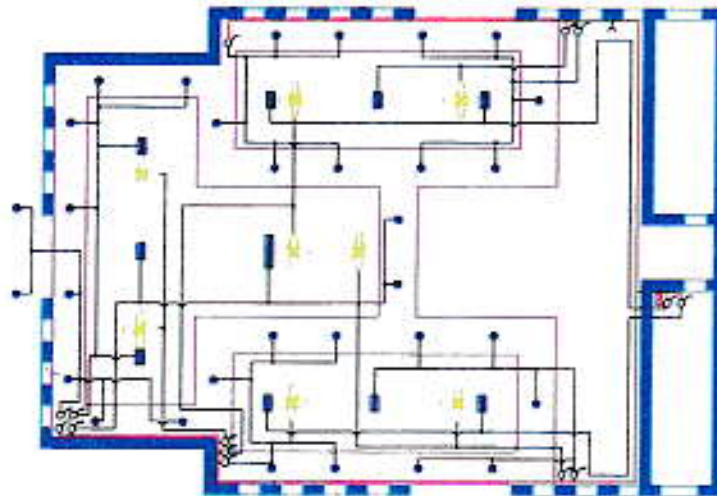




INSTALASI RESIDENSIAL



Dr. Budiyanto, ST. MT

Ir. Pandu Anglasito

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA

2015

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan buku dengan judul “Instalasi Residensial”. Sholawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa risalah Islam yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Buku ini dibuat sebagai bahan ajar mata kuliah Instalasi Residensial bagi mahasiswa Universitas Muhammadiyah Jakarta program studi teknik elektro. Dalam penulisan buku ajar ini, penulis menyadari masih terdapat kekurangan. Untuk itu kritik saran dan masukan sangat penulis harapkan guna untuk penyempurnaan buku ajar ini di masa mendatang. Penulis berharap semoga buku ajar ini bermanfaat dan menambah wawasan bagi para pembaca khususnya tentang kelistrikan.

Jakarta, Juli 2015,

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
PENDAHULUAN.....	1
BAB I INSTALASI LISTRIK DALAM GEDUNG ATAU BANGUNAN LAINNYA	3
1.1 SUMBER DAYA (POWER SUPPLY).....	5
1.2 DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK	5
1.3 RANGKAIAN AKHIR (BEBAN)	10
1.3.1 Rangkaian Penerangan.....	10
1.3.2 Rangkaian Motor Listrik	11
1.4 SISTEM PEMBUMIAN (PERTAHANAN).....	13
1.5 PERSYARATAN INSTALASI LISTRIK	14
1.6 BEBAN (DAYA) TERPASANG, TERSAMBUNG, KEBUTUHA BEBAN DAN FAKTOR DIVERSIFIKASI.....	18
BAB II INSTALASI LAINNYA.....	22
2.1 PENERANGAN (ILUMINASI)	22

2.2 INSTALASI PENYEDIAAN AIR DAN SANITER	22
2.3 INSTALASI PENANGKAL PETIR.....	26
2.4 PENGATUR UDARA.....	27
2.5 ALARM KEBAKARAN.....	28
2.6 INSTALASI PEMADAM KEBAKARAN	29
2.7 INSTALASI TELEKOMUNIKASI	29
2.8 INSTALASI SISTEM SUARA (SOUND SISSTEM).....	30
2.9 LIFT DAN ESKALATOR	30
2.10 APENDIKS 1 - TEORI DASAR LISTRIK	30
2.11 APENDIKS 2 - FAKTOR DAYA	36
2.12 APENDIKS 3 - BEBERAPA RANGKAIAN PANEL UTAMA	39
2.13 APENDIKS 4 - KABEL.....	42
2.14 APENDIKS 5 – PANEL PENERANGAN	44
BAB III LAMPU PENERANGAN	48
3.1 LAMPU PELUAHAN MUATAN	64
3.2 RANGKAIAN SAKLAR ASUT LAMPU FLUORESEN	76
3.3 RANGKAIAN PENGASUTAN CEPAT LAMPU FLUORESEN	77
3.4 RANGKAIAN PENGASUTAN SEMI RESONAN LAMPU FLUORESEN..	64

DAFTAR PUSTAKA.....iii

LAMPIRAN

PENDAHULUAN

Suatu gedung atau bangunan pada umumnya dilengkapi dengan instalasi dengan maksud agar fungsi dan keamanan gedung atau bangunan tersebut memenuhi keperluan dan keamanan tersebut. Perlengkapan ini disebut instalasi gedung.

Instalasi gedung terdiri dari :

- Listrik
- Penerangan atau iluminasi
- Air dan sanitair
- Penangkal petir
- Pengatur udara (Air Conditioner)
- Alarm
- Komunikasi, termasuk Sound System
- Dll

Definisi Instalasi Listrik

Yang dimaksud dengan instalasi listrik sebagaimana didefinisikan dalam PUIL 1987, adalah susunan perlengkapan listrik yang bertalian yang satu sama lain, erta memiliki ciri terkoordinasi, untuk memenuhi satau atau sejumlah tujuan tertentu.

Dalam IEC (International Electrical Commission), instalasi listrik didefinisikan yaitu : perlengkapan dari pemasangan peralatan listrik, seperti bendungan waduk untuk PLTA, bangunan tempat dipasangnya generator, bangunan sipil tempat di pasanginya peralatan listrik pada gardu listrik dan lain-lain.

Satu gedung tidak selalu dilengkapi dengan seluruh instalasi tersebut diatas, tetapi menurut keperluannya masing – masing demi kelancaran penggunaan gedung dan demi keamanan gedung, yang umumnya tergantung dari pertimbangan empunya gedung dengan nasihat dari para konsultan. Beberapa instalasi ditetapkan harus di pasang yang diatur oleh instasi yang berwenang. Umumnya pelaksanaan masing-masing instalasi sudah harus mulai dilakukan sejak struktur gedung dikerjakan karena banyak pipa dan kabel yang instalasinya ditanam di dalam beton atau menembus beton.

Instalasi listrik adalah sarana gedung yang terpenting berfungsi sebagai penyedia daya listrik bagi instalasi lainnya tersebut. Pada waktu ini boleh dikatakan tidak ada gedung yang tidak dilengkapi instalasi listrik

1. INSTALASI LISTRIK DALAM GEDUNG ATAU BANGUNAN LAINNYA

Instalasi listrik dalam gedung dapat dibagi dalam 4 bagian, yaitu: (1) sumber daya, (2) distribusi daya (3) pengawatan (wiring), dan (4) rangkaian beban.

1.1 SUMBER DAYA (POWER SUPPLY)

Power supply suatu instalasi listrik dibagi 3 jenis, yaitu:

- Daya listrik utama
- Daya listrik darurat dan
- Daya listrik pengganti atau stand by power supply

Biasanya hanya gedung yang penting mempunyai jenis daya listrik darurat dan daya listrik pengganti. Gedung biasa hanya mempunyai daya listrik utama.

Daya Listrik Utama

Umumnya penyedia daya listrik utama adalah perusahaan umum listrik seperti PLN, koperasi dan lain-lain dimana seluruh beban listrik tersambung dan dapat dijalankan oleh sumber daya utama ini. Untuk gedung yang letaknya tidak terjangkau oleh PLN digunakan pembangkit daya listrik sendiri yang umumnya berupa diesel genset, atau daya pembangkit daya listrik lainnya.

Sejak berlakunya undang-undang mengenai ketenagalistrikan terbuka kesempatan, badan maupun perorangan, mengusahakan (membangkitkan) daya listrik sendiri. Pembangkitan daya listrik untuk sendiri ataupun untuk dijual khususnya untuk daya yang lebih besar dari 25 KVA, harus mendapat ijin dari instansi yang berwenang, dalam hal ini dari Direktorat Jendral Listrik dan Energy baru.

Banyak hotel, supermarket, bioskop, dan gedung-gedung besar lainnya membangkitkan daya listrik sendiri dengan pertimbangan (mungkin) bahwa investasi maupun eksploitasinya lebih murah dari pada menggunakan listrik PLN. Jika seseorang hendak menyambung listrik dari PLN maka selain persyaratan teknik yang harus dipenuhi, ia pun harus membayar uang BP (biaya penyambungan), uang muka langganan untuk 2 bulan, disamping rekening listrik yang harus dibayar setiap bulan.

Sambungan daya listrik dari PLN dapat berupa sambungan tegangan rendah 1 phasa yaitu untuk sambungan listrik sampai dengan 4400 VA, dan dapat berupa sambungan 3 phasa yaitu untuk sambungan diatas 4400 VA. Untuk diatas 200 KVA sambungan listrik dari PLN sambungan tegangan menengah, dimana konsumen diharuskan mempunyai gardu distribusi sendiri sedangkan untuk daya khusus dapat pula dilakukan dengan sambungan tegangan tinggi.

1. Daya Listrik Darurat

Tenaga listrik darurat disediakan untuk beban terpenting yang dapat dipergunakan seketika daya listrik utama padam. Unit penyedia daya listrik darurat bisa berupa converter, yaitu pembangkit daya listrik dengan sumber dari baterai (aki), atau perangkat diesel genset yang terus menerus berputar atau yang dapat seketika berputar jika sumber listrik utama padam. Dalam hal ini dikenal istilah no break power supply atau uninterruptured power supply (UPS) dan short break circuit power supply. Umumnya daya listrik darurat berkapasitas kecil, karena hanya menyediakan daya listrik untuk alat-alat yang termasuk prioritas utama saja, seperti lampu darurat, system alarm, system pemadam kebakaran dan lain-lain.

2. Daya Listrik Pengganti

Daya listrik pengganti diperlukan untuk mengatasi keadaan jika sumber daya listrik utama padam cukup lama, sedang daya listrik darurat telah berkurang dayanya disebabkan baterai baterai yang dipergunkan telah lemah, sedangkan beberapa beban penting tak dapat dibiarkan padam terlalu lama. Unit daya listrik pengganti harus yang mudah dijalankan cepat dan dapat dipakai, umumnya berupa diesel-genset atau turbin-gas-genset yang cukup besar sehingga dapat menampung sebagian beban besar terpasang.

Salah satu persyaratan satu stand-by unit adalah bahwa perangkat tersebut harus dimanfaatkan secepat-cepatnya, karena pada umumnya tidak dikehendaki listrik padam terlalu lama. Persyaratan periode asut, yaitu waktu sejak sumber utama padam dan standby unit dapat dimanfaatkan bervariasi tergantung dari keperluannya. Untuk diruangan bedah disuatu pelayanan kesehatan (rumah sakit),

dipersyaratkan 0.5 detik (lihat PUIL 1987 ayat 860.E.2.1, tetapi pada instalasi lainnya 15 detik atau lebih). (lihat PUIL 1987 ayat 846.C.2.1).

Periode asut yang singkatannya umumnya diperlukan instalasi seperti untuk komunikasi, toko besar (supermarket), pelayanan kesehatan, gudang pendingin (cool storage), hotel, tempat-tempat pertunjukan dan tempat umum (public area) lainnya, dimana pemadaman yang terlalu lama dapat mengakibatkan bahaya nyawa manusia atau kerugian material yang besar. Kapasitas unit daya listrik pengganti digedung penting yang komersial seperti hotel besar dan lain-lain dapat sebesar daya listrik utama sehingga dapat menampung seluruh beban yang ada. Persyaratan mengenai gen-set ini antara lain terdapat dalam PUIL 1987 pasal 846, dimana juga diatur mengenai persyaratan bangunan atau ruangnya, yang antara lain diatur bahwa ruang gen-set jangan ditempatkan di basement (lantai bawah tanah), konstruksinya harus tahan api dan lain-lain. Kapasitas stand-by unit harus cukup besar untuk menampung daya listrik dalam keadaan steady-state maupun pada waktu pengasutan di mana tidak menimbulkan fluktuasi yang berlebihan untuk beban untuk beban sebagai berikut:

1. Mengisi baterai untuk daya pengusutan stand-by power
2. Sebuah lift dan beban peredam lift
3. Kipas untuk menghisap asap kebakaran
4. Pompa air pemadam kebakaran
5. Peralatan untuk pemadam kebakaran
6. Penerangan darurat

Daftar dibawah ini adalah perkiraan kebutuhan pemakaian daya listrik pada gedung (bangunan) dimana dicantumkan factor keamanan / keselamatan / kenyamanan untuk beberapa jenis beban, dalam keadaan normal, keadaan sumber normal padam dan dalam keadaan darurat (kebakaran). Dalam daftar tersebut tercantum pula perkiraan jumlah sumber daya (dalam persen) yang dibutuhkan jika sumber daya utama padam dan jumlah daya yang dibutuhkan dalam keadaan darurat.

1.2 DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Umumnya system distribusi dalam gedung berbentuk radial, dimana sebagai pusat pengaturannya dalam PHB utama. Sebagai penghantar dipergunakan kabel atau rel (bus duct). (PHB = Perangkat Hubung Bagi).

PHB (Perangkat Hubung Bagi)

PHB ialah suatu perangkat untuk mengontrol (mengatur) dan membagi tenaga listrik dan melindungi rangkaian dan alat-alat pemakai tegangan listrik. PHB biasanya berbentuk lemari atau kotak pembagi. Sering pula dipergunakan istilah kubikel yang berasal dari Bahasa Inggris.

Terdapat pula PHB terbuka yang bagian bertegangannya dapat mudah terpegang atau tersinggung, yang harus ditempatkan pada ruangan listrik, atau ruangan listrik terkunci.

Rangkaian PHB terdiri dari sekurang-kurangnya sebuah sarana pemutus yang dipasang pada rangkaian masuk dan sebuah pengaman yang dipasang pada rangkaian keluar. Sebagai sarana pemutus dapat dipakai pemisah (disconnecting switch), sakelar (load break switch) atau pemutus daya (circuit breaker).

Pengaman yang dipasang pada rangkaian keluar dapat berupa pengaman lebur (sekering) atau pemutus (circuit breaker). Pengaman yang dipasang pada rangkaian keluar dapat berupa pengaman lebur (sekering) atau pemutus (circuit breaker).

Pada PHB yang besar, antara rangkaian keluar dan rangkaian masuk dipasang rel pembagi (bus bar) yang fungsinya sebagai tempat menyambung rangkaian masuk maupun rangkaian keluar. Pada suatu instalasi besar terdapat beberapa PHB yang terdiri dari :

1. PHB utama
2. PHB utama Sub-Instalasi
3. PHB cabang atau PHB Akhir

1. PHB UTAMA

PHB utama adalah tempat masuknya daya dari sumber daya, yaitu sumber daya normal, sumber daya pengganti dan mungkin pula dari sumber daya darurat. Dari

PHB utama tenaga listrik dibagikan ke titik beban melalui PHB akhir atau terlebih dahulu melalui sebuah atau beberapa PHB cabang (lihat gambar). Walaupun tidak ada ketentuan yang mengatur, biasanya PHB akhir untuk instalasi suatu lantai dari gedung bertingkat diletakan dilantai yang bersangkutan dengan maksud agar pengoperasian dilakukan lebih mudah.

Pada suatu instalasi yang cukup besar sebelum daya listrik dibagikan ke titik beban melalui PHB akhir, biasanya dibagikan terlebih dahulu melalui PHB cabang. Sebagai contoh pada gambar, mula-mula daya masuk ke PHB utama, kemudian di salurkan ke PHB akhir, dan baru kemudian disalurkan ke titik beban. Seperti telah dijelaskan diatas, rel pembagi berfungsi sebagai tempat menyambung rangkaian masuk maupun rangkaian keluar.

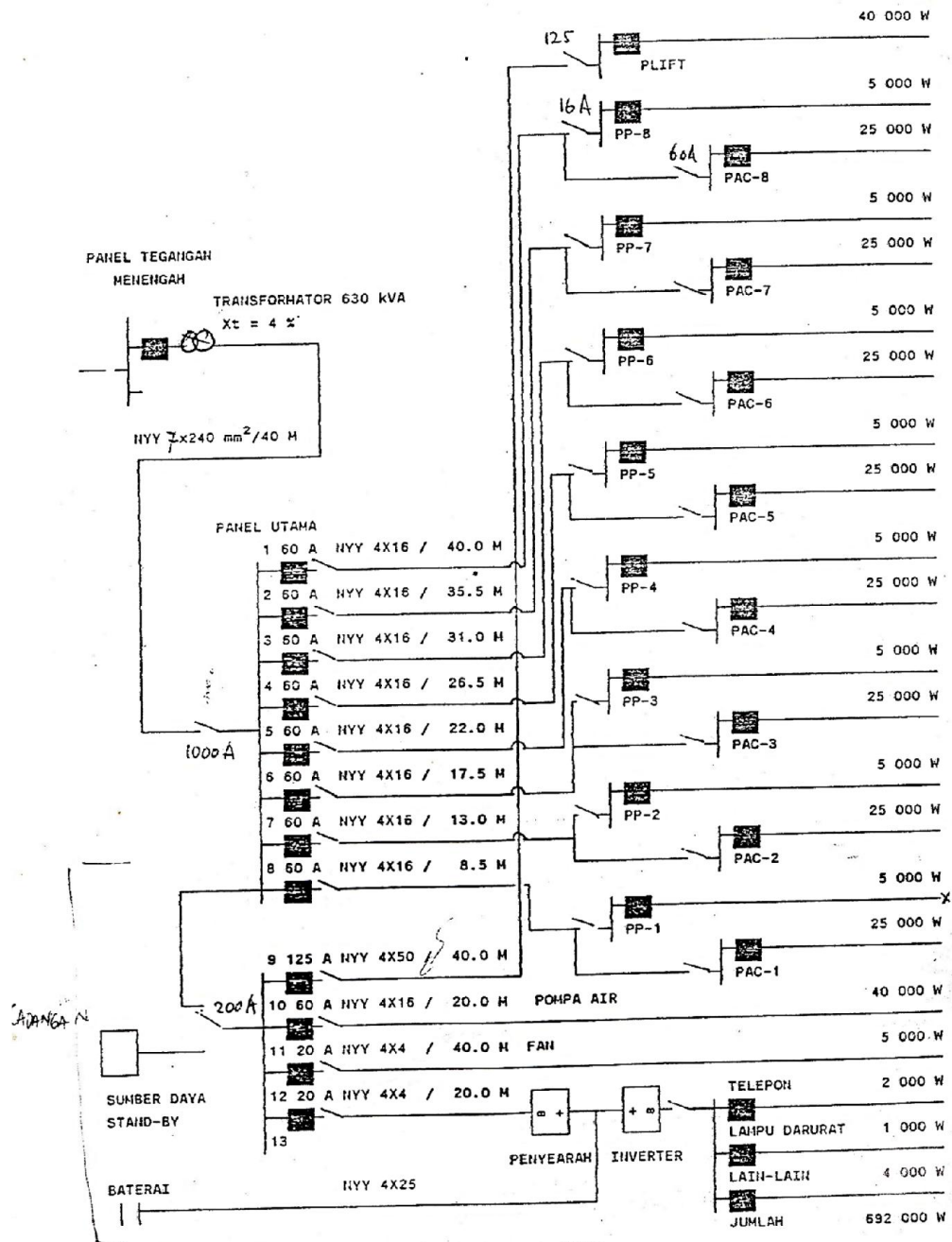
Daya listrik dari PHB utama dialirkan ke PHB dialirkan ke PHB cabang dan ke PHB akhir melalui kabel distribusi atau rel distribusi (bus duct). Rel pembagi terbuat dari logam tembaga atau logam aluminium. Kuat hantar arus (KHA) suatu rel ditentukan, terutama oleh bahan dan ukurannya (lihat daftar 630-1 PUIL 1977). Bus duct dipergunakan khususnya untuk beban yang besar (diatas 1000 ampere), dimana penggunaan kabel mengalami kesukaran. Distribusi daya listrik dalam bangunan terdiri dari PHB dan kabel suplai atau bus duct. Pada gambar 1 diperlihatkan skema atau garis (one line dan kabel) distribusi listrik suatu gedung bertingkat 8 yang sederhana, dimana diperlihatkan adanya panel induk, panel cabang disetiap lantai dan kabel suplai dari panel utama ke panel cabang disetiap lantai. Untuk instalasi yang kecil panel utama juga berlaku sebagai panel cabang. Pada gambar tersebut diperlihatkan pula suatu metode pengaturan penyediaan daya listrik dimana terdapat sumber daya listrik. Sumber daya listrik pengganti (stand-by) dan sumber daya listrik darurat.

Terlihat bahwa panel lift disambung dari sumber daya stand-by, sehingga daya utama padam, maka sumber daya, maka sumber daya stand-by dapat menggantikannya. Selain itu pompa kebakaran disambung pula dari sumber daya stand-by ini. Fan atau pengisap udara pada gambar tersebut berfungsi mengusir asap keluar gedung jika sewaktu waktu terjadi kebakaran dalam gedung, dipasang pada rangkaian sumber daya stand-by. Lampu darurat disambung dari sumber daya darurat, sehingga setiap waktu selalu dapat dimanfaatkan. Melalui penyearah

baterai secara otomatis diisi sehingga selalu bermuatan penuh. Lampu darurat dapat pula dilengkapi dengan baterai pada masing-masing unit lampu. Pada setiap feeder dipasang pengaman lebur pada setiap feeder dapat pula digunakan sakelar otomatis (MCCB = Molded Case Circuit Breaker), yang berfungsi sekaligus sebagai pengaman lebur dan sakelar.

Panel pada setiap lantai dapat terdiri dari beberapa buah panel lagi yang mempunyai fungsi sendiri-sendiri, seperti panel untuk penerangan panel untuk AC dan lain-lain.

Gambar berikut ini adalah salah satu contoh diagram garis tunggal (one line diagram), distribusi tenaga listrik suatu gedung berlantai delapan.



Gambar 1 DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DALAM GEDUNG

1.3 RANGKAIAN AKHIR (BEBAN)

Rangkaian akhir (beban) yang dimaksud disini adalah rangkaian penerangan, stop kontak (kotak kontak) dan beban lainnya yang dibatasi mulai dari panel cabang sampai ke bebannya masing-masing.

1.3.1 Rangkaian Penerangan

Satu rangkaian penerangan berisi beberapa buah titik lampu yang jumlahnya tergantung dari jumlah beban, ukuran kabel, dan pengaman yang dipergunakan. Rangkaian penerangan diamankan oleh sebuah pengaman lebur atau pemutus rangkaian (MCCB = Molded Case Circuit Breaker). Kemampuan pengamanan harus sesuai dengan ukuran dan jenis kabel yang dipergunakan. Pengaman kabel biasanya diambil sedikit lebih kecil dari kuat hantar arus (KHA) kabel tersebut. Pada daftar 710-1 PUIL 1987 tercantum nilai pengaman yang harus dipergunakan untuk beberapa jenis kabel didalam atau di udara terbuka. Oleh karena beban penerangan umumnya kecil, maka dipergunakan kabel berukuran kecil pula seperti ukuran $1 \times 1.5 \text{ mm}^2$, 2.5 mm^2 atau 4 mm^2 . Ukuran 1.5 mm^2 dipergunakan jika rangkaian beban hanya terdiri dari lampu, sedangkan jika dalam rangkaian tersebut terdapat pula stop kontak atau beban lainnya, maka harus digunakan kabel dengan ukuran 2.5 mm^2 atau yang lebih besar dengan pengaman yang sesuai. Untuk rangkaian penerangan dalam gedung yang besar di mana titik lampu letaknya jauh dari PHB harus diperhitungkan besarnya rugi tegangan yang dari panel utama ke titik beban yang terjauh agar tidak melampaui 5%, sehingga jika letak beban sangat jauh, kemungkinan harus dipergunakan kabel dengan ukuran setingkat lebih besar. Jumlah titik beban suatu rangkaian penerangan harus disesuaikan dengan jumlah maksimum yang diperbolehkan. Pada daftar 411-1 PUIL 1987 tercantum jumlah titik beban untuk beberapa keadaan, dimana tercantum pula beban maksimum pengaman maksimum dan ukuran kabel yang diperbolehkan. Jumlah pengaman suatu PHB penerangan harus pula direncanakan kemungkinan perluasan dikemudian hari. Besar beban terpasang suatu rangkaian penerangan dihitung sebagai berikut

- 1) Satu titik lampu dihitung menurut besarnya lampu yang dipasang pada armature yang dipasang

- 2) Jika suatu titik lampu belum jelas armature atau bebas lampu yang akan dipasang, maka diperhitungkan rata-rata 50 watt
- 3) Titik beban lainnya dihitung menurut besar beban yang akan dipasang.
- 4) Stop kontak biasa diperhitungkan 200 watt, sedang stop kontak khusus diperhitungkan sebesar beban yang tersambung pada stop kontak

Untuk instalasi sederhana dapat dipergunakan konduktor tembaga dengan isolasi tunggal, seperti NYA dengan perlengkapan isolator rol. Kabel direntangkan dan diikat pada isolator setiap jarak sekurang-kurangnya 1 meter. Jarak isolator yang berdampingan sekurang-kurangnya 4 cm. sekarang telah umum digunakan kabel NYM yaitu kabel dengan isolasi ganda seperti NYM atau NYY yang diletakkan pada bangunan dipasang dengan klem seperlunya. Pada dinding kabel dipasang dalam pipa. Untuk kabel berisolasi ganda sebenarnya kabel dapat langsung ditanam di dalam plesteran tembok tanpa pipa, tetapi sukar jika sewaktu-waktu kabel perlu diganti. Sakelar dan stop kontak dinding umumnya dipasang 1.2 meter sampai 1.5 meter diatas lantai. Untuk gedung yang langitnya – langitnya dari beton, kabel di pasang didalam pipa yang ditanam di dalam beton, sedangkan untuk ruang yang mempunyai plafond tambahan (false ceiling), kabel dipasang di dalam sesuai dengan prosedur. Jika terdapat cukup banyak konduktor, dipasang talang kabel, di mana kabel dapat diletakkan dengan rapih, sehingga tidak mengganggu kerangka pada plafond yang seringkali tidak direncanakan menahan beban berat. Talang kabel dapat digunakan untuk menempatkan kabel lainnya seperti kabel telepon, fire alarm, sound system, dan lain-lain.

1.3.2 Rangkaian Motor Listrik

Kabel untuk rangkaian motor harus mempunyai KHA (Kuat Hantar Arus) sekurang-kurangnya 110 % dari beban penuh motor. Jika letak motor agak jauh dari panel pembagi harus pula diperhitungkan susut tegangan. Untuk rangkaian motor yang dipasang dalam delta di mana arus motor = $0.58 \times$ arus jaringan dapat digunakan kabel dengan ukuran yang lebih kecil. Pada rangkaian motor dipasang juga antara lain alat pengasut (starter), yang berfungsi memutasi arus awal, dan alat pengaman motor terhadap beban hubung pendek dan beban lebih

1. Pembebanan singkat ialah pembebanan dengan waktu kerja singkat, tidak melampui 4 menit, diusul dengan waktu istirahat yang cukup lama,

sehingga hantaran menjadi dingin kembali sampai suhu keliling. Pada pembebanan singkat hantaran boleh dibebani lebih tinggi dari KHA nya, dengan factor K_s dimana :

$$K_s = \sqrt{\frac{td}{tb}}$$

T_d = jangka waktu kerja singkat, tidak lebih dari 4 menit.

T_b = jumlah waktu kerja singkat (td) ditambah dengan Waktu yang minimum dibutuhkan hantaran untuk dapat menjadi dingin sampai suhu kelilingnya

2. Pembebanan intermiten ialah pembebanan dengan waktu kerja tidak melampaui 4 menit diselingi dengan waktu istirahat (beban nol atau berhenti), yang tidak cukup lama untuk mendinginkan hantaran sampai suhu kelilingnya. Pada pembebanan intermiten hantaran dapat dibebani lebih tinggi dari arus nominalnya dengan faktor K_i , dimana :

$$K_i = 0,875 \sqrt{\frac{ts}{tb}}$$

t_b = adalah waktu pembebanan tidak lebih dari 4 menit

t_s = adalah waktu periode siklus kerja intermiten, tidak lebih dari 10 menit

Jadi pada pembebanan tersebut dapat dipergunakan ukuran kabel yang lebih kecil

2.1 Instalasi penerangan darurat

Gedung yang besar umumnya dilengkapi dengan penerangan darurat.

Penerangan darurat harus dapat menyala secara otomatis jika terjadi keadaan darurat, dimana jika sumber daya utama padam atau dipadamkan khususnya jika terjadi bahaya kebakaran. Dalam hal ini lampu darurat akan menyala dengan daya dari sumber daya darurat yang berbentuk baterai.

Syarat-syarat dan ketentuan penerangan darurat tercantum dalam pasal 847 puil 1987 yang antara lain berisi sebagai berikut.

1. Penerangan darurat harus menyala dalam waktu 15 detik sejak sumber utama padam.
2. Lampu darurat terdiri dari lampu EXIT, yaitu lampu yang menunjukkan arah jalan keluar gedung, lampu lorong (koridor) dan tangga untuk jalan

keluar gedung, penerangan gedung tempat berkumpulnya umum (publik), dan pada setiap sangkar lift.

3. Penggunaan warna pada kabel.

Untuk memudahkan pemasangan dan pemeliharaan, khususnya pada sistem tiga fasa dipergunakan warna isolasi kabel atau rel (konduktor) sebagai berikut :

- a. Merah untuk fase R
- b. Kuning untuk fase S
- c. Hitam untuk fase T
- d. Biru untuk netral
- e. Hijau kuning untuk pengaman

Pada sistem satu fasa dapat digunakan warna merah, kuning atau hitam untuk fasa, biru untuk netral dan hijau lining untuk pengaman

4. Arus hubung pendek

Besar arus hubung singkat pada setiap titik instalasi berlainan.

Makin dekat kearah sumber daya (transformator distribusi atau generator), semakin besar nilainya, dan sebaliknya semakin jauh dari sumber daya, Semakin kecilnya arus hubung singkat ini disebabkan adanya impedansi pada kabel.

Pengaman lebur dan/atau pemutus daya berfungsi memutuskan rangkaian pada waktu terjadi arus hubung pendek.

Kapasitas pemutus tenaga atau pengaman lebur harus sekurang-kurangnya sama dengan arus hubung singkat di titik tersebut.

Julat kapasitas pemutus tenaga dan pengaman lebur untuk tegangan rendah adalah 3 kA, 6 kA, 10 kA, 15 kA, 25 kA, 40 kA, 50 kA, 100 kA.

1.4 SISTEM PEMBUMIAN (PERTANAHAN)

Pembumian (pertanahan) suatu instalasi listrik terdiri dari:

- (1) Elektrode Pembumian
- (2) Jaringan Pembumian

Elektrode Pembumian

Elektrode pembumian ada tiga jenis, yaitu:

- (1) Jenis Elektrode Pita
- (2) Jenis Elektrode Batang
- (3) Jenis Elektrode Pelat

Untuk instalasi gedung umumnya dipergunakan elektrode batang yang terbuat dari pipa air. Untuk keperluan pemeriksaan atau pengukuran elektrode ini dapat dilepaskan (dipisahkan) dari jaringan pembumian melalui suatu kotak sambung yang ditempatkan dalam gedung atau diluar gedung. Pengukuran tahanan bumi dilakukan dengan alat pengukur tahanan bumi.

Bagaimana membangun sistem pengukuran ketahanan bumi

- a. Gambarkan konstruksi suatu elektrode yang terbuat dari pipa air.
- b. Untuk mendapatkan jaringan pembumian yang efektif seluruh elektrode dan terminal pembumian pada panel atau kotak pembumian dihubungkan satu dengan yang lainnya membentuk suatu jaringan pembumian.

1.5 PERSYARATAN INSTALASI LISTRIK

Syarat-syarat instalasi listrik (perencanaan, pelaksanaan, pengusahaan dan pemeliharaan), harus mengikuti ketentuan yang berlaku, yang terdiri dari:

- (1) Ketentuan atau peraturan dari instalasi yang berwenang
- (2) Ketentuan akibat ketentuan instalasi lain
- (3) Permintaan yang memberi tugas

Instalasi yang berwenang menetapkan peraturan yang harus dipenuhi oleh instalasi listrik.

Peraturan-peraturan tersebut adalah:

- Undang-undang ketenagalistrikan no 15 tahun 1985
- Peraturan dalam bidang kelistrikan lainnya antara lain berupa peraturan pemerintah, peraturan menteri, peraturan direktur jendral listrik dan energi baru, peraturan perusahaan listrik negara maupun peraturan yang dikeluarkan pemerintah daerah.

Undang-undang tentang ketenagalistrikan

Undang-undang ketenagalistrikan merupakan peraturan tertinggi yang disahkan oleh DPR pada tahun 1985, yang berisi peraturan dasar mengenai ketenagalistrikan di Indonesia.

UU No 15 ini dapat dipandang merupakan pengesahan dari peraturan pemerintah yang dikeluarkan pada tahun 1979 oleh Presiden RI.

Beberapa hal penting yang tercantum dalam UU No 15 tahun 1985 tersebut adalah bahwa usaha dalam bidang ketenagalistrikan terdiri dari dua golongan, yaitu :

- 1) Usaha penyediaan tenaga listrik, yang ditetapkan hanya dilakukan oleh negara (badan usaha milik negara seperti PLN), dan kepada koperasi atau badan usaha lain dengan izin khusus dari pemerintah, kecuali untuk kepentingan sendiri (tidak diperkenankan diperjual belikan) juga dengan izin khusus.
- 2) Usaha penunjang tenaga listrik, yang terdiri dari konsultan, kontraktor, produsen peralatan.

Hal lain yang penting adalah adanya ancaman denda dan atau hukuman bagi tindak pidana atau pelanggaran terhadap undang-undang ini. PT No 23 Peraturan menteri (menteri pekerjaan umum dan tenaga) bidang kelistrikan No 023/PRT/1978 mengatur mengenai cara pemasangan instalasi listrik yang dikeluarkan pada tahun 1978 berisi antara lain:

- 1) Ketentuan mengenai cara pemasangan dan pemeliharaan instalasi listrik
- 2) Ketentuan mengenai persyaratan peralatan listrik
- 3) Ketentuan mengenai instalatir atau kontraktor listrik

Dalam peraturan tersebut selain ketentuan teknis ditentukan pula adanya empat golongan kontraktor listrik, yaitu Golongan A, Golongan B, Golongan C dan Golongan D, dimana setiap golongan dibatasi hak atau wewenang dan kewajibannya berdasarkan tingkat keahlian para tenaga ahlinya. PRT No 24 Selain dari itu terdapat pula peraturan menteri No 024/PRT/1978 yang berisi mengenai syarat-syarat penyambungan listrik.

Dalam peraturan ini ditentukan hak dan kewajiban atau tanggung jawab PLN sebagai badan milik negara yang memegang kuasa usaha ketenaga listrikan, dan konsumen yang mendapat sambungan listrik dari PLN sebagai pelanggan atau pemanfaat tenaga listrik.

Beberapa hal penting yang diatur dalam peraturan menteri ini adalah :

- 1) Mutu atau kualitas listrik yang disalurkan oleh PLN
- 2) Jenis sambungan yang terdiri dari sambungan tegangan tinggi, sambungan tegangan menengah dan sambungan tegangan rendah
- 3) Kewajiban pelanggan untuk memelihara instalasi listrik miliknya dan membayar biayapenyambungan dan uang langgananya.

Dengan berlakunya UU No 15, pada saat ini (tanggal 22 september 1988) Direktorat Jenderal Listrik dan Energi Baru sedang dilakukan pula penyusunan kembali PRT No 23 dan PRT No 24 yang disesuaikan dengan UU No 15 tersebut. PUIL berisi ketentuan teknis yang disusun oleh suatu panitia yang dibentuk oleh LIPI, yang yang pada tahun 1978 disahkan penggunaannya oleh menteri PUIL (pada tahun 1978 pengaturan mengenai ketenaga-listrikan dilakukan oleh kementerian pekerjaan umum dan tenaga listrik, sedangkan sekarang dilakukan oleh departemen pertambangan dan energi), dan oleh departemen tenaga kerja untuk berlaku dilingkungannya.

Secara administratif di DKI perencanaan harus sebagai berikut :

- 1) Dilakukan oleh seorang tenaga ahli atau suatu team tenaga ahli yang telah dilakukan oleh instansi yang berwewenang. Di DKI Jakarta Raya Dinas Pengawasan Pembangunan Kota (DPPK) mengeluarkan Surat Izin Bekerja Perencanaan (SIBP) dalam bidang :
 - a) Golongan Listrik Arus Kuat (termasuk instalasi petir)
 - b) Golongan Listrik Arus Lemah
 - c) Golongan Mekanika Saluran Air
 - d) Golongan Mekanika Transportasi dalam Gedung (Lift dll)
 - e) Golongan Arsitektur
 - f) Golongan Struktur Bangunan

Selain dari itu selanjutnya DPPK juga melakukan pengawasan pelaksanaan pembangunan dan pengguna gedung tersebut.

DPPK membatasi besar daya listrik stand-by (daya listrik pengganti) yang diizinkan dipasang, dengan pedoman seperti daftar berikut ini:

DAFTAR PEMAKAIAN DAYA LISTRIK PADA BANGUNAN

INSTALASI	PLN NORMAL FAKTOR	PLN MATI FAKTOR	KEBAKARAN FAKTOR
	KEAMANAN/ KESELAMATA N/ KENYAMANAN (%)	KEAMANAN/ KESELAMATA N (%)	KESELAMATA N (%)
LISTRIK ARUS KUAT			
a. Penerangan			
- Titik cahaya	100	0-50	0
- Stop kontak	100	100	0
PLUMBING			
a. Deep well	100	100	100
b. Pompa distribusi	100	100	100
AIR LIMBAH			
a. Sewage treatment	100	100	0
b. Pompa	100	100	0
KEBAKARAN			
a. Pompa kebakaran	100	100	100
b. Pressure fan	100	100	100
c. Lampu exit	100	100	100
TRANSPORTASI DALAM GEDUNG			
a. Lift penum./ barang	100	50	0
b. Lift kebakaran	100	100	100
TATAUDARA/AC			
a. Chiller	100	0	0

b. AHU/blower	100	100	0
c. Pompa	100	0	0
d. Fresh air	100	100	0
e. Exhauster	100	100	0

TELEPON, SOUND SISTEM DAN FIRE ALARM

a. Telepon	100	100	0
b. Telepon	100	100	100
kebakaran			
c. Public addresses	100	100	100
d. Alarm system	100	100	100
	100	30-50	20

Catatan: untuk ruang/bangunan khusus (a.1. ruang komputer, rumah sakit, RRI, TVRI) dapat ditentukan lain.

1.6 BEBAN (DAYA) TERPASANG, TERSAMBUNG, KEBUTUHAN BEBAN DAN FAKTOR DIVERSIFIKASI

Beban Terpasang

Beban terpasang adalah penjumlahan daya nominal beban listrik yang terpasang pada suatu instalasi.

Beban terpasang dapat dihitung sebagai berikut:

1. Setiap titik lampu dihitung menurut berdasarkan beban nominal lampu yang dipasang pada titik tersebut. Jenis dan besarnya lampu pada titik tersebut belum ditetapkan maka dihitung 60 watt.
2. Setiap titik beban lainnya dihitung pula menurut besar beban nominal yang dipasang.
3. Setiap kotak kontak biasa (stop kontak biasa) dihitung 200 watt, sedang kotak kontak khusus (stop kontak khusus) dihitung menurut beban yang tersambung tetap pada stop kontak tersebut, jadi misalnya suatu stop kontak yang dipergunakan untuk menyambung penyejuk udara (Air Conditioner atau AC) dengan beban nominal 1000 watt, beban terpasangnya dihitung 1000 watt.

Beban (daya) Tersambung

Beban tersambung adalah jumlah penyediaan daya maksimum yang disambung pada suatu instalasi. Penyediaan daya dapat berupa pembangkit diesel-gen set sendiri, atau sambungan dari perusahaan umum (PLN).

Kebutuhan Beban (Daya)

Kebutuhan beban adalah besarnya daya listrik nyata maksimum yang dibutuhkan suatu instalasi.

Beban yang dibutuhkan suatu instalasi umumnya tidak sama dengan besar daya terpasang, karena:

1. Beban yang terpasang tidak selalu bekerja penuh.

Misalnya motor suatu lift sebesar 20 kW tidak akan selalu dibebani penuh, karena penumpang yang menggunakan lift tersebut tidak selalu beban penuh.

2. Pemasangan peralatan yang melebihi kebutuhan.

Nilai normal suatu peralatan listrik umumnya tertentu menurut standard yang telah disusun, misalnya untuk motor listrik terdapat daya 1 Kw, 2 kw, 5 kw, 7,5 kw, 10 kw dan seterusnya.

Jadi, jika ada suatu pompa berkapasitas 6 kw, maka terpaksa harus menggunakan motor 7,5 kw, yang berarti menggunakan motor yang melebihi kebutuhan.

3. Banyak beban listrik yang tidak bekerja terus-menerus

Misalnya pada ruang kerja peralatan penyejuk udara (AC) hanya dinyalakan dalam jam kerja, sedangkan diluar jam kerja dipadamkan.

4. Ada beban yang hanya bekerja sebagai cadangan

Untuk memperoleh keandalan yang besar, biasa dipasang beberapa peralatan listrik sebagai cadangan.

Jadi, walaupun peralatan ini dihitung sebagai bahan terpasang, tetapi tidak dihitung sebagai kebutuhan beban.

Petunjuk yang dapat digunakan untuk menghitung kebutuhan maksimum suatu instalasi adalah Pasal 410 dari PUIL 1977 yang antara lain berisi sebagai berikut :

1. Memperhatikan karakteristik beban

2. Faktor (Angka) Diversitas
3. Penaksiran secara rinci
4. Dengan pengukuran

1) Memperhatikan Karakteristik Beban

Memperhatikan karakteristik harian setiap beban, dan menjumlahkan masing beban tersebut sehingga diperoleh lengkung beban harian.

Hal ini hanya cepat dilakukan jika karakteristik setiap beban telah diketahui dengan pasti.

2) Faktor (Angka) Diversitas

Penaksiran secara menyeluruh, berdasarkan angka diversitas pada gedung yang serupa yang telah diketahui. Faktor diversitas adalah perbandingan besarnya daya listrik yang dibutuhkan dengan beban yang terpasang. Umumnya faktor diversitas lebih kecil dari satu. Jika faktor diversitas lebih besar dari satu berarti peralatan listrik telah dipergunakan melebihi kapasitas nominalnya.

Besar daya listrik dan faktor diversitas merupakan faktor penting untuk menetapkan besarnya komponen dari PHB (panel), besarnya transformator, ukuran kabel. Faktor diversitas telah diselidiki oleh beberapa orang pakar, dan oleh panitia teknik Internasional (IEC-TC 64), tetapi belum menghasilkan suatu rekomendasi.

Besar beban listrik yang dibutuhkan suatu gedung tergantung dari beberapa macam faktor, antara lain ;

- Suhu dan keadaan udara sekeliling, misalnya berapa suhu rata-rata dan suhu maksimum sekeliling gedung, berapa sinar matahari yang dapat mencapai bagian ruang didalam gedung.
- Tingkat kondisi ruang yang diinginkan, misalnya berapa Lux penerangan minimum yang dikehendaki, berapa suhu ruangan yang dipilih.
- Sistem distribusi, apakah radial, atau ring

Seperti yang telah diterangkan diatas, sampai saat ini belum ada patokan ataupun rekomendasi angka diversitas yang dipublikasikan

oleh badan yang resmi, didalam negeri maupun secara internasional. Penelitian yang dilakukan pada gedung Elektro Trisakti selama 7 hari dalam bulan Desember 1987, dari pukul 08.00 sampai pukul 16.00, diperoleh angka 0,46. Angka ini sangat rendah karena pencatatan dilakukan pada saat kegiatan akademik sedang rendah, yaitu saat tidak ada kuliah dan tidak ada praktikum.

3) Penaksiran Secara Rinci, dengan Pehitungan sebagai berikut :

Penerangan	diambil dari 75% sampai 90% beban terpasang
Pemanas, pendingin, termasuk kompor listrik jika ada	beban penuh dari beban terbesar kedua dan 50% dari beban lainnya
Kotak kontak biasa	kapasitas penuh dari kotak kontak terbesar ditambah 100 watt untuk setiap kotak kontak lainnya
Motor-motor	kapasitas penuh dari motor terbesar, ditambah 75% beban besar motor kedua dan 50% beban motor-motor lainnya
Lift	125% motor lift terbesar ditambah 75% motor lift terbesar kedua, ditambah 50% motor lift lainnya.
Beban lainnya	Kapasitas penuh (100%)

4) Dengan Pengukuran (khusus untuk instalasi yang telah berjalan)

Catatan : petunjuk yang lebih rinci dapat dilihat pada PUIL.

2. INSTALASI LAINNYA

2.1 INSTALASI PENYEDIAAN AIR DAN SANITER

Maksud dan tujuan instalasi ini adalah menyediakan keperluan air gedung tersebut untuk minum, untuk mencuci maupun keperluan air lainnya (seperti air untuk pemada kebakaran), dan pengaturan pembuangannya. Biasanya jenis penyediaan air yang dikehendaki adalah yang memenuhi syarat untuk minum, mencuci maupun keperluan lainnya tersebut.

Oleh karena itu instalasi penyediaan air dapat dibagi atas :

- a. Instalasi penyediaan air bersih
- b. Saluran air bersih
- c. Saluran pembuangan atau saluran air kotor
- d. Saluran air pemadam kebakaran
- e. Alat-alat saniter
- a) Penyediaan Air Bersih

Penyediaan air bersih dapat terdiri dari sambungan air dari perusahaan air minum (misalnya PAM). Pembelian air dari PAM dengan mobil tangki, dari sumur, dari air sungai (melalui instalasi penjernihan), dan dari sumur artesis. Air untuk minum harus memenuhi syarat tertentu. Untuk gedung bertingkat biasanya diperlukan bak penampungan air bawah, (sering pula ditambah bak penampungan atas) dan perangkat pompa yang bertugas menaikkan air dari bak penampungan bawah ke lantai-lantai atas gedung atau melalui bak penampung atas.

Bak Penampungan Air

Bak penampungan bawah biasanya dibuat tertanam dalam tanah, sehingga tidak membuat ruang (halaman), tidak merusak pemandangan, dan menyebabkan air tetap sejuk karena panas sinar matahari tidak sampai ke air.

Jika penyediaan air lancar ukuran bak penampungan atas maupun bawah cukup kecil saja, akan tetapi jika dipertimbangkan bahwa penyediaan air tidak teratur maka perlu diperhitungkan ukuran bak yang dapat menyediakan air untuk beberapa hari. Pada bak penampung dipasang kran pengatur air (level valve atau flotter kranan) yang akan terbuka jika permukaan air dibawah maksimum, dan akan tertutup jika permukaan air encapai maksimum.

Air dari bak penampungan air bawah dinaikkan keatas langsung ke pemakai atau melalui bak atas dengan pompa. Jika gedung sangat tinggi diperlukan bak perantara di lanta-lantai tertentu agar tekanan pipa penyalur tidak terlalu besar. Selain bak perantara, dapat pula digunakan pengurang tekanan (pressure reducer).

Pompa Air dan Pengatur Tekanan Air

Pompa air dilengkapi dengan alat pengatur (kontrol) yang akan menyalakan pompa tersebut jika permukaan air di bak atas da bawah maksimum, dan akan padam jika permukaan air di bak atas mencapai maksimum. Ada dua jenis alat pengatur yang biasa dipergunakan, yaitu :

- a. Dengan tangki tekan dan sakelar tekan (preasure tankdan pressure switch). Tangki tekan berisi sebagian air dan sebagian udara. Jika pompa berjalan dan pemakaian air sedikit, maka tekanan udara akan terus naik. Jika tekanan sudah cukup tinggi maka sakelar tekan akan bekerja dan akan mematikan pompa. Jika tekanan udara dalam tangki turun dan mencapai tekanan tertentu, maka sakelar akan menutup kembali, dan pompa akan berjalan kembali. Pada sistem ini tidak diperlukan bak penampungan air atas, hanya saja kerugiannya ialah bahwa jika aliran listrik mati, maka aliran airpun akan mati.
- b. Dengan pengatur tinggi permukaan air (water level control). Ada dua jenis pengatur, yaitu memakai cara mekanis (mechanical water level switch) dan dengan cara elektronik (electronical water level switch). (lihat gambar skema). Dengan cara ini pompa akan bekerja jika permukaan air turun mencapai tinggi minimum, dan pompa akan mati jika permukaan air mencapai tinggi maksimum. Selain pengaturan pompa mengikuti kedudukan permukaan air dalam tangki atas atau tekanan udara dalam tangki tekan, harus pula diatur agar pompa tidak akan dapat hidup jika persediaan air di bak bawah kurang (kosong), dengan cara memasang water level switch di bak penampung bawah. Untuk kontinuitas penyediaan air, dimana dipertimbangkan kemungkinan terjadi kerusakan pada pompa, maka dipasang sebuah pompa lain sebagai cadangan yang indekdik secara paralel. Kedua pompa harus dapat dijalankan bergantian, atau jika perlu bersama-sama. Untuk air pemadam kebakaran perlu

disediakan sebuah pompa khusus yang kapasitasnya biasanya lebih besar dari kedua pompa tersebut. Selain debit yang diperhitungkan untuk beberapa buah hose yang kemungkinan akan dipergunakan bersamaan, harus pula diperhitungkan tinggi pancaran dari tempat tertinggi.

Kapasitas suatu pompa air ditentukan oleh debit air yang harus dinaikkan perdetik atau perjam, dan head nya atau selisih antara tinggi air yang harus dicapai dan tinggi permukaan asalnya dimana diperhitungkan pula rugi gesekan sepanjang pipa, jumlah belokan dan rugi-rugi lainnya.

b) Jaringan /Saluran Air Bersih

Jaringan atau saluran air bersih berfungsi mengalirkan atau mendistribusikan air dari bak penampung ke pemakai. Distribusi dapat dilakukan langsung dari pompa dibawah, atau dari bak penampung atas. Pipa untuk distribusi ini menggunakan pipa besi yang dilapis timah (galvanized), atau pipa PVC, yang persyaratannya kuat menahan tahanan air, juga harus tahan karat. Sebelum dipergunakan, pipa harus diuji apakah tidak bocor dan apakah cukup kuat terhadap tekanan uji.

Pengujian dilakukan dengan cara menutup seluruh kran pemakai yang ada, kemudian mengisi pipa air dan menaikkan tekanannya dengan pompa sampai tekanan tertentu (biasanya 60 M tekanan kolom air, atau 6 atmosfer), kemudian kran pemasukan ditutup. Tekanan air diukur dengan manometer dan dibiarkan beberapa jam. Jika tekanan manometer tidak berubah selma pengetesan dapat disimpulkan pipa tidak bocor dan tidak dapat menahan tekanan uji.

c) Saluran Air Pembuang atau Saluran Air Kotor

Saluran ini selain harus kuat secara mekanis harus pula tahan terhadap sifat air kotor yang mengandung zat-zat kimia. Sebelum pipa PVC diproduksi dan pembangunan gedung bertingkat di Indonesia baru dimulai, dipergunakan pipa besi cor yang memang memenuhi syarat sebagai pipa pembuangan dan pada saat itu masih harus di import.

Pipa PVC pada beberapa tahun lalu juga harus diimport, tetapi sekarang telah diproduksi didalam negeri dan mutunya telah diatur oleh standar SI

(Standard Industri Indonesia). Saluran air pembuangan dapat dibagi dua bagian, yaitu air cuci dan tinja (termasuk air kencing).

Tergantung dari sistem penampungan dan pengolahannya kedua jenis air buangan tersebut dapat disalurkan dalam satu pipa atau dalam dua pipa yang terpisah.

d) Saluran Air Pemadam Kebakaran

Pipa yang mengalirkan air pemadam kebakaran terpisah dari pipa penyalur air bersih pipa ini harus dalam keadaan bertekanan (berisi air dengan tekanan yang cukup) sehingga dapat dipergunakan dengan seketika jika diperlukan. Jika air ini dipergunakan, yang akan menyebabkan tekanannya segera berkurang, maka secara otomatis akan menjalankan pompa pemadam kebakaran sehingga penyediaan air pemadam kebakaran dapat berlangsung kontinu.

Untuk menjaga agar penyaluran air pemadam kebakaran tetap lancar walaupun listrik gedung padam atau dipadamkan ketika terjadi kebakaran, dipasang pula pipa air yang dikopel dengan penggerak mula diesel atau motor bensin. Mesin inipun harus secara otomatis berjalan jika tekanan air dalam pipa turun dan listrik padam.

Penyaluran air pemadam kebakaran dilakukan melalui slang (pipa fleksibel), yang pada ujungnya dipasang penyemprot (hose), atau melalui springkler. Pipa fleksibel hose dipasang dalam kotak di beberapa tempat dalam gedung atau diluar gedung, yang sewaktu-waktu dapat disambungkan pada kran, dan bila dibuka dapat segera mengeluarkan air dengan tegangan tinggi.

Springkler adalah terminal-terminal air yang bilka kena suhu yang cukup besar akan terbuka dan dengan demikian secara otomatis menyembrotkan air.

e) Alat-alat Saniter

Alat-alat saniter terdiri wastafel, urinoir, closet, bidet, washbasin, bathtub dan lain-lain, terbuat dari porselen atau logam stainless steel

2.2 INSTALASI PENANGKAL PETIR

Petir adalah salah satu gejala alam dimana arus listrik dengan tegangan tinggi dan arus yang besar mengalir dari kumpulan awan (yang bermuatan listrik) ke atau dari kumpulan awan lainnya atau ke dari bumi (yang bermuatan listrik). Yang dimaksud dengan bumi dapat berupa pohon yang tinggi, lapangan yang luas atau gedung atau bangunan yang cukup tinggi. Sambaran petir pada bangunan atau gedung dapat merusak dan membakarnya.

Untuk mencegah kerusakan akibat sambaran petir gedung atau bangunan yang tinggi dilengkapi dengan penangkal petir atau penyalur petir. Secara logika, gedung atau bangunan yang tinggi akan lebih mudah disambar petir, tetapi pada kenyataannya rumah yang hanya berlantai satu dapat saja disambar petir, malah orang yang berdiri disuatu lapangan terbuka dapat saja disambar petir.

Dengan penangkal petir dimaksudkan mengusahakan agar petir tidak menyambar, sedang penyalur dimaksudkan agar petir yang menyambar disalurkan langsung ke tanah sehingga tidak merusak gedung atau bangunan.

Alat penangkal petir dengan bahan radioaktif beberapa tahun yang lalu dipasarkan oleh beberapa perusahaan dengan keterangan alat tersebut mampu menangkal petir. Alat yang berupa bahan radioaktif tersebut yang setiap saat yang memancarkan sinar radioaktif, dikatakan dapat menetralkan muatan listrik diawan yang dekat.

Alat yang diragukan efektifitasnya dan membahayakan manusia secara resmi telah dilarang dipergunakan oleh BTN (Badan Tenaga Atom Nasional). Alat lainnya yang juga diragukan efektifitasnya yang dipasarkan belakangan ini dikatakan bekerja dengan prinsip secara elektronis membangkitkan muatan listrik pada suatu terminal yang ditempatkan diatas gedung. Muatan listrik ini akan menetralkan muatan listrik di awan.

Penyalur petir yang telah dipergunakan sejak lama dan telah ditetapkan persyaratan teknisnya oleh Departemen Tenaga Kerja adalah menempatkan beberapa spits (tanduk) diatas gedung dan menghubungkannya ke tanah melalui kawat penyalur dan elektrode tanah. Jika terjadi sembaran petir maka arus listrik dari awan akan disalurkan ke tanah melalui sistem penyalur petir ini, sehingga gedung terhindar dari kerusakan.

Salah satu persyaratan dari sistem penyalur petir ini adalah bahwa spits harus cukup tinggi sehingga bagian gedung yang dilindungi berada dalam suatu kerucut dengan sudut puncak 2×56 . Tahanan tanah elektrode harus serendah mungkin (20hm). Dari setiap spits sekurang-kurangnya harus ada saluran turun ke bumi.

2.3 PENGATUR UDARA

Walaupun pengatur udara (Air Conditioner) dapat diartikan mengatur udara panas menjadi sejuk(dingin) dan mengatur udara dingin menjadi hangat, di Indonesia yang dimaksud hanya mengatur udara panas menjadi dingin (sejuk). Pada daerah tertentu dimana terdapat gas yang tidak dikehendaki AC dimaksud pula untuk memberikan tekanan lebih dalam ruang tersebut dibandingkan tekanan diluar dengan maksud mencegah gas tersebut masuk ke dalam ruang.

Prinsip kerja alat pengatur udara adalah sebagai berikut:

Dalam evaporator Refregeran (freon) yang yang berbentuk cair, dikurangi tekanannya (dihisap), sehingga menjadi gas (uap), pada proses penguapan ini diperlukan panas yang akan diambil dari evaporator. Udara dihembuskan melalui evaporator ini sehingga menjadi udara dingin dan kemudian dialirkan kedalam ruangan.

Selain mendinginkan udara, evaporator dapat pula dipergunakan untuk mendinginkan air, dan air yang cukup dingin ini kemudian dialirkan ke fan coil. Fan coil merupakan heat exchanger antara air dan udara yang mendinginkan ruangan. Refregeran kemudian dimampatkan oleh kompresor menjadi cair kembali, dan pada waktu pencair akan mengeluarkan panas. Panas yang timbul dalam kompresor didinginkan oleh sebuah fan.

Jenis Pengatur Udara

Sekarang terdapat beberapa jenis Pengatur Udara, yaitu:

- a. Jenis Window, dimana seluruh peralatan yang terdiri dari kondensor, evaporator dan kompresor dipasang dalam satu kotak. Dua buah fan (kipas) yang meniupkan udara sejuk mendinginkan kompresor biasanya dijalankan oleh sebuah motor.
- b. Jenis Splits, dimana kompresor diletakkan diluar bangunan dan evaporator diletakkan didalam bangunan. Keuntungannya adalah tidak berisik, karena

kompresor diletakkan diluar. Selain itu terdapat jenis multi splits dimana dari sebuah kompresor dipasang beberapa evaporator di beberapa ruangan.

- c. Jenis Terpadu (Pacckage), dimana kompresor dan evaporator ditempatkan didalam satu kotak di dalam ruangan yang akan didinginkan, sedang kondensor dipasang terpisah diluar ruangan.
- d. Jenis Terpusat (Central), dimana kompresor, evaporator dan kondensor dipasang disuatu ruang khusus, dan pendinginan ruang dilakukan melalui pendinginan air (water chilled). Air setelah didinginkan dialirkan ke ruang-ruang yang akan didinginkan (melalui fan coil) dan udara dihembuskan kedalam ruang-ruang melalui fan coil.

Fan dapat diatur kecepatannya sehingga pendinginan dapat diatur.

Termostat akan mengatur hidupnya fan sesuai dengan suhu yang diinginkan.

2.4 ALARM KEBAKARAN

Gedung bertingkat dilengkapi dengan sistem alarm kebakaran (fire alarm). Maksud dipasangnya perangkat alarm ini adalah untuk mendeteksi bilamana terjadi awal kebakaran.

Suatu sistem alarm gedung terdiri dari;

1. Peralatan sensor (ditaktor) terhadap suhu tinggi dan kenaikan suhu dan asap tebal
2. Panel kontrol dan display
3. Alarm berupa (bunyi dan lampu)
4. Tombol darurat yang dipasang di beberapa tempat

Pada tempat yang dianggap rawan dipasang perasa (contector) yang dapat mendeteksi jika tempat tersebut suhunya naik diatas suhu tertentu, atau jika ditempat tersebut terdapat asap yang berlebihan.

Detektor kemudian akan membunyikan alarm, dan pada panel kontrol dapat diketahui tempat (lokasi) detektor yang bekerja. Dengan demikian, akan cepat dapat diketahui jika terjadi awal kebakaran, sehingga dapt dilakukan penanggulangan secepat dan setepat mungkin.

Perangkat alarm kebakaran ini harus tetap dapat bekerja walaupun listrik padam atau dipadamkan, oleh karena itu perangkat ini selain mendapat catu daya dari sumber utama harus pula dihubungkan ke catu daya darurat atau mempunyai catu daya darurat sendiri.

Pada beberapa tempat dipasang tombol darurat yang jika perlu jika sewaktu-waktu terjadi kebakaran, dapat ditekan dan akan membunyikan alarm.

2.5 INSTALASI PEMADAM KEBAKARAN

Selain perangkat pemadam kebakaran yang telah diterangkan dalam 2.2 gedung dapat pula dilengkapi dengan sistem pemadam kebakaran yang tidak menggunakan air. Sebagai pemadam kebakaran dipergunakan CO₂ (Karbon Dioxide) atau gas halon yang disimpan dalam tabung khusus. Jika zat ini tersebar ditempat kebakaran akan memadamkan api karena akan mendesak zat asam (O₂) yang ada.

Sistem ini digunakan diruangan yang berisi peratan atau barang yang anti air, seperti ruang arsip, perpustakaan, yang berisi arang elektronika dan lain-lain, tetapi dapat membahayakan orang karena kekurangan oksigen untuk bernafas. Selain itu, di beberapa tempat dipasang juga tabung portabel berisi zat pemadam gas atau cair.

Perangkat yang sangat sederhana adalah menggunakan pasir yang ditempatkan kedalam bak pasir.

2.6 INSTALASI TELEKOMUNIKASI

Instalasi telekomunikasi suatu gedung terutama adalah telepon. Suatu perangkat instalasi telepon terdiri dari sebuah pusat pengatur (sentral), meja operator, catu daya (power supply), dan beberapa pesawat telepon.

Kapasitas pusat pengatur (PABX), ditentukan oleh kemampuan berapa pesawat dapat dihubungkan dari luar (sambungan dari Perum Telekomunikasi) dan beberapa pesawat interen. Operator melayani pemakai telepon untuk mendapat sambungan ke luar, dan menyambungkan permintaan dari luar ke pemakai telepon. Untuk mengoperasikan seluruh perangkat

telepon diperlukan catu daya yang dilengkapi dengan batere (aki) sehingga dapat tetap berfungsi walaupun tenaga listrik utama padam.

Selain telepon, terdapat pula jenis interkom yang hanya dapat dipergunakan komunikasi interen.

2.7 INSTALASI SISTEM SUARA (SOUND SISSTEM)

Gedung yang penggunaannya untuk umum biasanya dilengkapi dengan sound system, seperti yang dipasang di hotel, supermarket, bandara, stasiun, Kantor, dan lain-lain. Perangkat ini selain memberi kesenangan kepada umum untuk mendengar musik juga dipergunakan untuk memberikan pengumuman rutin biasa dan pengumuman darurat bila terjadi keadaan luar biasa. Perangkat ini terdiri dari penguat suara (amplifier), tape recorder, dan loudspeaker di beberapa tempat.

2.8 LIFT dan ESKALATOR

Gedung yang berlantai banyak, seyogyanya dilengkapi dengan lift, dan bila keadaannya ramai dilengkapi juga dengan eskalator.

2.9 APENDIKS 1- TEORI DASAR LISTRIK

Tegangan listrik terdiri dari 2 jenis, yaitu Tegangan Arus Searah (AC) dan Tegangan Arus Bolak-Balik. Arus searah misalnya terdapat pada Rel Kereta Listrik (KRL) Jakarta-Bogor yang menggunakan tegangan arus searah 5000 Volt, pada sistem listrik untuk mobil yang menggunakan arus searah 12 volt (dahulu juga ada mobil yang menggunakan arus searah 6 volt). Sekarang walaupun pada mobil digunakan arus searah, untuk pembangkitnya (generator atau yang populer dengan nama dinamo amper) banyak digunakan generator arus bolak-balik, kemudian merubahnya dengan penyalah arus menjadi arus searah 12 volt.

Untuk pengasut (starting) pada diesel – gen set biasanya dipergunakan tegangan arus searah 24 volt, sedang untuk catu daya sistem telepon dipergunakan tegangan arus searah 60volt. Transmisi daya listrik di beberapa negara menggunakan tegangan arus searah seperti terdapat di Kanada, negara

Skandinavia dan lain-lain. Selain itu pada sebelum tahun 60an untuk kapal air digunakan juga arus searah, sedang sekarang sudah banyak memakai arus bolak-balik

Oleh karena itu arus bolak-balik dalam banyak hal lebih menguntungkan, maka pemakaiannya lebih banyak daripada arus searah. Selanjutnya, arus bolak balik terdiri pula dari sistem satu fasa dari sistem 3 fasa.

Satuan pada Sistem Arus Bolak-Balik

Satuan yang dipergunakan pada ilmu listrik, khususnya untuk sistem arus bolak balik adalah sebagai berikut:

No	Nama	Satuan	Lambang
1	Tegangan	Volt, kilovolt	V
2	Arus	Amper	A
3	Frekuensi	Hertz	f
4	Resistensi (tahanan)	Ohm	R
5	Induktansi	Henry	H
6	Kapasitansi	Farad	F
7	Daya aktif Daya semu Daya Reaktif/Kapasitif	Watt Voltamper Voltamperreaktans	W, kW VA, kVA VAR, kVAR
8	Energi	Wattjam	wH , kWh
9	Sudut Fasa	-	

Hukum Dasar Dalam Teknik Arus Searah

Pada sistem arus searah biasanya hanya dipergunakan 2 terminal (kawat), yaitu P dan N (Positif dan Negatif), disamping sebuah terminal pengaman (pentahanan), Besaran tegangan maupun arus adalah besaran skalar, dan hubungan antara tegangan dan arus adalah:

$$V = I \times R$$

Dimana:

V = tegangan

I = arus

R = tahanan (resistans)

Menghitung Beban dan Arus dalam Teknik Arus Bolak-Balik

Pada sistem listrik arus bolak balik tiga fasa 220/380 volt ada 4 terminal (kawat), yaitu R, S, T dan N disamping sebuah terminal pengaman (pentahanan).

Besaran tegangan pada sistem ini adalah besaran vektor (bukan skalar), yang besarnya antar terminal adalah sebagai berikut:

- Tegangan Fasa-Netral (V_{fn})
 - R-N – 220 volt
 - S-N – 220 volt
 - T-N – 220 volt
- Tegangan Fasa-Fasa (V_{ff})
 - R-S – 380 volt ($220 \times \sqrt{3}$)
 - R-T – 380 volt ($220 \times \sqrt{3}$)
 - S-T – 380 volt ($220 \times \sqrt{3}$)

Beban listrik umumnya terdiri dari 3 jenis yaitu beban resistif, beban reaktif dan beban kapasitif, atau gabungan antara ketiga jenis beban tersebut.

Beban resistif terdiri dari melulu tahanan yang menghasilkan panas, seperti lampu pijar, kompor listrik dan alat pemanas listrik lainnya.

Dalam beban resistif, sistem stu fasa berlaku rumus-rumus sebagai berikut:

$$V = I \times R \quad (\text{Volt})$$

$$W = I^2 \times R \quad (\text{Volt})$$

$$W = \frac{V^2}{R} \quad (\text{Watt})$$

$$WH = W \times t \quad (\text{Watt-detik}) \quad (\text{t-waktu})$$

Pada sistem 3 fasa bebannya merupakan penjumlahan beban masing-masing fasa, dan jika beban masing-masing fasa sama (seimbang), maka jumlahnya menjadi 3 x beban satu fasa, jadi:

$$W_1 = V_1 \times I_1$$

$$W_2 = V_2 \times I_2$$

$$W_3 = V_3 \times I_3$$

$$W = V_1 \times I_1 + V_2 \times I_2 + V_3 \times I_3$$

Jika beban seimbang, maka $V_1 = V_2 = V_3 = Vf$ Dan $I_1 = I_2 = I_3 = I$, maka:

$$W = 3 Vf \times I$$

Selanjutnya jika 3 diuraikan menjadi $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ maka:

$$\begin{aligned} W &= \sqrt{3} \times \sqrt{3} \times Vf \times I \\ &= \sqrt{3} \times (Vf \times \sqrt{3}) \times I \end{aligned}$$

Seperti telah diterangkan diatas, maka $(Vf \times \sqrt{3})$ = tegangan fasa (Vff) jadi:

$$W = \sqrt{3} \times Vff \times I$$

Untuk beban induktif dan kapasitif dimana terdapat perbedaan fasa antara arus dan tegangan, sehingga faktor daya tidak sama dengan satu, maka harus dikalikan lagi dengan $\cos Q$, sehingga:

$$W = \sqrt{3} \times Vf \times I \times \cos Q$$

Jika suatu kumparan diberi tegangan arus bolak balik maka kumparan tersebut akan memberikan tahanan induktif yang besarnya:

$$Xl = 2\pi f L$$

Xl = tahanan induktif (Ω)

f = frekuensi (Hz)

L = induktansi kumparan (H)

Beban kapasitif dihasilkan oleh beban kapasitor.

Besar tahanan kapasitif adalah:

$$Xc = \frac{1}{2\pi f C}$$

Xc = tahanan kapasitif (Ω)

f = frekuensi (Hz)

C = kapasitansi kapasitor (F)

Seperti telah diterangkan suatu beban dapat terdiri dari resistor, kapasitor, induktor atau gabungan.

Suatu beban terdiri dari resistor R dan induktor Xl dapat digabung dalam dua kemungkinan, yaitu digabung secara seri dan digabung secara paralel.

Jika digabung secara seri maka akan didapat suatu tahanan inpedansi sebagai berikut:

$$Z = \sqrt{(R^2 + X^2)}$$

Jika digabung dalam paralel didapat impedansi:

$$Z = \frac{R X}{\sqrt{(R^2 + X^2)}} = \frac{1210 \times 24 \times 20}{\sqrt{(1210)^2 + (24 \times 20)^2}} = 1082 \text{ ohm}$$

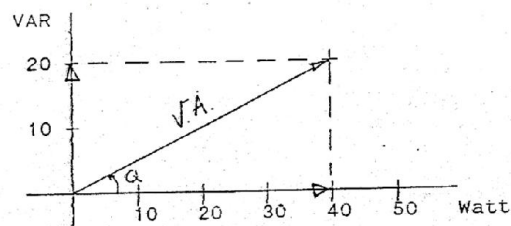
Disini daya semu adalah: $\frac{220^2}{1082} = 44.73 \text{ VA}$

Daya reaktif : $\frac{220^2}{24 \times 20} = 20 \text{ VAR}$

Daya aktif : $\frac{220^2}{1210} = 40 \text{ watt}$

Faktor daya (cos Q) yaitu perbandingan daya aktif dengan daya semu adalah: $22/44,73 = 0.445$

Secara vektor dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2 Perhitungan Vektor

Jadi:

Daya Aktif = Daya semu x Faktor Daya
= VA x cos Q

Daya Reaktif = Daya Semu x Faktor Reaktif
= VA x sin Q

Untuk mempermudah perhitungan didalam praktek beban listrik untuk arus bolak-balik dalam VA atau Kva biasa dijumlahkan secara skalar. Hal ini dapat mendekati kebenaran karena biasanya faktor daya rata-rata sama besar.

Untuk perhitungan yang lebih tepat dan benar harus dihitung secara vektor dimana yang dijumlahkan adalah daya aktif dengan daya aktif dan daya reaktif dengan daya reaktif, kemudian daya semu dihitung dari jumlah daya aktif dan daya reaktif. Contoh soal:

1. Hitunglah jumlah daya semu (VA) dari beban sebagai berikut ini ;
50 buah lampu TL 40 watt dengan faktor daya 0.6

- 30 buah lemari es 100 watt dengan faktor daya 0.7
2. Hitung berapa besar arus seluruh beban tersebut jika dipergunakan sistem satu fasa dan berapa jika dipergunakan sistem 3 fasa

Jawaban (1)

$$\text{Untuk lampu TL } Q_1 = \arccos 0.6 = 60^\circ$$

$$\text{Untuk lemari es } Q_2 = \arccos 0.7 = 50.6^\circ$$

Jumlah daya aktif:

$$\text{TL 40 watt} : 50 \times 40 = 2000 \text{ watt}$$

$$\text{Lemari es} : 30 \times 100 = \underline{3000 \text{ watt}}$$

$$\text{Jumlah} : 5000 \text{ watt}$$

Jumlah daya reaktif

$$\text{TL 40 watt} : 50 \times 40 \times \text{tg } 53^\circ = 2520 \text{ VAR}$$

$$\text{Lemari es} : 30 \times 100 \times \text{tg } 50.6^\circ = \underline{1500 \text{ VAR}}$$

$$\text{Jumlah} = 4020 \text{ VAR}$$

$$\text{Daya semu} = \sqrt{(5000)^2 + (4020)^2} = \underline{6415 \text{ VA}}$$

$$\text{Faktor daya gabungan menjadi} : \cos Q = \frac{5000}{6415}$$

$$Q = 0.779$$

Jika daya semu dijumlahkan secara skalar akan diperoleh sebagai berikut:

Daya semu:

$$50 \text{ buah TL 40 watt} : 50 \times 40 \times 1/\cos 60^\circ = 3402 \text{ VA}$$

$$30 \text{ buah lemari es 100 watt} : 30 \times 100 \times 1/\cos 50.6^\circ = 4283 \text{ VA}$$

$$\text{Jumlah daya semu} : 3402 + 4283 = 7685 \text{ VA}$$

$$\text{Jadi terdapat selisih} : \text{VA.}$$

Untuk sistem satu fasa maka:

$$\text{VA} = V \times I \times \cos Q$$

$$6244 = 220 \text{ I} \times \cos 41^\circ$$

$$\text{I} = 35.5 \text{ Ampere}$$

Untuk sistem 3 fasa maka:

$$VA = \sqrt{3} V I \cos Q$$

$$6244 = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot I \cdot \cos 41^\circ$$

$$I = 20.5 \text{ Ampere}$$

2.10 APPENDIKS (2) FAKTOR DAYA

Umumnya, beban listrik dinyatakan dengan watt.

Besarnya beban sebanding dengan besarnya arus (ampere). Jadi misalnya jika suatu setrika listrik yang besar, maka arusnya atau ampernya pun besar. Dalam hal ini watt = ampere x tegangan. Jadi jika besar arus = 3 ampere, dan tegangan 220 volt, maka bebannya = 600 watt. Beban listrik seperti setrika dinamai beban resistif, dimana arus listrik sebanding dengan watt. Selain beban resistif, ada pula beban kapasitif dan beban induktif, dimana besar arus tidak hanya bergantung dari besar wattnya. Sebuah lampu TL sebesar 40 watt pada tegangan 220 volt misalnya mengalirkan arus 0.23 ampere. Jadi disini ampere x volt = 0.23 ampere x 220 volt = 50 VA jadi lebih besar dari 40 watt. Perbandingan watt dengan VA dinamai faktor kerja atau cos Q, jadi dalam hal lampu TL ini faktor kerja = 40:50 = 0.8. Dikatakan lampu TL ini adalah beban induktif. Jika kita ambil lampu TL 40 watt lain yang mempunyai kualitas yang jelek maka mungkin saja arusnya lebih besar, misalnya 0.46 ampere. Jadi disini ampere x volt = 0.46 ampere x 220 volt = 100 VA, dan faktor kerja = 40:100 = 0.4.

Faktor kerja yang rendah sangat merugikan, karena untuk suatu watt diperlukan ampere yang besar.

Daftar dibawah ini adalah besar kapasitor yang perlu dipasang pada lampu TL 20 watt dan 40 watt.

Pemilihan Kapasitor untuk Lampu TL

watt (TL)	Kapasitor dalam mikrofarad	
	127 volt	220 volt
1 x 10	4,5	3,25
1 x 15	4,5	3,25
1 x 20	4,5	4,5
1 x 30	4,5	3,25
1 x 40	7,5	3,25
2 x 20	9,0	7,5
2 x 40	15,0	9,0
1 x 65	-	7,5

Catatan : kapasitas tersebut diatas berlaku untuk bermacam-macam kualitas balast TL yang faktor kerjanya 0.34 sampai 0.58 dan akan diperbaiki menjadi 0,8 sampai 0,99

Untuk beban motor ternyata faktor kerjanya pun rendah, karena bebannya juga induktif.

Dibawah ini adalah daftar kapasitas kapasitor yang perlu dipasang pada motor satu fasa.

Pemilihan Kapasitor untuk Motor Satu Fasa

Motor (PK)	Kapasitor dalam microfarad	
	127 volt	220 volt
0,25	50	14
0,50	100	28
0,75	160	40
1,00	200	50
1,50	300	75
2,00	400	100
2,50	500	125

Catatan: setiap kW pada tegangan 220 volt memerlukan kira-kira 70 mikrofarad. Sedangkan untuk tegangan 127 volt memerlukan kira-kira 4 x lebih besar.

Kapasitas kapasitor selain dinyatakan dalam farad atau mikrofarad, juga dinyatakan dalam VAR atau Kvar. Besaran farad suatu kapasitor adalah tetap (permanent). Sedangkan besaran VAR tergantung pada besar tegangan yang dipergunakan. Bagaimana hubungan sistematis antara farad dan VAR adalah berbanding lurus dengan frekuensi dan berbanding lurus dengan kuadrat tegangan yang dinyatakan dalam rumus dibawah ini:

$$\text{VAR} = 2 \pi f C V^2$$

Jadi, semakin besar tegangan yang dipergunakan, semakin bbesar pula VAR yang diperoleh, tetapi perlu diperhatikan bahwa kapasitor mempunyai tegangan kerja tertentu, artinya tegangan tidak dapat dinaikkan sekehendak kita, melainkan mempunyai batas maksimum. Sebaliknya, jika dipasang pada tegangan yang lebih rendah VAR yang dihasilkan akan berkurang sebanding dengan kuadrat tegangannya.

Sebagai contoh suatu kapasitor sebesar 7.5 mikrofarad pada tegangan 220, frekuensi 50 Hertz akan menghasilkan daya semu sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Daya semu} &= 2 \pi . f . C . V^2 \\ &= 2 \times 3.14 \times 50 \times 7.5 \times 10^{-6} \times 220 \times 220 \\ &= 114 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Jika dipasang pada tegangan 110 volt daya semunya menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Daya semu} &= 2 \times 3.14 \times 50 \times 7.5 \times 10^{-6} \times 110 \times 110 \\ &= 28.5 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Untuk melengkapi keperluan kapasitor pada motor 3 fasa dibawah ini diberikan daftar pemilihan kapasitor pada motor 3 fasa.

Pemilihan Kapasitor pada Motor 3 Fasa

Besar Motor (kW)	Kapasitor (kVA)
5,0 – 5,9	2,5
6,0 – 7,9	3,0
8,0 – 10,9	4,0
11,0 – 13,9	5,0
14,0 – 17,9	6,0
18,0 – 21,9	7,5
22,0 – 29,9	10,0

Catatan : Motor 3 fasa yang lebih kecil dari 5 kW memerlukan kapasitor kira-kira 5% dari kW motor, sedang yang lebih besar dari 30 kw memerlukan kira-kira 35% dari kW motor.

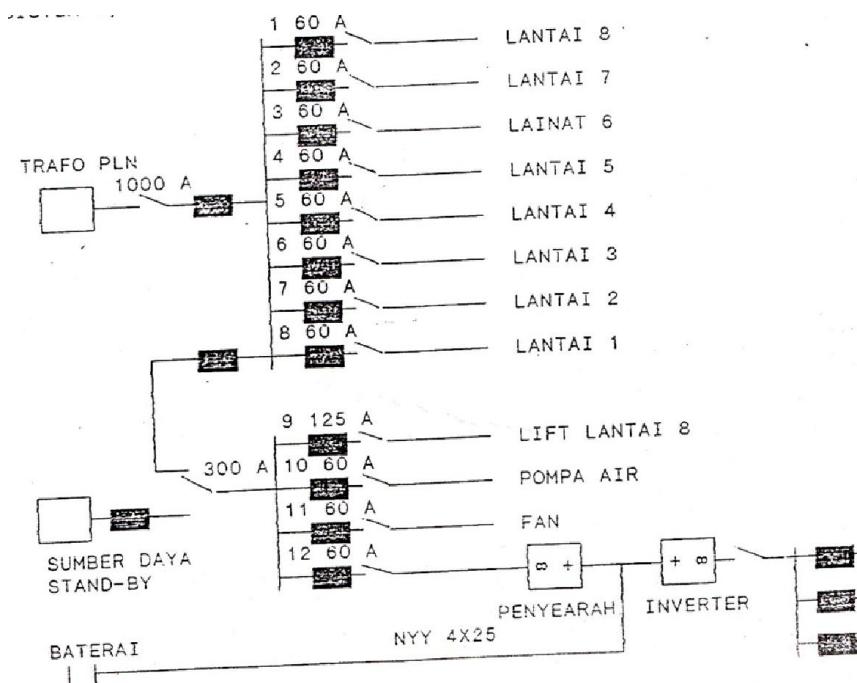
2.11 APENDIKS (3) – BEBERAPA RANGKAIAN PANEL UTAMA

Panel utama adalah pusat pengaturan beban listrik seluruh gedung, jadi disinilah suplai keseluruhan beban dilakukan, dan melalui panel inilah seluruh daya listrik masuk. Pada prinsipnya ada tiga jenis panel menurut fungsi yaitu:

1. Sistem di mana ketika sumber utama padam, hanya sebagai beban yang dapat di catu dari sumber daya pengganti
2. Sistem di mana ketika sumber utama padam, seluruh beban dapat dicatu dari sumber pengganti
3. Sistem di mana catu beban dapat dipindahkan setiap waktu dari sumber daya utama ke sumber daya pengganti dan sebaliknya. Jadi dalam hal ini kedua sumber daya dapat bersama – sama beroperasi.

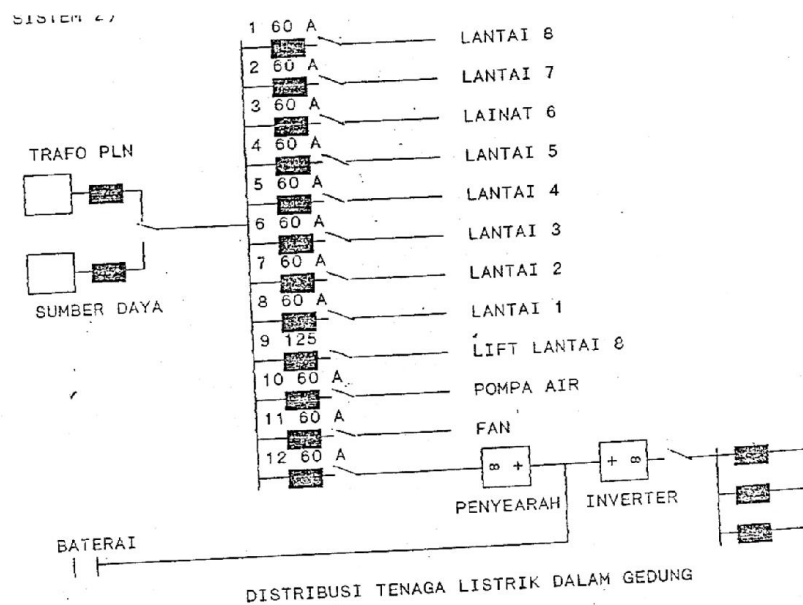
Sistem 3 adalah lebih baik dan lebih fleksibel dari pada sistem 2. Demikian pula sistem 2 lebih baik dan lebih efisien dari sistem 1. Sebaliknya biaya terhadap sistem tersebut sangat mahal.

Sistem 1

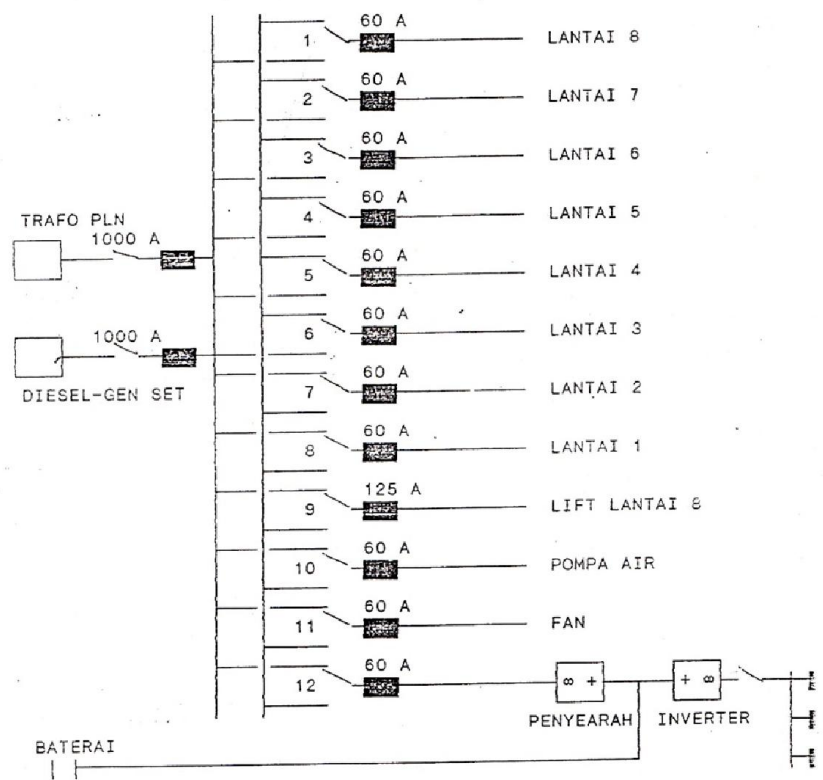


Gambar 3 Rangkaian panel utama dalam gedung dengan sistem 1

Sistem 2:



Gambar 4 Rangkaian panel utama dalam gedung dengan sistem 2



Sistem 3:

Gambar 5 Rangkain panel utama dalam gedung dengan sistem 3

2.12 APENDIKS (4) – KABEL

Yang dimaksud dengan kabel (khususnya dalam teknik instalasi adalah rakitan satu penghantar atau lebih, baik penghantar pejal ataupun pintalan, masing-masing dilindungi dengan isolasi, dan keseluruhannya dilengkapi dengan selubung pelindung bersama. (Definisi).

Kabel terdiri dari 2 bagian penting, yaitu penghantar dan isolasi dan pelindung.

Penghantar adalah inti kabel, berupa konduktor yang umumnya berupa logam, berfungsi menyalurkan arus listrik (daya listrik atau sinyal listrik), sedang isolasi berfungsi sebagai isolasi antar fasa dengan fasa dan dengan netral dan bumi, dan logam berfungsi sebagai pelindung listrik, mekanis atau magnetis.

Bahan penghantar (konduktor) umumnya tembaga (ρ pada $0^\circ\text{C} = 0.0179$), dan aluminium (ρ pada $0^\circ\text{C} = 0.0000$).

Bahan isolasi kabel adalah:

Kertas, karet, plastik (PVC), XLPE (Cross Link Polyethelene), PE, dan mineral.

Bahan pelindung terdiri dari besi berlapis seng, tembaga, atau aluminium.

Menurut isolasinya, kabel terbagi dalam:

- Penghantar telanjang (bbare), misalnya kawat, tembaga, kawat aluminium
- Kabel berisolasi tunggal, yang hanya mempunyai satu lapis isolasi, dan tidak mempunyai pelindung mekanis, misalnya NYA, NGA.
- Kabel berisolasi ganda, yang isolasinya ganda (dua lapis atau dobel), dan terkadang mempunyai lapisan pelindung mekanis, misalnya NYM, NYY, NYFGbY

Ukuran inti kabel

Menurut standard ukuran inti kabel dalam mm^2 adalah:

0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 4, 6, 10, 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300, 400, 500

Seperti telah diterangkan di atas inti kabel dapat pejal dan dapat pula pintalan (stranded), sedang jumlah inti dapat satu, dua, tiga, empat, Lima. Untuk kabel kontrol dan sinyal (teelpon) intinya dapat lebih dari Lima.

Kuat Hantar Arus (KHA) Kabel

Kuat hantar arus penghantar telanjang dibatasi oleh menjadi panasnya inti kabel melebihi suhu tertentu yang dapat menyebabkan kabel melebur dan akhirnya terputus, sedang pada kabel terutama dibatasi oleh kekuatan isolasi menahan suhu.

Jadi KHA kabel tergantung dari isolasi yang dipergunakan apakah kertas, karet, PVC, XLPE, PE, atau mineral.

Agar kabel tidak dibebani arus yang berlebihan perlu diamankan dengan pembatas arus berupa pengaman lebur atau pemutus tenaga (PMT). Besar pengaman kabel tergantung dari KHA nya masing-masing, dimana tergantung dari jenis kabel, cara pemasangan dan tegangan kerjanya.

Pada tabel 710 dalam PUIL 1987 dicantumkan KHA dari bermacam-macam jenis kabel. Secara praktis dapat dipergunakan daftar dibawah ini.

Pembatas arus pada kabel

Ukuran (mm ²)	Kuat Hantar Arus (Amper)	Pembatas Maksimum (Ampere)NYA
.5	2.5 -	2
.75	7.0 -	4
1.0	11 -	6
1.5	15 – 33	16
2.5	20 – 45	20
4	25 – 58	25
6	33 – 74	35
10	45 – 98	50
16	61 – 129	60
25	83 – 169	80
35	103 - 209	100
50	132 – 249	125
70	165 – 312	160
95	197 – 374	200
120	235 – 427	250

150	390 – 481	300
185	445 – 552	355
240	525 – 641	425
300	605 – 730	500
400	725 – 854	600
500	825 – 1000	700

Catatan: KHA minimum adalah untuk kabel berisolasi tunggal, sedang KHA maksimum adalah untuk kabel berisolasi ganda di tanah.

Salah satu parameter kabel yang penting lainnya adalah resistansinya (tahanannya) dan impedansinya.

Daftar di bawah ini adalah resistansi dan impedansi kabel pada suhu kerja 30° Celsius, dimana tercantum pula panjang maksimum kabel agar rugi tegangan tidak melebihi 2%

2.13 APENDIKS (5) – PANEL PENERANGAN

Pada panel penerangan biasanya digabung pula rangkaian beban lainnya seperti rangkaian stopkontak (KKB), rangkaian kotak kontak khusus (KKK) untuk AC, dan beban kecil lainnya seperti pompa air, fan (exhauster).

Untuk rangkaian penerangan perlu pula diperhatikan pasal 411 mengenai jumlah titik beban maksimum dan pengaman rangkaian maksimum, dan bahwa oleh karena rating sakelar dinding hanya 10 amper, dan stop kontak (kotak kontak) umumnya hanya 16 amper, maka pengamannya tidak boleh lebih besar dari 10 dan 16 amper. Lihat pasal 722 Puil 1987.

Contoh soal:

Pada suatu gedung terdapat 57 buah lampu TL 2x40 watt, 40 buah kotak kontak biasa (KKB) dan 9 buah AC 2 PK (AC 2 PK dihitung 2000 watt). AC disambung bersama lampu dan stopkontak dari panel yang sama. Rencanakan panel penerangan untuk lantai tersebut KKB: 200 watt

Jawaban:

		R	S	T
Cu 12x2 mm ²	1 10 A 10 TL 2x40 W / NYM 2x1.5 mm ²	800		
	2 10 A 10 TL 2x40 W / NYM 2x1.5 mm ²		800	
	3 10 A 10 TL 2x40 W / NYM 2x1.5 mm ²			800
	4 10 A 9 TL 2x40 W / NYM 2x1.5 mm ²	720		
	5 10 A 9 TL 2x40 W / NYM 2x1.5 mm ²		720	
	6 10 A 9 TL 2x40 W / NYM 2x1.5 mm ²			720
NYM 4x16 63 A	7 16 A 14 KKB 200 W / NYM 3x2.5 mm ²	2800		
	8 16 A 13 KKB 200 W / NYM 3x2.5 mm ²		2600	
	9 16 A 13 KKB 200 W / NYM 3x2.5 mm ²			2600
	10 16 A 1 AC 2000 W / NYM 3x2.5 mm ²	2000		
	11 16 A 1 AC 2000 W / NYM 3x2.5 mm ²		2000	
	12 16 A 1 AC 2000 W / NYM 3x2.5 mm ²			2000
	13 16 A 1 AC 2000 W / NYM 3x2.5 mm ²	2000		
	14 16 A 1 AC 2000 W / NYM 3x2.5 mm ²		2000	
	15 16 A 1 AC 2000 W / NYM 3x2.5 mm ²			2000
	16 16 A 1 AC 2000 W / NYM 3x2.5 mm ²	2000		
	17 16 A 1 AC 2000 W / NYM 3x2.5 mm ²		2000	
	18 16 A 1 AC 2000 W / NYM 3x2.5 mm ²			2000
	19 16 A Cadangan			
	20 16 A Cadangan			
	21 16 A Cadangan			
Jumlah		4320	4120	4120
		12760		

Gambar 6 panel penerangan

57 lampu TL 2x40 watt kita bagi menjadi 6 rangkaian, dimana 3 rangkaian berisi 10 buah lampu, dan 3 rangkaian 9 buah lampu. 40 buah KKB dibagi 3 rangkaian dimana satu rangkaian berisi 14 buah KKB, dan 2 rangkaian 13 buah rangkaian.

9 buah AC menggunakan 9 buah rangkaian.

Dengan demikian diperlukan (6+3+9 = 18 buah rangkaian, dan dengan 3 buah cadangan menjadi 21 rangkaian).

Rangkaian lampu (rangkaian 1 s/d 6), menggunakan kabel NYM 2 x 1.5 mm² dengan pengaman lebur 10 amper.

Rangkaian KKB (rangkaian 7 s/d 9), menggunakan kabel NYM 3 x 2.5 mm², dengan pengaman lebur 16 amper.

Rangkaian AC di mana dipergunakan KKK (rangkaian 10 s/d 18), menggunakan NMY 3 x 2.5 mm², dengan pengaman lebur 16 amper.

Rangkaian 19 s/d 21 merupakan cadangan untuk perluasan dikemudian hari.

Jumlah beban pada fasa R, S dan T berturut-turut 10320 W, 10120 W dan 10120 W, sehingga berjumlah 30560 W.

Dengan faktor daya 0.7 dan faktor beban 0.6 akan diperoleh beban kebutuhan maksimum:

$$\frac{0.8}{0.7} \times 30\,560 \text{ (VA)} = 34925 \text{ VA}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah arus beban} &= \frac{34925}{660} \\ &= 52.9 \text{ A} \end{aligned}$$

Atau dibulatkan = 63 A

2.14 APENDIKS (6) – ARUS HUBUNG PENDEK

Jika terjadi hubung pendek (short circuit) di rangkaian distribusi maupun rangkaian beban, akan mengalir arus hubung pendek yang sangat besar yang dapat menyebabkan terbakarnya kabel atau peralatan listrik yang dipergunakan.

Pemutus beban yang berupa MCB (Miniature Circuit Breaker) atau MCCB (Molded Case Circuit Breaker) atau pengaman lebur (Zekering, Fuse), harus dapat memutuskan arus hubung singkat tersebut secepat-cepatnya dengan aman tanpa merusak pemutus tersebut sendiri, sebelum arus hubung singkat tersebut sempat membakar kabel atau peralatan listrik yang terpasang lainnya.

Nilai arus hubung pendek semakin besar semakin ke hulu.

Pada contoh di bawah ini arus hubung pendek di (1) atau di rel tegangan menengah PLN (diperkirakan) sebesar 16 kA, sedangkan di (2), di (3) dan di (4) akan semakin kecil karena telah melalui resistansi atau impedansi trafo dan kabel. Arus hubung pendek di (2), (3) dan (4) dapat dihitung jika impedansi trafo dan kabel diketahui, yang kemudian dapat dipakai untuk menentukan kapasitas hubung singkat pemutus tenaga atau pengaman lebur yang harus dipilih

$$I_{sc} = \frac{1}{Z_{trafo(\%)}} \times \text{impedansi}$$

Soal – Soal Latihan

1. Inti sebuah transformator dibuat berlaminasi dengan maksud untuk :
 - a) Mengurangi biaya
 - b) Mengurangi rugi – rugi tembaga
 - c) Mengurangi rugi – rugi histeris
 - d) Mengurangi rugi – rugi arus edy
2. Rasio transformasi untuk sebuah transformator penurun tegangan adalah 20 : 1. Jika tegangan sisi primer adalah 230 V maka sisi tegangan sisi sekunder adalah :
 - a) 2.3 V
 - b) 11.5 V
 - c) 23 V
 - d) 46 V
3. Sebelum sebuah amperemeter dapat dilepaskan hubungannya dengan sisi sekunder sebuah transformator arus yang terhubung ke beban maka terminal transformator harus :
 - a) Dalam kondisi hubung terbuka
 - b) Dalam kondisi hubung singkat
 - c) Terhubung ke belitan primer
 - d) Terhubung ke tanah
4. Dengan bantuan sketsa, jelaskanlah konstruksi dari :
 - a) Transformasi dua belitan
 - b) Auto – transformator!
5. Jelaskanlah konstruksi dan kegunaan dari transformator tegangan!
6. Jelaskanlah konstruksi dan kegunaan dari transformator arus busbar primer!
7. Gambarkanlah sebuah diagram rangkaian yang menunjukkan hubungan antara sebuah amperemeter dan transformator arus yang digunakan untuk mengukur arus fasa tunggal dari suatu rangkaian arus bolak – balik! Jelaskanlah mengapa belitan sekunder transformator arus tidak boleh dibiarkan terbuka saat transformator terhubung dengan supali!
8. Gambarkanlah sebuah diagram rangkaian yang menunjukkan sebuah voltmeter dan transformator tegangan beban fasa tunggal!
9. Jelaskanlah konstruksi dari transformator minyak, yang intinya terendam dalam minyak!
10. Apakah yang dimaksud dengan pengubahan tap transformator, jelaskan!

3. LAMPU PENERANGAN

Pada jaman dahulu, pekerjaan manusia yang di lakukan dalam ruangan akan bergantung sepenuhnya pada sinar matahari untuk menerangi bagian dalam rumah. Namun pada masa sekarang ini, hamper semua rumah gedung – gedung telah memiliki sistem penerangan listrik yang memadai sehingga kita dapat bekerja dalam ataupun luar ruangan setiap saat baik pada siang maupun malam hari.

Penerangan yang baik dan memadai merupakan salah satu hal yang terpenting yang diperlukan oleh sebuah gedung atau bangunan agar pekerjaan yang berlangsung didalamnya dapat dijalankan secara efisien dan aman. Selain itu, penerangan yang cukup dan baik akan berguna pula untuk menciptakan suasana yang nyaman dan menyenangkan.

Sistem penerangan dapat dirancang dengan menggunakan berbagai jenis luminari dan fitting lampu. Luminari merupakan salah satu istilah modern yang diberikan kepada peralatan yang berfungsi mendukung lampu penerangan serta dapat mengendalikan distribusi cahaya dari lampu penerangan tersebut. lampu – lampu modern saat ini terbuat dari teknologi – teknologi terbaru yang memberikan efek luminasi yang murah dan efisien. Untuk memahami lampu berikut teknologi penerangan yang digunakan pada masa – masa sekarang ini maka terlebih dahulu kita harus mengetahui berupa peristilahan – peristilahan yang umum digunakan dalam bidang ini.

Peristilahan – peristilahan Umum dalam Penerangan

INTENSITAS LUMINASI (I)

Intensitas luminasi adalah daya luminasi sumber cahaya untuk meradiasikan fluks luminasi pada suatu arah tertentu. Satuan untuk intensitas luminasi sesuai dengan SI adlah candela (disingkat cd)

FLUKS LUMINASI (F)

Fluk luminasi adalah aliran cahaya yang diradiasikan dari suatu sumber cahaya. Satuan untuk fluks luminasi sesuai SI adalah lumen dimana satu lumen adalah

fluks cahaya yang diemisikan dalam satu unit sudut, berupa volume dari sebuah kerucut, dari suatu sumber cahaya dengan intensitas satu candela.

LUMINASI (E)

Luminasi merupakan ukuran dari cahaya yang jatuh pada sebuah bidang permukaan. Satuan iluminasi sesuai SI adalah lux (lx) yaitu luminasi yang dihasilkan oleh satu lumen cahaya pada permukaan seluas 1 m^2 .

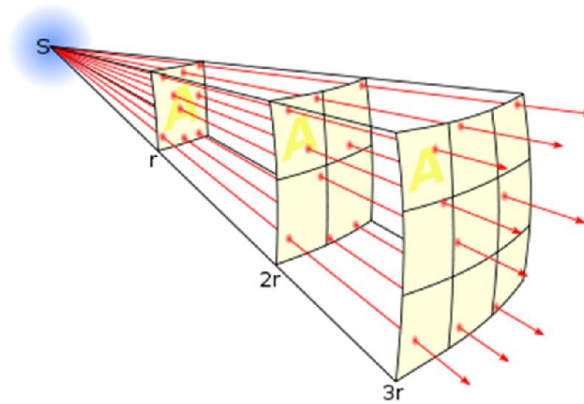
LUMINASI (L)

Luminasi merupakan ukuran dari tingkat terangnya suatu benda atau ukuran dari besarnya cahaya yang dipantulkan oleh sebuah permukaan. Benda – benda yang kita lihat. Penampakkannya akan bervariasi sesuai dengan cahaya yang diemisikan atau dipantulkan oleh benda tersebut ke mata kita.

Satuan luminasi sesuai SI bervariasi dengan jenis permukaannya. Untuk permukaan difusi seperti kertas bercak atau permukaan benda yang bercat putih, satuan luminasi adalah lumen per meter persegi. Sedangkan untuk permukaan – permukaan yang berpelitur misalnya reflector kaca perak, tingkat terangnya permukaan ini dispesifikasikan dalam istilah intensitas cahaya dengan candela per meter persegi.

Hukum – Hukum Iluminasi

Sinar – sinar cahaya yang jatuh pada suatu permukaan dari titik cahaya berjarak d akan mengiluminasi permukaan itu dengan tingkat iluminasi misalkan 1 lux . Jika kemudian jarak d tersebut menjadi dua kali jarak semula, seperti gambar 10.1, maka tingkat iluminasi 1 lux akan jatuh pada permukaan seluas empat persegi satuan luas. Jadi iluminasi dari suatu permukaan akan mengikuti hokum kebalikan kuadrat yaitu:



Gambar 10.1 Hukum kebalikan kuadrat iluminasi

CONTOH 1

Sebuah lampu dengan intensitas luminasi 1000 cd digantung setinggi 2 m diatas meja laboratorium. Hitunglah iluminasi langsung dibawah lampu tersebut.

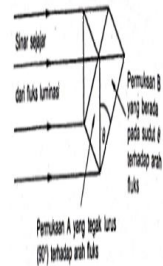
$$E = \frac{I}{d^2} (lx)$$

$$E = \frac{1000 \text{ cd}}{(2\text{m})^2} = 250 \text{ lx}$$

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, iluminasi permukaan A seperti terlihat pada gambar 10.2 adalah mengikuti hukum kebalikan kuadrat iluminasi. Jika kemudian permukaan ini ditiadakan, maka fluks luminasi yang sama akan jatuh pada permukaan miring B. karena sinar – sinar cahaya yang sejajar yang jatuh pada permukaan miring B ini akan disebarakan pada luas permukaan yang lebih besar maka luminasi cahaya akan berkurang dengan factor Θ yaitu:

$$E = \frac{I \cos \theta}{d^2} (lx)$$

Oleh karena kedua permukaan tersebut dihubungkan melalui aturan kosinus persamaan trigonometri maka persamaan ini dikenal pula sebagai hukum kosinus.



Gambar 10.2 Hukum kosinus

Contoh 2

Sebuah lentera jalan memiliki sumber cahaya dengan intensitas 2000 cd dan digantungkan setinggi 4 m dari permukaan jalan. Tentukanlah iluminasi langsung di bawah lentera serta pada titik yang berjarak 3 m di sampingnya!

Perhatikanlah gambar sketsa persoalan di atas berikut ini:

Iluminasi di bawah lentera, E_A , adalah

$$E_A = \frac{l}{d^2} (lx)$$

$$E_A = \frac{2000 \text{ cd}}{[4 \text{ m}]^2} = 125 \text{ lx}$$

Untuk mengetahui iluminasi pada titik di permukaan jalan yang berjarak 3 m di samping lentera maka perlu diketahui jarak antara sumber cahaya dan posisi titik di permukaan jalan tersebut, kita sebut sebagai titik B. untuk menemukan titik B ini dapat digunakan teorema pythagoras yaitu:

$$x (m) = \sqrt{[4 m]^2 + [3 m]^2} = \sqrt{25} m$$

$$X = 5 m$$

$$E_B = \frac{I \cos \theta}{d^2} = (lx) \text{ di mana } \cos \theta = \frac{4}{5}$$

$$E_B = \frac{2000 \times 4}{[5 m]^2 \times 5} = 64 lx$$

Contoh 3

Sebuah lampu peluahan muatan digantungkan setinggi 4 m diatas sebuah meja. Iluminasi pada permukaan meja tepat di bawah lampu adalah 300 lx. Tentukanlah:

- Intensitas luminasi lampu tersebut
- Titik di permukaan meja di mana luminasinya adalah 153.6 lx

Untuk (a)

$$E_A = \frac{l}{d^2} (lx)$$

$$\text{Sehingga } I = E_A \times d^2 (cd)$$

$$I = 300 lx \times 16 m = 4800 cd$$

Untuk (b)

$$E_B = \frac{I}{d^2} \cos \theta (lx)$$

$$E_A = 300 \text{ lux} \quad X \quad E_B = 153.6 \text{ lux}$$

Perhatikanlah gambar sketsa persoalan di atas berikut:

$$d^2 = \frac{I \cos \theta}{E_B} (m^2)$$

$$d^2 = \frac{4800 \text{ cd}}{153.6 \text{ lx}} \times \frac{4 \text{ m}}{d \text{ m}}$$

$$d^3 = 125$$

$$d = \sqrt[3]{125} = 5 \text{ m}$$

Dengan menggunakan teorema pythagoras,

$$x = \sqrt{5^2 - 4^2} = 3 \text{ m}$$

Pengukuran iluminasi

Untuk melakukan pengukuran besarnya iluminasi, tempatkanlah alat ukur iluminasi yang sesuai, yang dikalibrasi pada satuan lux, di atas permukaan yang ingin diukur tingkat iluminasinya. Untuk sistem penerangan yang umum dan bisa digunakan, peganglah alat ukur ini kira – kira 85 cm di atas permukaan datar horizontal.

Lakukanlah pengukuran dengan skala yang tepat dan usahakan agar tidak menghalangi sel – sel foto misalnya dengan bayangan tangan atau tubuh pada saat pengukuran dilakukan. Rekomendasi tingkat iluminasi berbagai jenis instalasi diberikan oleh kode – kode IES (*Illumination Engineer Society* atau Masyarakat Teknik Iluminasi) yang biasanya tercetak dibelakang alat ukur iluminasi. Beberapa contoh yang dapat diberikan ialah seperti tercantum pada table 10.1 berikut ini.

Gambar 10.3 Alat Ukur Iluminasi Tipikal

Tabel 10.1 beberapa contoh tingkat iluminasi

Kegiatan	Lokasi kegiatan dilakukan	Iluminasi (lux)
Melihat	Gudang penyimpanan, tangga dan ruang cuci	100
Perakitan kasar	Bengkel kerja dan garansi	300
Membaca, menulis dan menggambar	Kelas atau kantor	500
Perakitan halus	Ruang perakitan komponen elektronik	1000
Perakitan sangat halus	Ruang pembuatan arloji	3000

Jenis dari kegiatan – kegiatan yang dilakukan di dalam ruangan akan menentukan tingkat iluminasi yang dibutuhkan karena jenis kegiatan yang berbeda akan memerlukan tingkat iluminasi yang berbeda pula. Perakitan Komponen – komponen elektronik di suatu industry akan membutuhkan luminasi yang lebih tinggi dari perakitan komponen – komponen mesin yang dilakukan didalam sebuah generasi karena komponen elektronika berukuran lebih kecil dan dibutuhkan detail –detail halus dalam perakitannya.

Perhitungan iluminasi dengan hukum kebalikan kuadrat yang dijabarkan sebelumnya pada awal – awal Bahasan hanya cocok untuk membuat skema rancangan sistem penerangan dimana tidak terdapat permukaan pantulan yang dapat menghasilkan iluminasi tambahan lain. Metode ini dapat digunakan untuk merancang skema penerangan luar untuk sebuah jembatan, gereja, maupun gedung – gedung public.

Penerangan dalam menghasilkan cahaya yang ditujukan langsung pada permukaan dimana pekerjaan dilakukan. Akan tetapi terdapat pula sumber iluminasi sekunder yang dihasilkan oleh cahaya – cahaya yang dipantulkan dari dinding ataupun langit – langit gedung. Pada saat merancang skema penerangan dalam, metode penerangan yang digunakan akan bergantung pada besarnya fluks total yang dibutuhkan untuk menghasilkan iluminasi tertentu pada suatu tempat di mana pekerjaan dilaksanakan. Metode ini secara umum dikenal sebagai metode lumen.

Berdasarkan metode lumen ini. Formula yang digunakan untuk menentukan jumlah luminari total yang dibutuhkan untuk menghasilkan iluminasi tertentu pada suatu tempat di mana pekerjaan dilaksanakan ialah sebagai berikut:

$$\text{luminari total} = \frac{\text{tingkat iluminasi (lx)} \times \text{luas area (m}^2\text{)}}{\text{lumen keluaran dari masing – masing luminari (lm)} \times \text{UF} \times \text{LLF}}$$

Di mana

- Tingkat iluminasi dipilih setelah mempertimbangkan tingkat iluminasi yang direkomendasikan melalui kode – kode IES.
- Luas area adalah luas area yang diiluminasi dimana pada area inilah pekerjaan – pekerjaan akan dilakukan
- Lumen keluaran dari masing – masing luminari adalah sesuai dengan spesifikasi pabrik yang diberikan atau dapat diperoleh dari table – tabel referensi, misalnya table 10.2
- UF adalah factor utilitas dan
- LLF adalah factor rugi – rugi cahaya

Faktor Utilisasi (UF)

Fluks cahaya yang dapat mencapai bidang datar dimana pekerjaan dilakukan selalu kurang dari lumen keluaran lampu karena sejumlah tertentu cahaya akan diserap oleh berbagai macam tekstur permukaan. Metode ini untuk menghitung besarnya faktor utilisasi dijelaskan pada Memorandum Teknis No.5 Piagam Institusi Teknik Jasa Layanan Gedung (*Chartered Institution of Building Services Engineering*). Selain itu, pada umumnya pabrik-pabrik yang memproduksi alat-alat penerangan akan menerbitkan katalog produk yang memberikan faktor-faktor pada kondisi-kondisi standar. UF diekspresikan sebagai angka yang selalu lebih kecil daripada 1, dimana nilai tipikal untuk gedung-gedung perkantoran modern pada umumnya berkisar 0.9.

Table 10.2 Karakteristik lampu tabung 1500 mm 65 MW dengan pin ganda.

Warna Tabung	Lumen Lampu mula – mula *	Lumen Lampu ↑	Kualitas pengembalian warna	Penampakan warna
Sinar mentari buatan	2600	2100	Sempurna	Sejuk
De luxe natural	2900	2500	Sangat baik	Sedang
De luxe putih hangat	3500	3200	Baik	Hangat
Natural	3700	3400	Baik	Hangat
Sinar mentari	4800	4450	Cukup	Sejuk
Putih hangat	4950	4600	Cukup	Hangat
Putih	5100	4750	Cukup	Hangat
Merah	250*	250	Jelek	Merah

* Lumen lampu mula – mula ialah lumen lampu yang diukur setelah 100 jam pemakaian

↑ Lumen lampu ialah lumen lampu yang diukur setelah 2000 jam pemakaian tabung berwarna di maksudkan hanya untuk pengguna dekoratif

Posisi pelayanan lampu dapat dioperasikan dalam setiap posisi

Usia pemakaian 7500 jam

Efikasi 30 sampai dengan 70 lm/W bergantung pada warna tabung

Faktor Rugi-Rugi Cahaya (LLF)

Cahaya keluaran dari sebuah luminari akan berkurang seiring dengan bertambahnya usia pemakaian karena terjadinya akumulasi debu dan kotoran pada lampu dan fitting. Disamping itu, kondisi dekorasi gedung juga bertambah buruk dengan bertambahnya waktu yang berakibat pada semakin banyaknya fluks cahaya yang diserap oleh dinding dan langit-langit bangunan.

Dari tabel 10.2 dapat dilihat bahwa lumen keluaran dari sebuah lampu akan berkurang seiring dengan bertambahnya waktu. Contohnya, lampu tabung putih akan menghasilkan 4950 lumen setelah 100 jam penggunaan pertamanya dan akan berkurang menjadi 4600 setelah 2000 jam penggunaan.

Rugi-rugi cahaya total akan terdiri atas empat hal utama yaitu:

1. Rugi-rugi cahaya karena depresiasi pengotoran luminari (LDD)
2. Rugi-rugi cahaya karena depresiasi pengotoran ruangan (RDD)
3. Rugi-rugi cahaya karena faktor penggunaan lampu (LFF)
4. Rugi-rugi cahaya karena depresiasi lumen lampu (LLD)

LLF (Light Loss Factor) adalah rugi-rugi total dari keempat rugi-rugi diatas yang umumnya memiliki nilai tipikal berkisar antara 0,8 dan 0,9. Pada saat menggunakan LLF dalam perhitungan dengan metode lumen, kita akan selalu menggunakan lumen lampu awal yang diberikan oleh pabrik karena LLF sendiri telah mempertimbangkan depresi lumen keluaran. Contoh berikut ini akan memberikan gambaran perhitungan mengenai kebutuhan terhadap luminari.

Contoh

Dirancang sebuah sistem penerangan untuk menerangi sebuah bengkel kerja elektronik dengan dimensi 9 m x 8 m x 3 m dengan iluminasi 550 lux. Spesifikasi luminarinya adalah lampu tabung natural 1500 mm 65 W dengan lumen awal sebesar 37000 lumen lihat pada table 10.2. tentukanlah jumlah luminari yang diperlukan untuk instalasi ini jika UF dan LLF masing – masing bernilai 0.9 dan 0.81

luminari total

$$= \frac{E (lx) \times \text{luas area (m}^2\text{)}}{\text{lumen keluaran dari masing – masing luminari (lm)} \times UF \times LLF}$$

$$= \frac{550 \text{ lx} \times 9 \text{ m} \times 8 \text{ m}}{3700 \times 0.9 \times 0.8} = 14.86$$

Jadi diperlukan sebanyak 15 luminari untuk menghasilkan iluminasi 550 lux pada bengkel kerja elektronik ini.

Rasio Sela Jarak Terhadap Ketinggian

Pemasangan iluminari dengan ketinggian yang tepat merupakan salah satu hal yang penting untuk diperhatikan, mengingat kilauan cahaya akan dapat dihasilkan jika fitting lampu diletakkan segaris dengan pandangan mata. Ketinggian yang berlebihan akan berakibat pada pengurangan iluminasi secara tepat, sesuai dengan hukum kebalikan kuadrat iluminasi, serta mempersulit usaha untuk penggantian dan pemeliharaan lampu. Di samping itu tersedianya sela jarak luminari yang tepat juga merupakan hal penting untuk diperhatikan untuk mengingat sela jarak yang terlalu lebar akan berakibat pada jatuhnya nilai iluminasi pada permukaan kerja yang berada tepat di bawah titik tengah dari fitting – fitting yang berdekatan. Iluminasi diantara luminari tidak boleh lebih rendah dari 70% nilai iluminasi pada permukaan yang berada tepat di bawah fitting. Untuk sebagian besar instalasi, rasio sela jarak terhadap ketinggian pemasangan sebesar 1:1 sampai 2:1 diatas permukaan kerja dianggap telah mencukupi di mana ketinggian diatas lantai seperti terlihat pada gambar 10.4 di bawah ini:

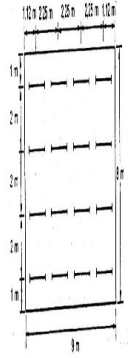
Gambar 10.4 Rasio Sela Jarak Luminari dan ketinggian pemasangannya

Tata Letak Luminari

Untuk menjaga distribusi iluminasi yang merata dari suatu luminari, maka luminari-luminari yang letaknya berdekatan dengan dinding ruangan harus dipasang pada jarak setengah dari jarak sela antar luminari. Ini dilakukan karena sebuah titik di tengah-tengah ruangan menerima fluks luminasi dari dua buah luminari yang berdekatan sementara sebuah titik yang berada didekat dinding hanya akan memperoleh iluminasi dari sebuah luminari.

Dengan memperhatikan kembali contoh sebelumnya yang memperlihatkan bahwa sebuah bengkel kerja elektronik memerlukan luminari sebanyak 15 buah untuk memperoleh tingkat iluminasi yang diinginkan, jika kemudian kita asumsikan rasio sela jarak terhadap ketinggian pemasangan luminari sebesar 1:1 maka tata letak terbaik yang dapat diperoleh dalam empat deretan luminari yang masing-masing deret memiliki empat luminari. Jumlah total luminari adalah 16 sehingga diperlukan sebuah luminari tambahan dari jumlah luminari yang diperoleh melalui perhitungan yaitu 15 luminari. Pengaturan seperti ini masih dapat diterima oleh karena iluminasi total hanya bertambah besar 6% dan tata letak yang diperoleh adalah tata letak yang simetris serta mendekati ketentuan rasio sela jarak terhadap ketinggian pemasangan luminari. Tata letak ini diperlihatkan oleh Gambar 10.5 berikut ini. Seperti terlihat pada Gambar 10.5, luminari untuk penerangan ruangan biasanya disusun secara parallel terhadap sisi dinding yang paling panjang. Selanjutnya pensklaran fitting-fitting dilakukan pada deret-deret yang parallel terhadap dinding yang memiliki jendela untuk sinar masuk matahari. Dengan cara ini, maka bagian belakang ruangan yang terjauh dari jendela, paling gelap, dapat diterangi lebih awal daripada bagian ruangan yang lebih dekat dengan jendela. Jadi, langkah ini juga sekaligus merupakan langkah penghematan penggunaan energy listrik.

Untuk koridor pada umumnya terhadap panjang menghindari pancaran sinar menyilaukan yang berjalan koridor.



ruangan, luminari dipasang parallel koridor untuk terjadinya tabung yang pada orang-orang disepanjang

Ketinggian pemasangan luminari dalam kasus ini adalah tinggi langit – langit ruangan di kurangi tinggi permukaan tempat melakukan kerja $H=3.0 - 0.85 = 2.15$ m

Perbandingan Beberapa Sumber Cahaya

Dalam membandingkan sebuah sumber cahaya terhadap sumber cahaya yang lain, hal yang menjadi perhatian kita pada umumnya adalah kualitas dai reproduksi warna lampu serta efisiensi lampu dalam mengkonversi energy listrik menjadi iluminasi. Kualitas lampu ini umumnya diungkapkan dalam istilah efikasi dan kualitas pengembalian warna.

Efikasi Lampu

Unjuk kerja sebuah lampu dinyatakan sebagai rasio dari jumlah lumen fluks cahaya yang diemisikan terhadap jumlah energy listrik yang digunakan. Jadi, efisiensi diukur dalam besaran lumen/watt dimana semakin besar efisiensi berarti semakin baik unjuk kerja lampu tersebut dalam mengkonversi energi listrik menjadi energy cahaya.

Sebagai contoh, sebuah lampu untuk keperluan umum atau GLS (*general lighting service*) yang dikenal secara luas sebagai lampu pijar akan memiliki efisiensi sekitar 14 lumen/watt sementara sebuah lampu tabung fluoresen yang lebih efisien dalam mengkonversikan energy listrik menjadi cahaya akan memiliki efisiensi sekitar 50 lumen/watt.

Tabe 10.3

Efikasi Lampu

Jenis Lampu	Efikasi (lumen/watt)
pijar	14
halogen	20
TL	45 – 60
Merkuri	38 – 56
Sodium SON	100 – 120
Sodium SOX	61 - 180

Kualitas Pengembalian Warna

Kita mengenal bahwa berbagai jenis material dan permukaan memiliki suatu warna tertentu karena fluks luminasi dengan frekuensi yang berkorespondensi dengan warna tersebut dipantulkan dari permukaan ke mata kita dan kemudian diproses didalam otak. Cahaya berwarna putih terbentuk dari gabungan frekuensi warna merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu. Warna hanya dapat terlihat jika lampu yang memberikan iluminasi menngemisikan cahaya dengan frekuensi tertentu. Kemampuan untuk memperlihatkan warna sesuai dengan warna yang seharusnya tampak pada siang hari merupakan ukuran dari sifat pengembalian warna sumber cahaya.

Lampu GLS

Lampu GLS menghasilkan cahaya sebagai hasil dari efek pemanasan aliran arus listrik. Sebuah kawat tungsten yang sangat halus dililitkan untuk memperoleh lilitan pertama dan kemudian dililitkan kembali untuk membentuk sebuah filamen pijar dari lampu GLS ini. Lilitan ganda kawat tungsten ini akan mengurangi efek pendinginan filament dan meningkatkan cahaya keluaran karena filamen dapat dioperasikan pada suhu yang lebih tinggi. Cahaya keluaran dari lampu GLS ini bervariasi oada daerah spectrum tampak yaitu berkisar antara warnna putih hangat sampai kuning terang dengan klasifikasi kualitas pengembalian warna cukup baik. Efikasi untuk lampu GLS adalah sekitar 14 lumen/watt dengan rentang usia pemakaian 1000 jam.

Lampu filamen yang bentuknya sangat sederhana benar-benar merupakan sebuah sumber cahaya fungsional yang sangat populer penggunaannya. Salah satu factor yang membuatnya sangat populer adalah kemungkinan lampu ini untuk memiliki bentuk-bentuk rancangan gelas lampu yang sangat beraneka ragam dan indah seperti terlihat pada Gambar 10.6 berikut ini.



Gambar 10.6 bentuk lampu General Lighting Service

Karakteristik lampu

Watt	Lumen Lampu
40	380 pada tegangan 230 V
60	660 pada tegangan 230 V
100	660 pada tegangan 230 V
150	2000 pada tegangan 230 V
Posisi penyalaan	Lampu dapat dioperasikan pada semua posisi
Usia pemakaian	1000 jam
Kualitas	14 lm/W
Kualitas pengembalian warna	Cukup baik

Lampu Tungsten Halogen

Pada lampu GLS, suhu kerja filament yang tinggi akan mengakibatkan terjadinya penguatan tungsten pada dinding bola lampu yang terjadi karena arus konveksi. Untuk lampu-lampu yang telah dioperasikan pada waktu yang cukup lama, uap

tungsten ini akan membuat dinding bola lampu menjadi gelap yang berakibat pada berkurangnya cahaya keluaran lampu serta penipisan filamen yang pada akhirnya membuat lampu mati total.

Untuk mengatasi masalah ini, dinding bola lampu dari lampu tungsten halogen biasanya dilapisi dengan salah satu dari gas halogen berikut yaitu iodium, klorin, bromin atau fluorin sehingga dapat terjadi reaksi kimia balik antara filamen tungsten dan gas halogen. Ketika terjadi penguapan tungsten dari filament pijar, beberapa bagiannya akan menyebar ke arah dinding bola lampu. Akan tetapi pada titik dekat bola lampu dimana suhunya mencukupi, tungsten akan berkombinasi dengan gas halogen membentuk tungsten halida. Molekul tungsten halida akan terbawa kembali ke filamen dimana akan terjadi pemisahan kembali molekul-molekul ini, mengembalikan tungsten ke filament dan melepaskan gas halogen untuk siklus reaksi berikutnya. Karena tungsten yang tadinya menguap telah dikembalikan ke filamen, maka proses penghitaman dinding bola lampu dapat dihilangkan sehingga efisiensi lampu yang tinggi dapat dipertahankan sepanjang usia pemakaian.

Untuk dapat mempertahankan siklus halogen dibutuhkan suhu minimum dinding bola lampu sekitar 250°C sehingga sebagai konsekuensi dari hal ini akan diperlukan gelas bola dengan ukuran kecil serta penggunaan tekanan yang lebih tinggi. Penggunaan tekanan yang lebih tinggi ini akan dapat memperpanjang usia pemakaian lampu



Gambar Lampu Tungsten Halogen

Karakteristik lampu

Watt	Lumen Lampu
300	5000 pada tegangan 230 V
500	9500 pada tegangan 230 V
Posisi penyalaan	Lampu di operasikan secara mendatar atau dengan membentuk sudut 4° terhadap posisi mendatar
Usia pemakaian	2000 jam
Efikasi	20 lm/watt
Kualitas pengembalian warna	baik

3.1 LAMPU PELUAHAN MUATAN

Berbeda dengan dua jenis lampu sebelumnya, lampu peluahan muatan tidak menghasilkan cahaya dari filament pijar tetapi melalui proses eksitasi gas atau uap logam yang terkandung didalam gelas selubung lampu. Tegangan yang dikenakan pada dua buah terminal atau elektroda dari ujung-ujung tabung gelas yang didalamnya terkandung gas atau uap logam yang akan menngeksitasi isi tabung dan menhasilkan cahaya secara langsung.

Warna dari cahaya yang dihasilkan bergantung pada jenis gas atau uap logam yang terkandung didalam tabung. Beberapa contohnya adalah sebagai berikut:

Gas	Neon	Merah
	Argon	Hijau/biru
	Hydrogen	Merah muda
	Helium	Kuning gading
	Mercuri	Biru
Uap logam	Sodium	Kuning
	Magnesium	Hijau rumput

Beberapa jenis lampu peluahan muatan yang sering digunakan akan dijelaskan pada poin-poin berikut ini:

Lampu Tabung Fluoresen

Lampu tabung fluoresen, singkatnya lampu fluoresen, adalah lampu dengan tabung busur api lurus yang bagian dalamnya dilapisi bubuk fluoresen, mengandung luasan muatan uap merkuri bertekanan rendah. Oleh pabrik-pabrik pembuatnya, lampu ini diberi tanda MCF. Konstruksi dari lampu fluoresen ini dapat dilihat pada Gambar 10.8, sedangkan karakteristik dari berbagai macam tabung berwarna diberikan oleh Tabel 10.2.[56]

Dengan melewatkan arus pada elektroda-elektroda tabung, maka akan terjadi pemanasan terhadap elektroda-elektroda ini yang akan menghasilkan awan elektron yang mengionisasi gas yang berada disekitar elektroda. Ionisasi ini kemudian menyebarkan sepanjang tabung, menghasilkan sinar ultra violet yang tidak kasat mata serta cahaya berwarna biru. Bubuk fluoresen yang ada di sisi sebelah dalam tabung adalah bahan yang sensitif terhadap sinar ultra violet yang akan mengkonversikan radiasi ini menjadi cahaya tampak. Bubuk fluoresen ini dapat dicampur-campur untuk mendapatkan hampir semua jenis warna cahaya yang diinginkan atau warna putih dengan berbagai tingkatan terang. Seperti dapat kita amati dari data-data tersaji pada Tabel 10.2, beberapa campuran memiliki keluaran

Busur Api meradiasikan lebih banyak sinar ultra violet daripada cahaya tampak: hampir sebagian besar cahaya yang dihasilkan lampu tabung fluoresen berasal dari fosfor

Gambar 10.8 Konstruksi Lampu Fluoresen

Cahaya maksimum dalam wilayah spectrum kuning-hijau yang mampu menghasilkan efikasi maksimum tapi memiliki kualitas pengembalian warna yang kurang baik. Sedangkan beberapa campuran lain memiliki kualitas pengembalian warna yang baik namun lumen keluarannya berkurang. Lampu-lampu fluoresen ini banyak ditemui pada penggunaan pada rumah-rumah tangga, industry, dan sector-sektor komersial. Efikasi untuk lampu fluoresen ini bervariasi 30-60 lumen/watt bergantung pada kualitas pengembalian warna tabungnya.

Lampu Hemat Energi

Lampu hemat energy pada dasarnya merupakan lampu fluoresen dalam bentuk mini yang dirancang sebagai pengganti lampu GLS. Lampu ini tersedia dalam berbagai macam bentuk dan ukuran sehingga dapat dipasang pada fitting- fitting lampu yang telah ada. Gambar 10.9 memperlihatkan tiga jenis lampu hemat energy tipikal yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Lampu hemat energy yang berbentuk batang akan menghasilkan cahaya radial sementara yang berbentuk D ganda datar akan memberikan cahaya keluaran dalam arah ke bawah dan ke atas.

Lampu hemat energy menggunakan daya listrik secara lebih efisien di banding lampu GLS yang ekuivalen. Sebagai contoh, sebuah lampu hemat energy 20 watt akan memberikan cahaya keluaran yang sama dengan sebuah lampu GLS berdaya 100 watt. Sebuah lampu hemat energi 11 watt akan ekuivalen dengan sebuah lampu GLS 60 watt. Selain itu, lampu energy juga memiliki rentang usia pemakaian yang lebih panjang yaitu sekitar 8 kali usia pemakaian lampu GLS. Jadi, lampu ini benar benar merupakan jenis lampu yang menggunakan energy dengan sangat efisien.

Meskipun demikian, harga jual lampu hemat energi ini jauh lebih mahal daripada lampu GLS dan dibutuhkan waktu beberapa menit untuk mendapatkan cahaya lampu yang benar – benar terang sejak lampu ini mulai dinyalakan. Lampu ini tidak dapat dikendalikan dengan saklar pengatur terang – redup lampu

(dimmer) dan tidak cocok untuk digunakan pada sebuah detector otomatis karena lampu – lampu ini biasanya tidak dinyalakan pada waktu yang panjang. Akan tetapi, lampu ini sangat cocok untuk digunakan sebagai lampu pengamanan luar di mana lampu ini dibiarkan hidup untuk beberapa jam saja setiap malamnya.

Kontraktor listrik, dengan berdiskusi dengan pelanggan, harus dapat menentukan keuntungan dan kerugian yang berimbang dan objektif menyangkut penggunaan lampu hemat energy ini pada suatu instalasi dibandingkan dengan penggunaan sumber iluminasi lainnya.



Gambar 10.9 Lampu Hemat Energi

Lampu Uap Merkuri Tekanan Tinggi

Peluahan muatan merkuri tekanan tinggi terjadi pada tabung busur api kaca kuarsa yang terdapat didalam selubung berupa bola lampu kaca yang di sisi dalamnya dilapisi dengan bubuk fluoresen. Lampu ini diklasifikasikan sebagai lampu MBF dan memiliki konstruksi serta karakteristik seperti dijabarkan dalam Gambar 10.10.

Tabung peluahan yang terletak didalam bola lampu mengandung uap merkuri dan sejumlah kecil gas argon untuk membantu proses pengasutan. Elektroda-elektroda utama diposisikan pada kedua ujung tabung sementara sebuah elektroda pengasut dipasang pada posisi yang berdekatan dengan salah satu elektroda utama.

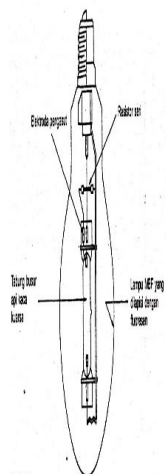
Pada saat suplai listrik diberikan, arus yang mengalir tidak akan cukup untuk menginisiasi terjadinya peluahan muatan diantara kedua elektroda namun ionisasi tetap terjadi diantara elektroda pengasut dan salah satu elektroda utama didalam gas argon. Ionisasi gas argon ini akan menyebar melalui tabung busur api menuju elektroda utama yang lain. Oleh karena kondisi lampu menghangat, akan terjadi penguapan merkuri dan peningkatan tekanan dan akhirnya lampu akan mencapai pancaran sinar terangnya dalam waktu 5 sampai 7 menit berikutnya.

Jika suplai listrik diputuskan, lampu tidak dapat dinyalakan kembali sampai tekanan didalam tabung busur api berkurang. diperlukan kira-kira 5 menit atau lebih agar lampu dapat dihidupkan kembali.

Lampu uap merkuri tekanan tinggi ini banyak kita temui penggunaannya pada instalasi-instalasi industri dan komersial, penerangan jalan, pusat-pusat perbelanjaan, dan untuk lampu mercu suar.

Ciri-ciri Lampu Uap Merkuri Tinggi:

1. *Efficacy* – 50 – 60 lumens/Watt (tidak termasuk dari bagian L)
2. Indeks Perubahan Warna – 3
3. Suhu Warna – Menengah
4. Umur Lampu – 16.000 – 24.000 jam, perawatan lumen buruk
5. Gir pengendali alat *elektroda* ketiga lebih sederhana dan lebih mudah dibuat. Beberapa negara telah menggunakan MBF untuk penerangan jalan dimana lampu kuning SOX dianggap tidak pantas.
6. Tabung pemancar mengandung 100 mg gas *merkuri* dan *argon*. Pembungkusnya adalah pasir kwarsa.
7. Tidak terdapat pemanas awal *katoda*, *elektroda* ketiga dengan celah yang lebih pendek untuk memulai pelepasan.
8. Bola lampu bagian luar dilapisi *fosfor*. Hal ini akan memberi cahaya merah tambahan dengan menggunakan UV, untuk mengkoreksi bias pelepasan *merkuri*.
9. Pembungkus kaca bagian luar mencegah lepasnya radiasi UV



Gambar 10.10 Lampu Uap Merkuri Tekanan Tinggi

Karakteristik lampu

Watt	Lumen Lampu
50	1800
80	3350
125	5550
250	12000
400	21500
700	38000
1000	54000
Posisi penyalaan	Lampu dapat dioperasikan pada segala posisi
Usia pemakaian	7500 jam
Efikasi	38 sampai 56 lm/W
Kualitas pengembalian warna	Cukup baik

Lampu Sodium Tekanan Rendah

Peluhan muatan sodium tekanan rendah terjadi pada tabung busur api berbentuk huruf U yang terbuat dari kaca khusus yang tahan terhadap serangan bahan kimia sodium. Tabung U ini diletakkan dalam sebuah tabung kaca luar yang terbuat dari kaca berwarna jernih seperti terlihat pada Gambar 10.11. Lampu sodium bertekanan rendah ini diklasifikasikan ke dalam jenis SOX yang memiliki sebuah pegangan lampu tipe BC dan jenis SLI/H yang memiliki pegangan lampu dengan pin ganda pada masing-masing ujungnya.

Karena dalam suhu ruangan tekanan yang dimiliki oleh sodium sangat rendah maka peluhan muatan tidak dapat dilakukan sendiri di dalam uap sodium. Oleh karena itu, tabung busur api juga mengandung sejumlah tertentu gas neon untuk mengasut lampu. Jalur busur api dari lampu sodium tekanan rendah lebih panjang daripada jalur busur api lampu merkuri. Pengasutan dilakukan dengan mengenakan tegangan tinggi, kira-kira sama dengan dua kali tegangan diantara elektroda, melalui suatu transformator. Tegangan ini akan menginisiasi terjadinya peluhan muatan didalam gas neonyang akan memanaskan sodium. Sebagai akibatnya, sodium akan menguap dan setelah 6 sampai 11 menit lampu akan menyala dengan terang, berubah warna dari merah menjadi kuning terang.

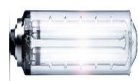
Lampu ini harus dipasang secara mendatar atau horisontal sehingga pada saat lampu dipadamkan, kondensasi sodium terjadi secara merata sepanjang tabung U.

Cahaya keluaran lampu ini berwarna kuning terang dan memiliki kualitas pengembalian warna yang kurang baik. Namun hal ini dikompensasi oleh kenyataan bahwa panjang gelombang lampu ini mendekati panjang gelombang cahaya dimana mata manusia memiliki sensitivitas maksimum sehingga diperoleh efikasi lampu yang tinggi. Penggunaan utama lampu ini adalah untuk penerangan jalan.

Ciri-ciri Lampu Sodium Tekanan Rendah:

1. *Efficacy* – 100 – 200 lumens/Watt
2. Indeks Perubahan Warna – 3

3. Suhu Warna – Kuning (2.200K)
4. Umur Lampu – 16.000 jam
5. Pemanasan – 10 menit, pencapaian panas – sampai 3 menit



Gambar 10.11 Lampu SOX (lampu Sodium Tekanan Rendah)



Gambar 10.12 Lampu SLI/H (lampu Sodium Tekanan Rendah)

Karakteristik lampu

Watt	Lumen Lampu
Jenis SOX	
35	4300
55	7500
90	12500
135	21500
Jenis SLI/H	
140	20000
200	25000
200 HO	27500
Posisi penyalaan	Lampu dioperasikan secara mendatar atau dengan membentuk sudut 20° terhadap posisi mendatar
Usia pemakaian	6000 jam
Usia pemakaian	4000 jam

Efikasi	61 sampai 160 lm/W
Kualitas pengembalian warna	Sangat jelek

Lampu Sodium Tekanan Tinggi

Peluhan muatan sodium tegangan tinggi terjadi dalam tabung busur api kapur leleh oksida alumunium yang terletak didalam bola lampu dari bahan kaca yang sangat keras karena sampai dengan masa-masa belakangan ini belum tersedia material yang benar-benar mampu unntuk menahan reaksi kimia yang ekstrem dari sodium bertekanan tinggi. Konstruksi dan karakteristik dari lampu sodium tekanan tinggi, diklasifikasikan sebagai tipe SON, ditunjukkan oleh Gambar 10.12 berikut ini.

Tabung busur api lampu ini mengandung sodium dan sejumlah kecil gas argon atau senon untuk membantu proses pengasutan. Ketika lampu dinyalakan sebuah pulsa penyulut elektronik 2 kV atau lebih akan menginisiasi terjadinya peluhan muatan dalam gas asut. Ionisasi ini akan mengakibatkan terjadinya pemanasan sodium dalam waktu sekitar 5 sampai dengan 7 menit sodium akan menguap ndan lampu menyala dengan terang. Baik warna maupun efikasi lampu akan semakin baik jika tekanan sodium semakin meningkat dan dapat menghasilkan cahaya putih keemasan yang nyaman dengan kualitas pengembalian warna yang cukup baik.

Ciri-ciri Lampu Sodium Tekanan Tinggi:

1. *Efficacy* 50 – 90 *lumens/Watt* (CRI lebih baik, *Efficacy* lebih rendah)
2. Indeks Perubahan Warna 1 – 2
3. Suhu Warna Hangat
4. Umur Lampu 000 jam, perawatan *lumens* yang luar biasa
5. Pemanasan 10 menit, pencapaian panas dalam waktu 60 detik

6. Mengoperasikan sodium pada suhu dan tekanan yang lebih tinggi menjadikan sangat reaktif.
7. Mengandung 1-6 mg *sodium* dan 20mg *merkuri*
8. Gas pengisinya adalah *Xenon*. Dengan meningkatkan jumlah gas akan menurunkan *merkuri*, namun membuat lampu jadi sulit dinyalakan.
9. *Arc tube* (tabung pemancar cahaya) didalam bola lampu mempunyai lapisan pendifusi untuk mengurangi silau.
10. Makin tinggi tekanannya, panjang gelombangnya lebih luas, dan CRI nya lebih baik, *efficacy*nya lebih rendah.

Gambar 10.13 lampu SON/T (Lampu Sodium Tekanan Tinggi)

Gambar 10 Lampu SON (lampu Sodium Tekanan Tinggi)

Karakteristik lampu

Watt

Lumen Lampu

Tabung Jernih (SON/T)

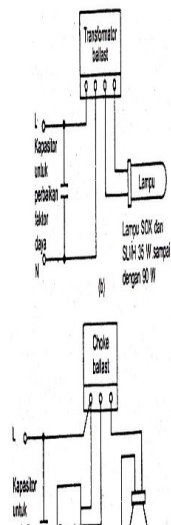
250	21000
400	38000
Elips memiliki lapisan (SON)	
250	19500
400	36000
Posisi penyalaaan	Universal (umum)
Usia pemakaian	6000 jam
Usia pemakaian	4000 jam
Efikasi	120 lm/W
Kualitas pengembalian warna	Cukup

Lampu SON cocok untuk digunakan dalam berbagai macam aplikasi. Oleh karena iluminasinya yang hangat, lampu ini banyak digunakan dalam kantin – kantin makanan dan area disekitar tempat penerimaan hotel tamu hotel. Di samping itu, karena efikasinya yang tinggi dan usia pemakaiannya yang panjang lampu ini banyak digunakan untuk penerangan di pabrik – pabrik serta untuk lampu mercu suar di pelabuhan udara, lampu penerangan di area parker, dan dermaga.

Gir Kendali Lampu

Pengkawatan luminari dapat dilakukan dengan menggunakan standar rangkaian listrik untuk penerangan. Untuk lampu – lampu peluahan muatan diperlukan adanya gir kendali tambahan dan rangkaian – rangkaian agar operasi lampu ini dapat berlangsung secara efisien dan aman. Diagram rangkaian untuk lampu uap merkuri tekanan tinggi dan sodium bertekanan rendah maupun tinggi. Masing – masing rangkaian ini memerlukan sebuah transformator atau choke sehingga

menimbulkan factor daya terbelakang yang harus diperbaiki. Perbaikan factor daya ini biasanya dilakukan dengan memasang sebuah kapasitor secara parallel pada sisi suplai listrik rangkaian.



Gambar 10.14 Rangkaian gir kendali lampu peluahan muatan: (a) lampu uap merkuri tekanan tinggi; (b) lampu sodium tekanan rendah; (c) lampu sodium tekanan tinggi

Rangkaian Kendali Lampu Fluoresen

Sebuah lampu fluoresen memerlukan suatu alat atau rangkaian untuk inisiasi peluahan muatan di dalam tabung fluoresen serta sebuah perangkat kendali arus ketika jadi busur api. Oleh karena lampu fluoresen biasanya disuplai dengan arus bolak – balik, maka fungsi – fungsi ini umumnya dicapai dengan menggunakan

sebuah choke ballast. Terdapat tiga jenis rangkaian dasar yang umum digunakan untuk pengasutan lampu fluorezen ini yaitu dengan menggunakan saklar asut, pengasutan cepat, dan semi resonan.

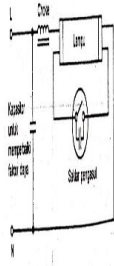
3.2 RANGKAIAN SAKLAR ASUT LAMPU FLUORESEN

Gambar 10.15 memperlihatkan rangkaian saklar asut lampu fluorezen. Jenis saklar asut standar yang sekarang digunakan ialah jenis pengasut berpendar. Saklar asut berpendar ini terdiri atas dua buah elektroda tipis bimetal yang terpasang di dalam sebuah bola kaca yang mengandung gas yang sukar bereaksi. Pada kondisi awal, saklar asut berada dalam posisi terbuka. Ketika suplai listrik diberikan, tegangan penuh akan dibangkitkan diantara kontak – kontak saklar ini hingga terjadi perpendaran peluahan muatan didalamnya. Proses ini mengakibatkan terjadinya pemanasan terhadap elektroda – elektroda saklar sehingga elektroda – elektroda ini akan membengkok dan saling mendekat satu sama lainnya, sampai akhirnya kontak – kontak saklar ini mengakibatkan terjadinya aliran arus yang akan mengalir ke elektroda – elektroda lampu yang memungkinkan terjadinya pemanasan terhadap elektroda – elektroda lampu ini selanjutnya akan terbentuk awan electron pada masing – masing ujung tabung yang akhirnya akan berpendar menjadi cahaya.

Pada saat kontak – kontak saklar terhubung, perpendaran peluahan muatan diantara kontak menjadi padam oleh karena tidak terdapat tegangan diantara kontak – kontak saklar. Kontak – kontak ini akan mendingin dan setelah beberapa saat terpisah. Karena dalam rangkaian ini terdapat choke yang terhubung seri maka pemutusan arus pada rangkaian ini terdapat choke yang terhubung seri maka pemutusan arus pada rangkaian induktif ini akan mengakibatkan munculnya tegangan kerja pada elektroda – elektroda lampu yang cukup untuk memuculkan busur api di dalam tabung. Jika lampu tidak berhasil menyala maka keseluruhan proses diatas akan terulang kembali.

Pada saat busur api utama terbentuk di dalam lampu uap merkuri, besarnya arus yang mengalir akan di batasi oleh choke. Kapasitor yang terpasang pada sisi suplai listrik berfungsi untuk memperbaiki faktor daya. Sedangkan kapasitor yang

terpasang parallel pada kontak – kontak saklar asut berfungsi untuk meredam nterfensi gelombang radio.



Gambar 10.15 rangkaian saklar asut lampu fluoreesen

3.3 RANGKAIAN PENGASUTAN CEPAT LAMPU FLUORESEN

Rangkaian pengasutan ini diperlihatkan pada gambar 10.16 di bawah. Ketika rangkaian dinyalakan, katoda – katoda tabung akan dipanaskan oleh sebuah auto – transformator kecil. Setelah beberapa saat dari proses pemanasan awal ini. Uap merkuri akan terionisasi dan menyebar secara cepat di sepanjang tabung untuk menyulut terjadinya busur api. Luminari atau logam – logam pentahanan harus berada dekat dengan lampu untuk membantu proses pembentukan busur api utama. Dalam beberapa kasus, lempengan tipis logam dapat diikatkan disepanjang tabung lampu untuk mempermudah proses pengasutan. Pada saat busur api utama telah terbentuk, arus yang mengalir pada rangkaian akan dibatasi besarnya melalui sebuah choke. Untuk memperbaiki faktor daya dari rangkaian pengasutan yang bersifat induktif ini. Pada sisi suplai listrik di pasang sebuah kapasitor kompensasi faktor daya.

Gambar 10.16 Rangkaian Pengasutan cepat lampu fluoreesen

3.4 RANGKAIAN PENGASUTAN SEMI RESONAN LAMPU FLUORESEN

Dalam rangkaian ini, fungsi dari choke diambil alih oleh sebuah transformator yang dibelit secara khusus. Ketika rangkaian di nyalakan, arus akan mengalir melalui belitan primer transformator ke salah satu katoda lampu, melalui belitan sekunder dan sebuah kapasitor besar ke katoda lampu yang lainnya. Belitan sekunder transformator ini dililitkan dalam arah yang berlawanan dengan belitan primer sehingga tegangan yang dibangkitkan pada belitan – belitan transformator akan berbeda fasa sebesar 180° .

Arus yang mengalir melalui elektroda – elektroda lampu akan mengakibatkan munculnya awan electron di sekeliling masing – masing katoda. Awan electron ini akan menyebar secara cepat di sepanjang tabung karena terjadinya peningkatan besar tegangan lampu tabung oleh transformator yang dibelit secara berlawanan. Ketika busur api utama telah terbentuk, besarnya arus mengalir dalam rangkaian dibatasi oleh belitan primer transformator yang berfungsi sebagai choke. Pada rangkaian ini tidak diperlukan pemasangan kapasitor untuk perbaikan faktor daya tinggi. Dengan pentahanan luminari untuk membantu proses pengasutan, rangkaian ini dapat diasut dengan mudah pada suhu rendah yang mencapai -5° . Rangkaian pengasutan semi resonan ini diperlihatkan oleh gambar 10.17 dibawah ini.

Gambar 10.17 Rangkaian pengasutan semi resonan lampu fluoresen

Instalasi Luminari

POSISI OPERASI

Beberapa lampu khususnya lampu – lampu peluahan muatan. Memiliki keterbatasan dalam posisi pengoperasiannya, karena luminari dirancang untuk mendukung operasi lampu, setiap pembatasan – pembatasan untuk pengoperasian lampu akan mempengaruhi pengaturan posisi luminari. Beberapa indikasi untuk posisi pengaturan lampu terlebih dahulu diberikan beserta penjelasan mengenai karakteristik dari masing – masing lampu. Luminari harus cocok dengan kondisi lingkungan dimana lampu serta luminari tersebut dipasang. Lingkungan kerja ini dapat berupa sebuah lingkungan yang bersifat korosif, diluar ruangan atau daerah dengan suhu rendah. Di lain pihak beberapa luminari dipersyaratkan untuk tampak secara indah dan menarik, misalnya pada lingkungan – lingkungan komersial. Luminari harus memenuhi semua persyaratan ini selain dapat memberikan iluminasi yang mencukupi tanpa menimbulkan kesilauan.

Terdapat banyak jenis lampu yang memiliki sebuah kawat filament serta pendukung – pendukung lampu yang sangat halus yang terdapat di dalam kaca bola lampu bersangkutan. Luminari dirancang untuk memberi dukungan yang cukup pada lampu dalam kondisi kerja yang normal. Akan tetapi, sebuah luminari dapat dikenai getaran yang berlebihan yang akan mendorong lampu untuk gagal bekerja secara premature baik karena putusnya filament, pecahnya kaca bola lampu ataupun karena rusak segel pemegang lampu.

Gir Kendali

Choke dan ballast yang digunakan dalam rangkaian lampu-lampu peluahan muatan memiliki inti-inti yang berbentuk lembaran-lembaran baja terlaminsi dimana pembangkitan arah medan magnetic dibangkitkan oleh suplai arus bolak-balik yang terjadi didalamnya akan menimbulkan getaran. Pada sebagian besar choke-choke yang ada, tingkat gangguan bising getaran ini pada umumnya sangatlah rendah, dan untuk choke-choke yang dipabrikasi sesuai dengan BS 2818 akan memiliki batas maksimum tingkat bising getaran yang diijinkan sebesar 30 dB. Suara dengan tingkat kebisingan 30 dB ini kira-kira sama dengan detak jarum

jam tangan yang didengarkan pada jarak 1 meter didalam sebuah ruangan yang sangat sunyi.

Choke harus terpasang secara kokoh dan rapat karena jika tidak, maka fitting logam dimana choke tersebut dipasang justru akan memperkuat suara bising yang dihasilkan. Panel kayu, plasterboard atau handboard yang digunakan untuk pemasangan gir kendali aatau luminari juga dapat memperkuat efek suara bising yang dihasilkan oleh choke. Suaara bising latar sudah barang tentu akan berpengaruh dalam kemampuan kita dalam mendeteksi suara bising yang ditimbulkan oleh choke sehingga suara dari gir kendali atau luminari yang didalam suatu perpustakaan dianggap bising dapat menjadi suara yang tidak terdengar pada suatu took atau kantor yang ramai.

Kabel, aksesoris dan kotak-kotak pemasangan harus sesuai dan cocok dengan besarnya massa yang akan digantungkan serta suhu ruangan sekitarnya sesuai dengan Peraturan-Peraturan No.553-03 dan 554-01. Untuk luminari-luminari yang seluruh peralatan pendukungnya menjadi satu bagian didalam luminari tersebut harus diprasyaratkan untuk memiliki peralatan pengisolasi tambahan bagi peralatan fungsionalnya yang terletak dalam posisi yang bersebelahan untuk menjaga factor keamanan dalam proses pemeliharaan dan perbaikan (Peraturan 476-02-04).

Gir kendali selanjutnya dipasang pada posisi yang sedekat mungkin dengan lampu. Untuk tempat-tempat atau keadaan-keadaan yang dapat menimbulkan efek pemanasan lebih maka gir kendali ini harus memiliki salah satu ketentuan berikut ini

- Terletak didalam suatu wadah dengan penutup yang dirancang sebagai penutup yang tidak dapat terbakar, atau
- Dipasang sedemikian hingga dapat mendisipasikan panas, atau
- Diletakkan pada suatu titik yang memiliki jarak yang cukup dari material-material terdekat lainnya untuk menjaga terjadinya resiko kebakaran (Peraturan 422-01-01 dan 02)

Lampu peluahan muatan dapat juga meimbulkan terjadinya efek stoboskopik pada lokasi dimana mesin-mesin berputar atau mesin-mesin resiprokal digunakan. Efek ini akan mengakibatkan mesin-meemin berputar tersebut tampak seolah-olah diam.

Efek Stroboskopik

Efek kedip, *flicker*, dari setiap sumber cahaya dapat menuju pada resiko terjadinya efek stroboskopik. Efek stroboskopik ini dapat mengakibatkan mesin-mesin berputar atau mesin-mesin resiprokal tampak seolah-olah berputar pada kecepatan yang berbeda denga kecepatan yang sebenarnya. Bahkan pada beberapa kasus ekstrem, gergaji putar atau mesin bubut akan tampak diam walaupun sesungguhnya kedua mesin ini berputar. Penggunaan yang bermanfaat dari cahaya stroboskopik dari cahaya stroboskopik antara lain dalam proses perwaktuan sebuah mobbil secar elektronik yaitu dengan membuat tangkai poros terlihat diam pada saat mesin mobil berputar sehingga posisi tengah titik mati dapat ditentukan.

Semua lampu peluahan muatan yang digunakan pada rangkaian arus bolak – balik akan menimbulkan gejala berkedip karena busur api yang terbentuk didalam tabung lampu akan hilang pada setiap setengah siklus suplai di mana arus lampu mencapai nilai nol. Variasi arus dan cahaya keluaran lampu diilustrasikan melalui gambar 10.18 berikut ini.

Gambar 10.18 variasi arus dan cahaya keluaran lampu peluahan muatan

Pada instalasi – instalasi komersial khususnya untuk instalasi yang memakai mesin – mesin berputar, kedip lampu merupakan sesuatu yang tidak diharapkan

sehingga dapat digunakan untuk membantu pengeliminasian titik – titik puncak terang cahaya. Jika digunakan sistem suplai tiga fasa, lampu – lampu peluahan muatan dapat dihubungkan pada fasa yang berbeda sehingga masing – masing lampu akan mencapai puncak – puncak terang cahaya pada waktu yang tidak bersamaan. Efek gabungan yang menghasilkan ialah tingkat iluminasi total yang lebih seragam dapat mengeliminasi efek kedip yang terjadi.

Namun, jika yang tersedia adalah suplai listrik fasa tunggal, maka dua buah lampu tabung fluoresen dapat dihubungkan pada sebuah rangkaian. Seperti terlihat gambar 10.19. pada rangkaian ini sebuah lampu dihubungkan secara seri dengan sebuah choke sementara sebuah lampu lainnya dihubungkan secara seri dengan sebuah choke dan kapasitor. Hubungan seperti ini akan mengakibatkan arus mengalir pada kedua lampu berbeda fasa antara sudut 20° dan 180° . efek kedip pada lampu akan berkurang secara bertahap sehingga pada akhirnya akan dapat dihasilkan tingkat iluminasi yang lebih seragam yang berarti pula akan mengeliminasi efek stroboskopik seperti diilustrasikan melalui gambar 10.20.

Lampu GLS tidak berkedip karena filament pijar menghasilkan arus balik pembawa kelebihan cahaya keluaran, sehingga cahaya dapat dipertahankan hamper selalu konstan, dan kedipan efek stroboskopik tidak terlihat jelas.

Gambar 10.19 rangkaian “*terdahulu – terbelakang*” lampu fluoresen.



Gambar 10.20 Eliminasi efek stroboskopik

Pembebanan dan Pensaklaran Rangkaian Lampu Peluahan Muatan

Rangkaian-rangkaian peluahan muatan harus memiliki kemampuan untuk mengalirkan arus total keadaan tunak yaitu arus yang diperlukan oleh masing-masing gir kendali. Appendix 1 Petunjuk Lapangan menyebutkan bahwa jika informasi yang lebih pasti tidak dapat diperoleh atau tidak tersedia, maka rating untuk peluahan muatan diambil sebagai rating daya lampu dikalikan dengan faktor konstanta sebesar 1,8. Jadi untuk luminari lampu 80 W akan membutuhkan rangkaian dengan rating daya $80 \text{ W} \times 1,8 = 144 \text{ W}$.

Seluruh rangkaian untuk lampu peluahan muatan merupakan rangkaian induktif yang berakibat pada banyaknya penggunaan kontak-kontak saklar fungsional. Pensaklaran rangkaian lampu peluahan muatan mensyaratkan bahwa rating dari saklar-saklar fungsional yang digunakan harus memiliki kemampuan untuk pemutusan beban-beban yang bersifat induktif. Agar dapat memenuhi kriteria ini, pada umumnya diasumsikan bahwa rating dari saklar-saklar fungsional tersebut adalah sebesar *dua kali* arus total keadaan tunak rangkaian induktif seperti dijabarkan oleh peraturan IEE edisi ke-15.

Pemeliharaan Instalasi Penerangan

Ruang lingkup pemeliharaan yang diperlukan untuk suatu instalasi penerangan akan bergantung pada ukuran dan jenis instalasi penerangannya serta kondisi lingkungan dimana instalasi tersebut terpasang, misalnya apakah lingkungan sekitarnya berdebu ataukah bersih? Meskipun demikian, lampu dan luminari dari suatu instalasi penerangan tetaplah memerlukan upaya-upaya pembersihan dan kadangkala diperlukan pula untuk melakukan penggantian lampu-lampu yang

digunakan. Penggantian lampu ini dapat dilakukan dengan cara mengganti tiap-tiap titik lampu atau dengan penggantian berkelompok.

Penggantian pada tiap-tiap titik lampu merupakan penggantian yang dilakukan untuk setiap lampu yang mengalami kerusakan. Cara ini sesuai untuk unit-unit instalasi yang kecil seperti misalnya untuk toko, kantor, dan rumah tangga. Metode ini dapat menimbulkan terjadinya gangguan-gangguan kecil dan ringan misalnya adanya pemindahan barang-barang (meja, kursi dan lain-lain) serta suara-suara bising yang mengganggu karena disaat yang bersamaan mungkin saja terdapat orang-orang yang sedang melakukan pekerjaan rutinnya. Untuk beberapa kasus misalnya penggantian lampu menara yang rusak yang dilakukan pada saat ada orang-orang yang melakukan pekerjaan lain dibawahnya merupakan hal yang tidak dapat diterima dan tidak diperkenankan. Untuk situasi seperti ini atau situasi-situasi lain yang serupa metode penggantian lampu berkelompok yang dilakukan secara berkala merupakan pilihan yang lebih cocok.

Penggantian berkelompok merupakan penggantian yang dilakukan dengan mengganti seluruh lampu yang terpasang pada instalasi secara bersamaan pada waktu yang sama. Interval waktu untuk penggantian ini ditentukan berdasarkan usia pemakaian lampu seperti direkomendasikan pabrikannya serta berdasarkan jam penggunaan lampu setiap minggunya.

Dengan metode penggantian berkelompok ini, biaya buruh yang harus dikeluarkan dapat dikurangi serta dapat menghindari gangguan atau ketidaknyamanan kepada pelanggan dalam melakukan kegiatan rutinnya sehari-hari karena waktu untuk penggantian berkelompok ini dapat dipilih pada hari-hari libur kerja atau di malam hari. Metode ini sangat cocok untuk diterapkan pada instalasi-instalasi pusat pertokoan atau toko-toko eceran besar.

Lampu Peluahan Muatan Tegangan Tinggi

Popularitas penggunaan lampu pelabuhan muatan tegangan tinggi muncul terutama oleh karena penggunaannya yang teramat luas dalam media-media periklanan. Pada suatu masa di kota London terdapat sebuah kelompok sirkus bernama Piccadilly Circus yang mampu menarik minat pengunjung tidak hanya karena pertunjukan patung Erosnya yang terkenal tetapi juga karena penggunaan

lampu-lampu peluahan muatan yang penuh warna dan berkilauan pada pertunjukannya.

Pada lampu peluahan muatan tegangan tinggi ini, suatu gas tertentu yang dikurung didalam sebuah tabung kaca yang pada masing-masing ujungnya dipasang elektroda akan mengalami proses ionisasi jika suatu tegangan tinggi dikenakan pada masing-masing elektroda ini. Gas yang terionisasi ini akan berpendar dengan menampakkan warna-warna tertentu yang sesuai dengan jenis gas tersebut. Gas hidrogen akan memberikan warna merah muda, gas argon memberikan warna hijau atau biru, serta gas neon memberikan efek warna merah. Karena banyaknya media-media periklanan yang menggunakan gas neon dalam menampilkan dan memperkenalkan simbol-simbol produknya, maka istilah lampu neon menjadi demikian populer dan seringkali digunakan sebagai istilah yang sama atau nama lain dari lampu peluahan muatan tegangan tinggi.

Huruf-huruf dari suatu kata atau gambar iklan yang dibentuk dengan menggunakan gelas-gelas kaca ini dapat merupakan huruf-huruf yang berdiri sendiri yang saling dihubungkan dengan menggunakan kawat nikel yang terkandung didalam tabung kaca tersebut atau dapat pula dibentuk melalui sebuah tabung gelas yang cukup besar dan panjang dimana bagian-bagian gelas yang tidak

Gambar 10.21 blok diagram tata letak rangkaian lampu peluahan muatan tegangan tinggi

Membentuk huruf di cat sedemikian hingga hanya bagian huruf nya yang akan tampak berpendar (lihat gambar 10.21).

Huruf – huruf kaca diatas dibentuk melalui proses pemanasan sebuah tabung kaca yang dilakukan pada suatu tungku pemanasan yang kemudian pada suatu suhu tertentu di mana tabung – tabung kaca tersebut memungkinkan untuk dibengkokkan di lakukan pembengkokkan – pembengkokkan yang diperlukan agar dapat membentuk huruf – huruf yang dikehendaki. Setelah itu sebuah elektroda dipasang pada masing – masing ujung tabung dan akhirnya diinjeksikan suatu jenis gas tertentu ke dalam tabung untuk menghasilkan efek warna yang dikehendaki. Diameter tabung yang digunakan pada prinsipnya akan ditentukan oleh ukuran huruf yang akan dibentuk, nemun terdapat beberapa ukuran tabung yang umum dipergunakan yaitu 10, 15, 20, dan 30 mm. masing – masing tabung ini memiliki kemampuan untuk membawa arus sebesar 25, 35, 60, dan 150 mA.

Untuk menentukan jenis transformator yang akan digunakan serta untuk menghitung besarnya daya yang dibutuhkan untuk mensuplai lampu peluahan muatan tegangan tinggi ini maka kita perlu mengetahui besarnya tegangan total yang terjadi. Persamaan yang digunakan ialah:

$$\begin{aligned} \text{jatuh tegangan total} &= \text{jatuh tegangan dalam tabung} \\ &+ \text{jatuh tegangan pada elektroda} \end{aligned}$$

Untuk gas neon, jatuh tegangan untuk setiap pasang elektrodanya ialah sebesar 300 V dan jatuh tegangan untuk tabung berdiameter 15 mm adalah sekitar 400 V/m.

Contoh soal

Sebuah lampu peluahan muatan tegangan tinggi yang diisi dengan gas neon digunakan untuk membentuk kata “Victoria” dimana tiap – tiap hurufnya terpisah satu sama lainnya. Tabung kaca yang digunakan memiliki panjang 19 m dan

diameter 15 mm. hitunglah tegangan sisi belitan sekunder transformator serta daya keluaran jika factor daya adalah sebesar 0.8!

Karena kata “Victoria” terdiri atas delapan huruf maka diperlukan elektroda sejumlah 8 pasang. Dengan demikian jatuh tegangan (VD) yang terjadi adalah:

$$\begin{aligned} VD &= VD_{tabung} + VD_{elektroda} \\ &= \left(19 \text{ m} \times 400 \frac{\text{V}}{\text{m}} \right) + (8 \times 300 \text{ V}) \\ &= (7600 \text{ V} + 2400 \text{ V}) + (8 \times 300 \text{ V}) \\ &= 10000 \text{ V} = 10 \text{ KV} \end{aligned}$$

Jadi, lampu ini dapat disuplai meelealui transformator tap tengah 10 KV karena transformator ini akan memiliki tegangan terhadap titik pentahanan sebesar 5 KV yang sesuai dengan ketentuan BS 559.

$$\begin{aligned} daya &= VI \cos \theta \text{ (W)} \\ &= 10000 \times 35 \times 10^{-3} \times 0.8 = 280 \text{ W} \end{aligned}$$

Pada saat menginstalasi lampu peluahan muatan tegangan tinggi, perhatian yang lebih mendalam dan khusus harus diberikan terutama terkait dengan peraturan 554-02. Perangkat isolasi yang memenuhi peraturan 476-02-04 harus di pasang pada titik suplai serta rangkaian yang berada dekat dengan peralatan kendali untuk menjamin berlangsungnya proses pemeliharaan yang aman. Isolasi dimaksud harus dilengkapi pegangan pengunci atau pegangan yang dapat dilepas dan dipasang sehingga suplai listrik tidak akan dapat dimasukkan secara tidak sengaja saat pemeliharaan sedang berjaan.

Tegangan sisi belitan sekunder transformator terhadap titik pentahanan tidak boleh melebihi 5 KV. Setiap transformator yang memiliki daya keluaran lebih besar daripada 500 W harus diproteksi oleh sebuah perangkat pemutus daya atau circuit breaker.

Instalasi – instalasi lampu peluahan muatan luar harus dilengkapi dengan saklar pemadam kebakaran. Saklar ini diberi warna merah dengan posisi saklar

membuka (off) terletak di sebelah atas serta dipasang tidak lebih tinggi dari pada 2.75 m di atas permukaan tanah (peraturan 476-03-05 dan 537-04-06). Sedangkan untuk instalasi lampu peluahan muatan yang berada di dalam ruangan, saklar ini dipasang pada jalan masuk utama dan diberi tanda bertuliskan “saklar pemadam kebakaran” dengan menggunakan huruf berukuran minimum 13 mm.

Mengacu pada peraturan – peraturan ini, instalasi lampu peluahan muatan tegangan tinggi pada pasar – pasar tertutup dikategorikan sebagai instalasi luar dengan pengecualian diberlakukan untuk lampu – lampu kecil dengan daya kurang dari 100 W yang dapat disuplai melalui soket – soket keluaran yang tersedia.

Soal – soal Latihan.

1. Iluminasi langsung dibawah sebuah sumber cahaya 1000 cd yang digantungkan setinggi 5 m diatas sebuah permukaan adalah:
 - a) 20 lx
 - b) 40 lx
 - c) 100 lx
 - d) 200 lx
2. Sebuah permukaan diiluminasi 125 lux oleh sebuah sumber cahaya yang digantungkan setinggi 4 m tepat di atas permukaan tersebut. intensitas iluminasi sumber cahaya adalah:
 - a) 7.8128 cd
 - b) 31.25 cd
 - c) 2000 cd
 - d) 3906.25 cd
3. Efikasi sumber cahaya diukur dalam laju energy listrik yang dapat dikonversikan menjadi cahaya. Satuan yang digunakan untuk efikasi ini adalah:
 - a) Ampere per candela
 - b) Lux per watt
 - c) Volts per candela

- d) Lumens per watt
4. Cahaya yang dihasilkan sebuah luminari akan berkurang sesuai dengan usia pemakaiannya karena akumulasi dari debu dan kotoran yang menyelimuti luminari tersebut serta dekorasi dalam ruangan. Factor ini disebut sebagai:
- a) Faktor iluminasi
 - b) Faktor lumen lampu
 - c) Faktor rugi – rugi cahaya
 - d) Factor depresiasi
5. Sebuah sumber cahaya yang mengemisikan seluruh kisaran panjang gelombang yang berkorespondensi dengan radiasi tampak dapat dikatakan memiliki:
- a) Sifat pengembalian cahaya yang baik
 - b) Sifat pengembalian cahaya yang buruk
 - c) Efikasi yang baik
 - d) Efikasi yang buruk
6. Lampu yang menghasilkan cahaya sebagai hasil dari eksitasi gas atau uap logam dikenal dengan nama:
- a) Lampu GLS
 - b) Lampu peluahan muatan
 - c) Lampu filamen
 - d) Lampu pijar
7. Sebuah tabung fluoresen dapat digambarkan dengan tepat sebagai:
- a) Sebuah lampu pijar
 - b) Sebuah lampu sodium tekanan rendah
 - c) Sebuah lampu uap merkuri tekanan tinggi
 - d) Sebuah lampu uap merkuri tekanan rendah
8. Rating rangkaian untuk lampu peluahan muatan dapat diperoleh dengan mengalikan daya lampu dengan sebuah konstanta sebesar:
- a) 0.75
 - b) 1.5

- c) 1.8
 - d) 2.0
9. Jika delapan buah luminari 60 W dihubungkan pada sebuah rangkaian listrik, maka rating dari rangkaian ini adalah:
- a) 7.5 W
 - b) 48 W
 - c) 480 W
 - d) 864 W

10. Tegangan ke titik pentahanan sisi belitan sekunder transformator yang digunakan untuk lampu peluahan muatan tegangan tinggi tidak boleh melebihi:

- a) 55 V
- b) 110 V
- c) 5 KV
- d) 10 KV