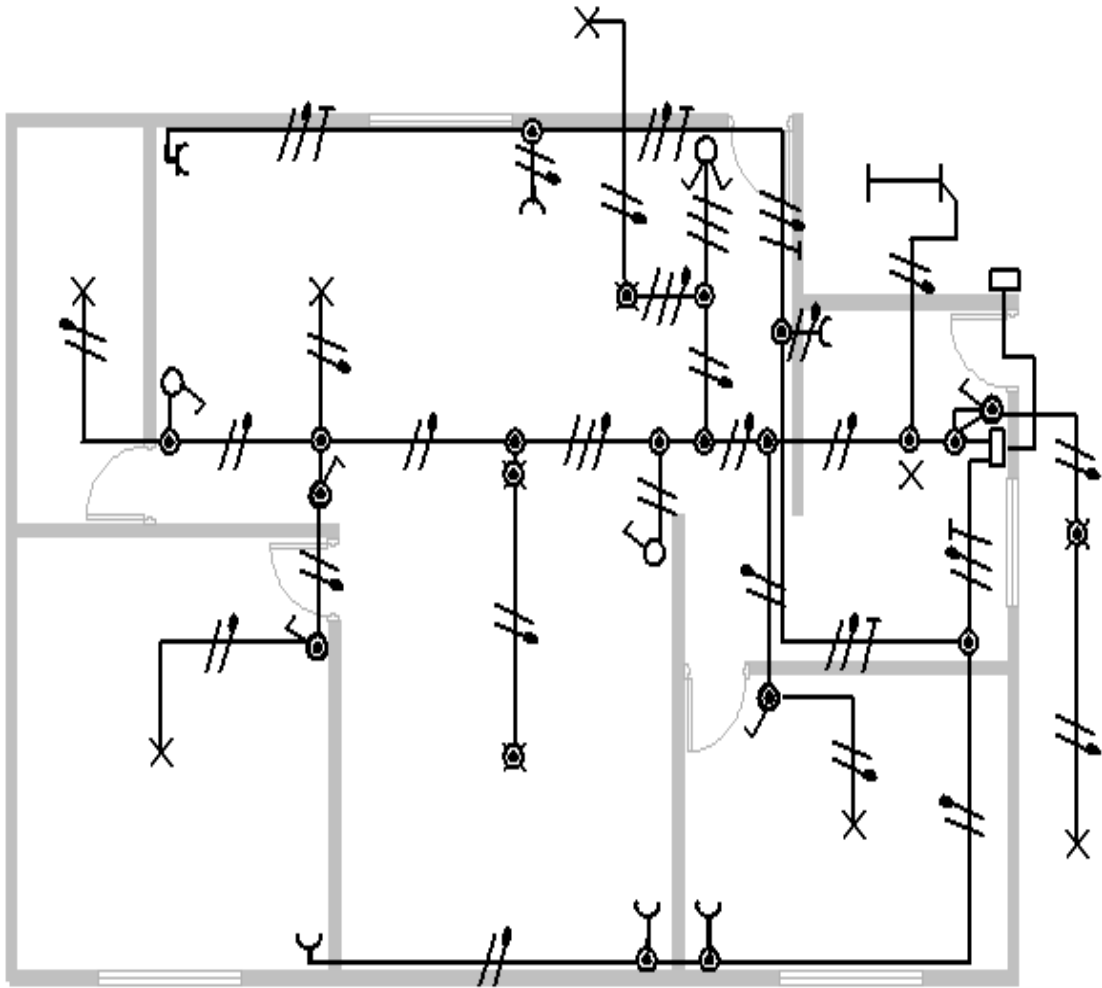


e. Perencanaan instalasi penerangan pada rumah / gedung

Alat dan Bahan

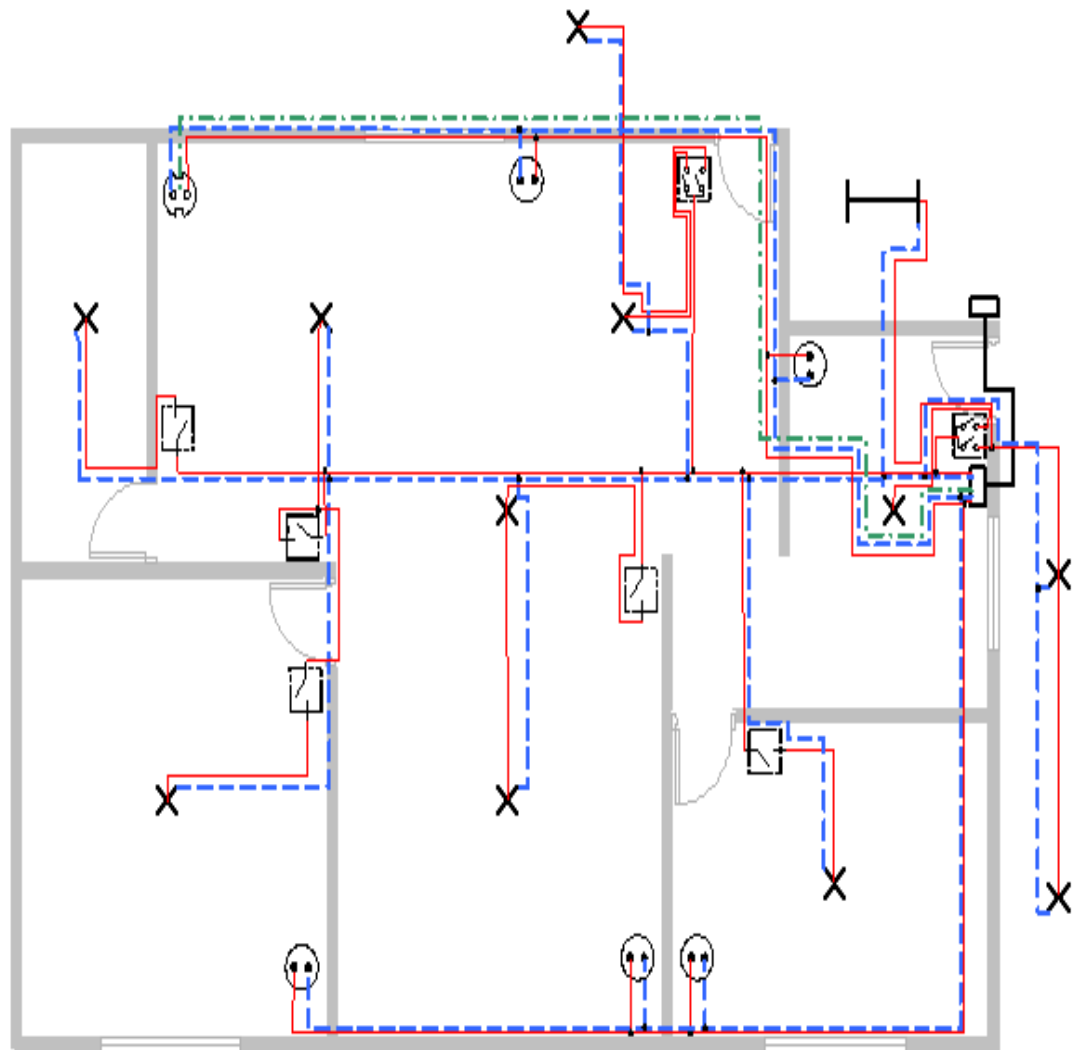
1. Kawat penghantar.....	secukupnya
2. Isolasi PVC	secukupnya
3. Pipa PVC.....	secukupnya
4. Lampu pijar 25 watt.....	11 buah
5. Lampu TL	1 buah
6. Saklar tunggal	4 buah
7. Saklar seri (2).....	1 buah
8. saklar seri (3).....	1 buah
9. Kotak sekering.....	1 buah
10. Fiting lampu.....	2 buah
11. Stop kontak.....	6 buah
12. Tespen.....	1 buah
13. Megger.....	1 buah
14. Multitester	1 buah.

Denah dan Diagram Satu Garis



Skala 1:100

Denah dan Diagram Pengawatan



Skala 1:100

5. Perangkat Hubung Bagi

Perangkat hubung bagi menurut definisi PUIL, adalah suatu perlengkapan untuk mengendalikan dan membagi tenaga listrik dan atau mengendalikan dan melindungi sirkit dan pemanfaat tenaga listrik. Adapun bentuknya dapat berupa box, panel, atau lemari.

Perangkat hubung bagi ini merupakan bagian dari suatu sistem suplai. Sistem suplai itu sendiri pada umumnya terdiri atas : pembangkitan (generator), transmisi (penghantar), pemindahan daya (transformator). Sebelum tenaga listrik sampai ke peralatan konsumen seperti motor-motor, katup solenoid, pemanas, lampu-lampu penerangan, AC dan sebagainya, biasanya melalui PHB terlebih dahulu. Di dalam pembahasan selanjutnya pada modul ini hanya akan dibahas tentang PHB tegangan rendah.

Di dalam memilih PHB yang akan dipakai dalam sistem, terdapat empat katagori yang dapat dipakai sebagai kriteria dalam pemilihan yaitu :

a. Arus

Yang dimaksud dengan arus ini adalah erat kaitannya dengan kapasitas PHB itu sendiri yang dipakai untuk melayani sejumlah beban yang sudah diperhitungkan sebelumnya, sehingga dalam pemilihan PHB itu perlu mempertimbangkan besarnya arus yang akan mengalir di PHB tersebut. Yang berkaitan dengan arus ini hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah:

- Rating arus rel
- Rating arus saluran masuk
- Rating arus saluran keluar
- Rating kemampuan rel dalam menahan arus hubungan singkat

b. Proteksi dan Instalasi

Di dalam memilih PHB perlu dipertimbangkan pula kriteria pengaman dan pemasangannya yaitu antara lain :

- Tingkat pengamanan
- Metode instalasinya
- Jumlah muka operasinya
- Peralatan ukur untuk proteksi
- Bahan selungkupnya

c. Pemasangan Komponen PHB

Terdapat beberapa macam pemasangan dalam pemasangan komponen PHB yaitu :

- Pemasangan tetap (non-withdrawable)
- Pemasangan yang dapat dipindah-pindah (removable)
- Pemasangan sistem laci (withdrawable)

d. Aplikasi

Bentuk dan konstruksi PHB yang ada dipasaran sangat banyak, sehingga susah untuk membedakan PHB jika dilihat dari bentuk fisiknya saja. Untuk membedakan PHB yang jenisnya sangat bervariasi akan lebih tepat jika ditinjau dari aplikasinya.

Berikut adalah contoh dari beberapa pemakaian PHB yang lazim ditemui di lapangan :

- PHB untuk penerangan dan daya
- PHB untuk unit konsumen
- PHB untuk distribusi sistem saluran penghantar (trunking)
- PHB untuk perbaikan faktor daya
- PHB untuk distribusi di Industri

- PHB untuk distribusi motor-motor
- PHB utama
- PHB untuk distribusi
- PHB untuk sub distribusi
- PHB untuk sistem kontrol

e. Bentuk Konstruksi PHB

PHB jika ditinjau dari segi bentuk konstruksinya, dapat dibedakan sebagai berikut :

1) Konstruksi Terbuka

Pada jenis PHB dengan konstruksi terbuka ini pada bagian-bagian yang aktif atau bertegangan seperti rel beberapa peralatan, terminal dan penghantar dapat terlihat dan terjangkau dari segala sisi. Pemasangan PHB sistem terbuka ini hanya diijinkan pada ruangan yang tertutup dan hanya operator atau orang yang profesional yang boleh masuk dalam ruangan tersebut.

2) Konstruksi Semi -Tertutup



Gambar Panel Semi Tertutup

PHB jenis ini berupa panel yang dilengkapi dengan pengaman yang dapat mencegah terjadi kontak dengan bagian-bagian yang bertegangan pada PHB.

Pengaman ini pada umumnya dipasang pada bagian sakelar/tombol operasi muka, sehingga operator tidak mempunyai akses menyentuh bagian-bagian yang bertegangan pada PHB dari arah muka.

Namun demikian pada panel jenis ini tidak semua sisi tertutup seperti contohnya pada bagian belakang dan sampingnya.

Untuk itu PHB jenis ini pula hanya diijinkan dipasang pada ruangan tertutup dan hanya operator atau orang yang profesional yang boleh masuk ruangan tersebut.

3) Konstruksi Lemari



Konstruksi Lemari

PHB jenis konstruksi cubicle ini adalah tertutup pada semua sisinya, sehingga tidak ada akses untuk kontak dengan bagian yang bertegangan selama pengoperasian, karena konstruksi tertutup pada setiap sisinya, maka pemasangan PHB jenis ini tidak harus di

tempat yang tertutup dan terkunci, atau dengan kata lain dapat dipasang pada tempat-tempat umum pengoperasian listrik.

PHB jenis ini ada yang dibuat dengan sistem laci, yaitu komponen atau perlengkapan PHB ini dapat ditarik atau dilepas/untuk keperluan perbaikan atau pemeliharaan. Untuk memasang kembali dalam sistem, kita cukup mendorong ke dalam seperti kita mendorong laci.

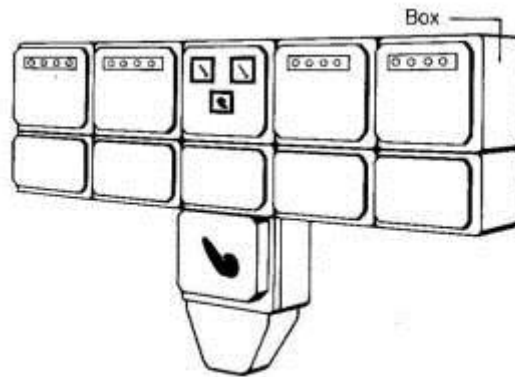
Pada PHB sistem laci ini bagian atau komponen yang bisa dilepas dan dipasang kembali, biasanya berupa sakelar pemisah atau pemutus tenaga untuk saluran masuk, saluran keluar dan sakelar penggandeng.

4) Konstruksi Kotak (Box)

PHB jenis kotak (box) ini ada yang terbuat dari bahan isolasi, plat logam, baja tuang, dsb. Di dalam kotak tersebut sudah dilengkapi dengan tempat untuk pengikat pemasangan rel, sekering, sakelar kontraktor dsb.



Jenis Box



PEMILIHAN PANEL

Untuk memudahkan dalam pemilihan Panel yang akan dipakai didalam sistem, ada beberapa pedoman yang dapat dipakai, yaitu :

Membuat Panel induk :

Rating arus peralatan harus sampai dengan 4000A.

Bahan selungkup dari plat baja.

Tinggi 2200 mm.

Metode pemasangan peralatan PANEL dengan sistem pemasangan tetap atau tidak tetap (**withdrawable**).

Kemampuan menahan arus hubungan singkat sampai dengan 176 kA.

Tingkat pengamanan untuk selungkup IP 40 atau IP 54.

Untuk PANEL distribusi :

Rating arus peralatan sampai dengan 2000 A.

Bahan selungkup berupa bahan isolasi, plat logam dan baja tuang.

Penggunaan PANEL box tinggi < 1000 mm.

Pemasangan peralatan dalam panel dipasang secara tetap.

Kemampuan menahan arus hubungan singkat sampai dengan **80kA**.

Tingkat pengaman sampai dengan IP 65.

Untuk mendapatkan keterangan yang lengkap data-data teknis yang diperlukan dalam pemilihan PANEL dapat diperoleh dari buku katalog pabrik pembuat komponen PANEL

1) Kemampuan Menahan Arus Hubung Singkat

Arus hubung singkat prospektif yang mengalir pada instalasi antara saluran masuk menuju PANEL induk atau PANEL distribusi dan kabel yang menuju ke beban tidak boleh melebihi kemampuan menahan arus hubung singkat dari peralatan yang terpasang di PANEL.

2) Derajat Pengamanan

Derajat pengamanan ini tergantung oleh kondisi lokasi pemasangan dan kondisi sekelilingnya. PANEL harus dilengkapi dengan pengaman yang dapat mencegah terjadinya tegangan sentuh, benturan benda asing dan air.

Pemasangan PANEL di ruangan dimana orang dapat dengan mudah menjangkaunya, PANEL harus didesain dengan pengaman untuk mencegah terjadinya tegangan sentuh oleh karena kecelakaan maupun saat pengoperasian, untuk itu derajat pengamannya paling sedikit adalah IP 20. Derajat pengaman ini seperti telah disinggung di atas dinyatakan dalam IP (Indeks Protection).

3) Selungkup dari bahan penyekat.

Selungkup yang digunakan untuk PANEL harus diproteksi terhadap korosi dan tegangan sentuh. Pada umumnya dipasaran ditawarkan dua macam bahan yaitu bahan metal dan bahan penyekat, seperti polyester yang dicampur dengan fiberglass atau bahan penyekat lainnya.

4) Permukaan selungkup logam

Semua jenis konstruksi PANEL baik selungkup maupun struktur untuk pemasangan komponen yang terbuat dari logam harus diproteksi dengan finishing permukaan yang baik. Pada umumnya selungkup PANEL dicat dengan menggunakan “Polyester Epoxy Powder”, sehingga mempunyai sifat mekanik yang cukup baik.

5) Pemasangan

Sebelum menentukan jenis PANEL yang akan dipakai perlu pula dipertimbangkan cara pemasangannya. Ada beberapa cara dalam pemasangan PANEL yaitu :

- Di lantai dekat dinding
- Di lantai, berdiri bebas di ruangan
- Menempel tetap di dinding
- Digantung di langit-langit
- Dipasang di rak

Jenis Bagian PHB

Setiap PHB dibuat satu atau beberapa bagian yang mana untuk mengakomodasi jumlah item dari peralatan. Beberapa bagian PHB itu dibuat untuk memudahkan dalam perencanaan, dan rancang bangun. Gambar dibawah ini menunjukkan contoh dari tiga macam metode pemasangan perlengkapan bagian PHB, yaitu pemasangan dengan cara tetap (fix) mudah dipindah-pindah (removable) dan sistem laci (withdrawable), yang dicontohkan oleh diagram satu garis dari unit pensuplai motor.

Pada pemasangan dengan sistem tetap (fix) unit saluran keluar secara permanen dihubungkan ke rel melalui kabel atau penghantar rel. Untuk mengganti perlengkapan maka perlu diisolasi terhadap rel, kabel yang menuju ke motor

dan kabel untuk kontrol, dan pengukuran yang dihubungkan secara langsung maupun melalui terminal harus diputuskan.



Sistem Pemasangan fix

Gambar diatas adalah contoh dari bagian PHB dengan pemasangan tetap (fix) dengan menggunakan sekering HRC tegangan rendah yang dilengkapi dengan sakelar pemisah.

Untuk sistem yang dapat dipindah-pindah input diperoleh melalui sebuah kotak isolasi 3 fasa yang memberikan daya listrik dari rel ke perlengkapan dengan menggunakan tusuk kontak 3 a.



Perbedaan dengan dua system yang telah dijelaskan di atas, pada sistem laci ini mempunyai keunggulan yaitu mudah dalam pelayanan dan keamanan operatornya lebih terjamin. Pada sistem ini baik untuk saluran masuk dan keluar penyambungannya dengan sistem kontak tusuk, sehingga kita tidak perlu melepas kabel yang menuju ke motor, kecuali itu juga pada sistem laci (withdrawable) ini dilengkapi dengan sakelar pembatas pada rangkaian pengunci kumparan kontaktor yang berfungsi sebagai sakelar interlok mekanik untuk mencegah agar unit tidak bisa diaktifkan sebelum posisi dari unit pada waktu memasukkan betul-betul telah tersambung sempurna.



Sistem laci

Gambar diatas menunjukkan contoh dari unit perlengkapan sistem laci (withdrawable) bagian dari PHB yang dipakai untuk motor serta rangkaian dasarnya.

2. Bentuk dan jenis desain konstruksi dari PHB, diantaranya :

a. Konstruksi Terbuka

pada jenis PHB dengan konstruksi terbuka ini pada bagian-bagian yang aktif atau bertegangan seperti rel beberapa peralatan, terminal dan penghantar dapat terlihat dan terjangkau dari segala sisi.

b. Konstruksi Semi -Tertutup

PHB jenis ini berupa panel yang dilengkapi dengan pengaman yang dapat mencegah terjadi kontak dengan bagian-bagian yang bertegangan pada PHB. Pengaman ini pada umumnya dipasang pada bagian sakelar/tombol operasi muka, sehingga operator tidak mempunyai akses menyentuh bagian-bagian yang bertegangan pada PHB dari arah muka.

Namun demikian pada panel jenis ini tidak semua sisi tertutup seperti contohnya pada bagian belakang dan sampingnya.

c. Konstruksi Lemari

PHB jenis konstruksi cublice ini adalah tertutup pada semua sisinya, sehingga tidak ada akses untuk kontak dengan bagian yang bertegangan selama pengoperasian, karena konstruksi tertutup pada setiap sisinya, maka pemasangan PHB jenis ini tidak harus di tempat yang tertutup dan terkunci, atau dengan kata lain dapat dipasang pada tempat-tempat umum pengoperasian listrik.

d. Konstruksi Kotak (Box)

PHB jenis kotak (box) ini ada yang terbuat dari bahan isolasi, plat logam, baja tuang, dsb. Di dalam kotak tersebut sudah dilengkapi dengan tempat untuk pengikat pemasangan rel, sekering, sakelar kontraktor dsb.

3. Cara-cara pemasangan pemasangan PHB, yaitu :

- Di lantai dekat dinding
- Di lantai, berdiri bebas di ruangan
- Menempel tetap di dinding
- Digantung di langit-langit
- Dipasang di rak

4. Yang dimaksud dengan kemampuan menahan arus hubung singkat pada PHB adalah, arus hubung singkat prospektif yang mengalir pada instalasi antara saluran masuk menuju PHB induk atau PHB distribusi dan kabel yang menuju ke beban tidak boleh melebihi kemampuan menahan arus hubung singkat dari peralatan yang terpasang di PHB.

6. Pemilihan gawai pengaman (MCB atau Miniatur Circuit Breaker)

MCB adalah suatu rangkaian pengaman yang dilengkapi dengan komponen thermis (bimetal) untuk pengaman beban lebih dan juga dilengkapi relay elektromagnetik untuk pengaman hubung singkat. MCB banyak digunakan untuk pengaman sirkit satu fasa dan tiga fasa. Keuntungan menggunakan MCB, yaitu :

- Dapat memutuskan rangkaian tiga fasa walaupun terjadi hubung singkat pada salah satu fasanya.
- Dapat digunakan kembali setelah rangkaian diperbaiki akibat hubung singkat atau beban lebih.
- Mempunyai respon yang baik apabila terjadi hubung singkat atau beban lebih.

Pada MCB terdapat dua jenis pengaman yaitu secara thermis dan elektromagnetis, pengaman termis berfungsi untuk mengamankan arus beban lebih sedangkan pengaman elektromagnetis berfungsi untuk mengamankan jika terjadi hubung singkat. Pengaman thermis pada MCB memiliki prinsip yang sama dengan thermal overload yaitu menggunakan dua buah logam yang digabungkan (bimetal), pengamanan secara thermis memiliki kelambatan, ini bergantung pada besarnya arus yang harus ran yang dapat menarik sebuah angker dari besi lunak.

MCB dibuat hanya memiliki satu kutub untuk pengaman satu fasa, sedangkan untuk pengaman tiga fasa biasanya memiliki tiga kutub dengan tuas yang disatukan, sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu kutub maka kutub yang lainnya juga akan ikut terputus. Berdasarkan penggunaan dan daerah kerjanya, MCB dapat digolongkan menjadi 5 jenis ciri yaitu :

- Tipe Z (rating dan breaking capacity kecil) : Digunakan untuk pengaman rangkaian semikonduktor dan trafo-trafo yang sensitif terhadap tegangan.
- Tipe K (rating dan breaking capacity kecil)
- Digunakan untuk mengamankan alat-alat rumah tangga.
- Tipe G (rating besar) untuk pengaman motor.
- Tipe L (rating besar) untuk pengaman kabel atau jaringan.
- Tipe H untuk pengaman instalasi penerangan bangunan



Gambar 2.21 MCB (Miniatur Circuit Breaker)

Gambar 9. MCB (Miniatur Circuit Breaker)

Macam-macam tipe MCB (Miniatur Circuit Breker)

a) MCCB (Moulded Case Circuit Breaker)

MCCB merupakan salah satu alat pengaman yang dalam proses operasinya mempunyai dua fungsi yaitu sebagai pengaman dan sebagai alat untuk penghubung. Jika dilihat dari segi pengaman, maka MCCB dapat berfungsi sebagai pengaman gangguan arus hubung singkat dan arus beban lebih. Pada jenis tertentu pengaman ini, mempunyai kemampuan pemutusan yang dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 2.22 Moulded Case Circuit Breaker

Gambar 10. MCCB (Moulded Case Circuit Breaker)

b) ACB (Air Circuit Breaker)

ACB (Air Circuit Breaker) merupakan jenis circuit breaker dengan sarana pemadam busur api berupa udara. ACB dapat digunakan pada tegangan rendah dan tegangan menengah. Udara pada tekanan ruang atmosfer digunakan sebagai peredam busur api yang timbul akibat proses switching maupun gangguan.



sumber : www.global-b2b-network.com

Gambar 2.23 ACB (Air Circuit Breaker)

- **LV-ACB:**
Ue = 250V dan 660V
Ie = 800A-6300A
I_m = 45kA-170kA
- **LV-ACB:**
Ue = 7,2kV dan 24kV
Ie = 800A-7000A
I_m = 12,5kA-72kA

Gambar 11. ACB (Air Circuit Breaker)

Air Circuit Breaker dapat digunakan pada tegangan rendah dan tegangan menengah. Rating standar Air Circuit Breaker (ACB) yang dapat dijumpai dipasaran seperti ditunjukkan pada data diatas. Pengoperasian pada bagian mekanik ACB dapat dilakukan dengan bantuan solenoid motor ataupun pneumatik. Perlengkapan lain yang sering diintegrasikan dalam ACB adalah :

- Over Current Relay (OCR)
- Under Voltage Relay (UVR)

c) OCB (Oil Circuit Breaker)

Oil Circuit Breaker adalah jenis CB yang menggunakan minyak sebagai sarana pemadam busur api yang timbul saat terjadi gangguan. Bila terjadi busur api dalam minyak, maka minyak yang dekat busur api akan berubah menjadi uap minyak dan busur api akan dikelilingi oleh gelembung-gelembung uap minyak dan gas. Gas yang terbentuk tersebut mempunyai sifat thermal conductivity yang baik dengan tegangan ionisasi tinggi sehingga baik sekali digunakan sebagai bahan media pemadam loncatan bunga api.



Gambar 2.24 OCB (Oil Circuit Breaker)

Gambar 12. OCB (Oil Circuit Breaker)

d) VCB (Vacuum Circuit Breaker)

Vacuum circuit breaker memiliki ruang hampa udara untuk memadamkan busur api, pada saat circuit breaker terbuka (open), sehingga dapat mengisolir hubungan setelah bunga api terjadi, akibat gangguan atau sengaja dilepas. Salah satu tipe dari circuit breaker adalah recloser. Recloser hampa udara dibuat untuk memutuskan dan menyambung kembali arus bolak-balik pada rangkaian secara otomatis. Pada saat melakukan pengesetan besaran waktu sebelumnya atau pada saat recloser dalam keadaan terputus yang kesekian kalinya, maka recloser akan terkunci (lock out), sehingga recloser harus dikembalikan pada posisi semula secara manual.



Gambar 2.25 VCB (Vacuum Circuit Breaker)

Gambar 13. VCB (Vacuum Circuit Breaker)

e) SF6 CB (Sulfur Hexafluoride Circuit Breaker)

SF6 CB adalah pemutus rangkaian yang menggunakan gas SF6 sebagai sarana pemadam busur api. Gas SF6 merupakan gas berat yang mempunyai sifat dielektrik dan sifat memadamkan busur api yang baik sekali. Prinsip pemadaman busur apinya adalah Gas SF6 ditiupkan sepanjang busur api, gas ini akan mengambil panas dari busur api tersebut dan akhirnya padam. Rating tegangan CB adalah antara 3.6 KV – 760 KV.



Gambar 14. SF6 CB (Sulfur Hexafluoride Circuit Breaker)

APP dari PLN (kWH Meter)

APP (Alat Pengukur dan Pembatas) biasa disebut juga dengan meteran PLN (kWH meter). Alat ini berfungsi sebagai tempat penyambungan kabel dari tiang listrik ke instalasi dalam rumah. Selain itu, APP berfungsi sebagai pengukur daya listrik (kWH meter) yang digunakan di sebuah rumah, dan sebagai pembatas/pemutus arus saat arus listrik di rumah tersebut berlebihan. Pemutus arus ini berupa MCB (*Mini Circuit Breaker*) atau sekring. APP menyalurkan listrik menuju ke PHB (Perlengkapan Hubung Bagi) atau disebut box MCB.



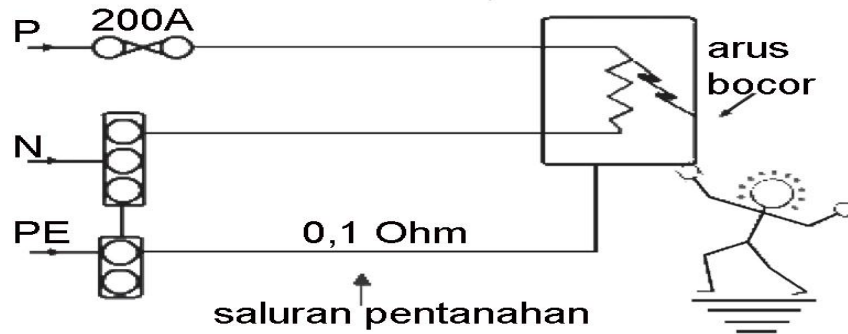
Gambar 15. Bentuk KWH Meter

PHB (Box MCB)

PHB berfungsi untuk menerima energi listrik dari APP, mendistribusikan dan mengontrol penyalurannya melalui sirkuit cabang ke PHB cabang (misalnya pada rumah bertingkat) atau dari PHB langsung melalui sirkuit akhir ke beban, seperti stop kontak, lampu dan peralatan listrik lainnya.

Elektrode Pembumian (*Arde*)

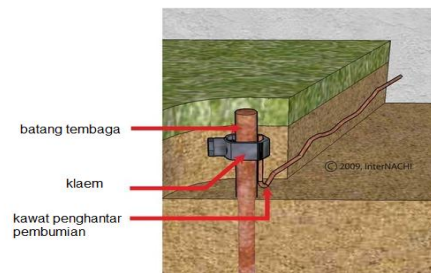
Pembumian adalah penyaluran hubungan ke bumi jika terdapat kebocoran instalasi atau arus listrik, karena bumi merupakan penetrasi arus listrik yang besar.



Gambar 17. Sambungan Saluran Pentanahan

Menurut PUIL 2000, elektrode pembumian adalah bagian konduktif atau kelompok bagian konduktif yang membuat kontak langsung dan memberikan hubungan listrik dengan bumi. Elektrode pembumian dibuat dari bahan tembaga atau baja yang digalvanisasi (dilapisi tembaga). Alat ini digunakan untuk melindungi keselamatan pemilik instalasi dan peralatan/perengkapan listrik agar terhindar dari kerusakan.

Prinsip instalasi elektrode pembumian sama dengan instalasi penangkal petir, terutama pada bagian penyalur sampai ke elektrode tanah. Resistansi elektrode harus



dapat diukur. Alat yang digunakan untuk mengukur resistansi elektrode pembedaan adalah Earth Tester.

Pengantar Pentanahan

Pengantar pentanahan adalah pengantar pembedaan yang digunakan pada sistem pentanahan, yaitu untuk menghubungkan sistem pentanahan dari elektrode pentanahan ke terminal utama pentanahan dan dari terminal utama pentanahan sampai ke peralatan listrik yang ditanahkan. Adapun rumus dalam pemasangan pengantar tanah sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{4L}{A}\right) - 1 \right]$$

di mana:

R = Tahanan pentanahan untuk batang tunggal (Ohm)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)

L = Panjang elektroda (meter)

A = Diameter elektroda (meter)

Tabel 3. Jenis Tahanan pada Tanah

No	JENIS TANAH	TAHANAN JENIS TANAH (ohm, meter)
1	Tanah yang mengandung air garam	30
2	Rawa	100
3	Tanah liat	200
4	Pasir basah	500
5	Batu –batu kerikil basah	1000
6	Pasir dan batu kerikil kering	3000
7	batu	5-6

Penghantar tanah harus dibuat dari bahan tembaga, aluminium, baja atau perpaduan dari bahan tersebut. Berdasarkan kekuatan mekanisnya, luas penampang minimum penghantar bumi yaitu:

- a) Untuk penghantar yang terlindungi kokoh secara mekanis 1.5 mm^2 tembaga atau 2.5 mm^2 aluminium.
- b) Untuk penghantar yang tidak terlindungi kokoh secara mekanis 4 mm^2 tembaga atau pita baja yang tebalnya 2.5 mm^2 dan luas penampangnya 50 mm^2 .



Gambar 19. Kawat Penghantar Pentanahan

Stop Kontak

Stop kontak merupakan komponen instalasi listrik yang berfungsi untuk mendistribusikan energi listrik dari instalasi rumah ke beban (televise, radio, rice cooker, mesin cuci dan alat elektronik lainnya). Stop kontak biasa disebut juga dengan kotak kontak. Pasangan stop kontak adalah tusuk kontak yang biasa disebut juga dengan steker (colokan).

Stop kontak dibagi menjadi dua, yaitu sebagai berikut.

- a) Stop Kontak Biasa

Stop kontak ini biasanya juga disebut KKB (kotak kontak biasa). Stop kontak ini digunakan untuk daya listrik relatif kecil. Pada instalasi rumah, stop kontak biasa lebih banyak digunakan daripada stop kontak khusus. Berdasarkan bentuknya, stop kontak terdapat beberapa macam yaitu stop kontak biasa, stop kontak dengan hubungan tanah, dan stop kontak tahan air/tetesan. Sedangkan berdasarkan pemasangannya, stop kontak terdiri dari stop kontak yang dapat ditanam dalam dinding dan stop kontak yang dipasang di permukaan dinding.



Gambar 20. Stop kontak biasa

Jika kita memasang stop kontak dengan ketinggian kurang dari 125 cm, kita harus memberikan pengaman (tutup) baik dengan cara diputar atau cara pengaman yang lain untuk melindungi penghuni rumah dari bahaya tersengat listrik, karena stop kontak tersebut sangat mudah dijangkau, bahkan oleh anak-anak

b) Stop kontak khusus

Stop kontak ini biasanya disebut juga dengan KKK (kotak kontak khusus). Stop kontak ini digunakan untuk daya listrik yang relatif besar. Pada instalasi rumah, stop kontak ini dipasang beberapa buah. Artinya, kebutuhan jauh lebih sedikit dari stop kontak biasa. Contoh penggunaan stop kontak khusus adalah stop kontak yang mempunyai keamanan (safety) dari jangkauan anak-anak dan untuk menyuplai listrik pada *air conditioner* (AC) atau *water heater*. Berdasarkan cara dan bentuk pemasangannya, stop kontak khusus dapat dipasang di luar dinding atau ditanam di dalam dinding.



Gambar 21. Stop kontak khusus (safety)

Pipa Instalasi

Pipa instalasi berfungsi sebagai isolator pada kabel instalasi listrik. Oleh karena itu, pipa instalasi harus terbuat dari bahan yang tahan terhadap tekanan mekanis, panas, serta tidak menyalurkan nyala api dan kelembapan. Bahan tersebut misalnya PVC atau baja. Permukaan bagian dalam dan luar pipa harus rata dan tidak kasar.

Selain berfungsi sebagai isolator pada kabel instalasi listrik, pipa instalasi juga berfungsi untuk memudahkan penggantian kabel-kabel tanpa harus membongkar dinding. Artinya, kabel tinggal dikeluarkan dan dimasukkan kembali melalui pipa tersebut. Pipa kabel bisa ditanam di dalam dinding ataupun dipasang di permukaan dinding.

Dalam teknik instalasi listrik, kabel instalasi penerangan maupun instalasi tenaga harus terbebas dari berbagai macam gangguan dari luar (misal : benturan, tarikan, goresan). Oleh karenanya pipa instalasi harus memenuhi syarat-syarat yang diatur oleh instansi yang berwenang sbb :

1) Syarat-syarat

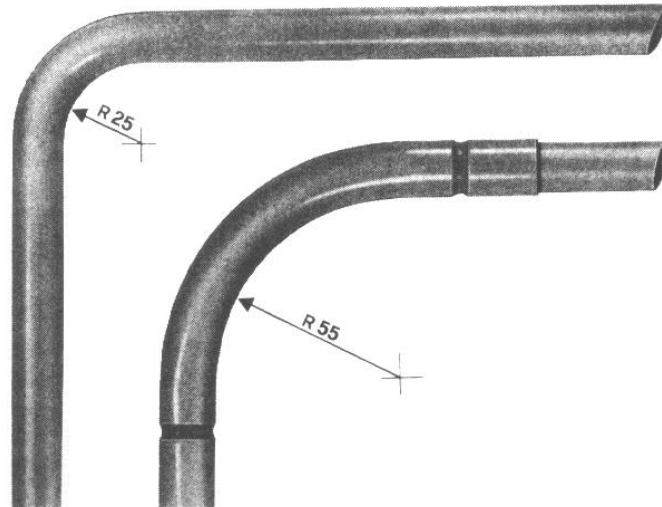
a. Bahan (PUIL 730 C₂) harus tahan terhadap :

Panas, tekanan mekanis, bara api, lembab dll

b. Konstruksi (730 C₃) :

1. berfungsi sebagai pelindung kabel dari gangguan mekanis.
2. permukaan rata, licin dan tahan zat kimia.
3. ujung pipa tidak tajam / tumpul dan dipasang tule untuk pipa baja.
4. pipa dan penyambung (mof) harus mudah dilaksanakan.
5. pembengkokan pipa harus beradius (dalam) r
 - $r = 3 \times \text{diameter pipa}$ (pipa PVC)
 - $r = 4 \times d$ (pipa baja sampai 16 mm 5/8")
 - $r = 6 \times d$ (pipa baja sampai 16 mm 5/8")

d = garis tengah luar pipa

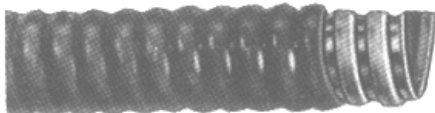


Gambar 19. Kontruksi Pembengkokan Pipa

a) Pipa logam fleksibel (pengembangan)



- Pipa kertas berlapis pita baja beralur dan fleksibel .
 spesifikasi : tahan panas, lembab & zat kimia .
 pemakaian : - instalasi mesin-mesin.



- Pipa baja berlapis plastik
 pemakaian : - penyambungan peralatan mesin-mesin



- Pipa baja beralur galvanis dan fleksibel .
 Pemakaian : - instalasi tenaga pada mesin-mesin

1. Ukuran Dan Ketentuan Jumlah Kabel

- Ukuran pipa pvc dan pipa union :

1/2" ; 5/8" ; 1" ; 1 1/4" ; 1 1/2" dst.

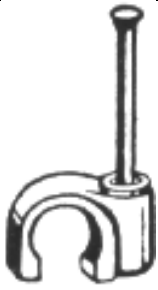

- Ukuran pipa galvanis tipe E (Edyson)



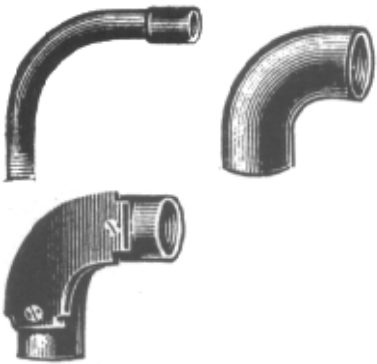
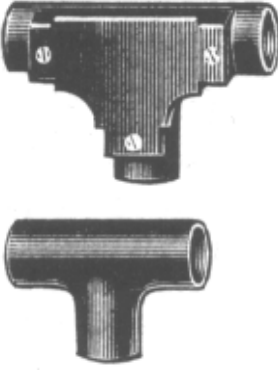
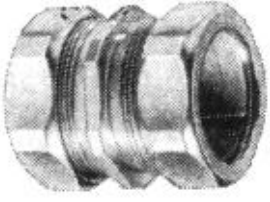
19 ; 25 ; 31 ; 39 ; 51 ; 63 dan 75.




angka variabel menunjukkan besar diameter luar (mm).

Ketentuan jumlah kabel pipa instalasi untuk pemasangan kabel rumah berisolasi PVC (NYA) seperti tabel berikut :

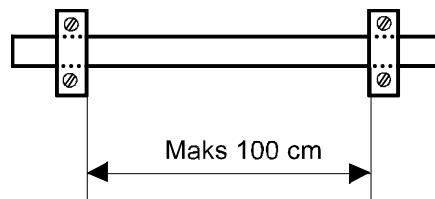
Tabel 4. Ukuran Dan Ketentuan Jumlah Kabel

NO	Bentuk barang	Nama	Penggunaan
1		- Kelem bahan baja / PVC	- Pengikat pipa inst. uit bouw - Pengikat kabel
2		- Kelem baja	- Kelem penyangga pipa

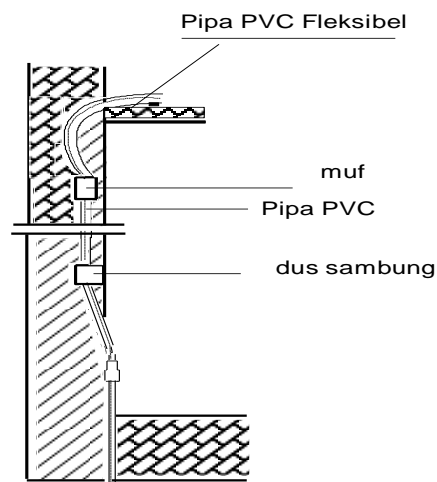
3		<ul style="list-style-type: none"> - Kelem penyangga PVC 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengikat pipa
4		<ul style="list-style-type: none"> - Sarung (muf) pipa 	<ul style="list-style-type: none"> - Penyambung pipa lurus
5		<ul style="list-style-type: none"> - Suku siku tanpa dan dengan kutup (benda siku) 	<ul style="list-style-type: none"> - Penyambung pipa
6		<ul style="list-style-type: none"> - Suku T (benda T) 	<ul style="list-style-type: none"> - Percabangan pipa
7		<ul style="list-style-type: none"> - Watermur 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengikat pipa atau kabel dengan peralatan (bebas gangguan air)

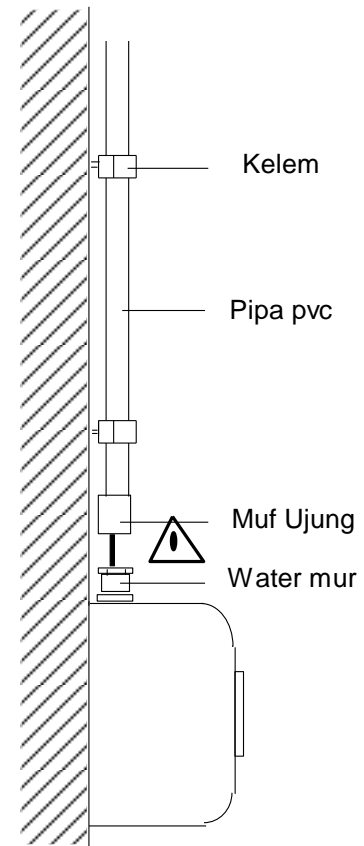
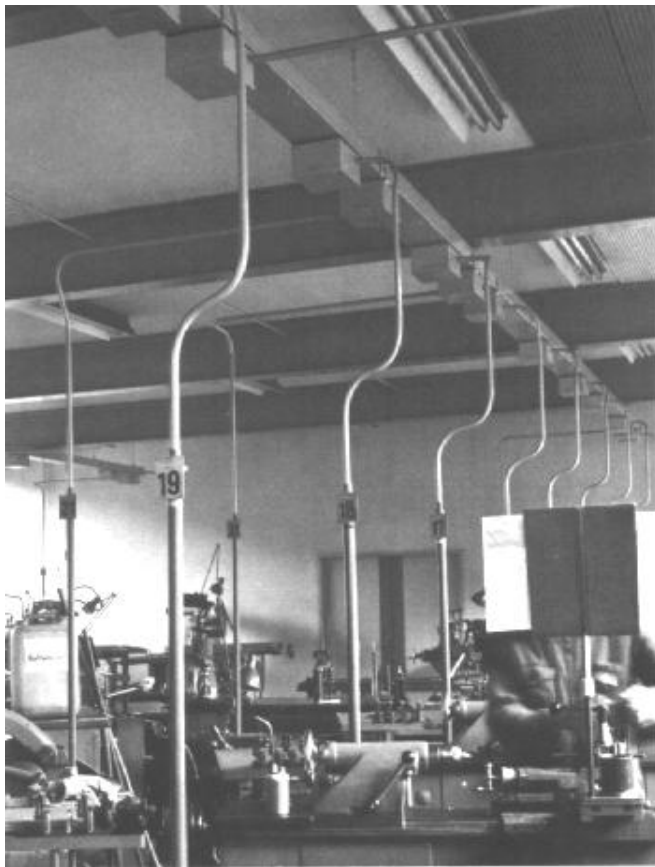
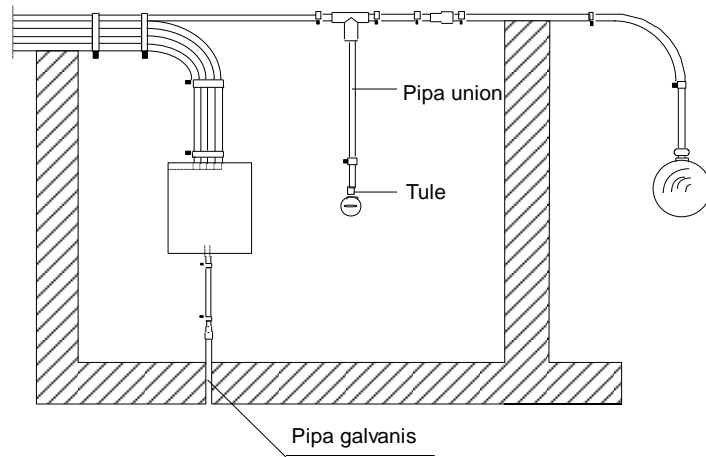
8		– Tule	– Penutup pipa union atau pipa galvanis
9		– Per	– Pembengkok pipa PVC
10		– Dos	– Percabangan pipa / terminal sambung

Pemasangan pipa instalasi harus sesuai dengan ketentuan aturan PUIL pasal 730 E₉. (lihat PUIL 97). Pipa dipasang dengan penopang atau klem , jarak antara klem yang berurutan maksimum 1 m.



Contoh pemakai jenis pipa :





Gambar 23. Pemakaian Jenis Pipa

Saklar dan Fitting Lampu

Saklar dan fitting lampu merupakan sirkit penerangan pada instalasi listrik rumah. Saklar berfungsi untuk menyalakan dan mematikan lampu. Fitting adalah rumah atau tempat untuk memasang lampu, saklar dan fitting lampu dapat ditanam di dalam dinding atau dipasang di luar dinding.


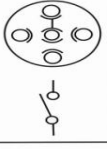
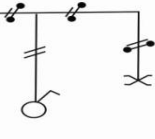
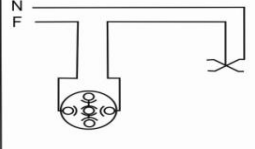

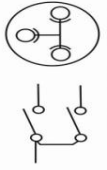
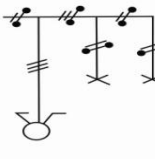
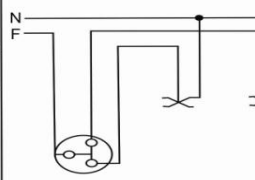

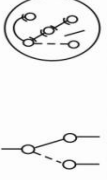
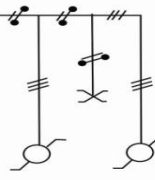
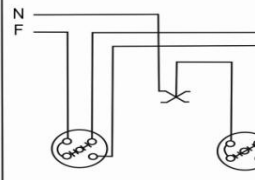

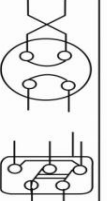
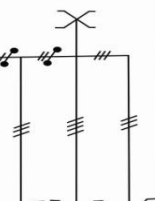
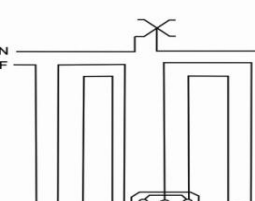

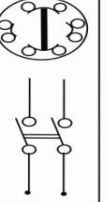
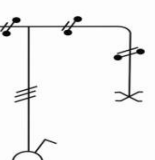
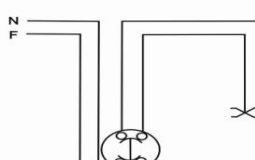

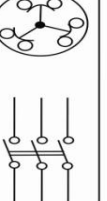
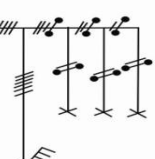
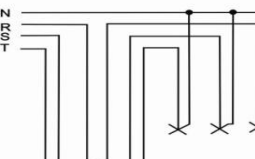
Jenis-jenis saklar berdasarkan fungsinya :

a) Saklar ON-OFF

Merupakan saklar yang bekerja menghubungkan arus listrik jika tombolnya ditekan on. Untuk memutuskan hubungan arus listrik, tombol saklar ditekan pada posisi off. Saklar jenis ini biasanya digunakan untuk saklar lampu.

b) Saklar push-ON

Merupakan saklar yang menghubungkan arus listrik jika tombolnya ditekan pada posisi on dan akan secara otomatis memutus arus listrik. Ketika tombolnya dilepas dan kembali pada posisi off dengan sendiri. Biasanya saklar jenis ini sering digunakan pada bel rumah.

Nama	Lambang (simbol)	Konstruksi	Skema instalasi	Skema hubungan Pelaksanaan
Saklar tunggal				
Saklar seri				
Saklar tukar				
Saklar silang				
Saklar kutub dua				
Saklar kutub tiga				

Gambar 24. Jenis dan Rangkaian Kegunaan Saklar:

Saklat tunggal

Merupakan saklar yang hanya mempunyai satu buah kanal input yang terhubung dengan sumber listrik, serta kanal output yang terhubung dengan saklar listrik.

Saklar seri/majemuk

Merupakan saklar hanya yang memiliki satu buah kanal input yang terhubung dengan sumber listrik, namun memiliki kanal output lebih dari yang terhubung beberapa beban / alat listrik yang digunakan. Jumlah kanal output tergantung dari jumlah tombol pada saklar tersebut.

Saklar tukar

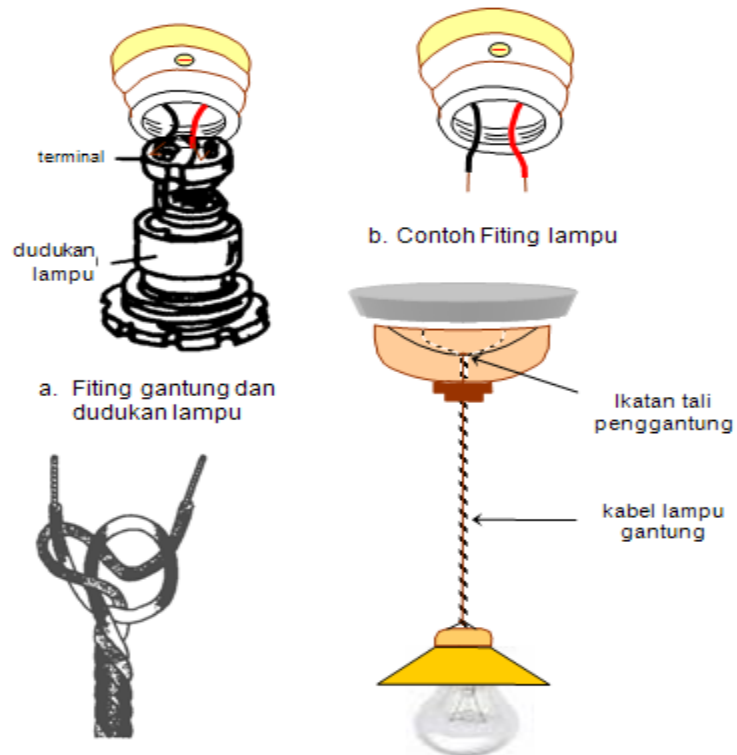
Fungsi saklar tukar (saklar hotel) adalah untuk menyalakan dan mematikan satu lampu dengan dua saklar. Aplikasinya biasanya lampu dipasang pada lorong tangga antara lantai 1 dan lantai 2. Maksudnya saat kita berada dilantai satu mau naik kelantai dua, saat dilantai satu kita nyalakan lampu dan setelah kita naik kelantai dua kita mematikan lampu dari lantai dua.

Saklar silang

Untuk melayai satu lampu atau satu golongan lampu agar dapat dinyalakan dan dimatikan lebih dari dua tempat dapat dilakukan dengan mengkombinasikan antara sakelar tunggal dan sakelar silang. Yang harus diingat, sakelar pertama dan terakhir adalah sakelar tukar sedangkan sakelar di antaranya adalah sakelar silang.

c) Fitting Lampu

adalah suatu alat untuk menghubungkan lampu dengan kawat-kawat jaringan listrik secara aman. Berdasarkan pemakaiannya bentuk fitting terdapat beberapa macam, yaitu fitting tempel (fitting duduk), fitting gantung, fitting bayonet, gabungan antara fitting dengan stop kontak dan lain-lain.



Gambar 25. Macam-macam Fitting Lampu



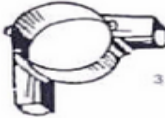


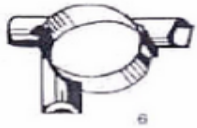
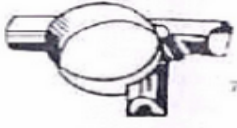

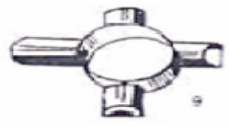

Kotak Sambung

Penyambungan atau percabangan hantaran listrik pada instalasi dengan pipa harus dilakukan dalam kotak sambung. Hal ini dimaksudkan untuk melindungi sambungan atau percabangan hantaran dari gangguan yang membahayakan. Pada umumnya bentuk sambungan yang digunakan pada kotak sambung ialah sambungan ekor babi (pig tail), kemudian setiap sambungan ditutup dengan las dop setelah diisolasi.



Gambar 26. Kotak Sambung

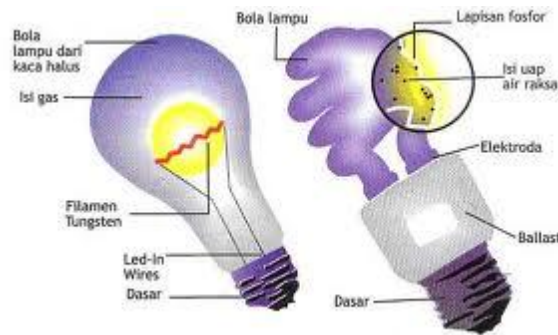
Macam- macam kotak sambung :

	<p>1. Kotak ujung; sering disebut pula dos tanam biasanya digunakan sebagai tempat sambungan dan pemasangan sakelar atau stop kontak/kotak kontak</p>
	<p>2. Kotak tarik; digunakan pada pemasangan pipa lurus memanjang (setiap 20 m) yang fungsinya untuk memudahkan penarikan hantaran ataupun tempat penyambungan</p>
	<p>3. Kotak sudut; sama seperti kotak tarik</p>
	<p>4. Kotak garpu; dipakai untuk percabangan sejajar</p>
	<p>5. Kotak T atas; pemasangannya disesuaikan dengan penempatannya</p>
	<p>6. Kotak T kiri; pemasangannya disesuaikan dengan penempatannya</p>
	<p>7. Kotak T kanan; pemasangannya disesuaikan dengan penempatannya</p>
	<p>8. Kotak T terbalik; pemasangannya disesuaikan dengan penempatannya</p>
	<p>9. Kotak silang; disebut juga cross dos (x dos) untuk empat percabangan,</p>
	<p>10. Kotak cabang lima digunakan untuk lima percabangan dengan empat cabang sejajar.</p>

Gambar 27. Kotak sambungan kabel

Lampu

Lampu berfungsi sebagai adalah untuk membungkus cahaya yang di berasal dari lampu pijar untuk memberikan penerangan / cahaya yang cukup pada arah yang kita inginkan.

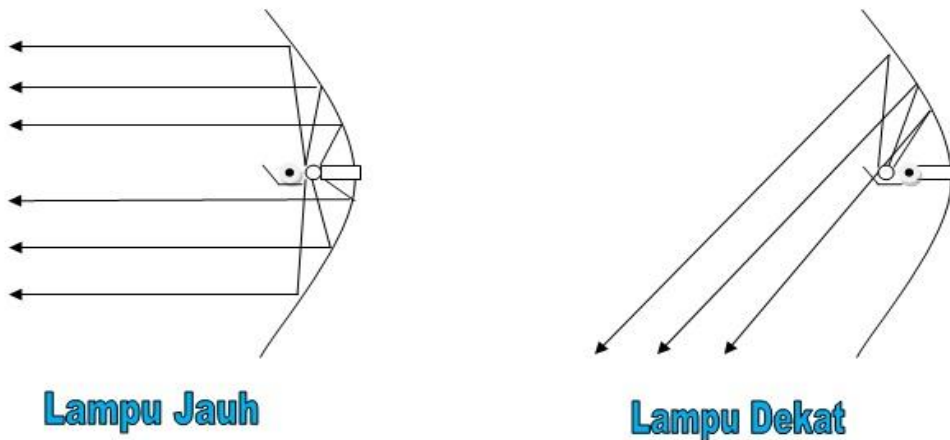


Gambar 28. Bagian Lampu Penerangan

Pada dasarnya bohlam lampu utama di bagi menjadi 2, yaitu:

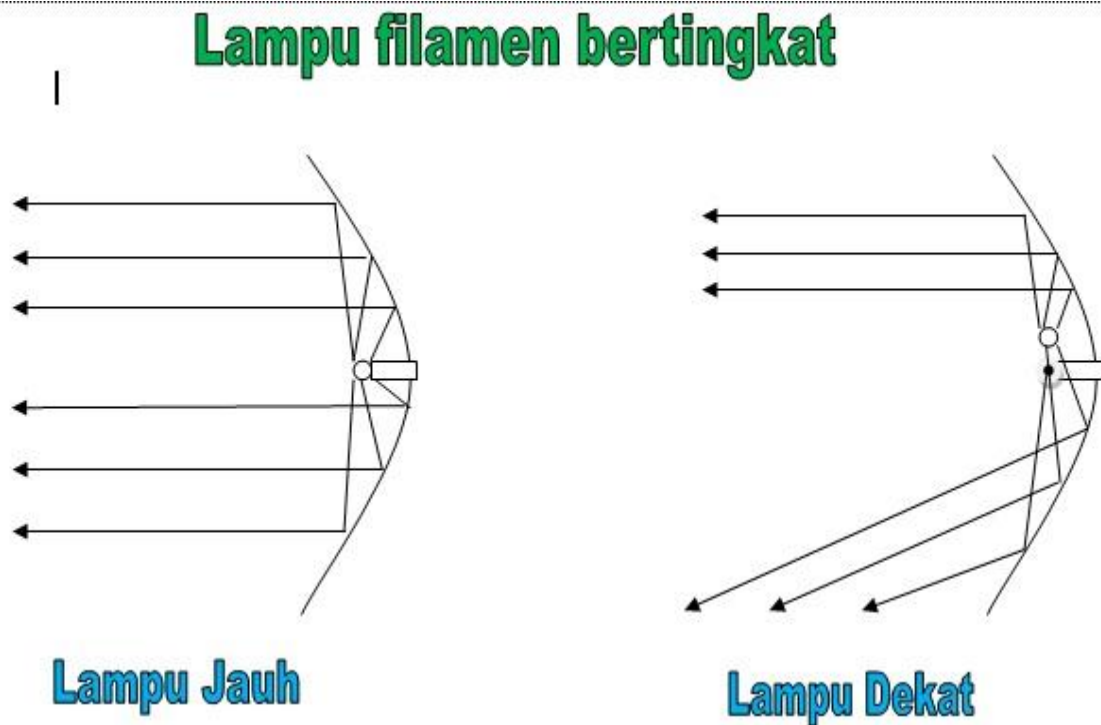
- Bohlam lampu yang filamennya sejajar
- Bohlam lampu yang filamennya bertingkat

Lampu filamen sejajar



Gambar 29. Lampu Filamen Sejajar

Bohlam lampu filamen sejajar biasanya di pakai pada kendaraan mobil. Cara kerjanya dengan bantuan reflektor, filamen lampu jauh di tempatkan di belakang filamen lampu dekat agar supaya cahaya yang dipantulkan dapat sejajar. Sedangkan Filamen lampu dekat terletak didepan filamen lampu jauh, agar hasil pantulan reflektor bisa sempurna miring ke bawah, maka bagian bawah dan depan filamen ditutup pakai pelat berbentuk seperti sendok.



Gambar 30. Lampu Filamen Bertingkat

Bohlam lampu filamen bertingkat biasanya dipakai pada sepeda motor. Cara kerjanya Filamen lampu jauh berada tepat di titik tengah atau biasa di sebut titik api yang akan menghasilkan pantulan sinar sejajar. Sedangkan Filamen lampu dekat

berada di atas filamen lampu jauh, yang akan menghasilkan cahaya sejajar di bagian atas dan bawah untuk bagian bawah.

Reflektor adalah cermin cekung yang berbentuk parabola yang berfungsi untuk memantulkan sinar lampu pijar (Bohlam), agar refleksi sinar cukup baik maka permukaan reflektor di beri lapis bahan yang dapat memantulkan cahaya

7. Kalkulasi kebutuhan daya

Sebelum membahas tentang perbaikan faktor daya dengan menggunakan kapasitor, ada baiknya kita mengingat kembali tentang pengertian umum dari Daya Semu, Daya Aktif dan Daya Reaktif.

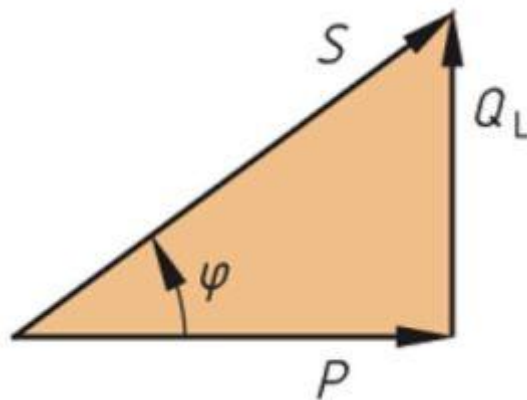
Dalam sistem listrik AC/Arus Bolak-Balik ada tiga jenis daya yang dikenal, khususnya untuk beban yang memiliki impedansi (Z), yaitu:

- Daya semu (S , VA, Volt Amper)
- Daya aktif (P , W, Watt)
- Daya reaktif (Q , VAR, Volt Amper Reaktif)

Untuk rangkaian listrik AC, bentuk gelombang tegangan dan arus sinusoida, besarnya daya setiap saat tidak sama. Maka daya yang merupakan daya rata-rata diukur dengan satuan Watt, Daya ini membentuk energi aktif persatuan waktu dan dapat diukur dengan kwh meter dan juga merupakan daya nyata atau daya aktif (daya poros, daya yang sebenarnya) yang digunakan oleh beban untuk melakukan tugas tertentu.

Sedangkan daya semu dinyatakan dengan satuan Volt-Ampere (disingkat, VA), menyatakan kapasitas peralatan listrik, seperti yang tertera pada peralatan generator dan transformator. Pada suatu instalasi, khususnya di

pabrik/industri juga terdapat beban tertentu seperti motor listrik, yang memerlukan bentuk lain dari daya, yaitu daya reaktif (VAR) untuk membuat medan magnet atau dengan kata lain daya reaktif adalah daya yang terpakai sebagai energi pembangkitan flux magnetik sehingga timbul magnetisasi dan daya ini dikembalikan ke sistem karena efek induksi elektromagnetik itu sendiri, sehingga daya ini sebenarnya merupakan beban (kebutuhan) pada suatu sistem tenaga listrik.



Gambar 1. Segitiga Daya.

Pengertian Faktor Daya / Faktor Kerja

Faktor daya atau faktor kerja adalah perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu/daya total (VA), atau cosinus sudut antara daya aktif dan daya semu/daya total (lihat gambar 1). Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah. Faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu.

Secara teoritis, jika seluruh beban daya yang dipasang oleh perusahaan listrik memiliki faktor daya satu, maka daya maksimum yang ditransfer setara dengan kapasitas sistem pendistribusian. Sehingga, dengan beban yang terinduksi dan jika faktor daya berkisar dari 0,2 hingga 0,5, maka kapasitas jaringan distribusi listrik menjadi tertekan. Jadi,

daya reaktif (VAR) harus serendah mungkin untuk keluaran kW yang sama dalam rangka meminimalkan kebutuhan daya total (VA).

Faktor Daya / Faktor kerja menggambarkan sudut fasa antara daya aktif dan daya semu. Faktor daya yang rendah merugikan karena mengakibatkan arus beban tinggi.

Perbaikan faktor daya ini menggunakan kapasitor.

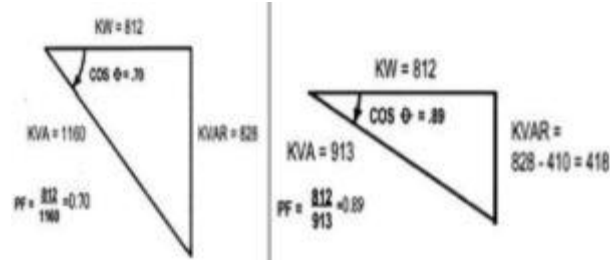
Kapasitor untuk Memperbaiki Faktor Daya

Faktor daya dapat diperbaiki dengan memasang kapasitor pengkoreksi faktor daya pada sistim distribusi listrik/instalasi listrik di pabrik/industri. Kapasitor bertindak sebagai pembangkit daya reaktif dan oleh karenanya akan mengurangi jumlah daya reaktif, juga daya semu yang dihasilkan oleh bagian utilitas.

Sebuah contoh yang memperlihatkan perbaikan faktor daya dengan pemasangan kapasitor ditunjukkan dibawah ini:

Contoh 1. Sebuah pabrik kimia memasang sebuah trafo 1500 kVA. Kebutuhan parik pada mulanya 1160 kVA dengan faktor daya 0,70. Persentase pembebanan trafo sekitar 78 persen ($1160/1500 = 77.3$ persen). Untuk memperbaiki faktor daya dan untuk mencegah denda oleh pemasok listrik, pabrik menambahkan sekitar 410 kVAr pada beban motor. Hal ini meningkatkan faktor daya hingga 0,89, dan mengurangi kVA yang diperlukan menjadi 913 kVA, yang merupakan penjumlahan vektor kW dan kVAr. Trafo 1500 kVA kemudian hanya berbeban 60 persen dari kapasitasnya. Sehingga pabrik

akan dapat menambah beban pada trafonya dimasa mendatang. (Studi lapangan NPC)



Contoh 2. Sekelompok lampu pijar dengan tegangan 220V/58 W, digabungkan dengan 12 lampu TL 11 W, ada 30 buah lampu pijar dan lampu TL. Faktor daya terukur sebesar $\cos \alpha_1 = 0,5$. Hitunglah daya semu dari beban dan besarnya arus I1 sebelum kompensasi, Jika diinginkan faktor kerja menjadi $\cos \alpha_2 = 0,9$. hitung besarnya arus I2 (setelah kompensasi).

a) Besarnya daya lampu gabungan

$$PG = (58 \text{ W} \times 18) + (11 \text{ W} \times 12) = 1176 \text{ watt} = 1,176 \text{ kW}$$

$$\cos \phi_1 = PG/S_1 \rightarrow S_1 = Pg/\cos \phi_1 = 1,176\text{kW}/0,5 = 2,352 \text{ kVA.}$$

$$I_1 = S_1/U = 2,352 \text{ kVA}/220 \text{ V} = 10,69 \text{ ampere (A)} \rightarrow \text{sebelum kompensasi}$$

b) besarnya daya setelah kompensasi ($\cos \phi = 0,9$)

$$S_2 = PG/\cos \phi_2 = 1,176 \text{ kW}/0,9 = 1,306 \text{ kVA}$$

$$\text{maka } I_2 = S_2/U = 1,306 \text{ kVA}/220 \text{ V} = 5,94 \text{ A} \rightarrow \text{setelah kompensasi}$$

Keuntungan Perbaikan Faktor Daya dengan Penambahan Kapasitor

Keuntungan perbaikan faktor daya melalui pemasangan kapasitor adalah:

1. Bagi Konsumen, khususnya perusahaan atau industri:

- Diperlukan hanya sekali investasi untuk pembelian dan pemasangan kapasitor dan tidak ada biaya terus menerus.
- Mengurangi biaya listrik bagi perusahaan, sebab:

(a) daya reaktif (kVAR) tidak lagi dipasok oleh perusahaan utilitas sehingga kebutuhan total(kVA) berkurang dan

(b) nilai denda yang dibayar jika beroperasi pada faktor daya rendah dapat dihindarkan.

- Mengurangi kehilangan distribusi (kWh) dalam jaringan/instalasi pabrik.
- Tingkat tegangan pada beban akhir meningkat sehingga meningkatkan kinerja motor.

2. Bagi utilitas pemasok listrik

- Komponen reaktif pada jaringan dan arus total pada sistim ujung akhir berkurang.
- Kehilangan daya $I^2 R$ dalam sistim berkurang karena penurunan arus.
- Kemampuan kapasitas jaringan distribusi listrik meningkat, mengurangi kebutuhan untuk memasang kapasitas tambahan.

Kalkulasi kebutuhan daya

Proses ionisasi yang terus-menerus dan berkelanjutan akan membentuk banjir elektron. Maka pembentukan banjir elektron ini tergantung pada kecepatan mula dari elektron dan percepatannya selama ia bergerak disepanjang jarak bebas antara dua tubrukkan. Ada gradient permukaan yang terbentuk dimana korona ini akan terjadi. Tegangan yang dimiliki pada gradient ini dinamakan “permukaan tegangan korona” atau secara tepat juga dinamakan permulaan tegangan korona mulai kelihatan. Nilai dari tegangan ini tergantung pada:

- Keadaan atmosfer disekitarnya.
- Keadaan dari permukaan kawat.
- Bentuk susunan kawat.

Jadi tegangan kritis pada udara dan pada waktu terjadinya kegagalan sesuai dengan

persamaan berikut:

$$Vd = Ed \cdot d \cdot r \cdot \ln \frac{D}{r}$$

Pada waktu terjadinya breakdown diudara $Ed = 30 \text{ kV/cm}$ atau 3000 kV/m .

Jadi tegangan kritis adalah sebesar:

$$Vd = 3000 \cdot d \cdot r \cdot \ln \frac{D}{r} \text{ (kV-terhadap-netral)}$$

D dan r didalam netral.

Bila dijadikan R.M.S maka:

$$Vd(RMS) = 2110 \cdot d \cdot r \cdot \ln \frac{D}{r} \text{ (kV-RMS)-terhadap-netral}$$

Dan bila dirubah menjadi log 10, maka:

$$Vd(RMS) = 4860 \cdot d \cdot r \cdot \log \frac{D}{r} \text{ (kV-RMS)terhadap-netral}$$

Didalam prakteknya, masih ada koreksi yang disebabkan oleh keadaan permukaan kawat yang tidak rata, karena itu harga diatas masih harus dikalikan dengan factor m_o yang besarnya seperti dibawah ini:

- $m_o = 1,0$ untuk kawat yang licin.
- $m_o = 0,98$ s/d $0,93$ untuk kawat kasar yang sudah lama dipasang.
- $m_o = 0,87$ s/d $0,83$ untuk kawat stranded terdiri dari 7 kawat halus.
- $m_o = 0,85$ s/d $0,80$ untuk kawat stranded yang terdiri dari 19, 37, 61, kawat halus.

Sehingga persamaan tegangan kritis menjadi:

$$Vd(RMS) = 4860 \cdot m_o \cdot d \cdot r \cdot \log \frac{D}{r} \text{ (kV-RMS)terhadap-netral}$$

Nilai ini berlaku pada cuaca cerah, sedangkan pada cuaca buruk (seperti mendung,

hujan) maka harga tegangan harus dikalikan dengan factor koreksi untuk menyesuaikan dengan kenyataan. Adapun factor koreksinya adalah 0,8.

Jadi dalam hal ini, pada keadaan cuaca buruk:

$$E_d(\text{RMS}) = 0,8.E_d(\text{RMS})_t$$

$E_d(\text{RMS})_t = E_d$ pada cuaca cerah.

Tegangan Kritis Bilamana Korona Mulai Kelihatan

Bilamana tegangan mencapai tegangan kritis maka korona ini belum kelihatan, sebab untuk menjadi kelihatan, maka muatan yang terdapat di udara haruslah menerima suatu energi tertentu, sebelum udara ini meneruskan ionisasinya yang disebabkan oleh adanya tubrukan elektron dengan atom yang lain.

Menurut "PEEK", tegangan kritis ini haruslah mempunyai nilai sehingga melebihi harga tegangan breakdown dari udara sekelilingnya hingga jarak sebesar $0,03.d.r$ (meter) dari konduktor. Bilamana hal ini terjadi, maka korona akan mulai kelihatan. Oleh karena itu korona mulai kelihatan bilamana breakdown ini terjadi sampai pada suatu jarak $(r + 0,03.d.r)$ dari titik tengah konduktor (bukan lagi berjarak = r), hingga tegangan kritis ini akan naik, sebab potensial gradient bertambah dari E_d menjadi E_v . Tetapi harga E_v tidak tetap karena ia bergantung dari besar jari-jari konduktor, sehingga:

$$E_v = \frac{V_v}{(dr + 0,03\sqrt{dr}) \ln \frac{D}{r}}$$

dapat juga dituliskan;

$$E_v = \frac{V_v}{dr \left(1 + \frac{0,03}{\sqrt{dr}} \right) \ln \frac{D}{r}}$$

Jadi tegangan kritis “korona kelihatan”, menjadi:

$$V_v = 4860 \cdot m_v \cdot d \cdot r \left(1 + \frac{0,03}{\sqrt{dr}}\right) \ln \frac{D}{r} \quad (kV - RMS) \text{ terhadap - netral / meter}$$

Nilai dari m_v adalah tergantung pada keadaan konduktor, yaitu:

- $m_v = 1,00$ untuk kawat yang licin.
- $m_v = 0,93$ s/d $1,00$ untuk kawat biasa.
- $m_v = 0,72$ untuk korona pada sepanjang kawat.
- $m_v = 0,82$ untuk korona yang tetap pada sepanjang kawat.

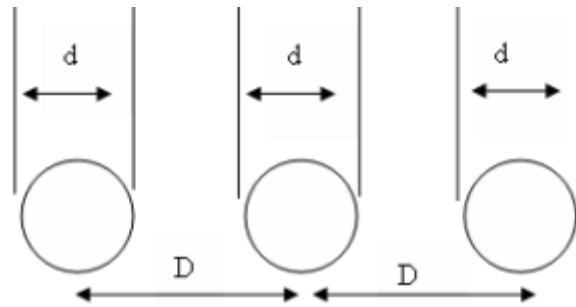
Dari persamaan itu terlihat bahwa tegangan kritis ini (tegangan kritis bilamana korona mulai kelihatan) dari kawat transmisi nilainya dapat dinaikkan dengan cara:

- Menaikkan jarak kedua kawat (D)
- Memperbesar diameter kawat (r)

Dari kedua alternatif diatas, lebih baik dipilih memperbesar diameter (r), karena dengan menaikkan nilai r , maka biaya untuk pembuatan tiang listrik dapat ditekan rendah dan juga reaktansi dari sistem transmisi dapat dibuat rendah.

Oleh karena itu, supaya r besar maka dapat dipakai kawat yang stranded atau bundle conductor. Didalam prakteknya penggunaan bundle conductor mungkin tidak menguntungkan pada sistem dengan tegangan lebih rendah dari 220 kV. Tetapi dengan sistem Tegangan Ekstra Tinggi, pengguna bundle conductor lebih menguntungkan.

Pada sistem tiga fasa, gradient tegangan dari setiap kawat tergantung dari susunan kawat tersebut. Sebagai contoh untuk menghitung gradient tegangan dari system tiga fasa adalah seperti berikut: misal setiap fasa terdiri dari satu kawat dan kawat disusun secara mendatar.



Gambar 1. Gradient tegangan pada susunan kawat secara mendatar

Nilai maksimum dari potensial gradient:

$$g_m = \frac{V}{\frac{d}{2} \ln \frac{4h}{d}}$$

• Untuk korona yang kelihatan V_v :

$$V_v = g_v \cdot m_v \cdot \delta \left(r \cdot \ln \frac{4h}{d} \right) \frac{d}{r}$$

Dan dikalikan dengan: $r \left(1 + \frac{0,03}{\sqrt{\delta r}} \right)$

• Sehingga nilainya menjadi:

$$V_v = m_v \cdot \delta r \left(1 + \frac{0,03}{\sqrt{\delta r}} \right) \ln \frac{2h}{r}$$

$g_v = 3000 \text{ kV/m}$

• jadi tegangan kritis korona kelihatan adalah:

$$V_v = 4860 \cdot m_v \cdot \delta r \left(1 + \frac{0,03}{\sqrt{\delta r}} \right) \log \frac{2h}{r} \text{ kV(rms)}$$

terhadap netral/m

Bilamana diambil $h = 0,05 D$; $2h =$ jarak antara konduktor dengan bayangannya.

$$gm = \frac{V}{\frac{d}{2} \ln \frac{2D}{d}}$$

- Jadi tegangan kritis korona kelihatan adalah:

$$V_v = gv.mv.\epsilon_r \ln \frac{D}{r}$$

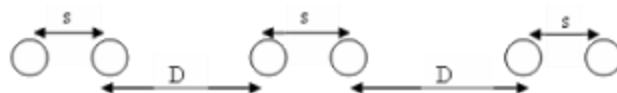
$$gv = 3000.\delta \left(1 + \frac{0,03}{\sqrt{\epsilon_r}}\right) \ln \frac{D}{r}$$

$$V_v = 3000.mv.\epsilon_r \left(1 + \frac{0,03}{\sqrt{\epsilon_r}}\right) \ln \frac{D}{r} \text{ kV peak / m}$$

- Nilai RMS dari tegangan kritis ini adalah:

$$V_v = 4860.mv.\epsilon_r \left(1 + \frac{0,03}{\sqrt{\epsilon_r}}\right) \log \frac{D}{r} \text{ kV (RMS) terhadap netral / m}$$

Bilamana kawat terdiri dari kawat yang dibundel dan disusun secara horizontal.



Gambar 2. kawat susunan horizontal.

Nilai maksimum dari potensial gradient adalah:

$$gm = 2\left(\frac{1}{d} + \frac{1}{s}\right) \cdot \frac{1}{\left(\ln \frac{4h}{d} + \ln \frac{2h}{s}\right)}$$

Jika $h = 0,5 D$, maka:

$$gm = 2\left(\frac{1}{d} + \frac{1}{s}\right) \cdot \frac{1}{\left(\frac{2D}{d} + \ln \frac{D}{s}\right)}$$

$$gm = 2r \frac{1}{\left(1 + \frac{2r}{s}\right)} \ln \frac{D}{\sqrt{\delta r \cdot V}}$$

8. Pengaruh luar (gangguan).

Faktor-faktor Penyebab Gangguan

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem yang melibatkan banyak komponen dan sangat kompleks. Oleh karena itu, ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya gangguan pada sistem tenaga listrik, antara lain sebagai berikut :

- a. Faktor Manusia Faktor ini terutama menyangkut kesalahan atau kelalaian dalam memberikan perlakuan pada sistem. Misalnya salah menyambung rangkaian, keliru dalam mengkalibrasi suatu piranti pengaman dan sebagainya.
- b. Faktor Internal Faktor ini menyangkut gangguan-gangguan yang berasal dari sistem itu sendiri. Misalnya usia pakai (ketuaan), keausan, dan sebagainya. Hal ini bisa mengurangi sensitivitas relay pengaman, juga mengurangi daya isolasi peralatan listrik lainnya.

2. Jenis Gangguan

Jika ditinjau dari sifat dan penyebabnya, jenis gangguan dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- a. Tegangan Lebih (Over Voltage) Tegangan lebih merupakan suatu gangguan akibat tegangan pada sistem tenaga listrik lebih besar dari yang seharusnya.

9. Koreksi faktor daya.

Cara pemasangan instalasi kapasitor dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

1. Global compensation

Dengan metode ini kapasitor dipasang di induk panel (MDP)

Arus yang turun dari pemasangan model ini hanya di penghantar antara panel MDP dan transformator. Sedangkan arus yang lewat setelah MDP tidak turun dengan demikian rugi akibat disipasi panas pada penghantar setelah MDP tidak terpengaruh. Terlebih instalasi tenaga dengan penghantar yang cukup panjang Delta Voltagenya masih cukup besar.

2. Sectoral Compensation

Dengan metoda ini kapasitor yang terdiri dari beberapa panel kapasitor dipasang dipanel SDP. Cara ini cocok diterapkan pada industri dengan kapasitas beban terpasang besar sampai ribuan kva dan terlebih jarak antara panel MDP dan SDP cukup berjauhan.

3. Individual Compensation

Dengan metoda ini kapasitor langsung dipasang pada masing masing beban khususnya yang mempunyai daya yang besar. Cara ini sebenarnya lebih efektif dan lebih baik dari segi teknisnya. Namun ada kekurangannya yaitu harus menyediakan ruang atau tempat khusus untuk meletakkan kapasitor tersebut sehingga mengurangi nilai estetika. Disamping itu jika mesin yang dipasang sampai ratusan buah berarti total cost yang di perlukan lebih besar dari metode diatas

Komponen-komponen utama yang terdapat pada panel kapasitor antara lain:

1. Main switch / load Break switch

Main switch ini sebagai peralatan kontrol dan isolasi jika ada pemeliharaan panel .

Sedangkan untuk pengamanan kabel / instalasi sudah tersedia disisi atasnya (dari) MDP. Mains switch atau lebih dikenal load break switch adalah peralatan pemutus dan penyambung yang sifatnya on load yakni dapat diputus dan disambung dalam keadaan berbeban, berbeda dengan on-off switch model knife yang hanya dioperasikan pada saat tidak berbeban .

Untuk menentukan kapasitas yang dipakai dengan perhitungan minimal 25 % lebih besar dari perhitungan KVar terpasang dari sebagai contoh :

Jika daya kvar terpasang 400 Kvar dengan arus 600 Ampere , maka pilihan kita berdasarkan $600 \text{ A} + 25 \% = 757 \text{ Ampere}$ yang dipakai size 800 Ampere.

2. Kapasitor Breaker.

Kapasitor Breaker digunakan untuk mengamankan instalasi kabel dari breaker ke Kapasitor bank dan juga kapasitor itu sendiri. Kapasitas breaker yang digunakan sebesar 1,5 kali dari arus nominal dengan $I_m = 10 \times I_r$.

Untuk menghitung besarnya arus dapat digunakan rumus

$$I_n = Q_c / 3 \cdot V_L$$

Sebagai contoh : masing masing steps dari 10 steps besarnya 20 Kvar maka dengan menggunakan rumus diatas didapat besarnya arus sebesar 29 ampere , maka

pemilihan kapasitas breaker sebesar $29 + 50 \% = 43 \text{ A}$ atau yang dipakai 40 Ampere.

Selain breaker dapat pula digunakan Fuse, Pemakaian Fuse ini sebenarnya lebih baik karena respon dari kondisi over current dan Short circuit lebih baik namun tidak efisien

dalam pengoperasian jika dalam kondisi putus harus selalu ada penggantian fuse. Jika memakai fuse perhitungannya juga sama dengan pemakaian breaker.

3. Magnetic Contactor

Magnetic contactor diperlukan sebagai Peralatan kontrol. Beban kapasitor mempunyai arus puncak yang tinggi, lebih tinggi dari beban motor. Untuk pemilihan magnetic contactor minimal 10 % lebih tinggi dari arus nominal (pada AC 3 dengan beban induktif/kapasitif). Pemilihan magnetic dengan range ampere lebih tinggi akan lebih baik sehingga umur pemakaian magnetic contactor lebih lama.

5. Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif..yang akan berfungsi sebagai penyeimbang sifat induktif. Kapasitas kapasitor dari ukuran 5 KVar sampai 60 Kvar. Dari tegangan kerja 230 V sampai 525 Volt atau Kapasitor Bank adalah sekumpulan beberapa kapasitor yang disambung secara parallel untuk mendapatkan kapasitas kapasitif tertentu. Besaran yang sering dipakai adalah Kvar (Kilovolt ampere reaktif) meskipun didalamnya terkandung / tercantum besaran kapasitansi yaitu Farad atau microfarad. Kapasitor ini mempunyai sifat listrik yang kapasitif (leading). Sehingga mempunyai sifat mengurangi / menghilangkan terhadap sifat induktif (leaging)

6. Reactive Power Regulator

Peralatan ini berfungsi untuk mengatur kerja kontaktor agar daya reaktif yang akan disupply ke jaringan/ system dapat bekerja sesuai kapasitas yang dibutuhkan. Dengan acuan pembacaan besaran arus dan tegangan pada sisi utama Breaker maka daya reaktif yang dibutuhkan dapat terbaca dan regulator inilah yang akan mengatur kapan

dan berapa daya reaktif yang diperlukan. Peralatan ini mempunyai bermacam macam steps dari 6 steps , 12 steps sampai 18 steps.

Peralatan tambahan yang biasa digunakan pada panel kapasitor antara lain:

- Push button on dan push button off yang berfungsi mengoperasikan magnetic contactor secara manual.
- Selektor auto – off – manual yang berfungsi memilih system operasional auto dari modul atau manual dari push button.

Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor

Sebelum membahas tentang perbaikan faktor daya dengan menggunakan kapasitor, ada baiknya kita mengingat kembali tentang pengertian umum dari Daya Semu, Daya Aktif dan Daya Reaktif.

Dalam sistem listrik AC/Arus Bolak-Balik ada tiga jenis daya yang dikenal, khususnya untuk beban yang memiliki impedansi (Z), yaitu:

- Daya semu (S , VA, Volt Amper)
- Daya aktif (P , W, Watt)
- Daya reaktif (Q , VAR, Volt Amper Reaktif)

Untuk rangkaian listrik AC, bentuk gelombang tegangan dan arus sinusoida, besarnya daya setiap saat tidak sama. Maka daya yang merupakan daya rata-rata diukur dengan satuan Watt, Daya ini membentuk energi aktif persatuan waktu dan dapat diukur dengan kwh meter dan juga merupakan daya nyata atau daya aktif (daya poros, daya yang sebenarnya) yang digunakan oleh beban untuk melakukan tugas tertentu.

Sedangkan daya semu dinyatakan dengan satuan Volt-Ampere (disingkat, VA), menyatakan kapasitas peralatan listrik, seperti yang tertera pada peralatan generator

dan transformator. Pada suatu instalasi, khususnya di pabrik/industri juga terdapat beban tertentu seperti motor listrik, yang memerlukan bentuk lain dari daya, yaitu daya reaktif (VAR) untuk membuat medan magnet atau dengan kata lain daya reaktif adalah daya yang terpakai sebagai energi pembangkitan flux magnetik sehingga timbul magnetisasi dan daya ini dikembalikan ke sistem karena efek induksi elektromagnetik itu sendiri, sehingga daya ini sebenarnya merupakan beban (kebutuhan) pada suatu sistem tenaga listrik.

Gambar 1. Segitiga Daya.

Pengertian Faktor Daya / Faktor Kerja

Faktor daya atau faktor kerja adalah perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu/daya total (VA), atau cosinus sudut antara daya aktif dan daya semu/daya total (lihat gambar 1). Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah. Faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu.

Secara teoritis, jika seluruh beban daya yang dipasok oleh perusahaan listrik memiliki faktor daya satu, maka daya maksimum yang ditransfer setara dengan kapasitas sistem pendistribusian. Sehingga, dengan beban yang terinduksi dan jika faktor daya berkisar dari 0,2 hingga 0,5, maka kapasitas jaringan distribusi listrik menjadi tertekan. Jadi, daya reaktif (VAR) harus serendah mungkin untuk keluaran kW yang sama dalam rangka meminimalkan kebutuhan daya total (VA).

Faktor Daya / Faktor kerja menggambarkan sudut fasa antara daya aktif dan daya semu. Faktor daya yang rendah merugikan karena mengakibatkan arus beban tinggi. Perbaikan faktor daya ini menggunakan kapasitor.

Kapasitor untuk Memperbaiki Faktor Daya

Faktor daya dapat diperbaiki dengan memasang kapasitor pengkoreksi faktor daya pada sistem distribusi listrik/instalasi listrik di pabrik/industri. Kapasitor bertindak sebagai pembangkit daya reaktif dan oleh karenanya akan mengurangi jumlah daya reaktif, juga daya semu yang dihasilkan oleh bagian utilitas.

Sebuah contoh yang memperlihatkan perbaikan faktor daya dengan pemasangan kapasitor ditunjukkan dibawah ini:

Contoh 1. Sebuah pabrik kimia memasang sebuah trafo 1500 kVA. Kebutuhan parik pada mulanya 1160 kVA dengan faktor daya 0,70. Persentase pembebanan trafo sekitar 78 persen ($1160/1500 = 77.3$ persen). Untuk memperbaiki faktor daya dan untuk mencegah denda oleh pemasok listrik, pabrik menambahkan sekitar 410 kVAr pada beban motor. Hal ini meningkatkan faktor daya hingga 0,89, dan mengurangi kVA yang diperlukan menjadi 913 kVA, yang merupakan penjumlahan vektor kW dan kVAr. Trafo 1500 kVA kemudian hanya berbeban 60 persen dari kapasitasnya. Sehingga pabrik akan dapat menambah beban pada trafonya dimasa mendatang. (Studi lapangan NPC)

Contoh 2. Sekelompok lampu pijar dengan tegangan 220V/58 W, digabungkan dengan 12 lampu TL 11 W, ada 30 buah lampu pijar dan lampu TL. Faktor daya terukur sebesar $\cos \alpha_1 = 0,5$. Hitunglah daya semu dari beban dan besarnya arus I_1 sebelum kompensasi, Jika diinginkan faktor kerja menjadi $\cos \alpha_2 = 0,9$. hitung besarnya arus I_2 (setelah kompensasi).

a) Besarnya daya lampu gabungan

$$P_G = (58 \text{ W} \times 18) + (11 \text{ W} \times 12) = 1176 \text{ watt} = 1,176 \text{ kW}$$

$$\cos \phi_1 = P_G/S_1 \rightarrow S_1 = P_G/\cos \phi_1 = 1,176\text{kW}/0,5 = 2,352 \text{ kVA.}$$

$I_1 = S_1/U = 2,352 \text{ kVA}/220 \text{ V} = 10,69 \text{ ampere (A)} \rightarrow$ sebelum kompensasi

b) besarnya daya setelah kompensasi ($\cos \phi = 0,9$)

$S_2 = P/\cos \phi = 1,176 \text{ kW}/0,9 = 1,306 \text{ kVA}$

maka $I_2 = S_2/U = 1,306 \text{ kVA}/220 \text{ V} = 5,94 \text{ A} \rightarrow$ setelah kompensasi

Keuntungan Perbaikan Faktor Daya dengan Penambahan Kapasitor

Keuntungan perbaikan faktor daya melalui pemasangan kapasitor adalah:

1. Bagi Konsumen, khususnya perusahaan atau industri:

- Diperlukan hanya sekali investasi untuk pembelian dan pemasangan kapasitor dan tidak ada biaya terus menerus.

- Mengurangi biaya listrik bagi perusahaan, sebab:

(a) daya reaktif (kVAR) tidak lagi dipasok oleh perusahaan utilitas sehingga kebutuhan total(kVA) berkurang dan

(b) nilai denda yang dibayar jika beroperasi pada faktor daya rendah dapat dihindarkan.

- Mengurangi kehilangan distribusi (kWh) dalam jaringan/instalasi pabrik.

- Tingkat tegangan pada beban akhir meningkat sehingga meningkatkan kinerja motor.

2. Bagi utilitas pemasok listrik

- Komponen reaktif pada jaringan dan arus total pada sistim ujung akhir berkurang.

- Kehilangan daya $I^2 R$ dalam sistim berkurang karena penurunan arus.

- Kemampuan kapasitas jaringan distribusi listrik meningkat, mengurangi kebutuhan untuk memasang kapasitas tambahan.

Metode pemasangan instalasi kapasitor

Cara pemasangan instalasi kapasitor dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

1. Global compensation

Dengan metode ini kapasitor dipasang di induk panel (MDP)

Arus yang turun dari pemasangan model ini hanya di penghantar antara panel MDP dan transformator. Sedangkan arus yang lewat setelah MDP tidak turun dengan demikian rugi akibat disipasi panas pada penghantar setelah MDP tidak terpengaruh. Terlebih instalasi tenaga dengan penghantar yang cukup panjang Delta Voltagenya masih cukup besar.

2. Sectoral Compensation

Dengan metoda ini kapasitor yang terdiri dari beberapa panel kapasitor dipasang dipanel SDP. Cara ini cocok diterapkan pada industri dengan kapasitas beban terpasang besar sampai ribuan kva dan terlebih jarak antara panel MDP dan SDP cukup berjauhan.

3. Individual Compensation

Dengan metoda ini kapasitor langsung dipasang pada masing masing beban khususnya yang mempunyai daya yang besar. Cara ini sebenarnya lebih efektif dan lebih baik dari segi teknisnya. Namun ada kekurangannya yaitu harus menyediakan ruang atau tempat khusus untuk meletakkan kapasitor tersebut sehingga mengurangi nilai estetika. Disamping itu jika mesin yang dipasang sampai ratusan buah berarti total cost yang di perlukan lebih besar dari metode diatas

Komponen-komponen utama yang terdapat pada panel kapasitor antara lain:

1. Main switch / load Break switch

Main switch ini sebagai peralatan kontrol dan isolasi jika ada pemeliharaan panel .

Sedangkan untuk pengamanan kabel / instalasi sudah tersedia disisi atasnya (dari) MDP. Mains switch atau lebih dikenal load break switch adalah peralatan pemutus dan penyambung yang sifatnya on load yakni dapat diputus dan disambung dalam keadaan berbeban, berbeda dengan on-off switch model knife yang hanya dioperasikan pada saat tidak berbeban .

Untuk menentukan kapasitas yang dipakai dengan perhitungan minimal 25 % lebih besar dari perhitungan KVar terpasang dari sebagai contoh :

Jika daya kvar terpasang 400 Kvar dengan arus 600 Ampere , maka pilihan kita berdasarkan $600 \text{ A} + 25 \% = 757 \text{ Ampere}$ yang dipakai size 800 Ampere.

2. Kapasitor Breaker.

Kapasitor Breaker digunakan untuk mengamankan instalasi kabel dari breaker ke Kapasitor bank dan juga kapasitor itu sendiri. Kapasitas breaker yang digunakan sebesar 1,5 kali dari arus nominal dengan $I_m = 10 \times I_r$.

Untuk menghitung besarnya arus dapat digunakan rumus

$$I_n = Q_c / 3 \cdot V_L$$

Sebagai contoh : masing masing steps dari 10 steps besarnya 20 Kvar maka dengan menggunakan rumus diatas didapat besarnya arus sebesar 29 ampere , maka

pemilihan kapasitas breaker sebesar $29 + 50 \% = 43 \text{ A}$ atau yang dipakai 40 Ampere.

Selain breaker dapat pula digunakan Fuse, Pemakaian Fuse ini sebenarnya lebih baik karena respon dari kondisi over current dan Short circuit lebih baik namun tidak efisien

dalam pengoperasian jika dalam kondisi putus harus selalu ada penggantian fuse. Jika memakai fuse perhitungannya juga sama dengan pemakaian breaker.

3. Magnetic Contactor

Magnetic contactor diperlukan sebagai Peralatan kontrol. Beban kapasitor mempunyai arus puncak yang tinggi, lebih tinggi dari beban motor. Untuk pemilihan magnetic contactor minimal 10 % lebih tinggi dari arus nominal (pada AC 3 dengan beban induktif/kapasitif). Pemilihan magnetic dengan range ampere lebih tinggi akan lebih baik sehingga umur pemakaian magnetic contactor lebih lama.

5. Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif..yang akan berfungsi sebagai penyeimbang sifat induktif. Kapasitas kapasitor dari ukuran 5 KVar sampai 60 Kvar. Dari tegangan kerja 230 V sampai 525 Volt atau Kapasitor Bank adalah sekumpulan beberapa kapasitor yang disambung secara parallel untuk mendapatkan kapasitas kapasitif tertentu. Besaran yang sering dipakai adalah Kvar (Kilovolt ampere reaktif) meskipun didalamnya terkandung / tercantum besaran kapasitansi yaitu Farad atau microfarad. Kapasitor ini mempunyai sifat listrik yang kapasitif (leading). Sehingga mempunyai sifat mengurangi / menghilangkan terhadap sifat induktif (leaging)

6. Reactive Power Regulator

Peralatan ini berfungsi untuk mengatur kerja kontaktor agar daya reaktif yang akan disupply ke jaringan/ system dapat bekerja sesuai kapasitas yang dibutuhkan. Dengan acuan pembacaan besaran arus dan tegangan pada sisi utama Breaker maka daya reaktif yang dibutuhkan dapat terbaca dan regulator inilah yang akan mengatur kapan

dan berapa daya reaktif yang diperlukan. Peralatan ini mempunyai bermacam macam steps dari 6 steps , 12 steps sampai 18 steps.

Peralatan tambahan yang biasa digunakan pada panel kapasitor antara lain:

- Push button on dan push button off yang berfungsi mengoperasikan magnetic contactor secara manual.
- Selektor auto – off – manual yang berfungsi memilih system operasional auto dari modul atau manual dari push button.
- Exhaust fan + thermostat yang berfungsi mengatur ambient temperature (suhu udara sekitar) dalam ruang panel kapasitor. Karena kapasitor, kontaktor dan kabel penghantar mempunyai disipasi daya panas yang besar maka temperature ruang panel meningkat.setelah setting dari thermostat terlampaui maka exhaust fan akan otomatis

10. Contoh Perhitungan Instalasi Penerangan Listrik

Setiap ruang pada bangunan rumah, kantor, apartement, gudang, pabrik, dan lainnya pasti membutuhkan penerangan. Intensitas penerangan merupakan aspek penting di tempat-tempat tersebut karena berbagai masalah akan timbul ketika kualitas intensitas penerangan di tempat tersebut tidak memenuhi standard yang perlu diterapkan.

Perencanaan penerangan suatu tempat harus mempertimbangkan beberapa faktor antara lain intensitas penerangan saat digunakan untuk bekerja, intensitas penerangan ruang pada umumnya, biaya instalasi, biaya pemakaian energi dan biaya pemeliharannya.

Perlu diperhatikan, perbedaan intensitas penerangan yang terlalu besar antara bidang kerja dan sekitarnya harus dihindari karena mata kita akan

memerlukan daya yang besar untuk beradaptasi dengan kondisi tersebut yang menyebabkan mata mudah lelah.

Untuk mendapatkan hasil penerangan / pencahayaan yang baik dan merata, kita harus dipertimbangkan iluminasi (kuat penerangan), sudut penyinaran lampu, jenis dan jarak penempatan lampu yang diperlukan sesuai dengan kegiatan yang ada dalam suatu ruangan atau fungsi ruang tersebut.

Pada dasarnya dalam perhitungan jumlah titik lampu pada suatu ruang dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain : dimensi ruang, kegunaan / fungsi ruang, warna dinding, type armature yang akan digunakan, dan masih banyak lagi.

Daya Pencahayaan Maksimum Menurut SNI

- Untuk Ruang Kantor/ Industri adalah 15 watt / m²
- Untuk Rumah tak melebihi 10 watt / m²
- Untuk Toko 20-40 watt / m²
- Untuk Hotel 10-30 watt / m²
- Untuk Sekolah 15-30 watt / m²
- Untuk Rumah sakit 10-30 watt / m²

Coba terapkan perhitungan tersebut di atas pada setiap ruang di rumah, kemudian jumlahkan dan dirata-rata. Jika jumlahnya berlebih, sebaiknya kurangi titik lampu atau gunakan jenis lampu hemat energi.

Terdapat dua aspek penting dari perencanaan penerangan, pertama yaitu menentukan jumlah armature yang dibutuhkan berdasarkan nilai intensitas yang diberikan, sedangkan yang kedua adalah rekomendasi pemasangan berdasarkan bentuk ruangan.

Untuk mendapatkan JUMLAH LAMPU pada suatu ruang dapat dihitung dengan metode factor utilisasi ruangan, rumusnya adalah sebagai berikut :

$$N = (1.25 \times E \times L \times W) / (k\Phi \times \eta_{LB} \times \eta_R)$$

Dimana :

N = Jumlah armature

1.25 = Faktor Perencanaan

E = Intensitas Penerangan (Lux)

L = Panjang Ruang (meter)

W = Lebar Ruang (meter)

Φ = Flux Cahaya (Lumen)

η_{LB} = Efisiensi armature (%)

η_R = Factor Utilisasi Ruangan (%)

FLUX CAHAYA sendiri bisa diketahui melalui rumus berikut :

$$\Phi = W \times L/w$$

Dimana :

Φ = Flux Cahaya (Lumen)

W = daya lampu (Watt)

L/w= Luminous Efficacy Lamp (Lumen / watt)

Beberapa data tersebut di atas dapat dilihat pada catalog (kardus) lampu

FAKTOR RUANGAN (k) dapat diketahui dari data dimensi ruangan, rumusnya sebagai berikut :

$$K = (A \times B) / (h (A + B))$$

Dimana :

A = lebar ruangan (meter)

B = panjang ruangan (meter)

H = tinggi ruangan (meter)

h = H - 0.85 (meter)

TABEL KUAT PENERANGAN (E)

Perkantoran	= 200 - 500 Lux
Apartemen / Rumah	= 100 - 250 Lux
Hotel	= 200 - 400 Lux
Rumah sakit / Sekolah	= 200 - 800 Lux
Basement / Toilet / Coridor / Hall / Gudang / Lobby	= 100 - 200 Lux
Restaurant / Store / Toko	= 200 - 500 Lux

PERHITUNGAN PENERANGAN



Parameter perencanaan untuk perhitungan penerangan ruang dipengaruhi oleh dimensi ruangan, kualitas cahaya yang disesuaikan dengan fungsi ruangan, jumlah lampu tiap armature, jenis lampu dan warna ruangan. Dari data-data tersebut dapat diketahui jumlah armature dan pemasangannya.

Suatu contoh perencanaan penerangan ruang meeting dengan data dimensi ruangan .

A = 15 meter, B = 8 meter, H = 3.5 meter dan h = 2.5 meter

Intensitas yang dikehendaki pada ruangan sebesar 300 Lux Lampu yang dipakai adalah Osram Dulux EL/D 2x24 Watt dari data di kardusnya memiliki 1800 lumen dan nilai efisiensi armature sebesar 0.58.

Tingkat refleksi ruangan diketahui sebagai berikut : langit-langit = 0.8 ; dinding = 0.5 dan lantai 0.3.

Factor utilitas ruangan diketahui dari table sebesar 0.91

- perhitungan dimulai dengan mencari factor ruangan (k)

$$K = (A \times B) / (h (A + B))$$

$$K = (15 \times 8) / (2.5 (15 + 8))$$

$$K = (120) / (57.5) = 2$$

- setelah itu baru dicari jumlah armature-nya (n)

$$N = (1.25 \times E \times L \times W) / (k \Phi \times \eta LB \times \eta R)$$

$$N = (1.25 \times 300 \text{ Lux} \times 15 \text{ m} \times 8 \text{ m}) / (2 \times 1800 \times 0.58 \times 0.91)$$

$$N = 23$$

Jadi jumlah armature-nya 23, dibulatkan menjadi 24 armature, disarankan dibagi menjadi 3 baris tiap barisnya terdiri dari 8 armature untuk dimensi ruangan seperti tersebut di atas.

Jumlah, posisi lampu & daya listrik yang dibutuhkan. Rek. PLN



Jajaran lampu kristal menghidupkan ruang publik. Melengkapi keindahan interior masjid. Jumlahnya yang demikian banyak ada perhitungannya sendiri. Sehingga fungsional, estetis, juga hemat energi.

Optimalisasi Daya Listrik.

Perhitungan daya dipengaruhi beberapa faktor, seperti fungsi ruang (untuk menentukan terang lampu), jenis lampu (mempengaruhi banyaknya cahaya yang dipancarkan), dan jumlah armatur/ titik lampu (agar distribusi cahaya lebih merata dan

sesuai kebutuhan). Daya listrik terpasang tak boleh melebihi angka maksimum yang ditentukan untuk setiap ruang.

Menurut SNI, daya pencahayaan maksimum untuk ruang kantor/ industri adalah 15 watt/ m². Untuk rumah tak melebihi 10 watt/m².(tambahan Ir. Hartono Poerbo, M.Arch : untuk toko 20-40 watt/m², hotel 10-30 watt/m², sekolah 15-30 watt/m², rumah sakit 10-30 watt/m²). Coba terapkan perhitungan ini pada setiap ruang di rumah, kemudian jumlahkan dan dirata-rata. Misalnya, rumah anda berukuran 36 m², maka jumlah daya untuk lampu harus di bawah 360 watt. Jika jumlahnya berlebih, sebaiknya kurangi titik lampu atau gunakan jenis lampu hemat energi.

(Titovianto, Pusdiklat Energi & Ketenagalistrikan).

(SNI adalah standar konservasi energi sistem pencahayaan pada bangunan yang dimaksudkan sebagai pedoman bagi semua pihak yang terlibat dalam perencanaan, pelaksanaan, pengawasan dan pengelolaan bangunan untuk mencapai energi efisien. Standar ini dibuat oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) yang bekerja sama dengan instansi terkait. Standar kebutuhan terang untuk rumah tinggal juga tersedia sehingga bila anda membutuhkannya untuk keperluan desain, anda bisa mendapatkannya di kantor BSN, Senayan, Jakarta).

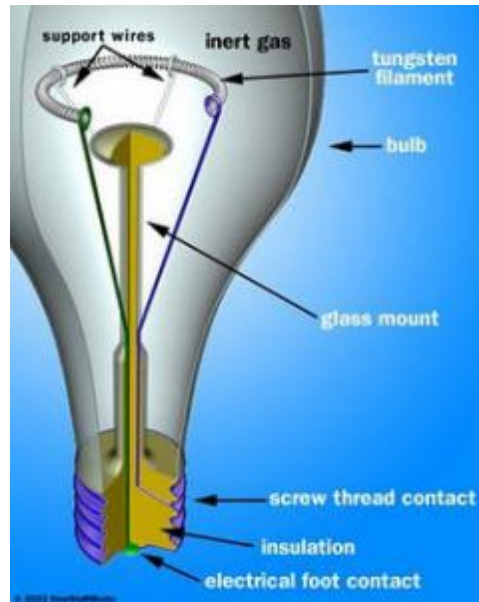
10 jam hemat energi, solar dan batubara juga dihemat.

Jika kita menghemat daya sebesar 100 watt selama 10 jam, maka kita menghemat energi sebesar 1000 watt-jam atau 1 kWh. Ini artinya menghemat energi pada pembangkit listrik sebesar 10 kali lipat, yaitu 10 kWh. Energi sebesar ini setara 0,75 liter solar atau 1,5 kg batubara. (Pekik Argo Dahono/ Kompas).

Contoh perhitungan :

Luas ruang makan : $5 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$. Daya lampu : $3 \text{ buah (titik lampu)} \times 15 \text{ watt} = 45 \text{ watt}$. Daya : luas ruang = $45 : 20 = 2,25 \text{ watt/m}^2$ (memenuhi syarat).

Menentukan posisi lampu.



Anatomi lampu pijar, atau bohlam. Kawatnya akan putus setelah sekian ratus kali pemakaian. Sekitar 3 bulan.

Menghitung kebutuhan cahaya dalam ruangan memang tidak mudah. Untuk menentukan secara akurat, biasanya dilakukan oleh para profesional di bidang perlampuan. Namun, tak ada salahnya jika anda mengerti sedikit mengenai prinsip penentuan titik lampu. Perhitungan ini gunanya agar lampu yang digunakan jumlahnya pas dengan kebutuhan. Jika kurang atau berlebihan, selain boros, juga menyebabkan ketidaknyamanan di mata. Contoh berikut menggunakan downlight yang memiliki sudut cahaya 30° .

Hitung ketinggian plafon dan tinggi bidang kerja dari atas lantai. Misalnya, tinggi plafon 3 meter dan bidang kerja 80 cm. Yang dimaksud dengan bidang kerja adalah area yang paling banyak digunakan untuk berkegiatan di ruang tsb. Di ruang kerja, misalnya,

kegiatan menulis dan membaca di atas meja, adalah yang paling sering dilakukan. Ketinggian meja tsb, nantinya menjadi patokan tinggi bidang kerja. Setelah itu dengan rumus Pythagoras anda bisa menghitung jarak antar titik lampu di ruang tsb. Lumen adalah jumlah cahaya yang dihasilkan sebuah lampu. Lumen dipakai sebagai satuan kuat/ terang cahaya. Jarak antara permukaan meja dengan armatur lampu gantung tidak lebih dari 75 cm. Jarak yang lebih besar menyebabkan panas yang dikeluarkan lampu akan terasa saat orang akan berdiri. Jarak ideal antara titik penerangan lampu (di plafon) dengan lantai adalah 2,5 meter. Di ketinggian manapun lampu diletakkan, usahakan agar jarak ini terpenuhi, supaya terang lampu yang diterima ruang tidak berkurang.

Menghitung jumlah lampu & daya listrik

- Arus cahaya disimbolkan Φ , satuannya lumen, rumusnya $\Phi = I \times \text{watt}$.
- Kuat cahaya disimbolkan I , satuannya candle, rumusnya $I = \Phi \text{ watt}$
- Kuat penerangan disimbolkan E , satuannya lux, rumusan $E = \Phi : A$
- A adalah luas bidang kerja. $\Phi = E \times A$. Untuk kantor 200-500. Untuk rumah 75 – 250.

Untuk sistem penerangan langsung dengan warna plafon dan dinding terang, CU (coefficient of utilization) –nya 50-65 %. Light loss factor (LLF) = 0,7-0,8. LLF tergantung ; kebersihan sumber cahaya, tipe kap lampu, penyusutan cahaya dari permukaan lampu, dll.

Rumus menghitung jumlah lampu :

Jumlah lampu (N) = kuat penerangan (E) x luas bidang kerja (A) dibagi Φ lumen lampu x LLF x CU

Contoh perhitungan : ruangan kantor berukuran 20 x 10 x 3 m direncanakan memakai TL 4 x 40 watt dengan penerangan $E = 300$ lux. Hitung, jumlah lampu dan daya listrik yang dibutuhkan.

Penyelesaian : dari tabel,

Untuk 1 bh TL 40 watt, jumlah lumen = $40 \times 75 = 3000$ lumen. Untuk 4 TL 40 watt, jumlah lumen = $4 \times 3000 = 12.000$ lumen.

Dipilih CU 60 % dan LLF 0,8

Jumlah lampu yang dibutuhkan (N) = $E \times A$ dibagi lampu x CU x LLF = 300×200 dibagi $12000 \times 0,6 \times 0,8 = 10,4$

Jadi N = 11 buah 4 x TL 40 watt. Pemakaian watt untuk lampu TL 40 watt termasuk ballast = 50 watt. Jumlah beban dari lampu = $11 \times 4 \times 50$ watt = 2200 watt. Untuk stop kontak peralatan kantor diperhitungkan 20 % dari beban lampu = $20 \% \times 2200$ watt = 440 watt. Total kebutuhan watt = 2640 watt, atau watt/m² = 13, 4. Untuk perumahan, jumlah stop kontak diperhitungkan masing2 satu buah @ 100 watt pada kamar tidur, ruang tamu dan dapur. Daya cadangan listrik (generator set diesel) harus dapat melayani emergency load. Rumusnya :

Cavity Ratio (CR) = $2,5 \times$ area of cavity wall dibagi area of work plane

Tagihan listrik dari mana ?

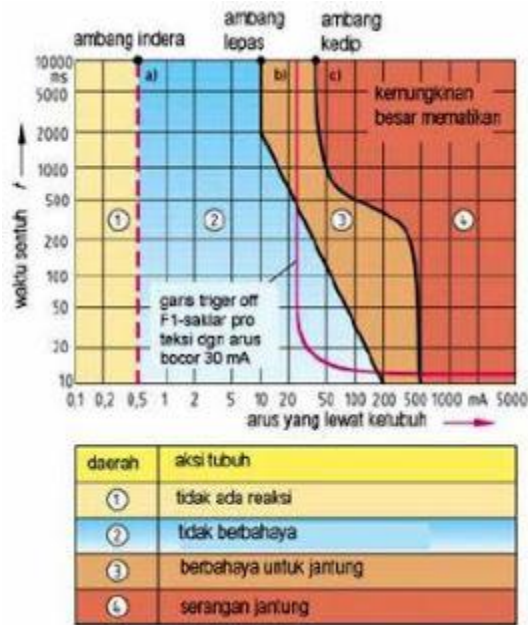


Pilih bohlam atau neon ? CFL bisa mengurangi tagihan listrik. Apalagi jika tak lupa mematikan lampu setelah selesai menggunakan ruangan. Memang harga awal lebih mahal, tapi jika awet dan konsumsi listriknya lebih rendah, kita bisa berhemat berkali-kali lipat.

Perhitungan rekening listrik dari PLN dilakukan melalui besar pemakaian kWH atau stand meter (awal – akhir, dalam satuan kWH). Penggolongan tarif didasarkan besar kebutuhan daya, mulai skala rumah tangga, sampai industri besar. Di situs ini, kita dapat menghitung biaya tagihan, berapa biaya pasang baru atau mengubah daya listrik. R1 (900, 1300) dikategorikan rumah tangga kecil, bea beban dibagi atas blok2. R2 (3500) dikategorikan rumah tangga menengah, bea beban tidak dibagi blok konstan dengan nilai yang lebih tinggi. (Serial Rumah).

11. Pengamanan terhadap bahaya tegangan bocor (Bahaya Listrik)

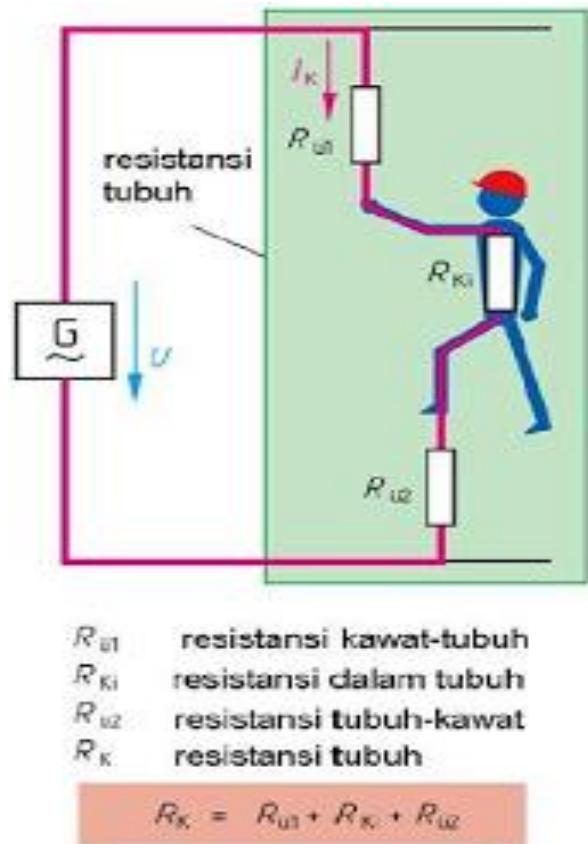
Apakah anda pernah tersengat aliran listrik PLN 220V ? jika ya ! pasti sangat mengagetkan. Bahkan beberapa kasus tersengat listrik bisa berakibat pada kematian. Mengapa tegangan listrik 12 Volt pada akumulator tidak menyengat dan membahayakan manusia ? karena tubuh manusia memiliki batas aman untuk dialiri listrik, beberapa penelitian menyebutkan sampai dengan arus listrik 50 mA adalah batas aman bagi manusia, seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. grafik bahaya arus listrik

Jantung sebagai organ tubuh yang paling rentan terhadap pengaruh aliran arus listrik dan ada empat batasan jika kita tersengat aliran listrik (lihat gambar 1).

- Daerah 1 (0,1 sd 0,5mA) jantung tidak terpengaruh sama sekali bahkan dalam jangka waktu lama.
- Daerah 2 (0,5 sd 10 mA) jantung bereaksi dan rasa kesemutan muncul dipermukaan kulit. Diatas 10mA sampai 200mA jantung tahan sampai jangka waktu maksimal 2 detik saja.
- Daerah 3 (200 sd 500mA) Jantung merasakan sengatan kuat dan terasa sakit, jika melewati 0,5 detik masuk daerah bahaya.
- Daerah 4 (diatas 500mA) jantung akan rusak dan secara permanen dapat merusak sistem peredaran darah bahkan berakibat kematian.



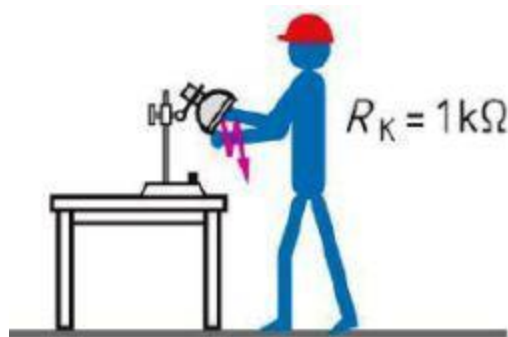
Gambar 2. Aliran listrik sentuhan langsung

Model terjadinya aliran ketubuh manusia dapat dilihat pada gambar 2. Sumber listrik AC mengalirkan arus ke tubuh manusia sebesar I_k , melewati tahanan sentuh tangan R_{u1} , tubuh manusia R_{ki} dan tahanan pijakan kaki R_{u2} . Tahanan tubuh manusia rata-rata 1000Ω , arus yang aman tubuh manusia maksimum 50mA , maka besarnya tegangan sentuh adalah sebesar :

$$U_B = R_k \cdot I_k = 1000 \Omega \times 50 \text{ mA} = 50 \text{ V}$$

Nah...!!! terjawablah mengapa tegangan Akumulator 12V tidak menyengat saat dipegang terminal positif dan terminal negatifnya, karena tubuh manusia baru merasakan pengaruh tegangan listrik diatas 50V .

Faktor yang berpengaruh ada dua, yaitu besarnya arus mengalir ketubuh dan lama waktunya menyentuh. Tubuh manusia rata-rata memiliki tahanan R_k sebesar $1000 \Omega = 1k \Omega$, dan pada saat tangan menyentuh tegangan PLN 220V (gambar 3), arus yang mengalir ketubuh besarnya.



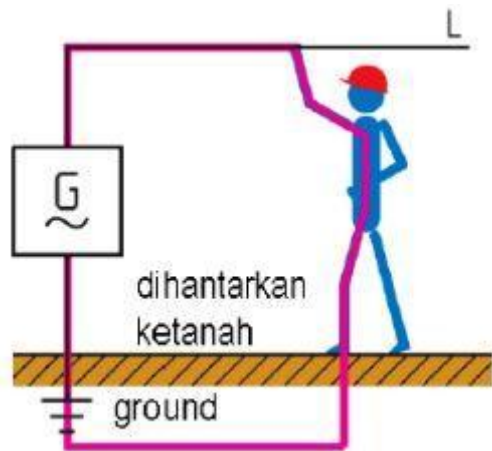
Gambar 3. Tahanan tubuh manusia.

$$I_k = U/R_k = 220V/1000 \Omega = 220mA$$

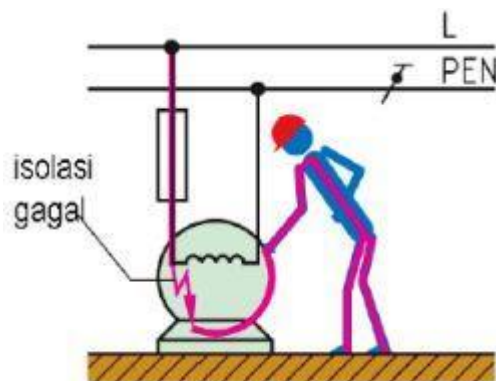
Arus I_k sebesar 200mA dalam hitungan milidetik tidak membahayakan jantung, tetapi diatas 0,2 detik sudah berakibat fatal bisa melukai bahkan bisa mematikan.

Tegangan sentuh bisa terjadi dengan dua cara, yaitu:

- Cara pertama tangan orang menyentuh langsung kawat beraliran listrik gambar 4a.
- Cara kedua tegangan sentuh tidak langsung, ketika terjadi kerusakan isolasi pada peralatan listrik dan orang menyentuh peralatan listrik tersebut yang bersangkutan akan terkena bahaya tegangan sentuh gambar b.



Gambar 4a. Tegangan sentuh langsung.



Gambar 4b. Tegangan sentuh tidak langsung.

Kerusakan isolasi bisa terjadi pada belitan kawat pada motor listrik, generator atau transformator. Isolasi yang rusak harus diganti karena termasuk kategori kerusakan permanen. Bahaya listrik akibat tegangan sentuh langsung dan tidak langsung, keduanya sama berbahayanya. Tetapi dengan tindakan pengamanan yang baik, akibat tegangan sentuh yang berbahaya dapat diminimalkan.

cara pengamanan dari bahaya listrik adalah antara lain:

- Yang paling utama adalah menggunakan peralatan-peralatan listrik yang telah mendapatkan sertifikasi dari Lembaga pengujian yang diakui, seperti LMK dan SNI.

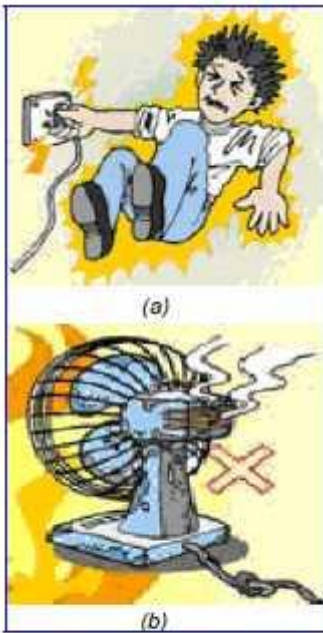
- Kawat sebaiknya berisolasi sehingga bila tersentuh tidak membahayakan,
- Peralatan listrik dipasang pentanahan yang baik, sehingga ketika terjadi arus bocor akan disalurkan ke tanah dan tidak membahayakan manusia.
- Perhatikan buku petunjuk dari peralatan (jika ada) dan perhatikan pula masa pakai peralatan.

BAHAYA LISTRIK

1. Pada satu sisi, dalam menjalankan aktivitas sehari-hari, kita sangat membutuhkan daya listrik, namun pada sisi lain, listrik sangat membahayakan keselamatan kita kalau tidak dikelola dengan baik. Sebagian besar orang pernah mengalami / merasakan sengatan listrik, dari yang hanya merasa terkejut saja sampai dengan yang merasa sangat menderita. Oleh karena itu, untuk mencegah dari hal-hal yang tidak diinginkan, kita perlu meningkatkan kewaspadaan terhadap bahaya listrik dan jalan yang terbaik adalah melalui peningkatan pemahaman terhadap sifat dasar kelistrikan yang kita gunakan.

2 . Bahaya listrik dibedakan menjadi dua, yaitu bahaya primer dan bahaya sekunder. Bahaya primer adalah bahaya-bahaya yang disebabkan oleh listrik secara langsung, seperti bahaya sengatan listrik dan bahaya kebakaran atau ledakan (Gambar 1.1). Sedangkan bahaya sekunder adalah bahaya-bahaya yang diakibatkan listrik secara tidak langsung. Namun bukan berarti bahwa akibat yang ditimbulkannya lebih ringan dari yang primer.

Contoh bahaya sekunder antara lain adalah tubuh/bagian tubuh terbakar baik langsung maupun tidak langsung, jatuh dari suatu ketinggian, dan lain-lain (Gambar 1.2).



(a) sengatan listrik
 (b) kebakaran dan peledakan

Gambar 1.1 Bahaya Primer Listrik



(a) Luka terbakar karena kontak langsung



(b) Luka terbakar akibat percikan api



(c) Jatuh

Gambar 1.2 Bahaya Sekunder Listrik

3 . Bahaya Listrik bagi Manusia

1.3.1 Dampak sengatan listrik bagi manusia

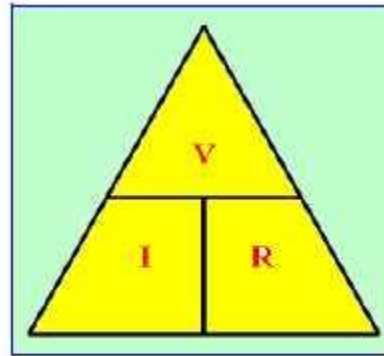
Dampak sengatan listrik antara lain adalah:

Gagal kerja jantung (Ventricular Fibrillation), yaitu berhentinya denyut jantung atau denyutan yang sangat lemah sehingga tidak mampu mensirkulasikan darah dengan baik. Untuk mengembalikannya perlu bantuan dari luar;
Gangguan pernafasan akibat kontraksi hebat (suffocation) yang dialami oleh paru-paru.
Kerusakan sel tubuh akibat energi listrik yang mengalir di dalam tubuh,
Terbakar akibat efek panas dari listrik.

1.3.2 Tiga faktor penentu tingkat bahaya listrik

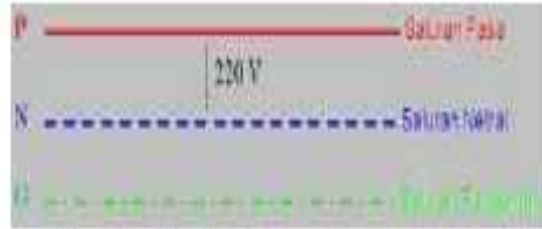
Ada tiga faktor yang menentukan tingkat bahaya listrik bagi manusia, yaitu tegangan (V), arus (I) dan tahanan (R). Ketiga faktor tersebut saling mempengaruhi antara satu dan lainnya yang ditunjukkan dalam hukum Ohm, pada Gambar 1.3. Tegangan (V) dalam satuan volt (V) merupakan tegangan sistem jaringan listrik atau sistem tegangan pada peralatan. Arus (I) dalam satuan ampere (A) atau mili amper (mA) adalah arus yang mengalir dalam rangkaian, dan tahanan (R) dalam satuan Ohm, kilo Ohm atau mega Ohm adalah nilai tahanan atau resistansi total saluran yang tersambung pada sumber tegangan listrik. Sehingga berlaku :

$$I = \frac{V}{R}; \quad R = \frac{V}{I}; \quad V = I \cdot R$$

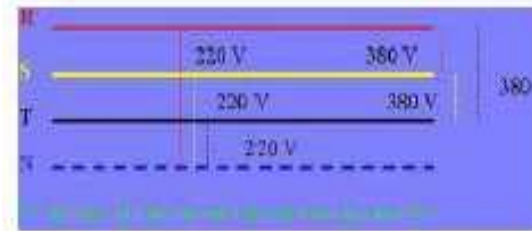


Gambar 1.3 Segitiga tegangan, arus, dan tahanan.

Bila dalam hal ini, titik perhatiannya pada unsur manusia, maka selain kabel (penghantar), sistem pentanahan, dan bagian dari peralatan lain, tubuh kita termasuk bagian dari tahanan rangkaian tersebut (Gambar 1.4). Tingkat bahaya listrik bagi manusia, salah satu faktornya ditentukan oleh tinggi rendah arus listrik yang mengalir ke dalam tubuh kita. Sedangkan kuantitas arus akan ditentukan oleh tegangan dan tahanan tubuh manusia serta tahanan lain yang menjadi bagian dari saluran. Berarti peristiwa bahaya listrik berawal dari sistem tegangan yang digunakan untuk mengoperasikan alat. Semakin tinggi sistem tegangan yang digunakan, semakin tinggi pula tingkat bahayanya. Jaringan listrik tegangan rendah di Indonesia mempunyai tegangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.5. dan sistem tegangan yang digunakan di Indonesia adalah: fasa-tunggal 220 V, dan fasa-tiga 220/380 V dengan frekuensi 50 Hz. Sistem tegangan ini sungguh sangat berbahaya bagi keselamatan manusia.



(a) Fasa-Tunggal



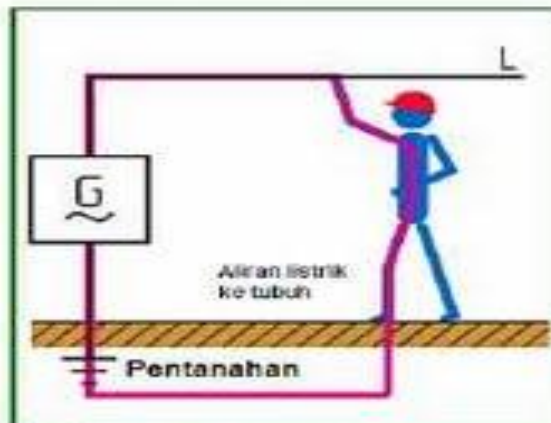
(b) Fasa-Tiga

Gambar 1.5 Sistem tegangan rendah di Indonesia

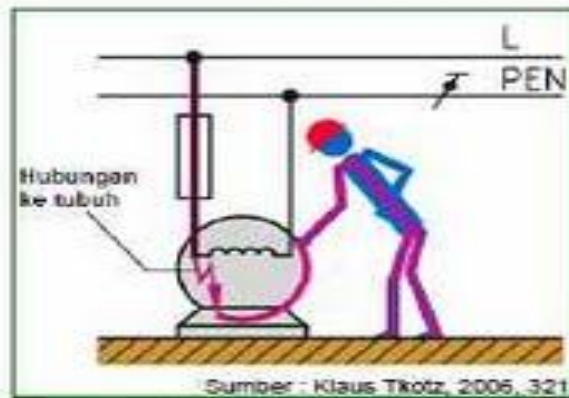
1.3.3 Proses Terjadinya Sengatan Listrik

Ada dua cara listrik bisa menyengat tubuh kita, yaitu melalui sentuhan langsung dan tidak langsung. Bahaya sentuhan langsung merupakan akibat dari anggota tubuh bersentuhan langsung dengan bagian yang bertegangan sedangkan bahaya sentuhan tidak

langsung merupakan akibat dari adanya tegangan liar yang terhubung ke bodi atau selungkup alat yang terbuat dari logam (bukan bagian yang bertegangan) sehingga bila tersentuh akan mengakibatkan sengatan listrik. Gambar 1.6 memberikan ilustrasi tentang kedua bahaya ini.



(a) *Sentuhan Langsung*



(b) *Sentuhan Tak Langsung*

Gambar 1.6 Jenis Bahaya Listrik

1.3.4 Tiga faktor penentu keseriusan akibat sengatan listrik

Ada tiga faktor yang menentukan keseriusan sengatan listrik pada tubuh manusia, yaitu: besar arus, lintasan aliran, dan lama sengatan pada tubuh. Besar arus listrik Besar arus yang mengalir dalam tubuh akan ditentukan oleh tegangan dan tahanan tubuh. Tegangan tergantung sistem tegangan yang digunakan (Gambar 1.5), sedangkan tahanan tubuh manusia bervariasi tergantung pada jenis, kelembaban/moistur kulit

dan faktor-faktor lain seperti ukuran tubuh, berat badan, dan lain sebagainya. Tahanan kontak kulit bervariasi dari 1000 k-ohm (kulit kering) sampai 100 ohm (kulit basah).

Tahanan dalam (internal) tubuh sendiri antara 100 – 500 ohm.

Contoh:

Jika tegangan sistem yang digunakan adalah 220 V, berapakah kemungkinan arus yang mengalir ke dalam tubuh manusia?

Kondisi terjelek :

- Tahanan tubuh adalah tahanan kontak kulit di tambah tahanan internal tubuh,

$$(R_k) = 100 \text{ ohm} + 100 \text{ ohm} = 200 \text{ ohm.}$$

- Arus yang mengalir ke tubuh: $I = V/R = 220 \text{ V}/200 \text{ ohm} = 1,1 \text{ A}$

Kondisi terbaik :

- Tahanan Tubuh $R_k = 1000 \text{ k-ohm}$

$$- I = 220 \text{ V}/1000 \text{ k-ohm} = 0,22 \text{ mA.}$$

Lintasan aliran arus dalam tubuh Lintasan arus listrik dalam tubuh juga akan sangat menentukan tingkat akibat sengatan listrik. Lintasan yang sangat berbahaya adalah yang melewati jantung, dan pusat saraf (otak). Untuk menghindari kemungkinan terburuk

adalah apabila kita bekerja pada sistem kelistrikan, khususnya yang bersifat ONLINE adalah sebagai berikut:

- Gunakan topi isolasi untuk menghindari kepala dari sentuhan listrik,
- Gunakan sepatu yang berisolasi baik agar kalau terjadi hubungan listrik dari anggota tubuh yang lain tidak mengalir ke kaki agar jantung tidak dilalui arus listrik,
- Gunakan sarung tangan isolasi minimal untuk satu tangan untuk menghindari lintasan aliran ke jantung bila terjadi sentuhan listrik melalui kedua tangan. Bila tidak, satu tangan untuk bekerja sedangkan tangan yang satunya dimasukkan ke dalam saku.

Lama waktu sengatan

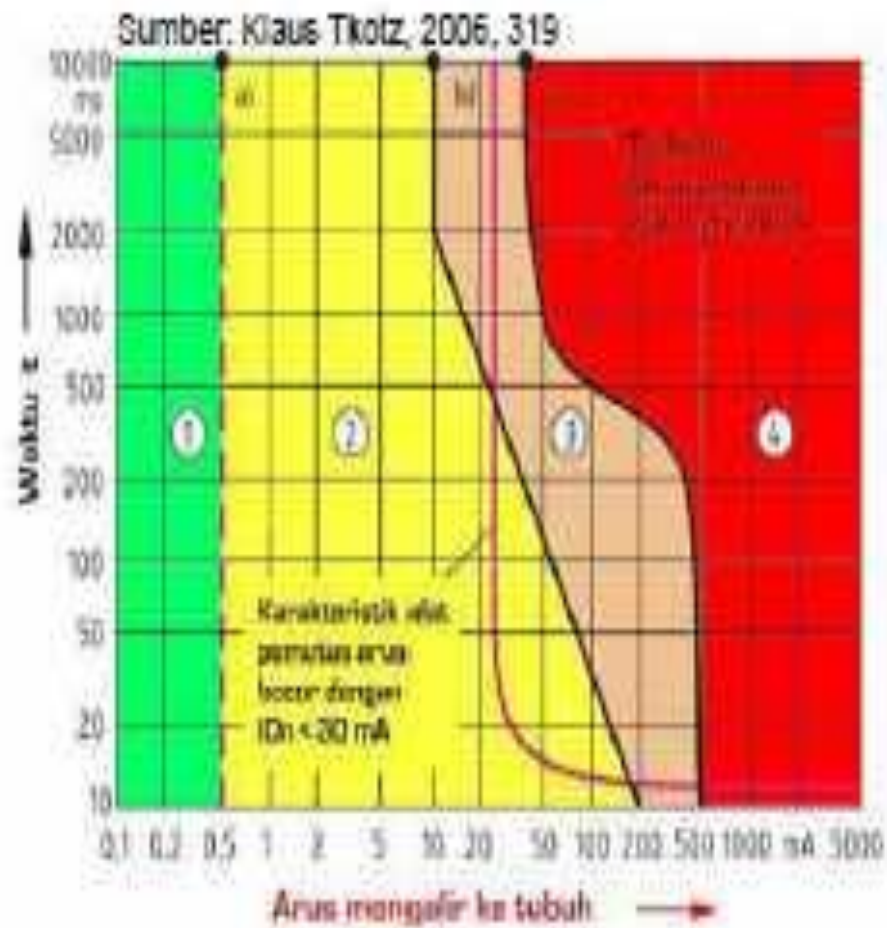
Lama waktu sengatan listrik ternyata sangat menentukan kefatalan akibat sengatan listrik. Penemuan faktor ini menjadi petunjuk yang sangat berharga bagi pengembangan teknologi proteksi dan keselamatan listrik. Semakin lama waktu tubuh dalam sengatan semakin fatal pengaruh yang diakibatkannya. Oleh karena itu, yang menjadi ekspektasi dalam pengembangan teknologi adalah bagaimana bisa membatasi sengatan agar dalam waktu sependek mungkin. Untuk mengetahui lebih lanjut tentang pengaruh besar dan lama

waktu arus sengatan terhadap tubuh, ditunjukkan pada Gambar 1.7. Dalam gambar ini diperlihatkan bagaimana pengaruh sengatan listrik terhadap tubuh, khususnya yang terkait dengan dua faktor, yaitu besar dan lama arus listrik mengalir dalam tubuh.

Arus sengatan pada daerah 1 (sampai 0,5 mA) merupakan daerah aman dan belum dirasakan oleh tubuh (arus mulai terasa 1-8 mA). Daerah 2, merupakan daerah yang masih aman walaupun sudah memberikan dampak rasa pada tubuh dari ringan sampai sedang walaupun masih belum menyebabkan gangguan kesehatan.

Daerah 3 sudah berbahaya bagi manusia karena akan menimbulkan kejang-kejang/kontraksi otot dan paru-paru sehingga menimbulkan gangguan pernafasan.

Daerah 4 merupakan daerah yang sangat memungkinkan menimbulkan kematian si penderita.



Dalam gambar tersebut juga ditunjukkan karakteristik salah satu pengaman terhadap bahaya sengatan listrik, dimana ada batasan kurang dari 30 mA dan waktu kurang dari 25 ms. Ini akan dibahas lebih lanjut pada bagian proteksi.

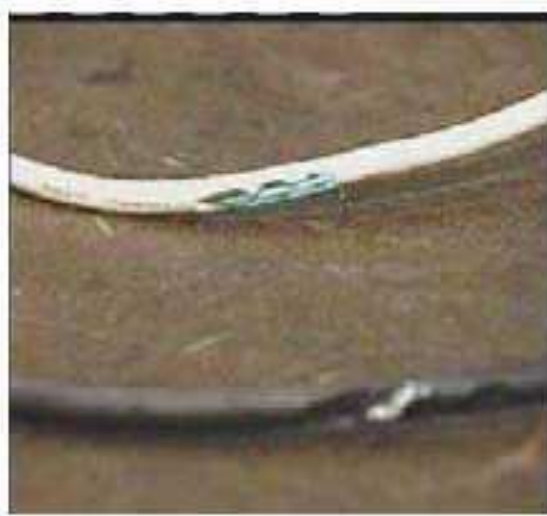
Daerah	Reaksi Tubuh	
1		Tidak terasa
2		Belum menyebabkan gangguan kesehatan
3		Kejang otot, gangguan pemafasan
4		Kegagalan detak jantung, kematian

Gambar 1.7 Reaksi Tubuh terhadap Sengatan Listrik

1.3.5 Kondisi-kondisi berbahaya

Banyak penyebab bahaya listrik yang ada dan terjadi di sekitar kita, di antaranya adalah isolasi kabel rusak, bagian penghantar terbuka, sambungan terminal yang tidak kencang. Isolasi kabel yang rusak merupakan akibat dari sudah terlalu tuanya kabel dipakai atau karena sebab-sebab lain (teriris, terpuntir, tergecet oleh benda berat dll), sehingga ada bagian yang terbuka dan kelihatan penghantarnya atau bahkan ada serabut hantaran yang menjuntai. Ini akan sangat berbahaya bagi yang secara tidak sengaja menyentuhnya atau bila terkena ceceran air atau kotoran-kotoran lain bisa

menimbulkan kebakaran. Penghantar yang terbuka biasa terjadi pada daerah titik-titik sambungan terminal dan akan sangat membahayakan bagi yang bekerja pada daerah tersebut, khususnya dari bahaya sentuhan langsung.

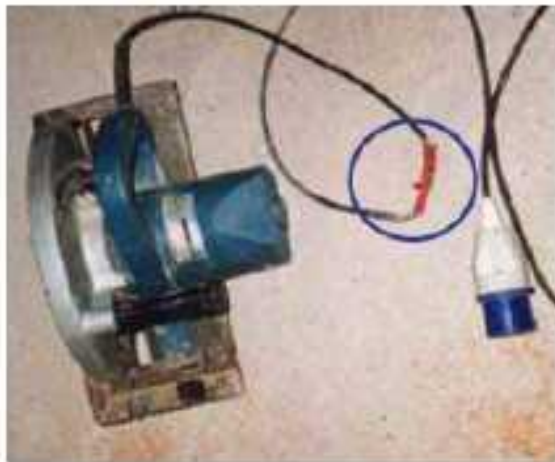


(a) Kabel terkelupas



(b) Konduktor yang terbuka

Sambungan listrik yang kendur atau tidak kencang, walaupun biasanya tidak membahayakan terhadap sentuhan, namun akan menimbulkan efek pengelasan bila terjadi gerakan atau goyangan sedikit. Ini kalau dibiarkan akan merusak bagian sambungan dan sangat memungkinkan menimbulkan potensi kebakaran.



(c) isolasi kabel yang sudah pecah

Gambar 1.8 Contoh-contoh penyebab bahaya listrik

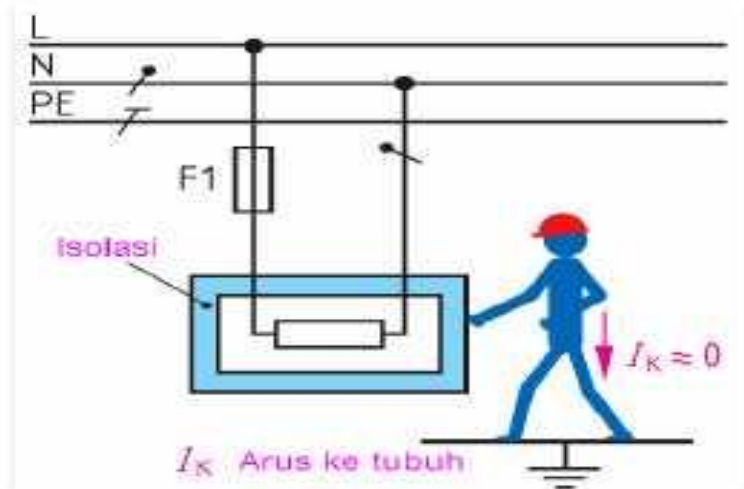
1.3.6 Sistem Pengamanan terhadap Bahaya Listrik

Sistem pengamanan listrik dimaksudkan untuk mencegah orang bersentuhan baik langsung maupun tidak langsung dengan bagian yang beraliran listrik.

1.3.6.1 Pengamanan terhadap sentuhan langsung

Ada banyak cara / metoda pengamanan dari sentuhan langsung seperti yang akan dijelaskan berikut ini.

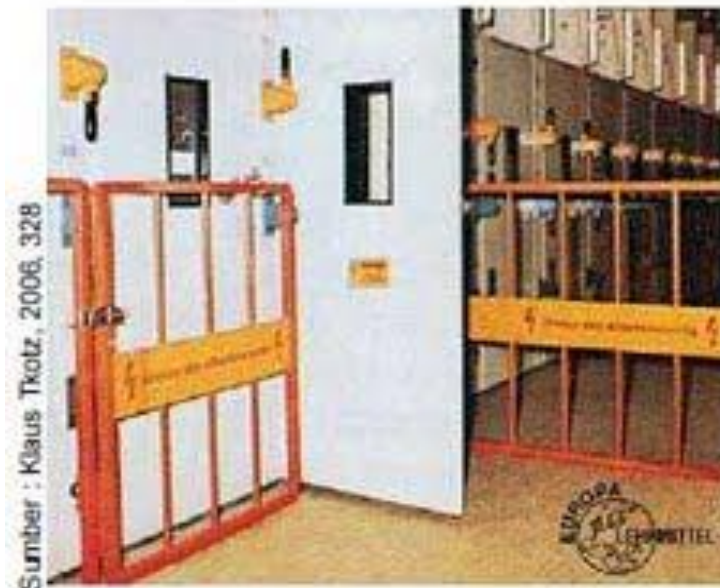
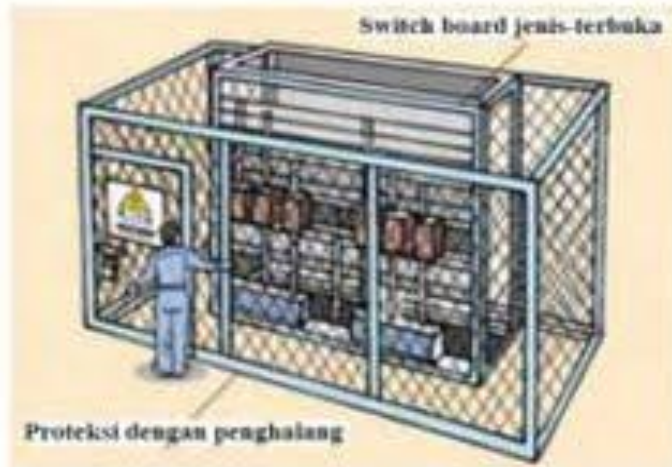
- Isolasi pengaman yang memadai. Pastikan bahwa kualitas isolasi pengaman baik, dan dilakukan pemeriksaan dan pemeliharaan dengan baik. Memasang kabel sesuai dengan peraturan dan standard yang berlaku.



Sumber : Klaus Tkotz, 2006, 328

Gambar 1.9 Pengamanan dengan isolasi pengaman

Menghalangi akses atau kontak langsung menggunakan enklosur, pembatas, penghalang.



Gambar 1.10 Pengamanan dengan pemagaran

- Menggunakan peralatan INTERLOCKING. Peralatan ini biasa di pasang pada pintu-pintu. Ruang yang di dalamnya terdapat peralatan yang berbahaya. Jika pintu dibuka, semua aliran listrik ke peralatan terputus (door switch).

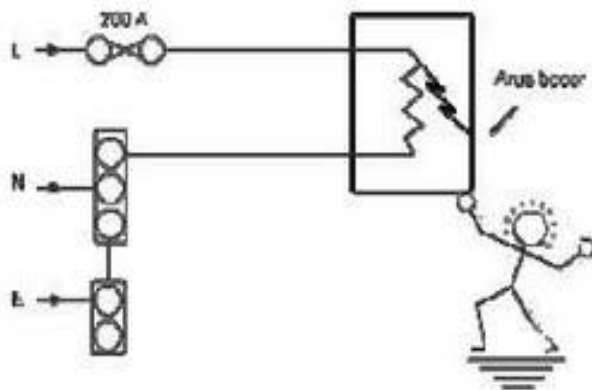
1.3.6.2 Pengamanan terhadap tegangan sentuh (tidak langsung)

Pentanahan (Grounding/Earthing) Pentanahan merupakan salah satu cara konvensional untuk mengatasi bahaya tegangan sentuh tidak langsung yang dimungkinkan terjadi

pada bagian peralatan yang terbuat dari logam. Untuk peralatan yang mempunyai selungkup / rumah tidak terbuat dari logam tidak memerlukan sistem ini. Agar sistem ini dapat bekerja secara efektif maka baik dalam pembuatannya maupun hasil yang dicapai harus sesuai dengan standard. Ada 2 hal yang dilakukan oleh sistem pentanahan, yaitu (1) menyalurkan arus dari bagian-bagian logam peralatan yang teraliri arus listrik liar ke tanah melalui saluran pentanahan, dan (2) menghilangkan beda potensial antara bagian logam peralatan dan tanah sehingga tidak membahayakan bagi yang menyentuhnya.

Berikut ini contoh potensi bahaya tegangan sentuh tidak langsung dan pengamanannya.

Tegangan sentuh (tidak langsung) Peralatan yang digunakan menggunakan sistem tegangan fasa-satu, dengan tegangan antara saluran fasa (L) dan netral (N) 220 V. Alat tersebut menggunakan sekering 200 A. Bila terjadi arus bocor pada selungkup/rumah mesin, maka tegangan/beda potensial antara selungkup mesin dan tanah sebesar 220 V. Tegangan sentuh ini sangat berbahaya bagi manusia. Bila selungkup yang bertegangan ini tersentuh oleh orang maka akan ada arus yang mengalir ke tubuh orang tersebut sebagaimana telah diilustrasikan pada bagian 1.3.3

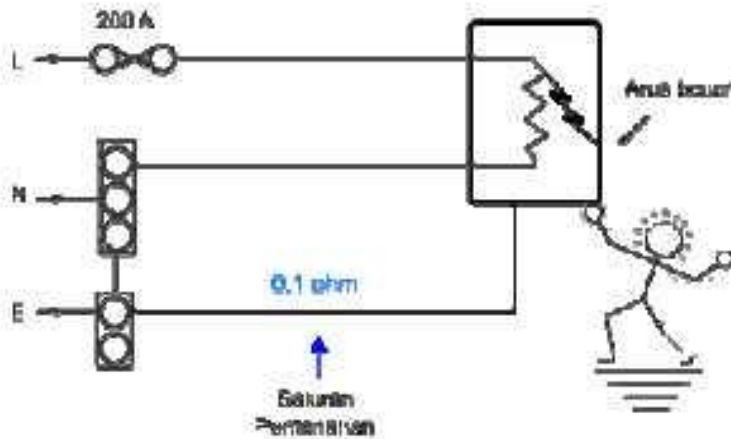


Gambar 1.11 Kondisi tegangan sentuh pada mesin

Cara pengamanan tegangan sentuh

Pengamanan dari tegangan sentuh dilakukan dengan membuat saluran pentanahan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.12. Saluran pentanahan ini harus memenuhi standard keselamatan, yakni mempunyai tahanan pentanahan tidak lebih dari 0,1 ohm. Jika tahanan saluran pentanahan sebesar 0,1 ohm, dan arus kesalahan 200 A, maka kondisi tegangan sentuh akan berubah menjadi:

$$\begin{aligned}
 V &= I \cdot R \\
 &= 200 \cdot 0,1 \\
 &= 20 \text{ V}
 \end{aligned}$$



Gambar 1.12 Saluran pentanahan sebagai pengaman terhadap tegangan sentuh

Bila tegangan ini tersentuh oleh orang maka akan mengalir arus ke tubuh orang tersebut maksimum sebesar :

$$I = V / R_k$$

- Kondisi terjelek, $R_k \text{ min} = 200 \Omega$,
maka

$$\begin{aligned}
 I &= 20/200 \\
 &= 0,1 \text{ A atau } 100 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

- Kondisi terbaik, $R_k \text{ maks} = 1000 \text{ k}\Omega$

maka

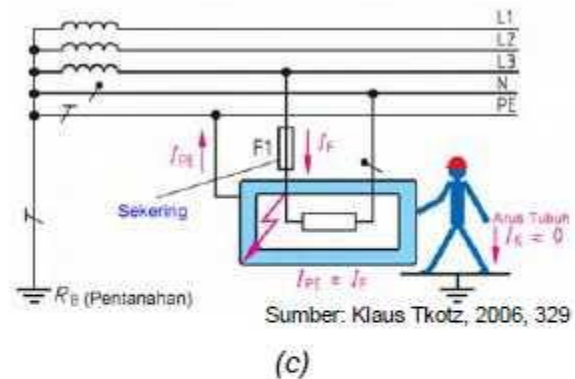
$$\begin{aligned}
 I &= 20 / 1.000.000 \\
 &= 0,00002 \text{ A atau } 0,02 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan ini terlihat demikian berbedanya tingkat bahaya tegangan sentuh antara yang tanpa pentanahan dan dengan pentanahan. Dengan saluran pentanahan peralatan jauh lebih aman. Karena itu pulalah, saluran pentanahan ini juga disebut SALURAN PENGAMAN. Walaupun begitu, untuk menjamin keefektifan saluran pentanahan, perlu diperhatikan bahwa sambungan-sambungan harus dilakukan secara sempurna (Gambar 1.13 (a)).

- Setiap sambungan harus disekrup secara kuat agar hubungan kelistrikananya bagus guna memberikan proteksi yang baik;
- Kabel dicekam kuat agar tidak mudah tertarik sehingga kabel dan sambungan tidak mudah bergerak Dengan kondisi sambungan yang baik menjamin koneksi pentanahan akan baik pula dan bisa memberikan jaminan keselamatan bagi orang-orang yang mengoperasikan peralatan yang sudah ditanahkan (Gambar 1.13 (b) dan



(c).



- (a) koneksi
 (b) hubungan alat dan pengguna
 (c) aliran arus

Gambar 1.13 Pengawatan kabel pentanahan

1.3.7 Alat Proteksi Otomatis

Pada saat ini sudah banyak dijumpai alat-alat proteksi otomatis terhadap tegangan sentuh. Peralatan ini tidak terbatas pada pengamanan manusia dari sengatan listrik, namun berkembang lebih luas untuk pengamanan dari bahaya kebakaran.

1.3.7.1 Jenis-jenis alat proteksi otomatis

Jenis-jenis alat proteksi yang banyak dipakai, antara lain adalah: Residual Current Device (RCD), Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) dan Ground Fault Circuit Interruptor (GFCI). Walaupun berbeda-beda namun secara prinsip adalah sama. Yakni, alat ini akan bekerja/aktif bila mendeteksi adanya arus bocor ke tanah. Karena kemampuan itulah, arus bocor ini dianalogikan dengan arus sengatan listrik yang mengalir pada tubuh manusia.

1.3.7.2 Prinsip kerja alat pengaman otomatis

Gambar 1.14 menunjukkan gambaran fisik sebuah RCD untuk sistem fasa tunggal dan diagram skemanya. Prinsip kerja RCD dapat dijelaskan sebagai berikut. Perhatikan gambar diagram skematik Gambar 1.14 b.

lin : arus masuk

lout : arus keluar

IR1 : arus residual yang mengalir ke tubuh

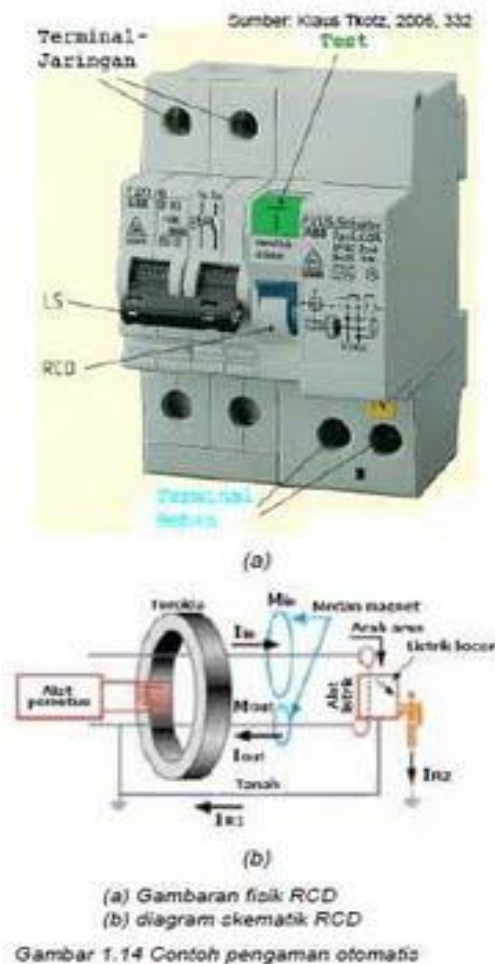
IR2 : arus residual yang mengalir ke tanah

Min : medan magnet yang dibangkitkan oleh arus masuk

Mout : medan magnet yang dibangkitkan oleh arus keluar.

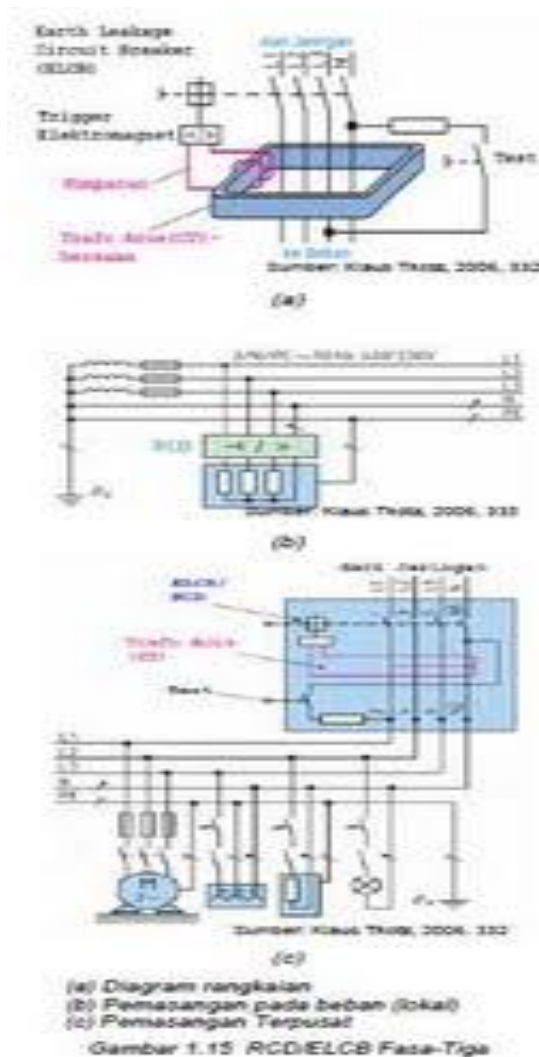
Dalam keadaan terjadi arus bocor :

- Arus keluar lebih kecil dari arus masuk, $I_{out} < I_{in}$; - arus residu mengalir keluar setelah melalui tubuh manusia atau tanah; - karena $I_{in} > I_{out}$ maka $I_{in} > I_{out}$
- Akibatnya, akan timbul ggl induksi pada koil yang dibelitkan pada toroida;
- ggl induksi mengaktifkan peralatan pemutus rangkaian.



Skema diagram untuk sistem fasa tiga ditunjukkan pada Gambar 1.15. Prinsip kerja pengaman otomatis untuk sistem fasa tiga ditunjukkan pada Gambar 1.15 (a). Bila tidak ada arus bocor (ke tanah atau tubuh manusia) maka jumlah resultant arus yang mengalir dalam keempat penghantar sama dengan nol. Sehingga trafo arus (CT) tidak

mengalami induksi dan trigger elektromagnet tidak aktif. Dalam hal ini tidak terjadi apa-apa dalam sistem.



Namun sebaliknya bila ada arus bocor, maka jumlah resultant arus tidak sama dengan nol, CT menginduksikan tegangan dan mengaktifkan trigger sehingga alat pemutus daya ini bekerja memutuskan beban dari sumber (jaringan). Gambar 1.15 b dan c memperlihatkan pemakaian CRD/ELCB. Bila pengamanan untuk satu jenis beban saja maka RCD dipasang pada saluran masukan alat saja. Sedangkan bila

pengamanan untuk semua alat/beban dan saluran, maka alat pengaman dipasang pada sisi masukan/sumber semua beban. Mana yang terbaik, tergantung dari apa yang diinginkan. Kalau keinginan pengamanan untuk semua rangkaian, Gambar 1.15 c yang dipilih. Namun perlu dipertimbangkan aspek ekonomisnya, karena semakin besar kapasitas arus yang harus dilayani maka harga alat akan semakin mahal pula walaupun dengan batas arus keamanan (bocor) yang sama. Untuk alat-alat yang dipasang di meja, cukup dengan arus pengamanan $DIn = 30 \text{ mA}$. Untuk alat-alat yang pemakaiannya menempel ke tubuh (bath tube, sauna, alat pemotong jenggot, dll) digunakan alat pengaman dengan arus lebih rendah, yaitu $DIn = 10 \text{ mA}$. Untuk pengamanan terhadap kebakaran (pemasangan terpusat) dipasang dengan $DIn = 500 \text{ mA}$.

1.3.8 Pengaman pada peralatan portabel

Metode pengamanan peralatan listrik portabel dibedakan menjadi 2 kelas, yaitu Alat Kelas I dan Kelas II. Sedangkan untuk alat-alat mainan dikategorikan Alat Kelas III. Alat Kelas I adalah alat listrik yang pengamanan terhadap sengatan listrik menggunakan saluran pentanahan (grounding). Alat ini mempunyai selungkup (casing) yang terbuat dari logam. Alat Kelas II adalah alat listrik yang mempunyai isolasi ganda, di mana selungkup atau bagian-bagian yang tersentuh dalam pemakaiannya terbuat dari bahan isolasi. Pada alat kelas ini tidak diperlukan saluran pentanahan. Berikut ini adalah contoh alat yang termasuk Kelas I dan Kelas II.

Mesin Bor Portabel



Gambar 1.16. Contoh klasifikasi pengamanan alat portabel

1.3.9 Prosedur Keselamatan Umum

- Hanya orang-orang yang berwenang, dan berkompeteren yang diperbolehkan bekerja pada atau di sekitar peralatan listrik
- Menggunakan peralatan listrik sesuai dengan prosedur (jangan merusak atau membuat tidak berfungsinya alat pengaman)



Gambar 1.17 Contoh penggunaan alat listrik

Jangan menggunakan tangga logam untuk bekerja di daerah instalasi listrik



Pelihara alat dan sistem dengan baik

Menyiapkan langkah-langkah tindakan darurat ketika terjadi kecelakaan

Prosedur shut-down : tombol pemutus aliran listrik (emergency off) harus mudah diraih.

Pertolongan pertama

Pertolongan pertama pada orang yang tersengat listrik :

Korban harus dipisahkan dari aliran listrik dengan cara yang aman sebelum dilakukan pertolongan pertama.



Gambar 1.20 Pemisahan si korban dari aliran listrik

Hubungi bagian yang berwenang untuk melakukan pertolongan pertama pada kecelakaan. Pertolongan pertama harus dilakukan oleh orang yang berkompeten



1.3.10 Prosedur Keselamatan Khusus

Prosedur Lockout/Tagout

Prosedur ini merupakan prosedur keselamatan khusus yang diperlukan ketika bekerja untuk melakukan pemeliharaan/perbaikan pada sistem peralatan listrik secara aman.

Tujuan:

Mencegah adanya release baik secara elektrik maupun mekanik yang tidak disengaja yang membahayakan orang yang sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan dan atau perbaikan.

Memisahkan/memutuskan dari aliran listrik.

Langkah-langkah prosedur ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

Buat rencana lockout/tagout

Beritahu operator dan pengguna lainnya rencana pemutusan aliran listrik

Putuskan aliran pada titik yang tepat



Periksa apakah tim/pekerja telah menggantungkan padlocksnya pada titik lockout

Letakkan tulisan "perhatian" pada titik lockout

Lepaskan energi sisa/tersimpan (baterai kapasitor, per)

Pastikan bahwa peralatan/sistem tidak beraliran listrik



Semua anggota tim/pekerja mengambil padlocknya kembali setelah pekerjaan selesai

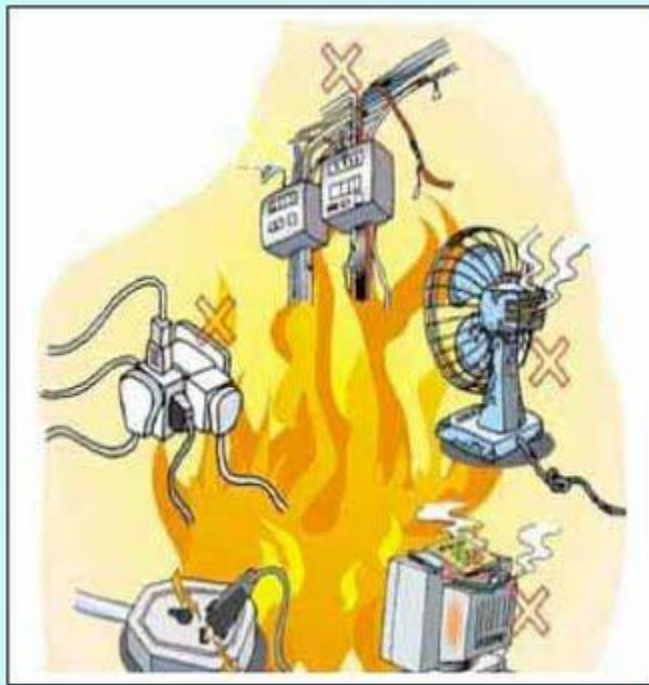


Gambar 1.24 Tanda pekerjaan selesai

1.4 Bahaya Kebakaran dan Peledakan

Banyak peristiwa kebakaran dan peledakan sebagai akibat dari kesalahan listrik.

Peristiwa ini memberikan akibat yang jauh lebih fatal dari pada peristiwa sengatan listrik karena akibat yang ditimbulkannya biasanya jauh lebih hebat. Akibat ini tidak terbatas pada jiwa namun juga pada harta benda. Lebih-lebih lagi bila melibatkan zat-zat berbahaya, maka tingkat bahayanya juga akan merusak lingkungan. Oleh karena itu, peristiwa semacam ini harus dicegah.



*Gambar 1.25
Bahaya Kebakaran dan Peledakan*

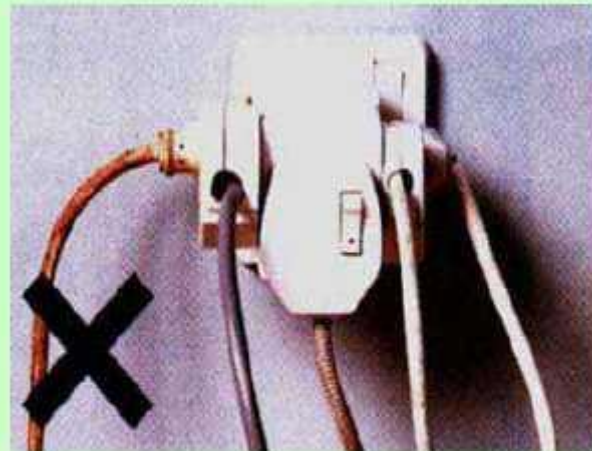
1.4.1 Penyebab Kebakaran dan Pengamanan

Ukuran kabel yang tidak memadai. Salah satu faktor yang menentukan ukuran kabel atau penghantar adalah besar arus nominal yang akan dialirkan melalui kabel/penghantar tersebut sesuai dengan lingkungan pemasangannya, terbuka atau tertutup. Dasar pertimbangannya adalah efek pemanasan yang dialami oleh penghantar tersebut jangan melampaui batas. Bila kapasitas arus terlampaui maka akan menimbulkan efek panas yang berkepanjangan yang akhirnya bisa merusak isolasi dan atau membakar benda-benda sekitarnya.



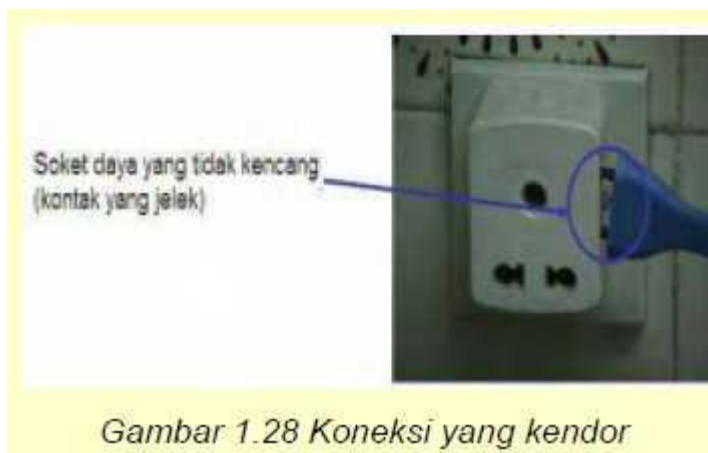
Agar terhindar dari peristiwa kapasitas lebih semacam ini maka ukuran kabel harus disesuaikan dengan peraturan instalasi listrik.

Penggunaan adaptor atau stop kontak yang salah. Yang dimaksudkan di sini adalah penyambungan beban yang berlebihan sehingga melampaui kapasitas stop-kontak atau kabel yang mencatu dayanya.



Gambar 1.27 Pemakaian stop-kontak yang salah

Instalasi kontak yang jelek

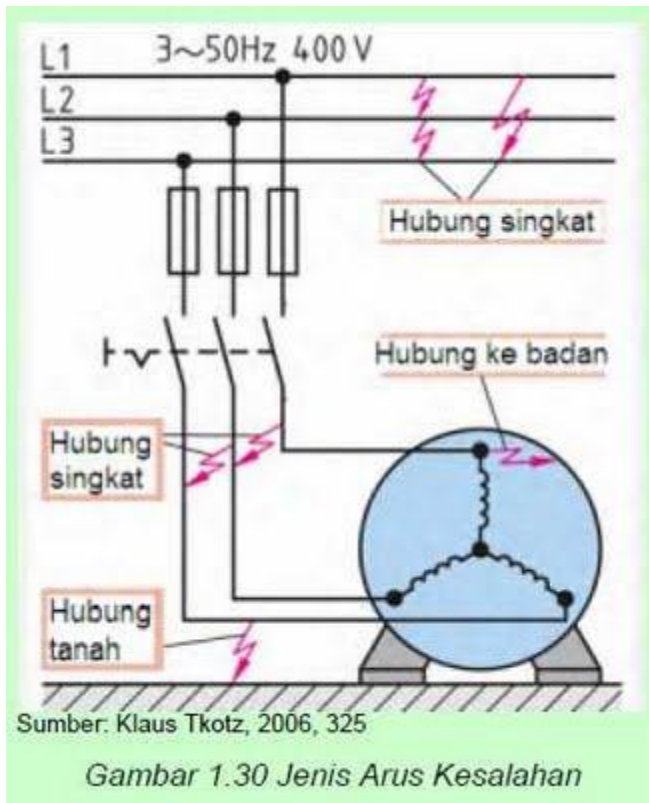


Percikan bunga api pada peralatan listrik atau ketika memasukkan dan mengeluarkan soket ke stop-kontak pada lingkungan kerja yang berbahaya di mana terdapat cairan, gas atau debu yang mudah terbakar.



Gambar 1.29 Lingkungan sangat berbahaya

Untuk daerah-daerah seperti ini harus digunakan peralatan anti percikan api. Kondisi abnormal sistem kelistrikan Gambar 1.30 mengilustrasikan arus kesalahan (abnormal) yang sangat ekstrim yang bisa jadi menimbulkan kebakaran dan atau peledakan, yaitu: Terjadinya hubung singkat antar saluran aktif L1, L2, dan L3, Hubung singkat ke tanah (hubung tanah) antara saluran aktif L1, L2, L3 dengan tanah Bila ada kawat netral bisa terjadi hubung singkat antara saluran aktif L1, L2, L3 dengan saluran netral, Untuk mencegah potensi bahaya yang disebabkan oleh kondisi abnormal semacam ini adalah pemasangan alat proteksi yang tepat, seperti sekering, CB, MCB, ELCB, dll.



1.5 Sistem – IP berdasarkan DIN VDE 0470

Tabel 1a Simbol-simbol yang digunakan untuk berbagai jenis proteksi menurut EN 60529.

Digit kesatu : Proteksi terhadap benda padat			Digit kedua : Proteksi terhadap zat cair			Digit ketiga : Proteksi terhadap benturan mekanis		
IP	Test		IP	Test		IP	Test	
0		Tanpa proteksi	0		Tanpa proteksi	0		Tanpa proteksi
1		Proteksi terhadap benda padat lebih besar 50 mm (contoh, kontak dengan tangan)	1		Proteksi terhadap air yang jatuh ke bawah / vertikal (konduksi)	1		Proteksi terhadap benturan dengan energi 0,225 joule
2		Proteksi terhadap benda padat lebih besar 12 mm (contoh jari tangan)	2		Proteksi terhadap air sampai dengan 15° dari vertikal	2		Proteksi terhadap benturan dengan energi 0,375 joule
3		Proteksi terhadap benda padat lebih besar 2,5 mm (contoh penghantar kabel)	3		Proteksi terhadap jatuhnya hujan sampai 60° dari vertikal	3		Proteksi terhadap benturan dengan energi 0,5 joule
4		Proteksi terhadap benda padat lebih besar 1 mm (contoh alat kabel laot)	4		Proteksi terhadap semprotan air dan segala arah	5		Proteksi terhadap benturan dengan energi 2 joule
5		Proteksi terhadap debu (tidak ada lapisan/enda pan yang membahayakan)	5		Proteksi terhadap semprotan air yang kuat dari segala arah	7		Proteksi terhadap benturan dengan energi 6 joule
6		Proteksi terhadap debu secara keseluruhan	6		Proteksi terhadap semprotan air bertekanan berat	9		Proteksi terhadap benturan dengan energi 20 joule
			7		Proteksi terhadap pengaruh dan pencelupan			

12. Pemakaian kapasitor dalam jaringan listrik tegangan rendah

Salah satu cara untuk memperbaiki kualitas pasokan energi listrik dan mengefisienkan pengoperasian sistem tenaga listrik adalah dengan mengoperasikan bank kapasitor (shunt capacitor banks). Manfaat pemakaian bank kapasitor adalah memperbaiki mutu tegangan di sisi beban, memperbaiki power faktor dan mengurangi rugi-rugi transmisi.

Kekurangan dari pemakaian bank kapasitor adalah menimbulkan harmonisa pada proses switching, memerlukan disain khusus PMT atau “switching controller”.

Pada pembahasan ini akan diuraikan prinsip disain pemasangan dan pengoperasian bank kapasitor di sistem tegangan tinggi dan pola proteksi bank kapasitor.

Proteksi bank kapasitor terdiri dari 1/. proteksi terhadap gangguan internal yaitu gangguan pada internal bank kapasitor atau pada internal unit kapasitor, dan 2/.

Proteksi terhadap gangguan di sistem tenaga listrik.

KONTRUKSI KAPASITOR

Kapasitor Unit

Perhatikan Gambar-1 menunjukkan bahwa kapasitor unit terdiri dari beberapa element kapasitor yang disusun seri dan paralel, rangkaian paralel untuk kapasitas VAR sedangkan rangkaian seri untuk memenuhi rating tegangan. Kapasitor unit dilengkapi dengan resistor yang berfungsi sebagai element pelepasan muatan kapasitor (discharge device). Rating tegangan kapasitor unit bervariasi dari 240 V sampai 25 KV dan rating kapasitas dari 2.5 KVAR sampai 1 MVAR.

Pada IEEE Std 18-1992 and Std 1036-1992 dinyatakan bahwa :

1. Kapasitor unit harus mampu beroperasi kontinu pada rating 110% V rms dan tegangan puncak tidak melebihi $1.2 V_2 V_{rms}$ serta harus mampu dilalui arus sebesar 135% I nominal.
2. Pada rating tegangan dan frekuensi, daya reaktif harus berkisar antara 100 % sampai 115% rating daya reaktif.

Kapasitor Bank

Kapasitor bank dikelompokan berdasarkan letak fuse sebagai proteksi unit kapasitor.

Letak fuse ini mempengaruhi disain dari rangkaian kapasitor dan juga disain dari proteksi yang diterapkan.

1. Eksternal Fuse

Konstruksi kapasitor dengan eksternal fuse dapat dilihat pada Gambar-2 yaitu bahwa setiap kapasitor unit diproteksi oleh fuse pasangan luar. Kerusakan pada elemen kapasitor (hubung singkat) menyebabkan elemen-elemen pada group yang sama yang terhubung paralel dengan elemen yang rusak tersebut terhubung singkat. Group kapasitor lainnya yang terhubung seri akan memiliki tegangan yang lebih tinggi dan arus yang lebih besar sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada grup kapasitor seri lainnya. Hal ini berlangsung terus sampai eksternal fuse bekerja.

2. Internal Fuse

Setiap elemen kapasitor dilengkapi fuse seperti Gambar-3, apabila terjadi kegagalan elemen kapasitor maka elemen tersebut terisolir dari elemen lainnya yang terhubung paralel dalam group tersebut dan elemen lainnya tersebut masih tetap beroperasi tetapi dengan tegangan yang lebih tinggi. Umumnya kapasitor bank dengan internal fuse memiliki lebih sedikit kapasitor unit yang terhubung paralel dan lebih banyak group

kapasitor yang terhubung seri dibandingkan dengan kapasitor unit yang memiliki eksternal fuse. Kapasitor unit dengan internal fuse, umumnya memiliki ukuran yang besar karena diharapkan kerusakan seluruh elemen pada kapasitor unit bisa lebih lama.

3. Tanpa Fuse

Kapasitor unit tanpa fuse identik dengan kapasitor unit dengan eksternal fuse yang dijelaskan sebelumnya. Kapasitor bank tanpa fuse dihubungkan secara seri diantara fasa dan netral seperti Gambar-4

Proteksi berdasarkan elemen dari kapasitor, apabila terjadi kerusakan pada elemen maka group elemen tersebut akan terhubung singkat sedangkan kapasitor unit tetap beroperasi dengan distribusi tegangan pada group seri akan meningkat. Misal 6 kapasitor unit dihubung seri dan setiap kapasitor unit memiliki 8 elemen group seri sehingga total elemen group yang terhubung seri menjadi 48 elemen group. Apabila terjadi kerusakan pada satu elemen kapasitor maka satu elemen group seri terhubung singkat, akibatnya distribusi tegangan pada elemen group seri menjadi $48/47$ atau terjadi kenaikan tegangan sekitar 2 %.

Kapasitor unit tanpa fuse biasanya tidak digunakan untuk tegangan sistem lebih kecil dari 35 kV atau minimal diperlukan 10 elemen seri agar kapasitor bank masih tetap dapat dioperasikan. Hal ini karena tegangan pada kapasitor bank menjadi $10/9$ atau terjadi kenaikan tegangan sekitar 11 %. Pada konfigurasi ini, discharge energy kecil karena kapasitor unit tidak ada yang dihubungkan paralel, selain itu proteksi unbalance tidak perlu didelay untuk koordinasi dengan fuse

Selain kapasitor tanpa fuse yang dihubung seri, terdapat pula kapasitor bank tanpa fuse yang disusun seri/paralel umumnya digunakan untuk tegangan di bawah 35 kV atau pada sistem tegangan yang lebih tinggi dengan kebutuhan energy yang lebih besar.

TUGAS 1

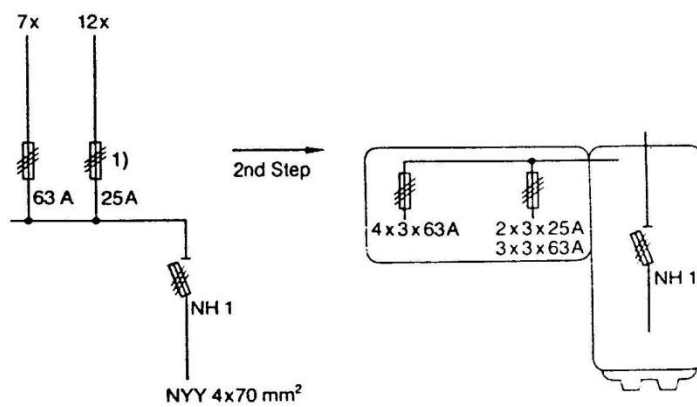
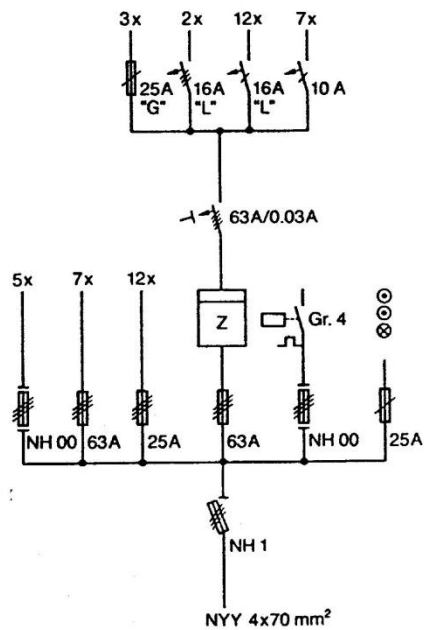
PERENCANAAN PROYEK PHB TEGANGAN RENDAH

Perencanaan Proyek Panel Distribusi Daya

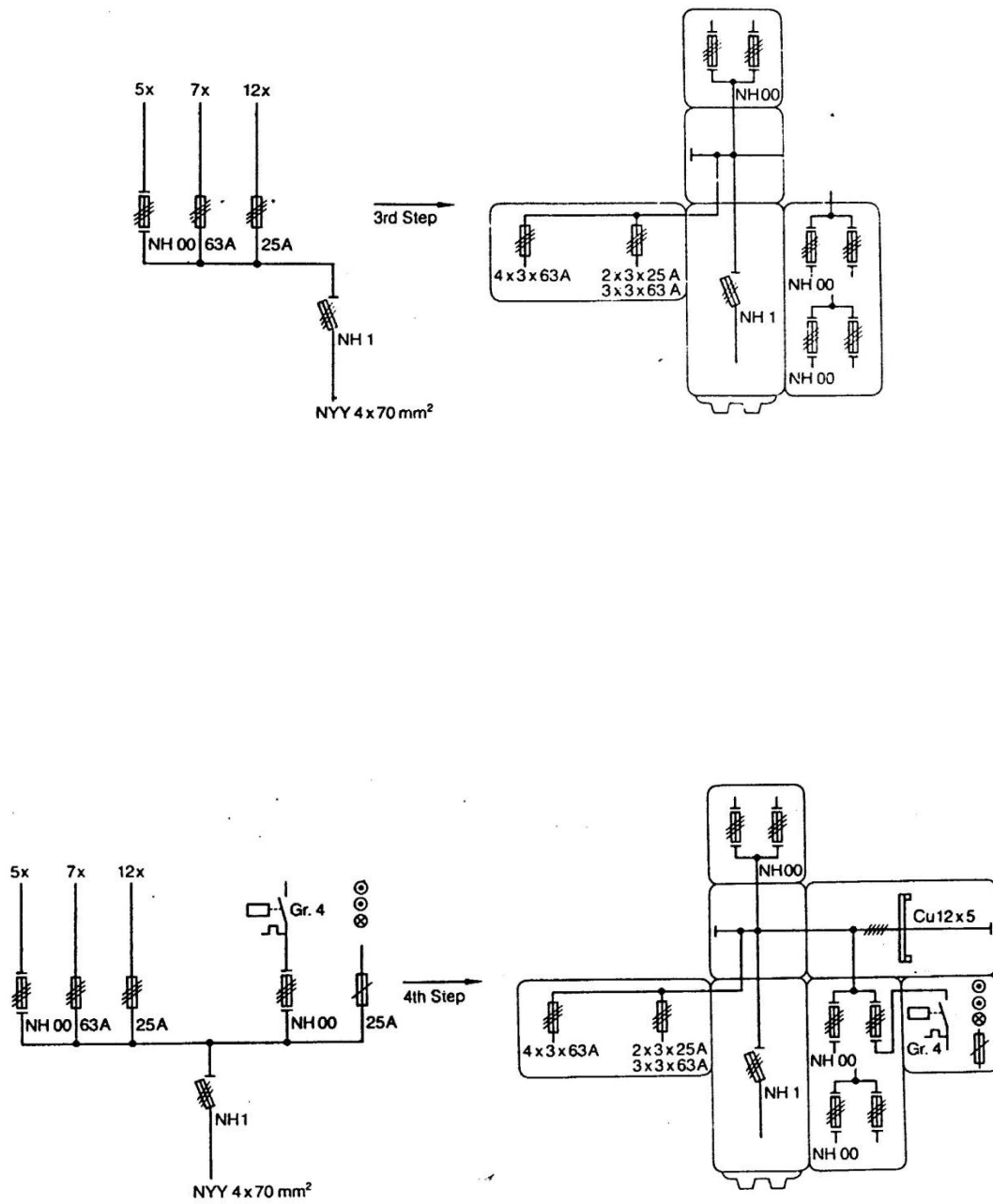
Didasarkan pada penjelasan yang telah dikemukakan pada poin 1, 2 dan 3 di atas, tentunya seorang perencana proyek akan memilih jenis PHB yang cocok sesuai dengan aplikasi dan tentu saja pertimbangan aspek ekonomi dan teknisnya.

Berikut ini contoh dari langkah-langkah perencanaan dari mulai diagram satu garis sampai dengan membuat sket PHB yang diperlukan (jenis PHB yang dipakai adalah PHB box).

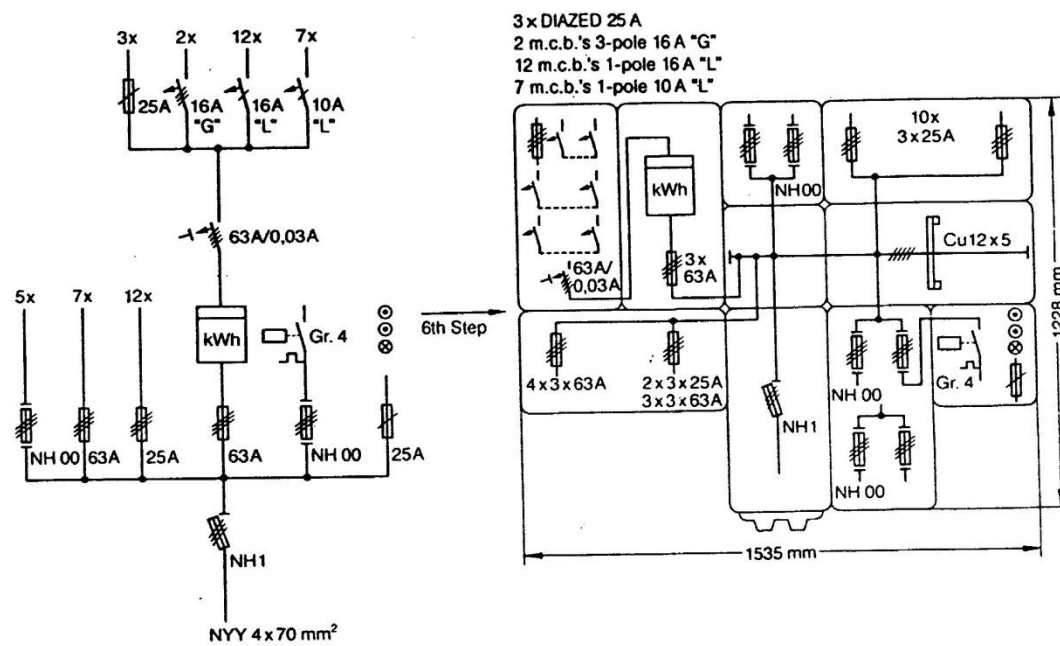
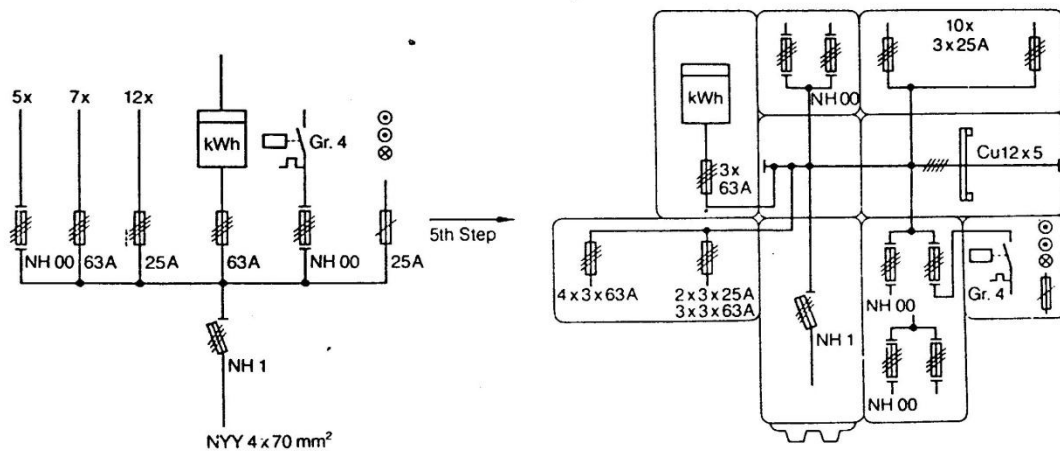
Berdasarkan pada diagram satu garis (gambar 3.1) maka langkah perencanaan dilakukan dengan menggambar sket PHB dengan ukuran yang telah diskala, penggambaran dapat menggunakan sablon atau software komputer dan secara langsung menggambar dengan berpedoman pada buku katalog dari pembuat komponen PHB.



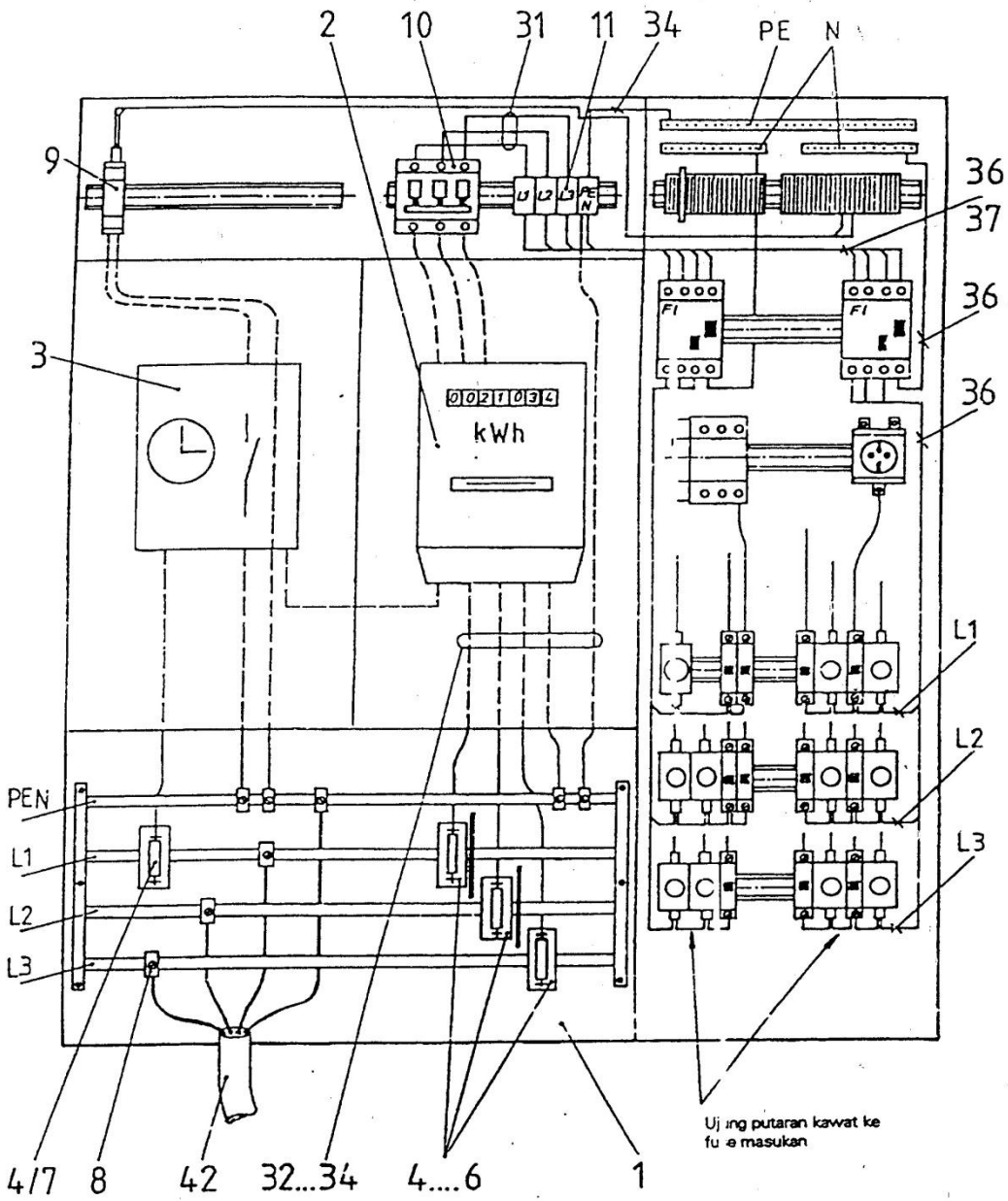
Gambar 3.1. Diagram satu garis



Gambar 3.2. Diagram Satu Garis

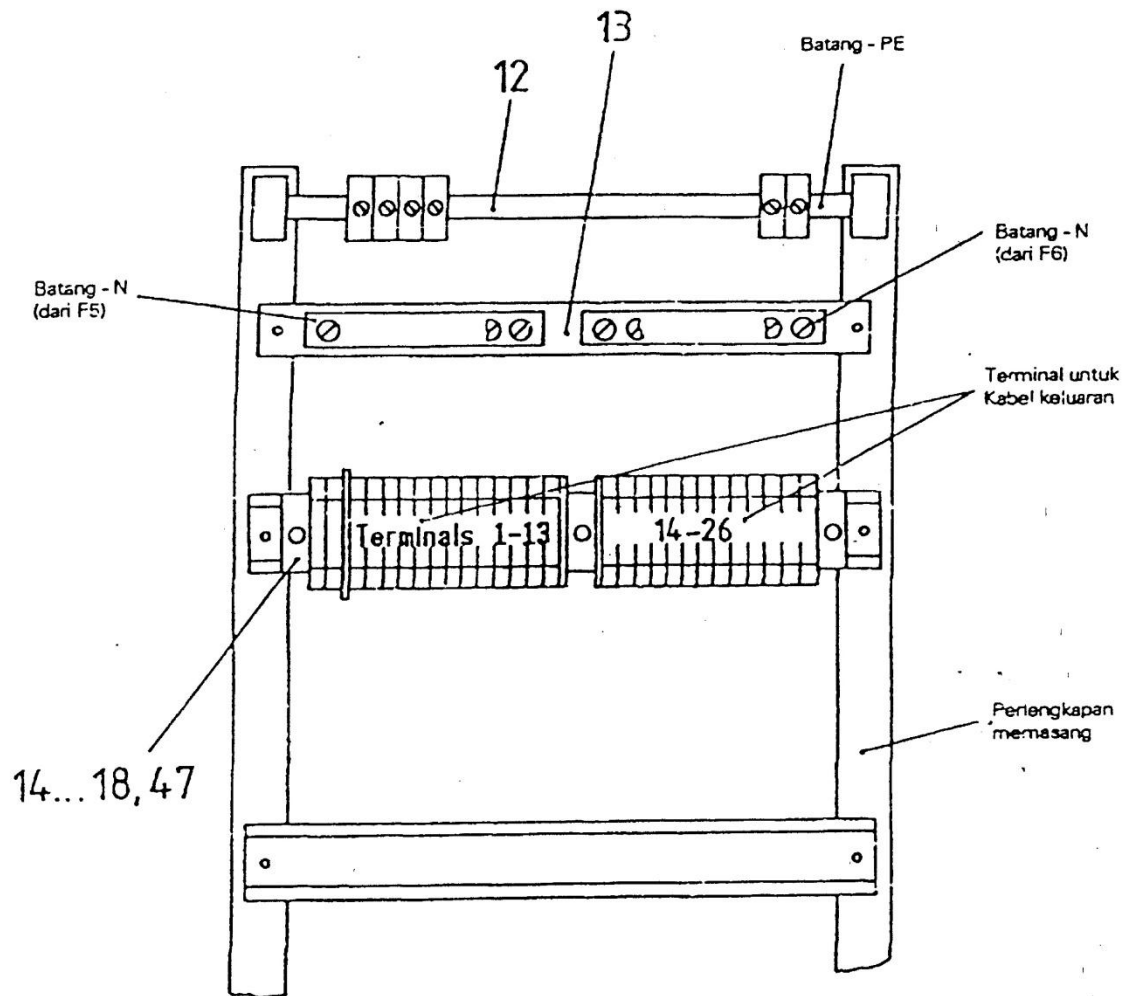


Gambar 3.3. Diagram Satu Garis



Gambar. 3.8

Susunan terminal



Gambar. 3

TUGAS 2

INSTALASI 1 UNIT SAKLAR TUNGGAL MELAYANI 1 LAMPU, 2 SAKLAR TUKAR DAN 1 SAKLAR SILANG MELAYANI 2 LAMPU

Tujuan:

Tugas ini bertujuan untuk melatih peserta dalam menerapkan kemampuan teori/konsep kedalam praktek membuat rancangan serta memasang instalasi : 1 unit PHB, 1 saklar tunggal melayani 1 lampu, 2 saklar tukar dan 1 saklar silang melayani 2 lampu, untuk ruangan seperti pada gambar dibawah ini dengan skala 1:1 berdasarkan standar dan aturan-aturan pemasangan instalasi.

Pelaksanaan:

Tugas ini dibagi dalam dua bagian yaitu ***membuat rancangan instalasi*** dan ***memasang instalasi***.

Tugas perencanaan:

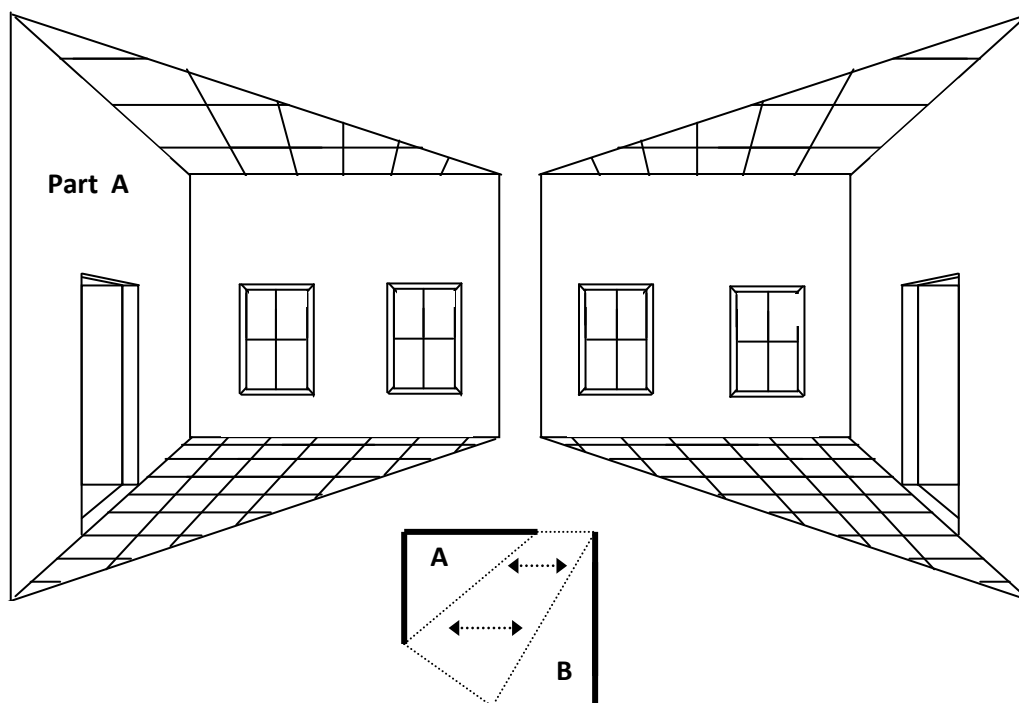
1. Membuat gambar diagram distribusi daya (one line diagram).
2. Menentukan letak pemasangan komponen instalasi sesuai dengan denah serta standar/ aturan pemasangan yang berlaku.
3. Membuat gambar pengawatan/ instalasi sesuai dengan lay out komponen pada denah dan pada gambar instalasi.
4. Membuat daftar rekapitulasi keperluan daya.

5. Membuat daftar rekapitulasi keperluan bahan.

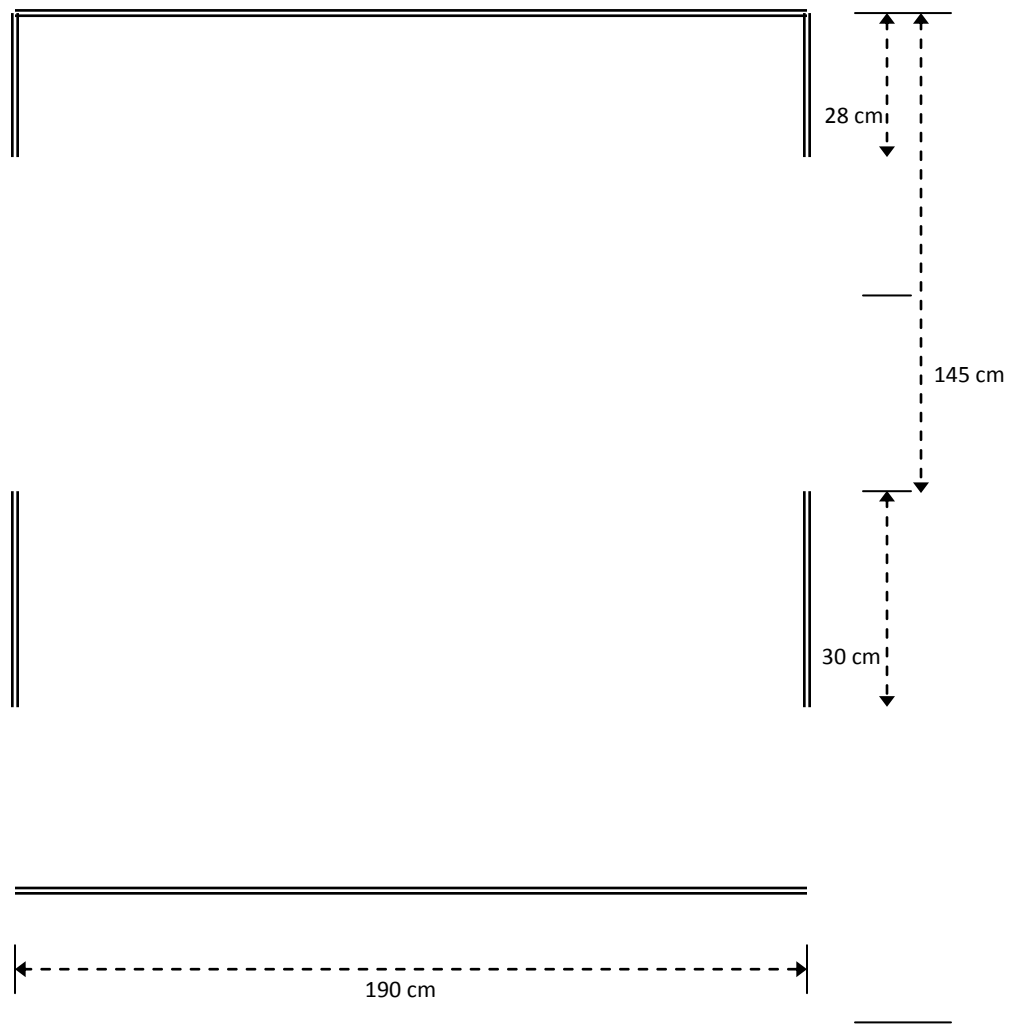
Tugas pemasangan instalasi :

6. Tentukan letak komponen sesuai layout serta standar pemasangan yang ditetapkan.
7. Tentukan alur kabel sesuai perencanaan.
8. Tentukan peralatan yang diperlukan dalam pemasangan instalasi.
9. Pemasangan Instalasi harus mengikuti Standard Operational Prosedure (SOP) serta keselamatan kerja (Safety).

Denah Ruangan :



Gambar Instalasi :



Gambar diagram garis tunggal (one line diagram) distribusi daya :

Rekapitulasi Daya :

No.	Jenis Beban	Pemakaian Daya		
		Daya	Jumlah	Jumlah daya
1	Unit pengguna		1 unit	
2	Lampu		2 buah	
3	Lampu		1 buah	
Total daya				

Rekapitulasi bahan :

No.	Jenis bahan	Spesifikasi	Satuan	Jumlah
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
24				
25				

TUGAS 3

PEMASANGAN INSTALASI 1 BEL RUMAH, 1 UNIT STOP KONTAK 1 PHASE, 1 SAKLAR TUNGGAL MELAYANI 1 LAMPU, DAN 2 SAKLAR TUKAR MELAYANI 2 LAMPU

Tujuan:

Tugas ini bertujuan untuk melatih peserta dalam menerapkan kemampuan teori/konsep kedalam praktek membuat rancangan serta memasang instalasi : 1 bel rumah, 1 set KWH meter, 1 unit PHB, 1 unit Stop kontak 1 phase, 1 saklar tunggal melayani 1 lampu dan 2 saklar tukar melayani 2 lampu, untuk ruangan seperti pada gambar dibawah ini dengan skala 1:1 berdasarkan standar dan aturan-aturan pemasangan instalasi.

Pelaksanaan:

Tugas ini dibagi dalam dua bagian yaitu ***membuat rancangan instalasi*** dan ***memasang instalasi***.

Tugas perencanaan:

- 1 Membuat gambar diagram distribusi daya (one line diagram).
- 2 Menentukan letak pemasangan komponen instalasi sesuai dengan denah serta standar/ aturan pemasangan yang berlaku.
- 3 Membuat gambar pengawatan/ instalasi sesuai dengan lay out komponen pada denah dan pada gambar instalasi.

4 Membuat daftar rekapitulasi keperluan daya.

5 Membuat daftar rekapitulasi keperluan bahan.

Tugas pemasangan instalasi :

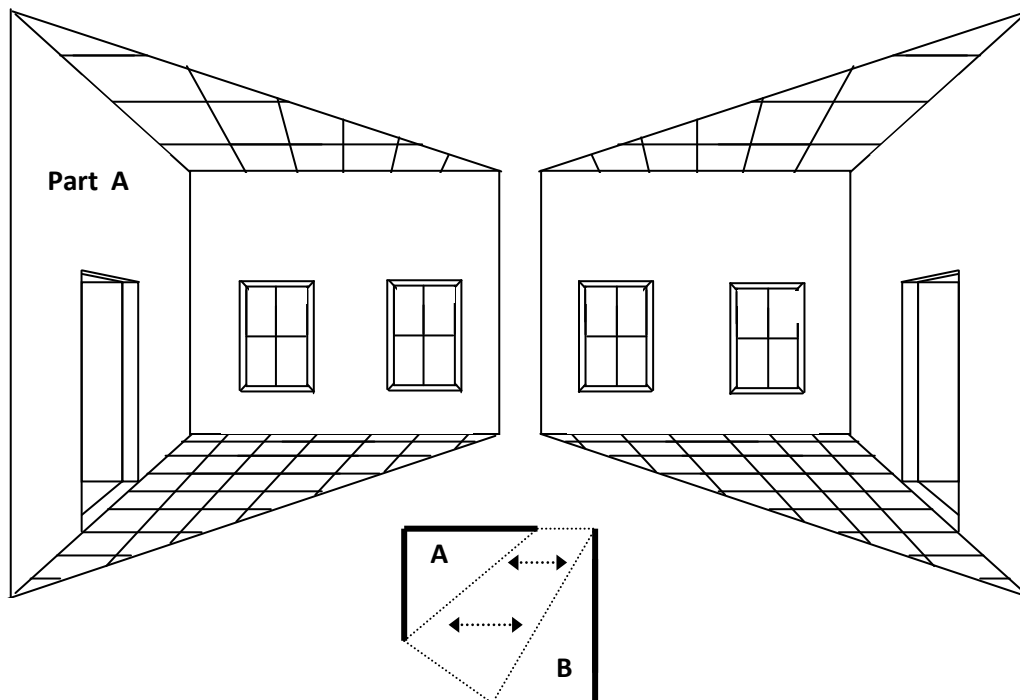
1 Tentukan letak komponen sesuai layout serta standar pemasangan yang ditetapkan.

2 Tentukan alur kabel sesuai perencanaan.

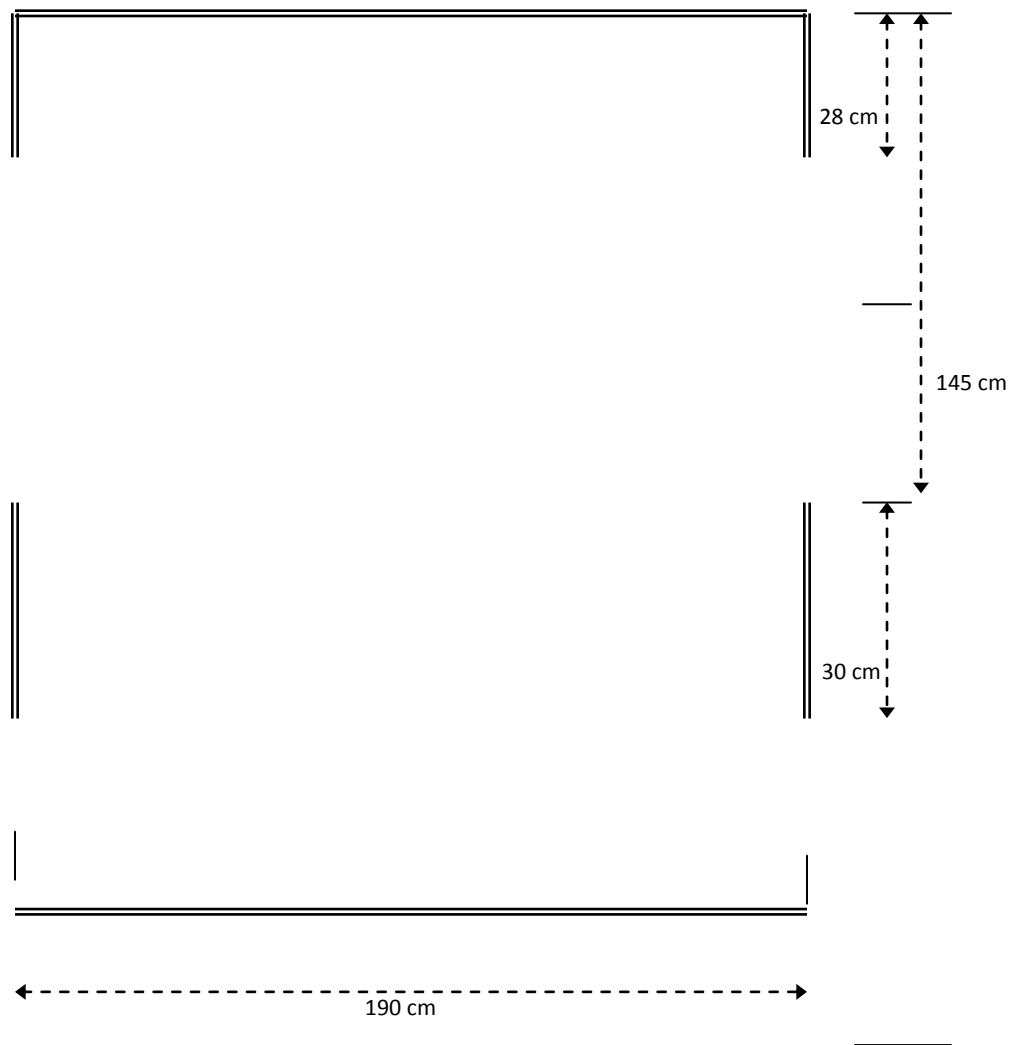
3 Tentukan peralatan yang diperlukan dalam pemasangan instalasi.

4 Pemasangan Instalasi harus mengikuti Standard Operational Prosedure (SOP) serta keselamatan kerja (Safety).

Denah Ruangan :



Gambar Instalasi :



Gambar diagram garis tunggal (one line diagram) distribusi daya :

Rekapitulasi Daya :

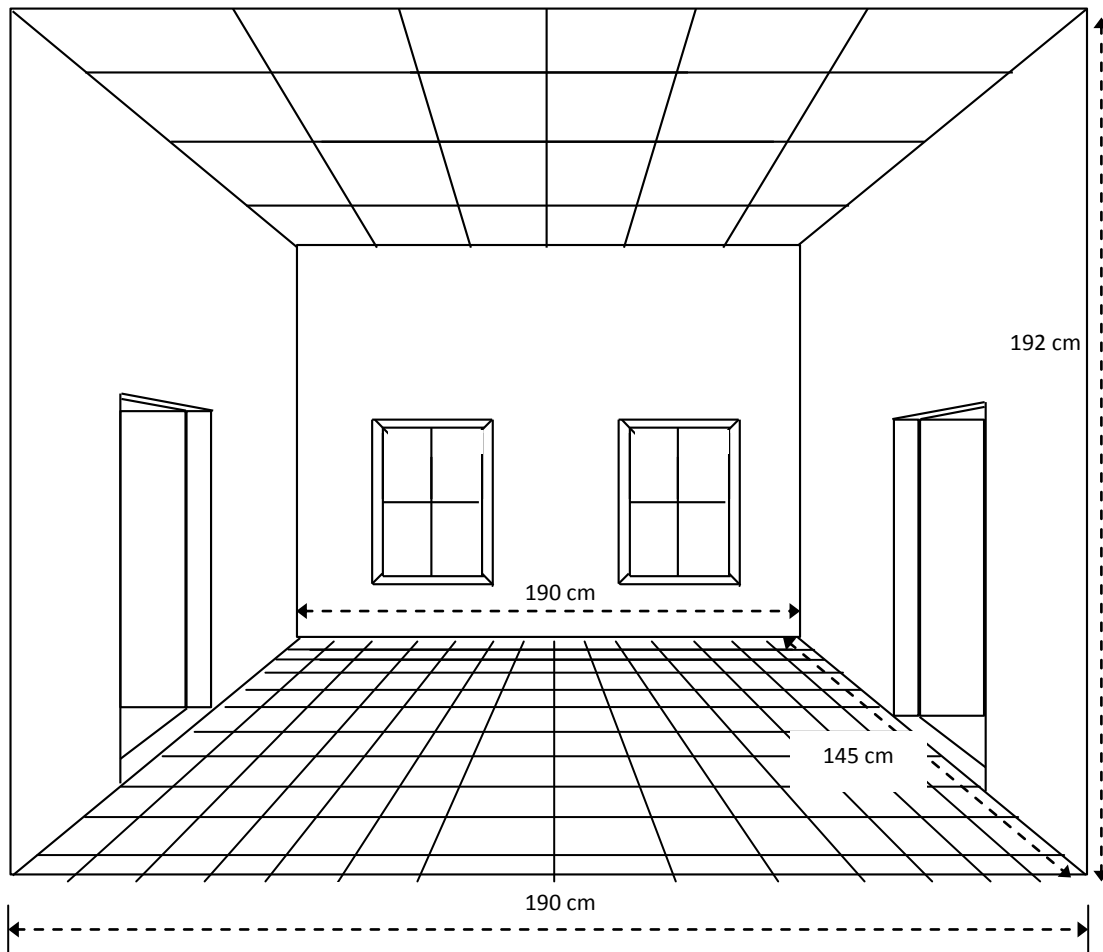
No.	Jenis Beban	Pemakaian Daya		
		Daya	Jumlah	Jumlah daya
1	Unit PHB		1 unit	
2	Unit Stop kontak		1 unit	
3	Lampu		2 buah	
4	Lampu		1 buah	
Total daya				

Rekapitulasi bahan :

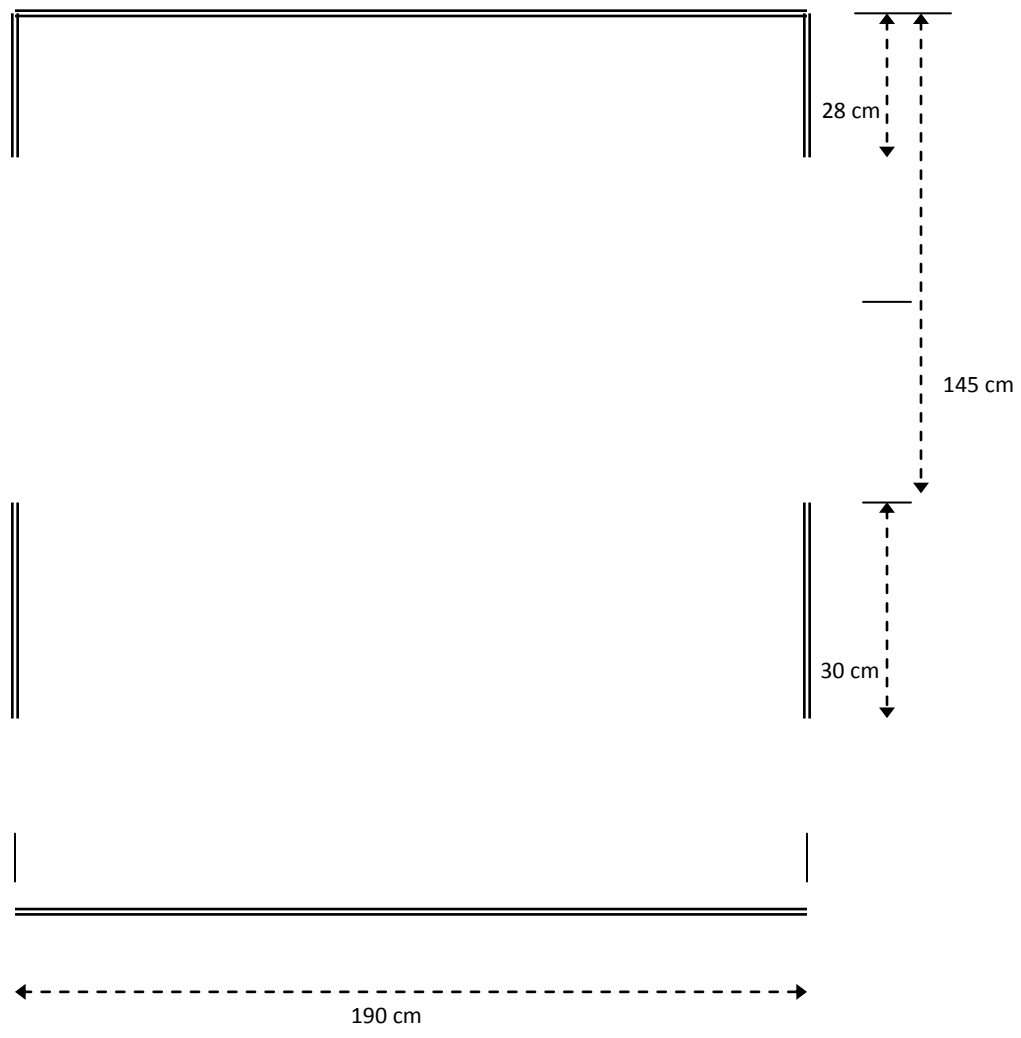
No.	Jenis bahan	Spesifikasi	Satuan	Jumlah
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				

14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
24				
25				

Denah Ruangan :



Gambar Instalasi :



Buat gambar diagram garis tunggal (one line diagram) distribusi daya :

Rekapitulasi Daya :

No.	Jenis Beban	Pemakaian Daya		
		Daya	Jumlah	Jumlah daya
1	Unit pengguna		1 unit	
2	Lampu		2 buah	
3	Lampu		1 buah	
Total daya				

Rekapitulasi bahan :

No.	Jenis bahan	Spesifikasi	Satuan	Jumlah
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
24				
25				

TUGAS 4

Menafsirkan gambar kerja pemasangan komponen dan sirkit instalasi listrik.

Pelajari gambar dibawah ini, dan buatlah percobaan pemasangan sebenarnya.



Gambar 31

Diagram Alir Pelaksanaan

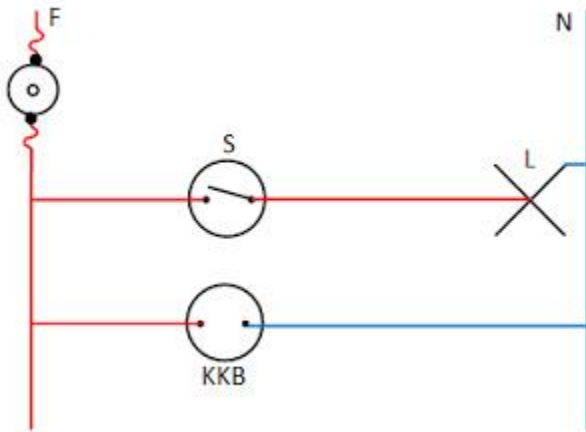


Diagram Satu Garis

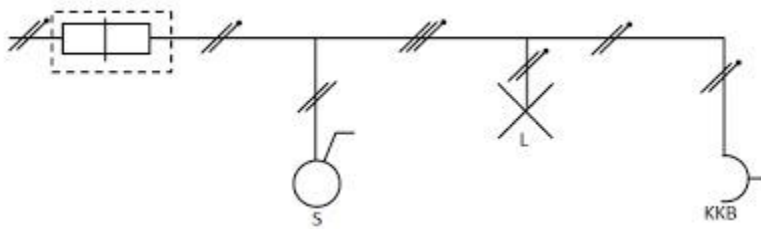


Diagram Pengawatan

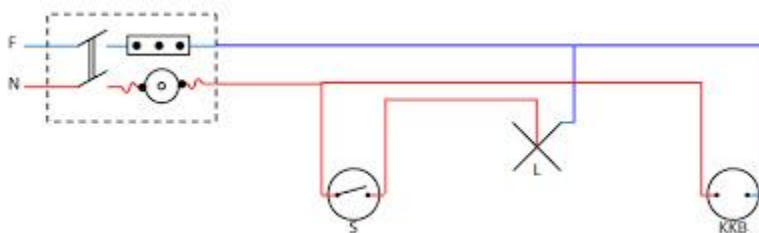
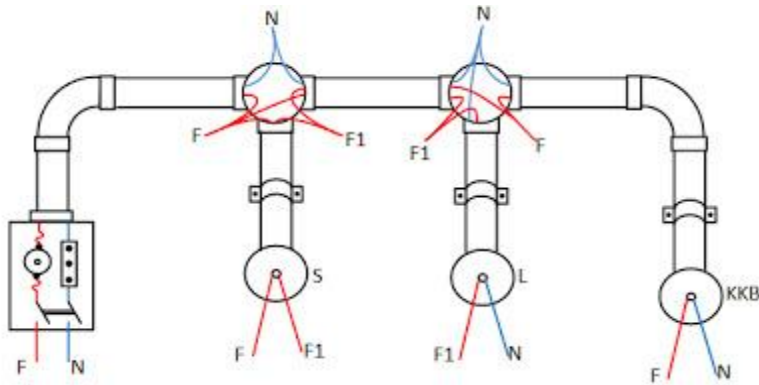


Diagram Pelaksanaan



ALAT

No.	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah
1	Tang kombinasi	7" isolasi 500 V	1 buah
2	Tang lancip	6" isolasi 500 V	1 buah
3	Tang potong	6" isolasi 500 V	1 buah
4	Obeng plus	□ 50 mm	1 buah
5	Obeng minus	□ 50 mm	1 buah
6	Testpen	100 – 500 V	1 buah

BAHAN

No.	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah
1	Pipa PVC	5/8"	2 m
2	L-Bow	5/8"	2 buah
3	T-Dos	5/8"	1 buah
4	Kabel NYA	2,5 mm ²	3 m
5	Klem	5/8"	3 buah
6	PHB1 fasa	240 V / 6 A	1 buah
7	Roset kayu	Bundar/persegi	2 buah
8	Sakelar tunggal	240 V / 6 A	1 buah
9	KKB	240 V / 6 A	1 buah
10	Fitting	240 V / 6 A	1 buah
11	Lampu pijar	25 W	1 buah
12	Sekrup	1 cm dan 1,5 cm	20 buah
13	Isolasi/lasdop		1 roll

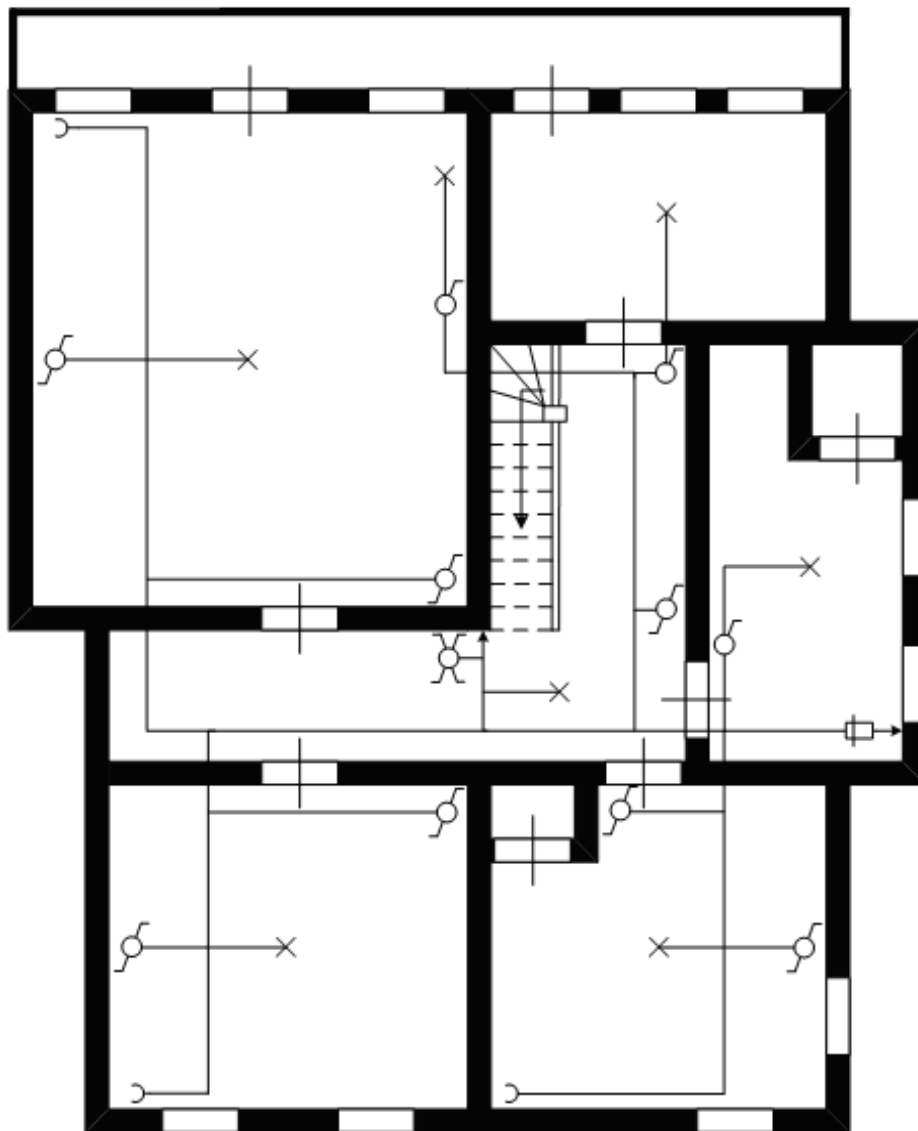
LANGKAH KERJA

1. Membuat gambar rangkaian siangle line diagram, wiring diagram, diagram alir, dan gambar pelaksanaan pada buku responsi
2. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan
3. Membuat rangkaian instalasi sesuai gambar pada papan kerja
4. Melaporkan kepada Asisten Dosen
5. Menghubungkan dengan sumber listrik
6. Membuat analisis rangkaian
7. Melepaskan hubungan dengan sumber listrik
8. Melepaskan rangkaian dan kembalikan alat dan bahan ketempat semula

a. Lembar kerja

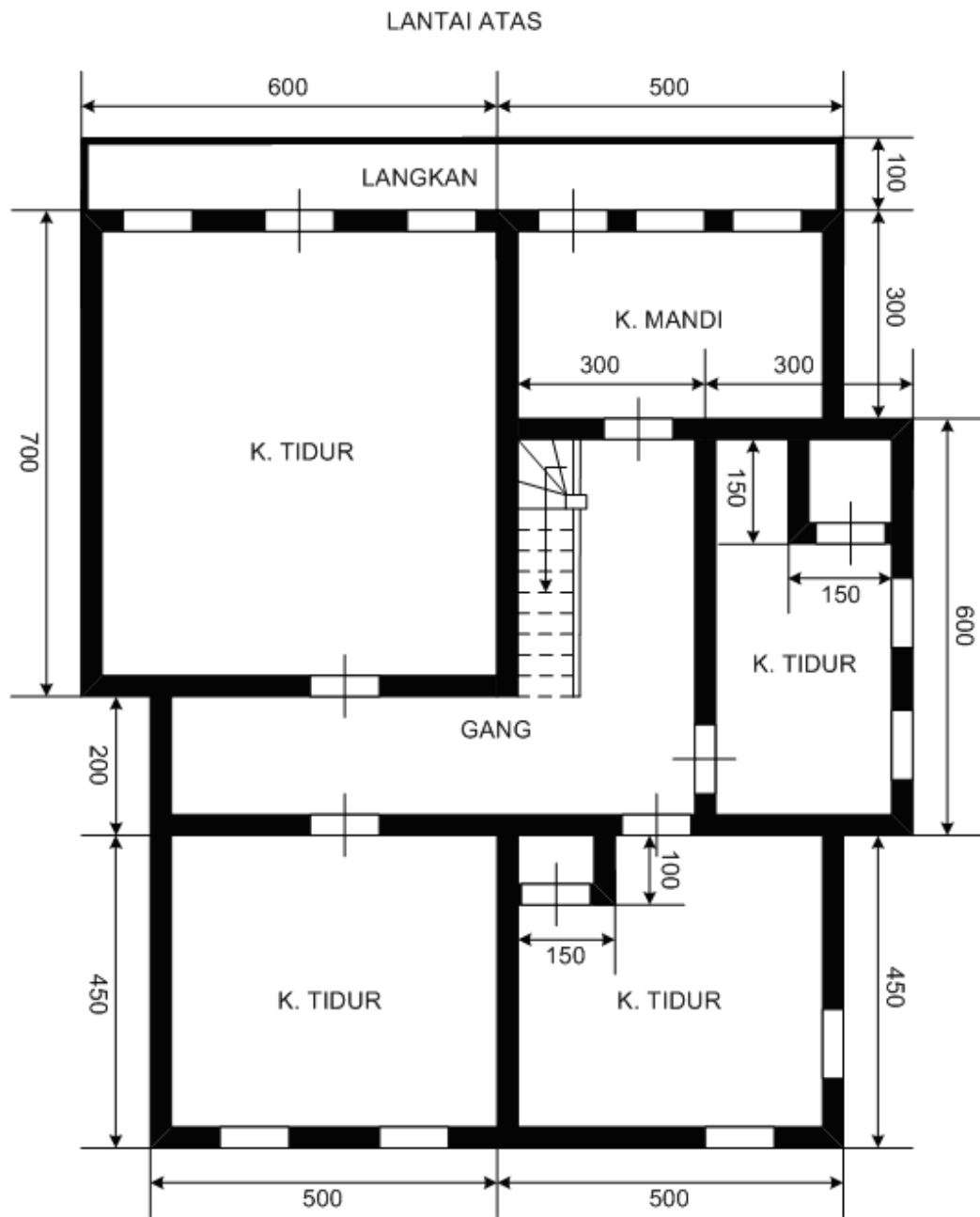
1. Buatlah perencanaan instalasi listrik dari gambar denah berikut?
 - a. Tentukan alat dan bahan yang dibutuhkan
 - b. Buatlah diagram pengawatannya

LANTAI ATAS



Buatlah perencanaan instalasi listrik dari gambar denah berikut ini.

- c. Tentukan alat dan bahan yang dibutuhkan
- d. Buatlah diagram satu garis
- e. Buatlah diagram pengawatan



MEMASANG INSTALASI PENERANGAN SATU PASA

Lembar Informasi

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

Syarat-Syarat Pemasangan Instalasi Rumah/Gedung

Untuk pemasangan instalasi listrik penerangan dan tenaga untuk rumah/gedung terlebih dahulu harus melihat gambar-gambar rencana instalasi yang sudah dibuat oleh perencana berdasarkan denah rumah/bangunan dimana instalasinya akan dipasang. Selain itu juga spesifikasi dan syarat-syarat pekerjaan yang diterima dari pemilik bangunan/rumah, dan syarat tersebut tidak terlepas dari peraturan yang harus dipenuhi dari yang berwajib ialah yang mengeluarkan peraturan yaitu PLN setempat.

Syarat-syarat pekerjaan instalasi rumah /gedung

1. Gambar situasi untuk menyatakan letak bangunan, dimana instalasinya akan dipasang serta rencana penyambungannya dengan jaringan PLN.

2. Gambar instalasi

Rencana penempatan semua peralatan listrik yang akan dipasang dan sarana pelayanannya, misalnya titik lampu, saklar dan kotak kontak, panel hubung bagi, data teknis yang penting dari setiap peralatan listrik yang akan dipasang

3. Rekapitulasi

Rekapitulasi atau perhitungan jumlah dari komponen yang diperlukan antara lain :

- Rekapitulasi material dan harga
- Rekapitulasi daya atau skema bagan arusnya
- Rekapitulasi tenaga dan biaya

Selain itu terdapat persyaratan lain yang harus dipenuhi dalam pemasangan instalasi listrik dan tenaga, antara lain :

Sumber Tegangan

Sumber tegangan yang digunakan untuk menyuplai instalasi listrik rumah/gedung adalah sumber tegangan 3 phase, 220 volt/380 volt. Jumlah beban untuk masing-masing fasa dalam sistem 3 phase diharuskan seimbang agar kestabilan distribusi daya dapat terjamin.

Pemasangan Penghantar

Penghantar yang digunakan untuk instalasi penerangan (rangkaiian akhir) adalah penghantar jenis NYA dan untuk instalasi daya (*feeder/pengisi/incoming*) dengan menggunakan penghantar jenis NYM yang memiliki isolasi yang baik, agar mudah cara pemasangan dan perbaikan pemasangan penghantar tersebut masuk ke dalam pipa instalasi.

Ukuran penghantar jalur utama termasuk jalur ke stop kontak dan penghantar jalur cabang dari saklar ke lampu yaitu 25 mm² dengan menggunakan penghantar yang sesuai ketentuan maka keselamatan instalasi dapat terjamin dan apabila instalasi akan diperluas masih dalam batas kemampuannya.

Penghantar untuk jenis NYM dilengkapi dengan hantaran pentanahan/arde karena untuk instalasi daya, misalnya untuk AC, motor listrik dimaksudkan agar bagian yang terbuat dari logam dapat temetralisir dan apabila terjadi hubung singkat aliran arus akan segera ke tanah.

Pipa Instalasi

Semua penghantar dalam instalasi listrik dimasukkan dalam pipa PVC dengan ukuran " agar penghantar aman dari benturan mekanis, disamping itu juga penghantar akan terisolasi serta mudah dalam perawatan apabila terjadi kerusakan dalam perbaikan.

Saklar dan Kotak Kontak

Fungsi saklar dalam instalasi listrik penerangan untuk memutuskan dan menghubungkan arus listrik dari sumber ke beban. Di dalam saklar dilengkapi dengan pegas yang dapat memutuskan rangkaian dalam waktu yang sangat singkat, dengan cepatnya pemutusan ini kemungkinan timbulnya busur api antara kontak (tuas) saklar menjadi lebih kecil.

Saklar yang digunakan pada umumnya jenis saklar tunggal, saklar seri dan saklar tukar (hotel) jenis *inbow* (terpendam dalam tembok).

Aturan pemasangan saklar :

- a. Tinggi pemasangan ± 150 cm di atas lantai.
- b. Dekat dengan pintu dan mudah dicapai tangan/sesuai kondisi tempat
- c. Arah posisi kontak (tuas) saklar seragam bila pemasangan lebih dari satu.

Fungsi kotak kontak (stop kontak) dalam instalasi listrik sebagai alat penghubung beban dengan sumber listrik.

Aturan pemasangan stop kontak :

- a. Tinggi pemasangan ± 150 cm di atas lantai, apabila kurang dari 150 cm harus dilengkapi tutup.
- b. Mudah dicapai tangan.
- c. Di pasang sedemikian rupa, sehingga penghantar netralnya berada disebelah kanan atau di sebelah bawah.

Kotak Pembagi Daya Listrik/PHB/Distribusi Panel (DP)

Panel bagi di dalam instalasi listrik rumah/gedung merupakan peralatan yang berfungsi sebagai tempat membagi dan menyalurkan tenaga listrik ke beban yang memerlukan agar merata dan seimbang.

Di dalam panel bagi terdapat komponen antara lain rel (busbar), saklar utama, pengaman, pengaman, alat-alat ukur dan lampu indikator.

Rating Pengaman

Rating pengaman yang dipakai menurut PUIL harus sama dengan atau lebih besar dari arus nominal beban ($I_{\text{pengaman}} > I_{\text{nominal}}$).

Pengaman yang digunakan dalam instalasi listrik adalah pemutus rangkaian (MCB) untuk pengaman tiap kelompok beban dan pemutus rangkaian pusat (MCCB) untuk pengaman seluruh kelompok beban.

Besarnya rating arus MCB maupun MCCB diperhitungkan arus beban yang dipikul atau dipasang di dalam instalasi agar memenuhi syarat keamanan.

Lembar Kerja

Alat dan Bahan

1. Kawat penghantar	secukupnya
2. Isolasi PVC	secukupnya
3. Pipa PVC	secukupnya
4. Lampu pijar 25 watt	2 buah
5. Saklar seri	1 buah
6. Kotak kontak	1 buah
7. Kotak sekering	1 buah
8. Fiting lampu	2 buah
9. Tespen	1 buah
10. Megger	1 buah
11. Multitester	1 buah

12. Tang potong.....	1 buah
13. Tang kombinasi.....	1 buah
14. Kotak sambung	3 buah

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

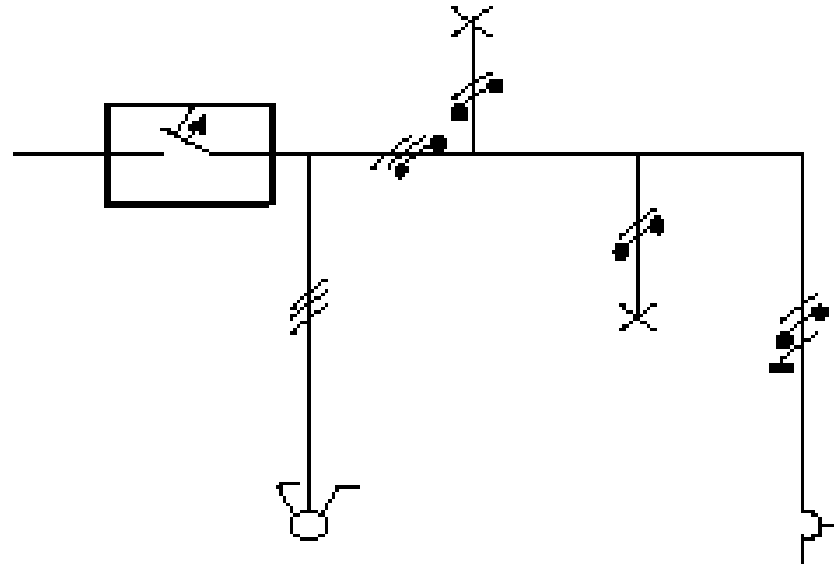
1. Gunakanlah pakaian praktik!
2. Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar!
3. Jangantalah memberikan tegangan pada rangkaian melebihi batas yang ditentukan!
4. Hati-hati dalam melakukan praktik!

Langkah Kerja

Memasang instalasi penerangan satu fasa, satu group dengan pipa PVC

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk percobaan!
2. Periksa alat dan bahan sebelum digunakan dan pastikan semua alat dan bahan dalam keadaan baik!
3. Rangkailah skema Gambar 1, saklar putar pada kotak sekering dalam keadaan terbuka!
4. Lakukanlah pemasangan pipa PVC, saklar seri, kotak kontak dan lampu sesuai dengan rancangan letak penempatan komponen-komponen tersebut sesuai Gambar 1!
5. Setelah selesai lakukanlah pemasangan pengawatan!
6. Lakukanlah pengisolasian pada setiap sambungan dan pemeriksah setiap sambungan dengan multimeter!
7. Pasanglah pengaman dan lampu pijar 25 watt!
8. Hubungkanlah kotak sekering dengan sumber tegangan satu fasa dan lakukanlah uji coba rangkaian!
9. Lakukanlah tes tahanan isolasi penghantar dengan Megger!

10. Setelah selesai pengukuran dan pengujian matikanlah sumber tegangan satu fasa !
11. Lepaskanlah dan kembalikanlah semua alat dan bahan praktikum ketempat semula, kemudian buat kesimpulan dari kegiatan belajar ini!



Gambar 1. Rangkaian Instalasi Penerangan 1 Fasa, 1 Group.

Lembar Latihan

1. Gambarlah rangkaian pengawatan pada percobaan diatas !

MEMASANG INSTALASI LISTRIK SATU FASA SATU GROUP UNTUK BANGUNAN

Lembar Informasi

Dalam pelaksanaan pemasangan instalasi listrik mengacu pada ketentuan-ketentuan yang berlaku seperti :

- a. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000).
- b. Peraturan/persyaratan yang dikeluarkan oleh Dinas Keselamatan Kerja setempat.
- c. Ketentuan yang dikeluarkan oleh pabrik yang membuat peralatan, mesin dan material yang dipakai.
- d. Peraturan PLN setempat.

Dengan mengacu pada ketentuan-ketentuan di atas, pekerjaan listrik yang meliputi pengadaan, pemasangan instalasi listrik penerangan satu fasa satu group untuk bangunan, pemeriksaan dan pengujian serta pengesahan dari semua peralatan/material akan bekerja dengan baik.

Dalam modul kegiatan belajar 2 ini akan dilaksanakan percobaan pemasangan instalasi listrik penerangan satu fasa satu group untuk bangunan pada suatu bangunan/rumah. Kegiatan ini dimaksudkan agar peserta diklat memahami dan trampil dalam pemasangan instalasi listrik.

Lembar Kerja

Alat dan Bahan

1. Kawat penghantar NYA 2,5 mm ²	secukupnya
2. Saklar seri.....	2 buah
3. Saklar tunggal	2 buah
4. Kotak kontak	2 buah
5. Isolasi PVC.....	secukupnya
6. Lampu pijar 25 watt.....	6 buah
7. Fitting lampu pijar	6 buah

8. Kotak sekering.....	1 buah
9. Test pen.....	1 buah
10. Multitester	1 buah
11. Megger.....	1 buah
12. Tang kombinasi.....	1 buah
13. Tang pemotong	1 buah
14. Kotak sambung	9 buah
15. Pipa PVC.....	secukupnya

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Gunakanlah pakaian praktik !
2. Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar !
3. Jangalah memberikan tegangan pada rangkaian melebihi batas yang ditentukan !
4. Hati-hati dalam melakukan praktik !

Langkah Kerja

1. Siapkanlah alat dan bahan yang akan digunakan untuk percobaan !
2. Periksalah alat dan bahan sebelum digunakan dan pastikan semua alat dan bahan dalam keadaan baik !
3. Rangkailah skema Gambar 2, saklar putar pada kotak sekering dalam keadaan terbuka !
4. Lakukanlah pemasangan pipa PVC, saklar seri, kotak kontak dan lampu sesuai dengan rancangan letak penempatan komponen-komponen tersebut sesuai Gambar 2 !
5. Setelah selesai lakukanlah pemasangan pengawatan !
6. Lakukanlah pengisolasian pada setiap sambungan dan pemeriksalah setiap sambungan dengan multimeter !
7. Pasanglah pengaman dan lampu pijar 25 watt !

8. Hubungkanlah kotak sekering dengan sumber tegangan satu fasa dan lakukanlah uji coba rangkainan !
9. Lakukanlah tes tahanan isolasi penghantar dengan Megger !
10. Setelah selesai pengukuran dan pengujian matikanlah sumber tegangan satu fasa !
11. Lepaskanlah dan kembalikanlah semua alat dan bahan praktikum ketempat semula, kemudian buat kesimpulan dari kegiatan belajar ini!

Lembar Latihan

1. Gambarkanlah rangkaian pengawatan pada percobaan diatas !

INSTALASI LISTRIK BANGUNAN SATU FASA, DUA GROUP DENGAN KABEL NYM

Lembar Informasi

Dalam pelaksanaan pemasangan instalasi listrik mengacu pada ketentuan-ketentuan yang berlaku seperti :

- a. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000).
- b. Peraturan/persyaratan yang dikeluarkan oleh Dinas Keselamatan Kerja setempat.
- c. Ketentuan yang dikeluarkan oleh pabrik yang membuat peralatan, mesin dan material yang dipakai.
- d. Peraturan PLN setempat.

Dengan mengacu pada ketentuan-ketentuan di atas, pekerjaan listrik yang meliputi pengadaan, pemasangan instalasi listrik penerangan satu fasa dua group dengan kabel NYM, pemeriksaan dan pengujian serta pengesahan dari semua peralatan/material akan bekerja dengan baik.

Dalam modul kegiatan belajar 3 ini akan dilaksanakan percobaan pemasangan instalasi listrik penerangan satu fasa dua group dengan kabel NYM untuk bangunan pada suatu bangunan/rumah. Kegiatan ini dimaksudkan agar peserta diklat memahami dan trampil dalam pemasangan instalasi listrik.

Lembar Kerja

Alat dan Bahan

- | | |
|---|------------|
| 1. Kawat penghantar NYM 3 x 2,5 mm ² | secukupnya |
| 2. Saklar seri..... | 1 buah |
| 3. Saklar tunggal | 4 buah |
| 4. Kotak kontak | 3 buah |
| 5. Isolasi PVC | secukupnya |

6. Lampu pijar 25 watt	6 buah
7. Fitting lampu pijar	6 buah
8. Kotak sekering 2 kelompok	1 buah
9. Test pen.....	1 buah
10. Multitester.....	1 buah
11. Megger	1 buah
12. Tang kombinasi.....	1 buah
13. Tang pemotong	1 buah
14. Kotak sambung	secukupnya
15. Pipa PVC	secukupnya

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Gunakanlah pakaian praktik!
2. Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar!
3. Jangalah memberikan tegangan pada rangkaian melebihi batas yang ditentukan!
4. Hati-hati dalam melakukan praktik!

Langkah Kerja

1. Siapkanlah alat dan bahan yang akan digunakan untuk percobaan!
2. Periksalah alat dan bahan sebelum digunakan dan pastikan semua alat dan bahan dalam keadaan baik!
3. Rangkailah skema Gambar 3, saklar putar pada kotak sekering dalam keadaan terbuka!
4. Lakukanlah pemasangan pipa PVC, saklar seri, kotak kontak dan lampu sesuai dengan rancangan letak penempatan komponen-komponen tersebut sesuai Gambar 3!
5. Setelah selesai lakukanlah pemasangan pengawatan!
6. Lakukanlah pengisolasian pada setiap sambungan dan pemeriksalah setiap sambungan dengan multimeter!

7. Pasanglah pengaman dan lampu pijar 25 watt !
8. Hubungkanlah kotak sekering dengan sumber tegangan satu fasa dan lakukanlah uji coba rangkainan !
9. Lakukanlah tes tahanan isolasi penghantar dengan Megger !
10. Setelah selesai pengukuran dan pengujian matikanlah sumber tegangan satu fasa !
11. Lepaskanlah dan kembalikanlah semua alat dan bahan praktikum ketempat semula, kemudian buat kesimpulan dari kegiatan belajar ini!

Lembar Latihan

1. Gambarlah rangkaian pengawatan pada percobaan diatas !

INSTALASI LISTRIK SATU FASA TIGA GROUP

Lembar Informasi

Dalam pelaksanaan pemasangan instalasi listrik mengacu pada ketentuan-ketentuan yang berlaku seperti :

- a. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000).
- b. Peraturan/persyaratan yang dikeluarkan oleh Dinas Keselamatan Kerja setempat.
- c. Ketentuan yang dikeluarkan oleh pabrik yang membuat peralatan, mesin dan material yang dipakai.
- d. Peraturan PLN setempat.

Dengan mengacu pada ketentuan-ketentuan di atas, pekerjaan listrik yang meliputi pengadaan, pemasangan instalasi listrik penerangan satu fasa tiga group untuk bangunan, pemeriksaan dan pengujian serta pengesahan dari semua peralatan/material akan bekerja dengan baik.

Dalam modul kegiatan belajar 4 ini akan dilaksanakan percobaan pemasangan instalasi listrik penerangan satu fasa tiga group untuk bangunan pada suatu bangunan/rumah. Kegiatan ini dimaksudkan agar peserta diklat memahami dan trampil dalam pemasangan instalasi listrik.

Lembar Kerja

Alat dan Bahan

1. Kawat penghantar NYM 2,5 mm ²	secukupnya
2. Saklar seri.....	6 buah
3. Saklar tunggal.....	2 buah
4. Kotak kontak.....	4 buah
5. Isolasi PVC.....	secukupnya
6. Lampu pijar 25 watt.....	10 buah

7. Fitting lampu pijar	10 buah
8. Kotak sekering 3 kelompok	1 buah
9. Test pen.....	1 buah
10. Multilester.....	1 buah
11. Megger	1 buah
12. Tang kombinasi.....	1 buah
13. Tang pemotong	1 buah
14. Kotak sambung	secukupnya
15. Pipa PVC	secukupnya

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Gunakanlah pakaian praktik !
2. Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar !
3. Janganlah memberikan tegangan pada rangkaian melebihi batas yang ditentukan !
4. Hati-hati dalam melakukan praktik !

Langkah Kerja

1. Siapkanlah alat dan bahan yang akan digunakan untuk percobaan!
2. Periksa alat dan bahan sebelum digunakan dan pastikan semua alat dan bahan dalam keadaan baik !
3. Rangkalah skema Gambar 4, saklar putar pada kotak sekering dalam keadaan terbuka !
4. Lakukanlah pemasangan pipa PVC, saklar seri, kotak kontak dan lampu sesuai dengan rancangan letak penempatan komponen-komponen tersebut sesuai Gambar 4 !
5. Setelah selesai lakukanlah pemasangan pengawatan !
6. Lakukanlah pengisolasian pada setiap sambungan dan pemeriksalah setiap sambungan dengan multimeter !
7. Pasanglah pengaman dan lampu pijar 25 watt !

8. Hubungkanlah kotak sekering dengan sumber tegangan satu fasa dan lakukanlah uji coba rangkainan !
9. Lakukanlah tes tahanan isolasi penghantar dengan Megger !
10. Setelah selesai pengukuran dan pengujian matikanlah sumber tegangan satu fasa !
11. Lepaskanlah dan kembalikanlah semua alat dan bahan praktikum ke tempat semula, kemudian buat kesimpulan dari kegiatan belajar ini!

Lembar Latihan

1. Gambarkanlah rangkaian pengawatan pada percobaan diatas !

PEMASANGAN KWH METER TIGA FASA UNTUK INSTALASI PENERANGAN DAN TENAGA DALAM SUATU BENGKEL

Lembar Informasi

Dalam pelaksanaan pemasangan instalasi listrik mengacu pada ketentuan-ketentuan yang berlaku seperti :

- Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000).
- Peraturan/persyaratan yang dikeluarkan oleh Dinas Keselamatan Kerja setempat.
- Ketentuan yang dikeluarkan oleh pabrik yang membuat peralatan, mesin dan material yang dipakai.
- Peraturan PLN setempat.

Dengan mengacu pada ketentuan-ketentuan di atas, pekerjaan listrik yang meliputi pengadaan, pemasangan KWH meter tiga fasa untuk instalasi penerangan dan tenaga, pemeriksaan dan pengujian serta pengesahan dari semua peralatan/material akan bekerja dengan baik.

Dalam modul kegiatan belajar 5 ini akan dilaksanakan percobaan pemasangan KWH meter tiga fasa untuk instalasi penerangan dan tenaga dalam suatu bengkel. Kegiatan ini dimaksudkan agar peserta dapat memahami dan trampil dalam pemasangan instalasi listrik.

Lembar Kerja

Alat dan Bahan

1. Kawat penghantar NYM 2,5 mm ²	secukupnya
2. Kawat penghantar NYY 4 x 6 mm ²	secukupnya
3. KWH meter 3 fasa.....	1 buah
4. MCB 3 Fasa.....	1 buah
5. Isolasi PVC.....	secukupnya
6. Lampu pijar 25 watt.....	1 buah

7. Fitting lampu pijar	1 buah
8. PHB 3 kelompok.....	1 buah
9. Test pen.....	1 buah
10. Multitester.....	1 buah
11. Megger.....	1 buah
12. Tang kombinasi.....	1 buah
13. Tang pemotong	1 buah
14. Kotak sambung	secukupnya
15. Pipa PVC	secukupnya

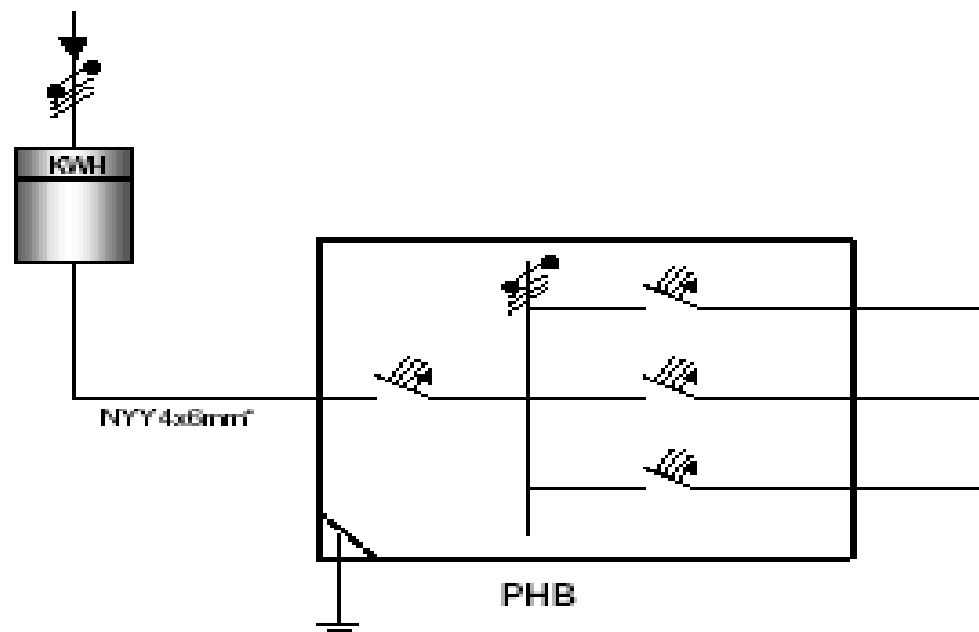
Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Gunakanlah pakaian praktik !
2. Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar !
3. Janganlah memberikan tegangan pada rangkaian melebihi batas yang ditentukan !
4. Hati-hati dalam melakukan praktik !

Langkah Kerja

1. Siapkanlah alat dan bahan yang akan digunakan untuk percobaan!
2. Periksa alat dan bahan sebelum digunakan dan pastikan semua alat dan bahan dalam keadaan baik!
3. Rangkailah skema Gambar 5, saklar putar pada PHB dan MCB 3 fasa dalam keadaan terbuka!
4. Lakukanlah pemasangan pipa PVC, MCB 3 fasa, PHB dan lampu sesuai dengan rancangan letak penempatan komponen-komponen tersebut sesuai Gambar 5!
5. Lakukanlah pemasangan KWH meter dan komponen-komponen instalasi listrik!
6. Setelah selesai lakukanlah pemasangan pengawatan!
7. Lakukanlah pengisolasian pada setiap sambungan dan pemeriksalah setiap sambungan dengan multimeter!

8. Pasanglah pengaman dan lampu pijar 25 watt!
9. Hubungkanlah kotak sekering, MCB 3 fasa dengan sumber tegangan 3 fasa dan lakukanlah uji coba rangkaian!
10. Lakukanlah tes tahanan isolasi penghantar dengan Megger!
11. Setelah selesai pengukuran dan pengujian matikanlah sumber tegangan 3 fasa!
12. Lepaskanlah dan kembalikanlah semua alat dan bahan praktikur ketempat semula, kemudian buat kesimpulan dari kegiatan belajar ini!



Gambar 4.
Pemasangan KWH Meter Tiga Fasa untuk
Instalasi Penerangan dan Tenaga

Lembar Latihan

1. Gambarlah rangkaian pengawatan pada percobaan diatas !

b. Tugas

- 1) Pelajarilah uraian tentang rangkaian instalasi sederhana dan pemasangan instalasi luar tembok (outbow).
- 2) Amatilah instalasi dalam rumah kalian pada bagian sekring, kemudian gambarkan instalasi tersebut dalam bentuk gambar, dan sebutkan komponen-komponen yang terpasang.
- 3) Cari komponen-komponen atau peralatan-peralatan listrik yang ada di pasaran yang sudah memenuhi standar yang berlaku, dan apa buktinya bahwa komponen atau peralatan tersebut sudah memenuhi standar yang ada ?
- 4) Coba amatilah, gambar dan jelaskan susunan lapisan kabel untuk jenis NYY dan NYBY ?
- 5) Buat gambar dan amatilah susunan komponen-komponen yang dilalui oleh penyaluran energi listrik dari tiang distribusi sampai ke rumah saudara ?

c. Test Formatif

1. Apa pengertian instalasi listrik dan fungsi PUIL, jelaskan?

.....
.....

2. Jelaskan prinsip kerja rangkaian instalasi dua lampu pijar dengan satu sakelar seri (deret)?

.....
.....

3. Sebutkan persyaratan pemasangan instalasi menurut PUIL?

.....
.....

4. Jelaskan apa yang dimaksud dengan gambar situasi dalam perancangan instalasi listrik?

.....
.....

5. Apa yang akan terjadi jika terjadi tegangan lebih pada instalasi listrik?

.....
.....

6. Dimanakah penerapan rangkaian instalasi satu lampu pijar dengan dua sakelar tukar sering dijumpai, kenapa?

.....
.....

7. Sebutkan jenis-jenis gambar dalam perancangan instalasi listrik?

.....
.....

8. Berapa besarnya Lumen/m² untuk ruangan keluarga, ruang tidur, dapur jelaskan?

.....
.....

9. Untuk satu golongan/kelompok dalam instalasi penerangan rumah tinggal, berapakah titik hubung maksimum yang diperkenankan ?

.....
.....

10. Jelaskan apa fungsi kegunaan penghantar petanahan pada instalasi listrik?

.....
.....

11. Apa sebabnya dalam instalasi penerangan yang terdiri beberapa kelompok perlu adanya keseimbangan beban tiap-tiap kelompok ?

.....
.....

12. Sebutkan perbedaan antara pemasangan dalam tembok dan luar tembok?

.....
.....

13. Jelaskan tips mencegah bahaya arus listrik?

.....
.....

14. Gambarkan diagram rangkaian penggunaan saklar-saklar instalasi penerangan pada kertas gambar A4 (single line diagram dan diagram pelaksanaan)

.....
.....

15. Gambarkan simbol saklar silang dan gambar rangkaian aplikasinya? (single line dan diagram pelaksanaannya)

.....
.....

16. Sebutkan macam-macam fitting yang saudara ketahui ?

.....
.....

17. Sebutkan macam-macam sakelar berdasarkan penyambungannya ?

.....
.....

18. Apa gunanya alat pengaman pada instalasi listrik ?

.....
.....

19. Jenis pengaman otomatis apakah yang sering digunakan untuk instalasi rumah ?

.....
.....

20. Sebutkan macam-macam bentuk sengkang yang ada ?

.....
.....

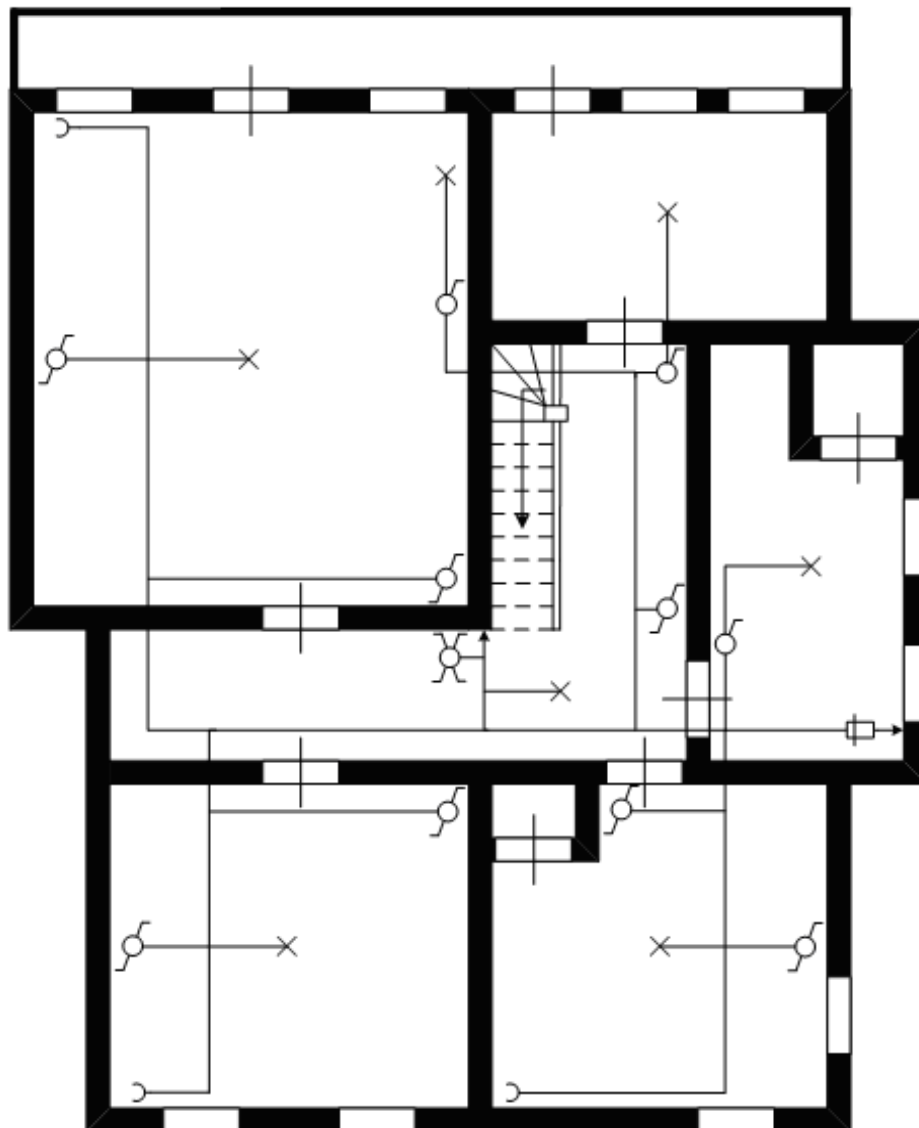
21. Mengapa kotak sambung diperlukan dalam instalasi listrik ?

.....
.....

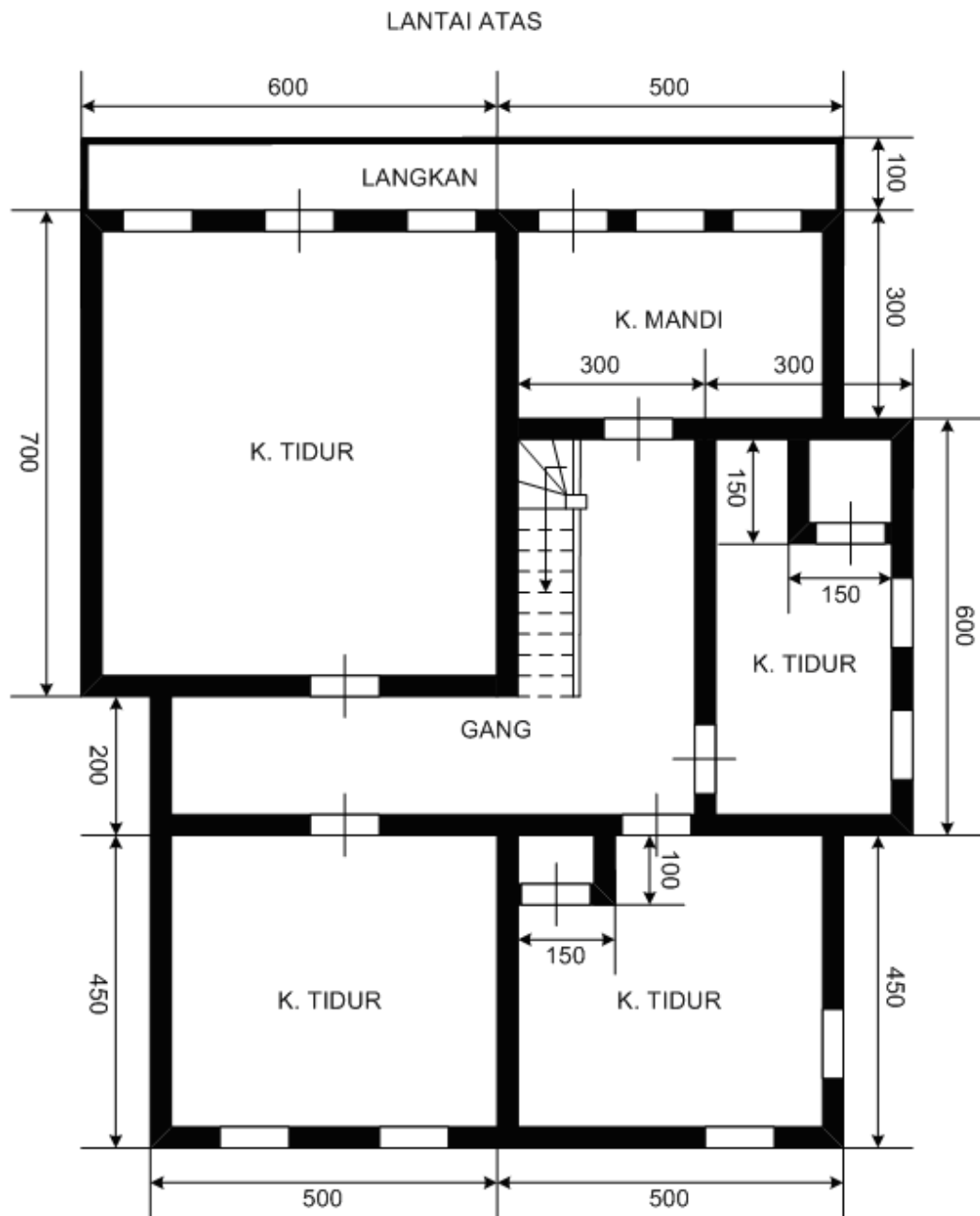
d. Lembar kerja

1. Buatlah perencanaan instalasi listrik dari gambar denah berikut?
 - f. Tentukan alat dan bahan yang dibutuhkan
 - g. Buatlah diagram pengawatannya

LANTAI ATAS



2. Buatlah perencanaan instalasi listrik dari gambar denah berikut ini.
 - a. Tentukan alat dan bahan yang dibutuhkan
 - b. Buatlah diagram satu garis
 - c. Buatlah diagram pengawatan



7. Lampu Jalan Type SPP 368 Philips, adalah lampu jalan terbaik dari Philips, bisa menggunakan Ballast Dimmer sehingga terang gelap lampu bisa diatur agar hemat listrik. Body terbuat dari Aluminium Die Cast. Bisa untuk jenis Lampu HPI-T 250W atau 400W (Sinar kuning).

a) Test Formatif

1. Apa yang dimaksud dengan listrik?

.....
.....

2. Mengapa listrik disebut sebagai bahan bakar yang sempurna?

.....
.....

3. Jelaskan arti kata sebenarnya dari instalasi?

.....
.....

4. Sebutkan penggunaan listrik 1 fasa dan 3 fasa?

.....
.....

5. Apa yang dimaksud dengan JTR dan JTM pada instalasi listrik?

.....
.....

6. Sebutkan bagian-bagian mesin cuci serta jelaskan fungsinya?

.....
.....

7. Mengapa pada bagian setrika menggunakan pengatur panas otomatis, serta jelaskan bahan yang digunakan?

.....
.....

8. Gambarkan rangkaian kelistrikan rice cooker, serta jelaskan fungsi-fungsi komponen pada rangkaian?

.....
.....

9. Sebutkan bagian-bagian kipas angin, serta jelaskan fungsinya?

.....
.....

10. Apa fungsi stator pada motor induksi 3 fasa, serta jelaskan fungsinya?

.....
.....

11. Jelaskan prinsip kerja motor induksi 3 fasa?

.....
.....

EVALUASI

Untuk mengevaluasi hasil pencapaian siswa dalam menerima pembelajaran, siswa diberi soal-soal evaluasi sebagai berikut :

SOAL-SOAL EVALUASI 1

1. Sebutkan jenis-jenis gambar dalam perancangan instalasi listrik?

.....
.....

2. Berapa besarnya Lumen/m² untuk ruangan keluarga, ruang tidur, dapur jelaskan?

.....
.....

3. Untuk satu golongan/kelompok dalam instalasi penerangan rumah tinggal, berapakah titik hubung maksimum yang diperkenankan ?

.....
.....

4. Jelaskan apa fungsi kegunaan penghantar petanahan pada instalasi listrik?

.....
.....

5. Jelaskan tips mencegah bahaya arus listrik?

.....
.....

6. Sebutkan penggunaan listrik 1 fasa dan 3 fasa?

.....
.....

7. Apa yang dimaksud dengan JTR dan JTM pada instalasi listrik?

.....
.....

8. Sebutkan bagian-bagian mesin cuci serta jelaskan fungsinya?

.....
.....

9. Mengapa pada bagian setrika menggunakan pengatur panas otomatis, serta jelaskan bahan yang digunakan?

.....
.....

10. Gambarkan rangkaian kelistrikan rice cooker, serta jelaskan fungsi-fungsi komponen pada rangkaian?

.....
.....

11. Sebutkan bagian-bagian kipas angin, serta jelaskan fungsinya?

.....
.....

12. Sebutkan berapa hal yang harus diperhatikan dalam pencahayaan pada terowongan?

.....
.....

13. Apa fungsi tiang lampu lengan tunggal dan lampu lengan ganda, serta jelaskan perbedaannya?

.....
.....

14. Sebutkan indentifikasi IP yang sering digunakan pada PJU, jelaskan?

.....
.....

15. Mengapa lampu PJU banya menggunakan lampu jenis sodium, jelaskan kelebihanannya?

.....
.....

16. Pada gambar instalasi, diagram apa saja yang termasuk ke dalam diagram pelaksanaan ?

.....
.....

17. Sebutkan 6 komponen pokok dalam pemasangan instalasi listrik ?

.....
.....

18. Apa kelebihan menggunakan kabel berselubung jika dibandingkan dengan kabel dalam pipa ?

.....
.....

19. Berapakah kemampuan menghantarkan arus maksimum dari suatu kabel instalasi yang berisolasi dan berselubung PVC dengan penampang $2,5 \text{ mm}^2$?

.....
.....

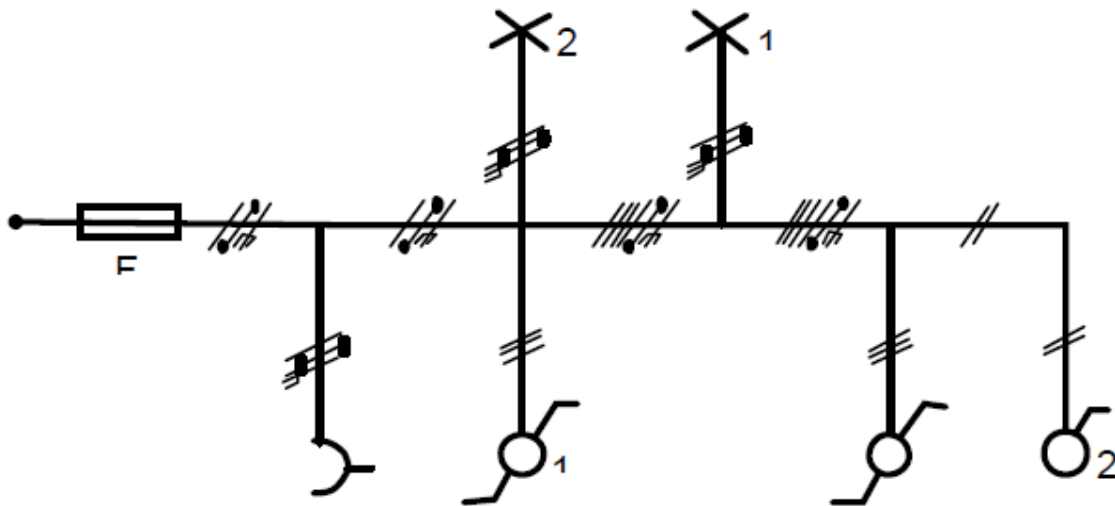
20. Sebutkan komponen-komponen penting dari kotak hubung bagi ?

.....
.....

SOAL-SOAL EVALUASI 2

1. Laksanakanlah pekerjaan berikut:

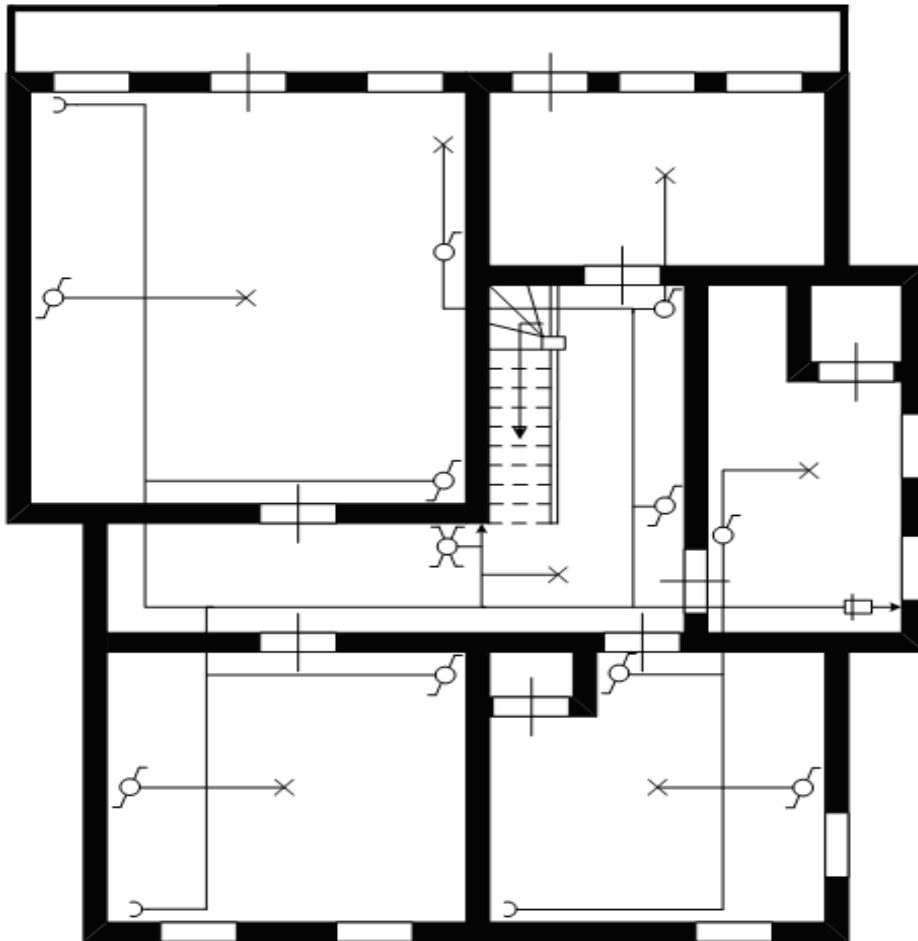
- a. Membuat gambar pengawatan,
- b. Menentukan alat dan bahan yang dipergunakan,
- c. Melaksanakan pekerjaan instalasi listrik penerangan tersebut.



21. Buatlah perencanaan instalasi listrik dari gambar denah berikut?

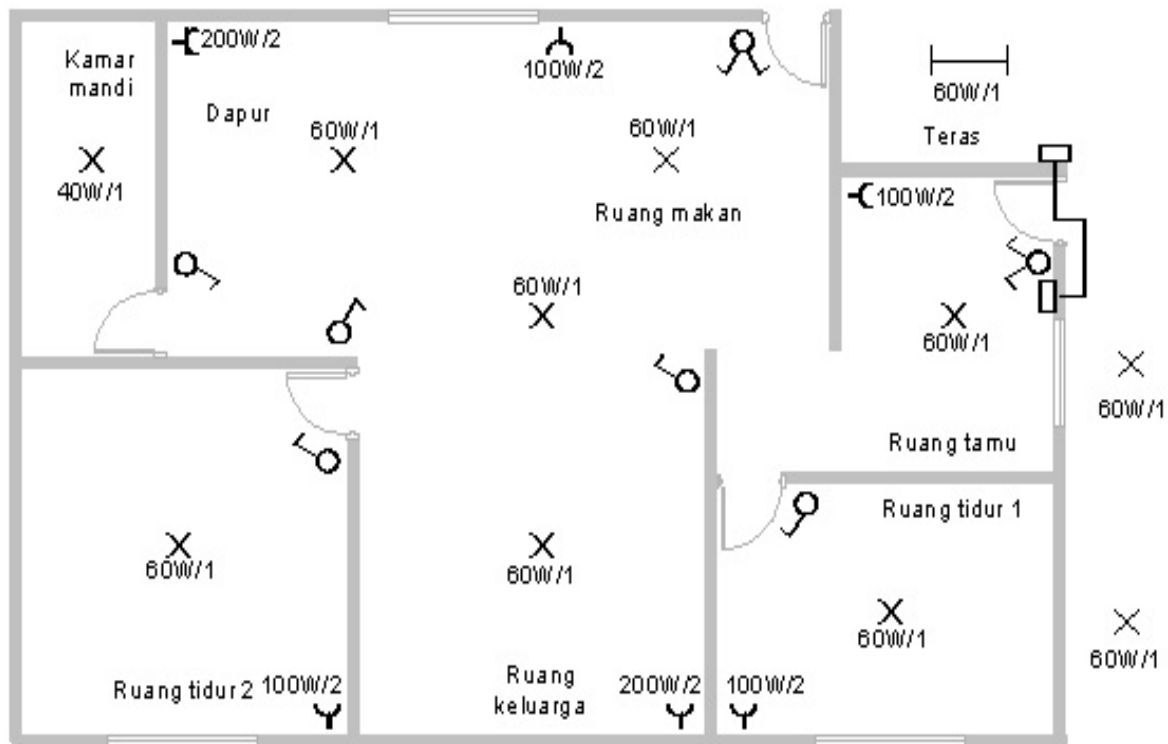
- a. Tentukan alat dan bahan yang dibutuhkan
- b. Buatlah diagram pengawatannya

LANTAI ATAS



22. Buatlah perencanaan instalasi listrik dari gambar denah berikut?

- Buatlah rangkaian satu garis
- Buatlah rangkaian pengawatan
- Tentukan alat dan bahan
- Melaksanakan pekerjaan instalasi listrik penerangan tersebut.



23. Buatlah perencanaan instalasi listrik menggunakan 2 saklar tunggal 2 saklar tukar 3 buah lampu pijar dan 2 buat stop kontak.

- Buatlah rangkaian satu garis
- Buatlah rangkaian pengawatan
- Tentukan alat dan bahan
- Melaksanakan pekerjaan instalasi listrik penerangan tersebut.

2. Buatlah perencanaan instalasi listrik menggunakan 2 saklar tunggal 2 saklar seri 4 buah lampu pijar dan 2 buah stop kontak. Menggunakan tegangan 3 fasa
 - a. Buatlah rangkaian satu garis
 - b. Buatlah rangkaian pengawatan
 - c. Tentukan alat dan bahan
 - d. Melaksanakan pekerjaan instalasi listrik penerangan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Panitia Revisi PUIL-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 2001, **Peraturan Umum Instalasi Listrik Indonesia 1987** , LIPI, Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2000, **Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)**, Standar Nasional Indonesia (SNI), Yayasan PUIL, Jakarta

Anwir B.S., 1952, **Pengetahuan Dasar Tentang Teknik Listrik**, Jakarta.

A Informational Guide for Roadway Lighting, AASHTO, Tahun 1984;

A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, AASHTO, Tahun 2001;

A Manual of Road Lighting in Developing Countries, Transport Links, Manuals and Guidelines on Road Engineering Development , DFID and Transport Developments;

Gambar Perencanaan Jalan Umum, PT. Citra Marga Nusaphala Persada Tbk;

Gambar Perencanaan Penerangan Jalan Umum, PT. Jasa Marga (Persero);Pedoman

Teknis No. Pt-02-2002-B, Tata Cara Perencanaan Geometrik Persimpangan Sebidang ;

Spesifikasi Lampu Penerangan Jalan Perkotaan, No. 12/S/BNKT/1991, Direktorat Jenderal Bina Marga;

Standar No.031/T/BM/1999 / SK.No.76/KPTS/Db/1999, Tata Cara **Perencanaan Geometrik Jalan Perkotaan**.