BAB II

DASAR TEORI

2.1 Cahaya Lampu Listrik

Sejak dilakukanya penyelidikan terhadap adanya listrik dan bahan-bahan yang dapat mengalirkan arus listrik maka Sir Edison telah menetapkan bahwa kawat arang dapat dipergunakan untuk keperluan pembuatan lampu listrik.

Dewasa ini kawat tersebut di atas sudah tidak dapat dipergunakan lagi dikarenakan energi panas (cahaya) yang dihasilkan kurang memuaskan. Sebagai gantinya orang menggunakan kawat logam wolfram atau kawat logam lain, dimana kawat tadi bila dialiri arus dapat menjadi panas dan berpijar sehingga dapat menghasilkan sinar atau cahaya. Kalau ditinjau dari konstruksinya lampu ini berbentuk bola dan bola ini divacumkan , sehingga kawat tadi tidak benar-benar terbakar hangus. Karena bahan penyebab sinar cahaya serta bentuknya lampu maka biasanya disebut juga lampu pijar.

Cahaya adalah suatu bentuk dari energi bila suatu lampu sedang memancarkan cahayanya, maka dikatakan lampu itu memberikan energinya. Jumlah tenaga listrik yang diberikan kepada lampu itu harus sesuai dengan kapasitas (kekuatan) dari lampu itu sendiri. Proses perubahan dari energi dari suatu bentuk ke bentuk yang lain akan mengakibatkan adanya kerugian energi, dalam hal ini bahwa hanya sebagian energi listrik yang diberikan pada lampu akan berubah menjadi energi cahaya, dan yang sebagian lagi (kerugian tenaga) akan

berubah menjadi cahaya yang tidak dapat dilihat secara visual misalnya infra merah dan ultra violet.

Perbandingan antara energi dalam bentuk cahaya dan energi yang diberikan pada lampu berupa tegangan listrik disebut rendemen (μ) visual dari lampu. Pada umumnya kawat pijar dari suatu lampu yang berkapasitas (energi) besar, maka kawat yang dipakai mempunyai diameter yang lebih besar (tebal), sedang untuk tenaga yang kecil diameter kawatnya dipergunakan kawat yang tipis.

Jelas dari perbedaan diameternya kawat untuk lampu yang berkawat pijar tebal dapat dipanasi dengan panas yang lebih tinggi disamping dapat dipanasi dengan lebih tinggi juga mempunyai rendemen visual yang lebih besar pula. Jadi untuk tiap-tiap watt yang besar akan memberi banyak energi cahaya yang besar pula.

Apabila sebuah lampu pijar diberi tegangan listrik, maka lampu tadi akan mengeluarkan energi dalam bentuk cahaya yang dalam teori penerangan listrik dinyatakan dengan kekuatan cahaya dari lampu dan kekuatan ini diukur dalam (candela) atau *candle*.

2.1.1 Tingkat Kuat Penerangan (*Illumination*)

Tingkat kuat penerangan (*Illumination*) sebagian besar ditentukan oleh kuat pencahayaan yang jatuh pada suatu luas bidang atau permukaan dan dinyatakan dalam iluminasi rata-rata. Iluminasi rata-rata dalam fluks atau *foot candle* adalah fluks cahaya yang dipancarkan (Ø_ dalam lumen (LM) di bagi dengan luas bidang (A^2) dalam m^2 atau ft^2.

$$E\ (Fc) = \frac{\Phi}{A}$$

Dimana:

Φ = flux cahaya yang dipancarkan (lumen)

A = luas bidang *(m^2)*

E = illuminasi rata-rata (fluks/fc)

Illuminasi rata-rata adalah tingkat kuat penerangan rata-rata yang diukur secara horizontal dan vertikal untuk suatu ruangan atau untuk suatu bidang kerja, biasanya diukur secara horizontal 75 cm di atas permukaan tanah.

Fluks cahaya (Φ) adalah jumlah cahaya total yang di pancarkan oleh sebuah sumber cahaya dalam 1 detik dan dinyatakan dalam satuan lumen.

2.1.2 Distribusi Intensitas Cahaya (*Luminance Distribution*)

Intensitas cahaya atau *luminance* "L" adalah ukuran intensitas radiasi cahaya yang jatuh pada suatu bidang dan dipancarkan kearah mata sehingga mata mendapatkan kesan terang (kecemerlangan/*brightness*). Dengan kata lain, intensitas cahaya adalah kuat cahaya dari suatu bidang tertentu dalam candela (cd) di bagi dengan bidang penglihatan dalam (m^2).

$$L = \frac{I}{A}$$

dimana

L = intensitas cahaya (candela/m^2)

I = jumlah radiasi yang dipancarkan kesuatu arah (cd)

A = luas bidang kerja (m^2)

Kuat cahaya atau intensitas cahaya (L) adalah jumlah energi radiasi yang di pancarkan cahaya ke suatu arah tertentu dan dinyatakan dalam suatu satuan candela (*cd*).

Bidang kerja umumnya diambil 75 cm diatas lantai. Bidang kerja ini sebuah meja atau bangku kerja, atau juga suatu bidang horizontal 80 cm diatas permukaan lantai.

Intensitas penerangan yang diperlukan ditentukan oleh sifat pekerjaan yang harus dilakukan. Intensitas penerangan E dinyatakan dalam satuan lux, sama dengan jumlah lumen/m². Jadi fluks cahaya yang diperlukan untuk suatu bidang kerja seluas A m² ialah:

$$\Phi = E \times A \text{ lm}$$

Fluks cahaya yang dipancarkan lampu-lampu tidak semuanya mencapai bidang kerja. Sebagian dari fluks cahaya itu akan dipancarkan kedinding dan langit-langit. Karena itu untuk menentukan fluks cahaya yang diperlukan haruslah diperhitungkan efisiensi dan rendemennya:

$$\eta = \frac{\Phi g}{\Phi o}$$

Di mana:

Φo = fluks cahaya yang dipancarkan oleh semua sumber cahaya yang ada dalam ruangan.

Φg = fluks cahaya berguna yang mencapai bidang kerja.

Bagian fluks cahaya yang hilang menerangi ruangan atau diserap oleh dinding, langit-langit, gorden dan sebagainya, dalam hal ini fluks cahayanya sebagian besar menuju langsung ke bidang kerja.

.

2.1.3 Tiga Konsep Dasar Sifat Alami Cahaya

.*Color rendering index* (CRI) pengukuran dari perubahan warna yang di alami sebuah objek ketika sumber cahaya meneranginya, dengan dibandingkan dengan sumber *reference* (pedoman) di saat suhu warnanya sama. CRI di ukur dalam skala 0 sampai dengan 100. Secara umum objek dan manusia akan kelihatan lebih benar dan hidup di saat adanya sinar di siang hari, yang mana CRI-nya 100. *Color Preference Index* (CPI), ini kadang-kadang di sebut *flattery index.*

2.2 Perbandingan Berbagai Sumber Cahaya

Membandingkan sebuah sumber cahaya terhadap sumber cahaya yang lain, hal yang menjadi perhatian pada umumnya adalah kualitas dari reproduksi warna lampu serta efisiensi lampu dalam mengkonversi energi menjadi illuminasi. Kualitas lampu ini umumnya diungkapkan dalam istilah Efikasi dan kualitas pengembalian warna.

2.2.1 Efikasi Lampu

Unjuk kerja sebuah lampu dinyatakan sebagai rasio dari jumlah lumen fluks cahaya yang diemisikan terhadap jumlah energi(joule) yang digunakan. Jadi, efikasi diukur dalam besaran lumen/watt dimana semakin besar efikasi berarti

semakin baik unjuk kerja lampu tersebut dalam mengkonversi energi listrik menjadi energi cahaya.

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

2.2.2 Kualitas Pengembalian Warna

Berbagai jenis material dan permukaan memiliki suatu warna tertentu karena fluks luminasi dengan frekuensi yang bergabung dengan warna tersebut dipantulkan dari permukaan ke mata dan diproses di dalam otak. Cahaya berwarna putih terbentuk dari gabungan warna merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, dan ungu. Warna hanya dapat terlihat jika lampu yang memberikan illuminasi mengemisikan 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.

Didalam teori teknik penerangan, warna dinding dan warna platfond sangatlah menentukan terang atau tidaknya sebuah lampu pijar yang dipasang didalam sebuah ruangan. Jelas bahwa dinding yang berwarna putih bersih akan memberikan hasil-hasil penerangan lebih terang daripada dinding dan platfond yang berwarna serba gelap atau dengan kata lain bahwa warna putih ini mempunyai sifat memantulkan kembali lampu yang datang, sudah barang tentu dengan warna dinding itu putih ini akan dapat menambah terangnya sinar lampu.

Dinding dan platfond yang berwarna kuning muda hijau muda dan sebagainya dapat juga memantulkan kembali dari sinar lampu tetapi kurang terang dibandingkan dengan warna yang putih.

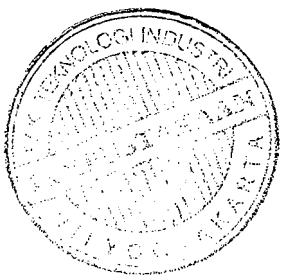
2.3 Pengukuran Lumens

Dalam pengukuran besarnya iluminasi digunakanlah alat ukur intensitas cahaya, penempatan alat ukur iluminasi yang sesuai, yang telah dikalibrasi pada satuan lux, diatas permukaan yang ingin diukur tingkat iluminasinya. Sistem penerangan yang umum dan biasa digunakan, kira-kira 85 cm diatas permukaan datar horizontal.

Rekomendasi tingkat iluminasi untuk berbagai jenis instalasi diberikan oleh kode-kode IES (*Illumination Engineering Society*) yang biasanya tercetak dibelakang alat ukur iluminasi jenis dari kegiatan yang dilakukan didalam ruangan akan menentukan tingkat iluminasi yang dibutuhkan karena jenis kegiatan yang berbeda akan memerlukan tingkat iluminasi yang berbeda pula.

Perhitungan iluminasi dengan hukum kebalikan kuadrat hanya cocok untuk membuat skema rancangan sistem penerangan dimana tidak terdapat permukaan pantulan yang dapat menghasilkan iluminasi tambahan lain. Berdasarkan metode lumen ini, formula yang digunakan untuk menentukan jumlah luminari total yang dibutuhkan untuk menghasilkan luminasi tertentu pada suatu tempat ialah sebagai berikut, dimana :

- Tingkat iluminasi dipilih setelah mempertimbangkan tingkat iluminasi yang direkomendasikan melalui kode-kode IES.



- Luas area adalah luas area yang teriluminasi dimana pada area inilah pekerjaan akan dilakukan.
- Lumen keluaran dari masing-masing luminari adalah sesuai dengan spesifikasi pabrik yang diberikan atau dapat diperoleh dari table-tabel referensi.
- UF adalah faktor utilisasi,dan kurang Fluks cahaya yang dapat mencapai bidang datar dimana pekerjaan dilakukan selalu dari lumen keluaran lampu karena sejumlah tertentu cahaya akan diserap oleh berbagai macam tekstur permukaan.
- LLF adalah faktor rugi-rugi cahaya, cahaya keluaran dari sebuah luminary akan berkurang seiring dengan bertambahnya usia pemakaian karena terjadinya akumulasi debu dan kotoran pada lampu dan fiting, 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. Lumen keluaran dari sebuah lampu akan berkurang seiring dengan bertambahnya umur lampu. Contoh, lampu tabung putih akan menghasilkan 4950 lumen setelah 100 jam pemakaian pertamanya akan berkurang menjadi 4600 setelah 2000 jam penggunaan.

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

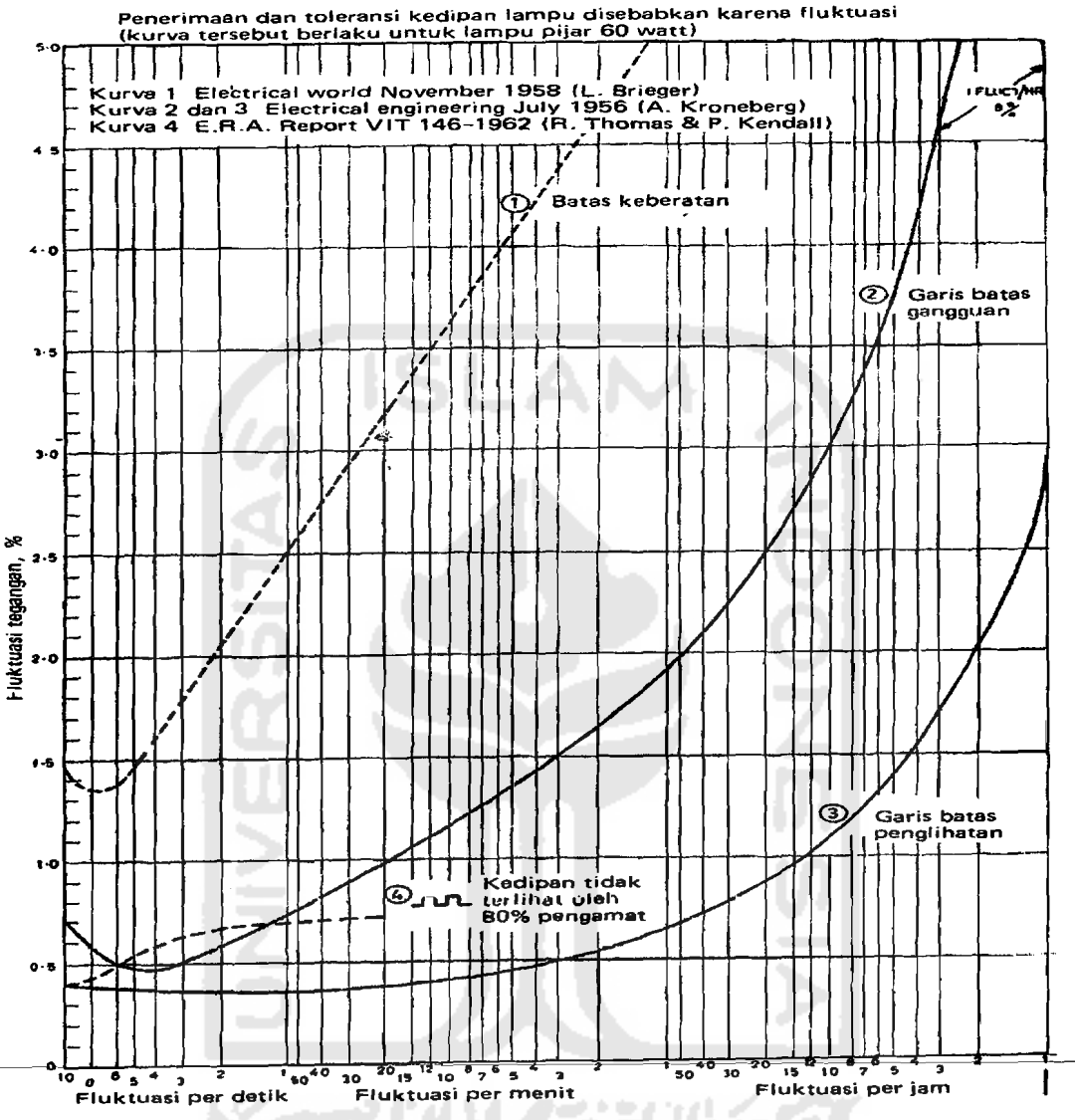
1. rugi-rugi cahaya karena pengotoran luminari.
2. rugi-rugi cahaya karena depresiasi pengotoran ruangan.
3. rugi-rugi cahaya karena faktor gangguan lampu.
4. rugi-rugi cahaya karena depresiasi lumen lampu.

LLF (*light last factor*) adalah rugi-rugi total dari keempat rugi-rugi diatas yang umumnya mempunyai nilai tipikal berkisar antara 0,8 dan 0,9. Pada saat menggunakan LLF dalam perhitungan dengan metode lumen, Selalu menggunakan lumen lampu awal yang diberikan oleh pabrik karena LLF sendiri telah mempertimbangkan depresiasi lumen keluaran.

2.4 Faktor daya

2.4.1 Perubahan-perubahan Beban

Bila beban yang dicatu oleh sebuah rangkaian berubah, tegangan jatuh pada saluran juga berubah karenanya tegangannya naik turun. Bila hal ini terjadi sangat sering, perubahan yang terus menerus akan mengganggu. Yang paling peka terhadap naik turunnya tegangan adalah lampu pijar. Sinar yang dikeluarkan oleh kawat wolfram dari lampu sangat peka terhadap perubahan tegangan batas dari lampu, dan setiap perubahan pada tegangan akan kelihatan. Toleransi terhadap kedipan merupakan fungsi frekuensi naik turunnya tegangan bermacam-macam kurva yang berlainan telah dibuat untuk mendapatkan hubungan ini. Toleransi kedipan lampu ditunjukan pada Gambar 2.1 bagi lampu-lampu neon cahaya yang dikeluarkannya tidak peka terhadap perubahan tegangan. Meluasnya penggunaan lampu listrik jenis ini telah mengurangi kesadaran masyarakat terhadap persoalan kedipan.



Gambar 2.1 Kedipan Lampu akibat naik turunnya tegangan

2.4.2 Efek Stroboskop Pada Lampu Fluorescent

Dimisalkan suatu piringan dengan tanda titik di pinggirnya. Kalau piringan ini diputar, dan hanya diterangi setiap kali tanda titiknya berada di sebelah atas maka, piringan itu akan tampak seolah-olah tidak bergerak.

Misalkan kemudian piringan tersebut membuat satu putaran perdetik. Kalau diterangi setiap 0,9 detik, maka piringan ini akan tampak seolah-olah

berputar mundur dengan kecepatan satu putaran setiap 11 detik. Kalau diterangi setiap 1,1 detik, piringanya akan tampak seoah-olah berputar mundur dengan kecepatan satu putaran setiap 11 detik.

Gejala seperti diuraikan disebut efek stroboskop dan akan tampak di ruangan-ruangan yang diberi penerangan dengan lampu tabung gas. Fluks cahaya tabung yang sedang menyala selalu berkurang pada saat-saat arus bolak-baliknya mencapai nilai sesaat nol, jadi setiap 1/100 detik. Reaksi mata manusia tidak cukup cepat untuk menangkap perubahan-perubahan ini. Jadi bagi mata manusia cahaya lampu TL seolah-olah konstan.

Akan tetapi dalam ruangan dengan bagian-bagian mesin yang berputar, perubahan-perubahan fluks cahaya periodik itu dapat menimbulkan efek stroboskop seperti diuraikan diatas, sehingga piringan yang berputar dapat tampak seolah-olah diam.

2.4.3 Sistem Faktor Daya

Semua peralatan listrik, kecuali motor singkron, memakai daya pada faktor daya tertinggal (*lagging power factor*). Perkiraan rata-rata faktor daya dari berbagai macam lampu diberikan dibawah ini:

1. lampu fluorescent 0,6-0,8 lag
2. Lampu neon (TL) 0,4-0,5 lag
3. lampu-lampu gas auditorium 0,3-0,7 lag

2.5 Lampu Pijar

Sebelum penerangan listrik berkembang dalam abad ke-19, semua penerangan buatan dilandaskan pada salah satu bentuk membara yang diperoleh

dengan membakar bahan bakar fosil. Pembakaran kayu dapat memberi banyak cahaya, namun sebagai bentuk penerangan agak sedikit agak sedikit terbatas karena berbahaya dan sulit diatur.

Pemanfaatan minyak yang berasal dari tanaman dan binatang, lilin dan lemak dengan menggunakan sebuah sumbu untuk mengatur besarnya pembakaran, yang disempurnakan dengan banyak cara, merupakan kemajuan yang sangat pesat. Banyak kebudayaan yang membuat lampu-lampu baik untuk penggunaanya ataupun untuk dekorasi.

Perkembanganya lampu-lampu minyak mengalami perkembangan yang cukup besar terutama disebabkan oleh berkembangnya ilmu pengetahuan yang lebih baik mengenai proses pembakaran. Penemuan cadangan minyak yang besar sekali pada waktu itu di Amerika Serikat bersamaan dengan proses-proses penyulingan yang menghasilkan minyak korosin yakni bahan bakar yang secara efisien dipergunakan dalam sebuah lampu minyak, dimana kemungkinan terjadinya ledakan atau bahaya kebakaran sangat kecil, menyebabkan dapat dibuatnya lampu-lampu lilin tidak terpakai lagi kecuali untuk dekorasi dan keperluan-keperluan khusus.

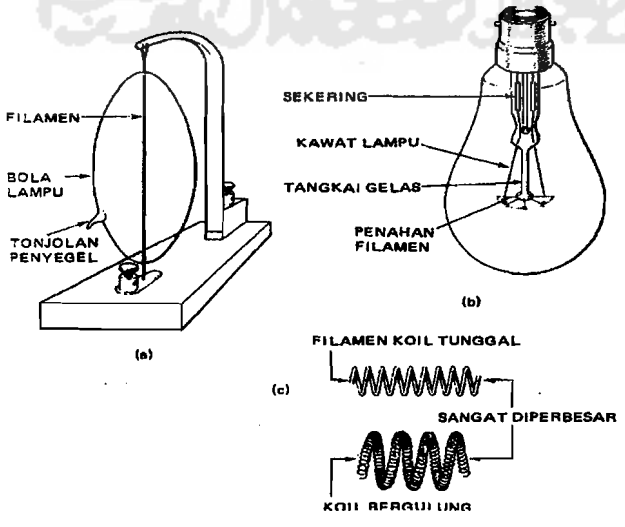
Perkembangan selanjutnya adalah dalam bentuk lampu-lampu pijar kawat, dimana kawat-kawat tersebut dibuat dari karbon atau logam. Lampu pijar kawat yang pertama terdiri atas benang atau kawat dari karbon yang diletakan dalam bola yang terbuat dari gelas. Bola itu dipakemkan dua ujung benang karbon dikeluarkan dan disambung pada tegangan listrik. Benang itu akan membara dan

karena berada dalam pakem, benang tersebut tidak akan terbakar oleh sebab tidak adanya zat asam.

Jenis lampu ini kemudian berkembang jenis yang menggunakan benang yang terbuat dari logam terutama tungsten dengan titik mencairnya yang tinggi sekali dalam hal ini dapat dipergunakan suhu yang lebih tinggi, sehingga cahaya yang diperoleh akan lebih baik dan lebih banyak.

Terakhir ini adalah digunakan lampu-lampu pijar kawat dengan tungsten halogen. Lampu-lampu ini memanfaatkan sejumlah kecil iodine pada gelas, sehingga menyebabkan harganya meningkat. Lampu-lampu ini mempunyai warna yang lebih putih, dan masa bertahan yang lebih lama daripada lampu-lampu biasa.

Cahaya lampu pijar dibangkitkan dengan mengalirkan arus listrik dalam suatu kawat (Gambar 2.2). Dalam kawat ini energi listrik diubah menjadi energi panas dan cahaya. Seperti diketahui, keduanya adalah gejala-gejala gerakan elektromagnetik.Arus listrik dalam kawat pijar adalah gerakan-gerakan elektron bebas dan terjadi benturan-benturan dengan elektron-elektron yang terikat pada inti.



Gambar 2.2 Lampu Pijar.

Bagian-bagian dari Lampu Pijar:

- *Bulb* (bola lampu), biasanya yang digunakan adalah yang berbentuk kaca lembut, kaca berat atau yang lebih keras digunakan untuk beberapa lampu yang mana untuk menahan temperatur bola lampu yang lebih tinggi dan perlindungan terhadap cuaca. Bola lampu dibuat dalam beberapa bentuk.
- Gas, biasanya yang digunakan campuran nitrogen dan argon digunakan paling banyak dalam lampu 40 watt atau lebih besar untuk memperlambat penguatan filamen.
- *Lead in wire*, dibuat dari tembaga dari dasar sampai penekan batang dan nikel dari penekan batang sampai filamen, membawa arus ke dan dari filamen.
- Penekan batang (pemegang batang), *lead in wire* dalam kaca mempunyai sebuah segel sempit udara yang mana dibuat dari sebuah pengkombinasian dari sebuah inti campuran nikel-besi dan sebuah tembaga.
- Tabung pembuang gas, udara dibuang melalui tabung ini selama proses pembuatan dan memasukan gas kedalam bola lampu.
- Kawat pendukung, kawat *molybdenum*.
- Kancing, kaca yang dipanasi selama pembuatan dan mendukung kawat.
- Batang kancing, mendukung kancing.
- Piringan mika, digunakan dalam lampu yang secara umum mempunyai watt yang lebih tinggi dari jenis lain ketika dibutuhkan untuk mengurangi sirkulasi gas panas dibagian leher lampu.
- Filamen, material yang digunakan biasanya adalah tungsten, dalam bentuk kawat lurus, lilitan atau lilitan yang dililit. Filament tungsten mempunyai

kelebihan dibanding filament karbon yaitu titik leburnya lebih tinggi dan distribusi spektral (*spectral power distribution*) lebih baik sehingga menghasilkan cahaya yang lebih terang. Untuk mempertinggi efikasi (lumens perwatt) lampu pijar, filamen dibuat berbentuk kumparan, karena dalam bentuk kumparan ukuran panjang total filamen dapat dibuat seoptimal mungkin yang akan memberikan cahaya (lumen) yang lebih terang, disamping itu bentuk kumparan ini juga akan mengurangi besar fisik lampu karena panjang filament secara fisik dapat diperkecil.

- Sekering, melindungi lampu dan sirkuit dari pukulan jika terjadi arching
- filament.Base, jenis ulir yang digunakan.Karakteristik Pengoperasian
- Umur lampu, standart yang digunakan adalah jam nyala (jam/start) sesuai yang signifikan dari umur lampu adalah berhubungan dengan pembiayaan dan penggunaan energi.
- Pengaruh suhu, suhu titik terdingin data dinding bohlam di perhitungkan dari tekanan penguapan merkuri lampu, yang mana dalam perputaranya diperhitungkan output lumen lampu, watt dan warna.
- Pengaruh tegangan, baik itu tegangan diatas atau tegangan dibawah rating akan berpengaruh pada umur lampu.
- Pemeliharaan lumen Efikasi.

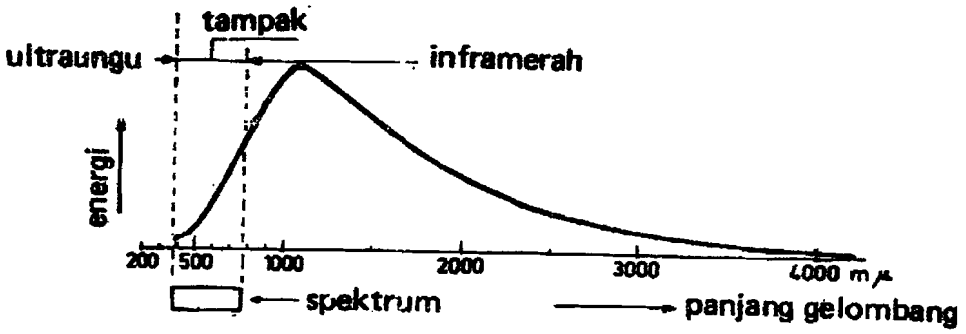
Karakteristik lainya :

- Pemeliharaan lumen, output cahaya berkurang pelan dengan lamanya hidup lampu. Karakteristik ini dipegaruhi dari posisi selama nyala dan posisi bola lampu.

- Warna, putih dengan komponen kuning-merah yang banyak. Pemijaran memberikan spektral tergantung dengan suhunya. Lampu dengan watt tinggi memancarkan warna lebih biru, lampu dengan watt yang lebih rendah akan lebih kuning, lampu dim memberikan cahaya yang berwarna kuning-merah.
- Keadaan sekeliling, sekitarnya, secara umum lampu pijar tahan terhadap panas eksternal, dingin dan kelembaban.
- Efisiensi lampu, karena lampu pijar menghasilkan cahaya dari hasil pemanasan, maka ketidakefisienan sudah biasa. Efisien cahaya (*efficacy*) bertambah dengan watt.

Elektron-elektron terikat bergerak dalam orbit-orbit tertentu mengitari inti atom, kalau terjadi benturan dengan sebuah elektron bebas sebuah elektron terikat dapat meloncat keluar orbitnya dan menempati orbit lain yang lebih besar, dengan energi yang lebih besar pula. Kalau kemudian elektron ini meloncat keorbitnya semula, kelebihan energinya akan menjadi bebas dan di pancarkan sebagai cahaya atau panas tergantung pada panjang gelombangnya.

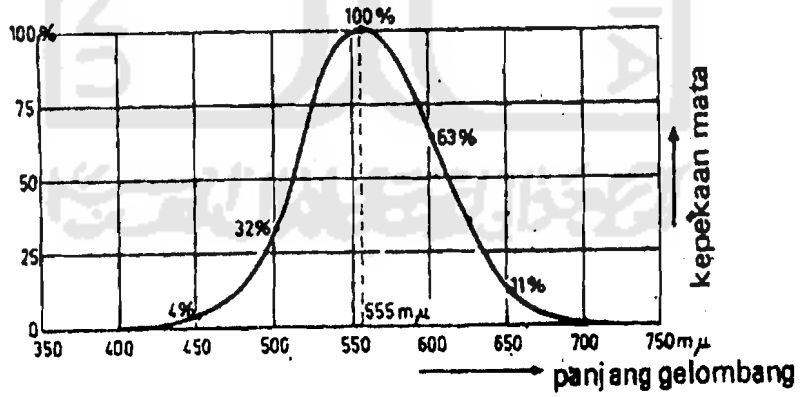
Hubungan antara panjang gelombang dan energinya dapat dinyatakan dalam suatu grafik energi panjang gelombang. Gambar 2.3 memperlihatkan grafik energi panjang gelombang kawat wolfram untuk beberapa suhu yang dinyatakan dalam derajat Kelvin. Kalau suhunya ditingkatkan, panjang gelombangnya akan bergeser. Maksimum grafiknya akan bergeser kearah gelombang yang lebih pendek, jadi kearah ungu.



Gambar 2.3 Grafik energi vs panjang gelombang kawat wolfram

Seperti dapat dilihat pada Gambar 2.3 panjang gelombang sebuah lampu pijar. Grafik ini menyatakan energi yang dipancarkan oleh lampu sebagai fungsi dari panjang gelombangnya. Dapat dilihat bahwa daerah cahaya yang tampak dibatasi oleh sinar-sinar ultra ungu dan infra merah. Selain memiliki warna tertentu, setiap panjang gelombang juga memberikan kesan intensitas tertentu.

Mata manusia paling peka akan cahaya dengan panjang gelombang 555mμ, yaitu cahaya berwarna kuning-hijau. Warna-warna lainya akan tampak kurang terang, seperti dapat dilihat pada grafik kepekaan mata Gambar 2.4.

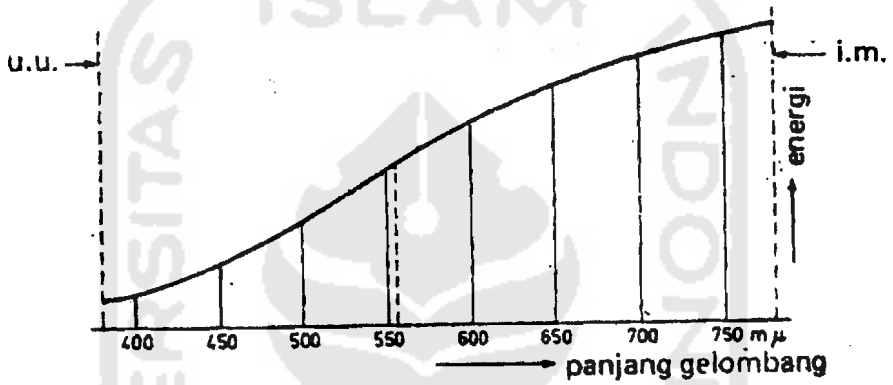


Gambar 2.4 Grafik Kepekaan Mata

Intensitas suatu energi radiasi tertentu dengan panjang gelombang 555mμ dinilai 100, maka energi radiasi yang sama tetapi dengan panjang gelombang 600mμ, akan memberi kesan intensitas 63. Jadi faktor kepekaan mata untuk 600mμ sama dengan 0,63. Mata manusia seolah-olah dibuat pada panjang

gelombang 555mμ. Karena kepekaan mata setiap orang tidak sama maka dibuat suatu ukuran standar.

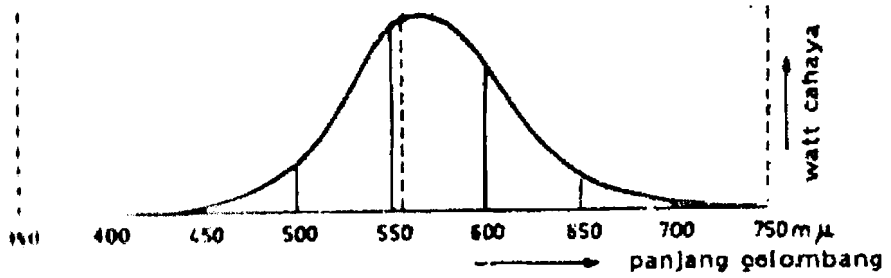
Suatu sumber cahaya memancarkan energi 1 w dengan panjang gelombang 555 mm, maka sumber cahaya itu dinilai sama dengan satu watt cahaya. Energi 1 w dengan panjang gelombang 600 mm akan memberi kesan 0,63 watt cahaya.



Gambar 2.5 Grafik energi panjang gelombang lampu Pijar dalam spektrum tampak

Gambar 2.5 memperlihatkan bagian spektrum yang tampak dari grafik energi panjang gelombang setelah dibesarkan. Jumlah watt yang dipancarkan lampu sebagai energi tampak tidak sama dengan jumlah watt cahaya yang dinilai oleh mata.

Supaya mendapatkan jumlah watt cahaya, jumlah watt energi setiap panjang gelombang harus dikalikan dengan faktor kepekaan mata untuk panjang gelombang itu. Jumlah keseluruhan watt cahaya, yaitu fluks cahaya, yaitu adalah jumlah semua hasil kali itu.



Gambar 2.6 Grafik cahaya. panjang gelombang, luas bidang di bawah grafik menyatakan fluks cahaya lampu.

Dalam Gambar 2.6 fluks cahaya ini dinyatakan oleh luas bidang di bawah grafik cahaya-panjang gelombang. Dalam praktek, fluks cahaya dinyatakan dalam satuan lumen, disingkt lm. Satu watt cahaya kira-kira sama dengan 680 lumen. Angka perbandingan 680 ini dinamakan ekivalen pancaran fotometris.

Sebuah lampu 100 watt hanya memancarkan kira-kira 8 w saja sebagai cahaya tampak. Sisanya hilang sebagai panas, karena konduksi dan radiasi. Dari 8 watt ini setelah dikalikan dengan faktor kepekaan mata, hanya tersisa kira-kira sekitar 2,25 watt cahaya saja. Jadi fluks cahaya lampu 100w tersebut sama dengan 2,25 x 680 = 1530 lumen. Jumlah lumen perwatt (lm/w) disebut efikasi spesifik lampu diatas sama dengan 15,3 lm/w.

Supaya sebuah lampu pijar dapat memancarkan sebanyak mungkin cahaya tampak, suhu kawat pijarnya harus ditingkatkan setinggi mungkin. Tentu saja suhu ini tidak dapat melebihi titik lebur bahan bahan kawat pijarnya.

Sebagai kawat pijar umumnya digunakan kawat wolfram. Wolfram ini memiliki titik lebur yang tinggi, yaitu 3655° K. Jadi suhu kawat pijarnya harus berada dibawah suhu ini.

Suhu pada saat ini kawat pijarnya akan sangat cepat menguap, sehingga umur lampunya akan menjadi sangat pendek. Suhu yang terlalu tinggi akan mempercepat penguapan kawat pijarnya, sehingga akan memperpendek umur lampu. Dalam praktek umur rata-rata lampu pijar ditentukan 1000 jam nyala.

Setelah dipaksa sekian lama, fluks cahaya lampu pijar akan menurun. Karena penguapan luas penampang kawat pijarnya akan berkurang. Sehingga tahanan listriknya akan meningkat. Jadi arus listriknya akan berkurang, selain itu bagian dalam bolanya akan menjadi hitam.

Karena itu, dibanyak perusahaan semua lampu pijar yang digunakan sudah diganti setelah 700-800 jam nyala tanpa menunggu putusnya lampu. Penggantian kelompok demi kelompok ini dapat menghemat banyak jam kerja.

Cahaya yang dipancarkan lampu pijar memiliki spektrum kontinu. Kuantitas cahaya dari masing-masing warna yang dipancarkan tergantung pada suhu kawat pijarnya, kalau suhunya rendah, seperti pada lampu-lampu pijar jaman dahulu warna-warna kuning dan merah akan lebih menonjol. Kalau suhunya ditingkatkan, warna-warna biru dan ungu akan semakin menonjol, jadi warna kawat pijarnya akan menjadi lebih putih.

Lampu-lampu pijar kebanyakan dilengkapi dengan sepotong kawat monel yang dipasang didalam lampu, seri dengan kawat-kawat penghubungnya. Kawat monel ini berfungsi sebagai. Kalau terjadi gangguan hubungan singkat didalam lampu, kawat monel ini akan melebur, sehingga pengaman instalasinya tidak sampai rusak.

Supaya sebuah lampu pijar dapat memancarkan sebanyak mungkin cahaya tampak, suhu kawat pijarnya harus ditingkatkan setinggi mungkin. Tentu saja suhu ini tidak dapat melebihi titik lebur bahan kawat pijarnya. Sebagai kawat pijar pada umumnya digunakan kawat wolfram, wolfram ini memiliki titik lebur yang tinggi, yaitu 3655° K. jadi suhu kawat pijarnya harus berada di bawah suhu ini.

Kalau suhu kawat pijar wolfram ditingkatkan sampai kira-kira 3300° K, akan diperoleh lampu dengan flux cahaya spesifik yang sangat tinggi.

2.5.1 Lampu Tabung Gas

2.5.1.1 Penerangan Gas

Suatu perkembangan penting pada abad ke-19 dalam hal penerangan buatan adalah introduksi cara-cara membuat dan mendistribusikan gas yang diperoleh dari batubara dan didistribusikan kerumah-rumah dalam suatu kota. Ditambah dengan penemuan-penemuan gas bumi di Amerika Serikat dan Kanada menyebabkan turunnya lagi harga gas, sehingga penerangan dengan memakai gas semakin meluas.

Lampu-lampu tabung gas terdiri dari tabung berbagai bentuk yang diisi dengan gas dan uap logam, jika tabung dalam keadaan dingin logamnya berada dalam bentuk titik logam atau dalam bentuk padat pada masing-masing ujung tabung terdapat sebuah elektroda, entuk elektroda ini tergantung pada jenis tabung.

Fungsi gas didalam tabung antara lain untuk membantu menyalakan lampunya. Gas yang digunakan adalah gas mulia misalnya neon dan argon. Gas –

gas mulia memiliki sifat tidak melakukan reaksi kimia dengan unsur-unsur yang lain.

Sedangkan uap logam yang di gunakan berasal dari natrium dan air raksa. Jika elektroda-elektroda tabung dihubungkan pada tegangan yang cukup tinggi (tegangan penyala) elektron-elektron bebas yang terdapat dalam tabung akan bergerak dari elektroda yang satu ke yang lain. Karena gerakan elektron-elektron ini akan terjadi benturan-benturan dengan elektron-elektron gas yang terikat. Kalau benturanya cukup keras, elektron-elektron terikat itu dapat terlempar keluar orbitnya, lepas dari ikatan inti atom.

Atom-atom yang kehilangan elektron dapat menangkap kembali elektronnya atau elektron bebas lainya. Kalau sebuah elektron memasuki orbit kosong itu, kelebihan energinya akan menjadi bebas dan dipancarkan sebagai sinar elektromagnetik.

Atom yang kehilangan elektron dan tidak dapat menangkap kembali elektronya atau elektron lain akan mendapat muatan positif dan dinamakan ion. Proses pembentukan ion ini disebut ionisasi.

Tegangan pada elektroda-elektroda tabung tetap, jumlah elektron yang terlempar keluar atom akan bertambah, jadi ionisasinya meningkat. Juga suhu gas didalam tabung akan meningkat. Karena meningkatnya jumlah elektron bebas, juga jumlah elektron yang bergerak dari elektroda yang satu ke elektroda yang lainya akan meningkat. Ini berarti arus dalam tabung meningkat, jadi tahanan dalam tabung menurun. Kalau proses ini berlangsung terus dalam waktu yang pendek akan terjadi hubungan singkat dalam tabung.

Arus dibatasi dengan sebuah tahanan dihubungkan seri dengan tabung. Kalau sekarang arusnya meningkat, maka rugi tegangan pada tahanan itu akan ikut meningkat, sehingga tegangan pada elektroda-elektroda tabung akan menurun. Dengan demikian arus dalam tabung akan dapat dibatasi.

Seperti sudah dikemukakan diatas, setelah lampu dinyalakan, suhu gas dalam tabung akan meningkat. Karena itu setelah beberapa waktu logam yang ada dalam tabung akan menguap dan ikut serta dalam proses pembangkitan cahaya.

Terjadinya gerakan elektron-elektron ini, maka terjadi benturan-benturan dengan elektron-elektron gas yang terikat kalau benturannya cukup keras, elektron-elektron ini dapat terlempar dari orbitnya, lepas dari ikatan inti atom.

Atom-atom yang kehilangan elektron dapat menangkap kembali elektronnya atau elektron bebas lain. Kalau sebuah elektron memasuki orbit kosong itu, kelebihan energinya akan bebas dan dipancarkan sebagai sinar elektromagnetik.

Tegangan pada elektroda-elektroda tabung tetap, jumlah elektron yang terlempar keluar atom akan bertambah, jadi ionisasinya meningkat. Juga suhu gas di dalam tabung akan meningkat, karena meningkatnya jumlah elektron bebas juga jumlah elektron yang bergerak dari elektroda yang satu ke yang lainya akan meningkat ini berarti bahwa arus dalam tabung meningkat, jadi tahanan dalam tabung menurun.

Proses ini berlangsung terus dalam waktu yang pendek akan terjadi hubungan singkat pada tabung. Untuk membatasi arusnya, sebuah tabung dihubungkan seri ke tabung, kalau arusnya meningkat maka, rugi tegangan pada

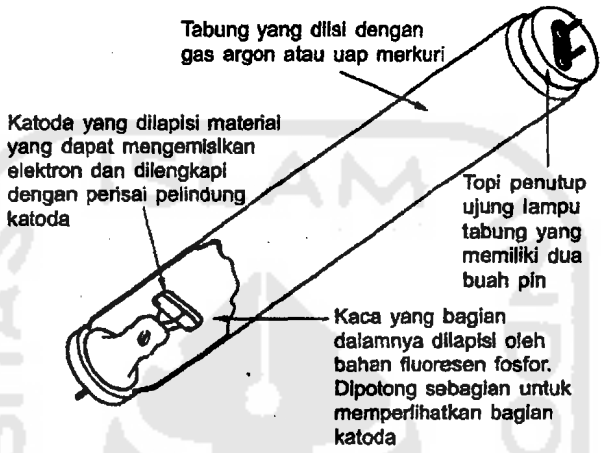
tahanan ini akan ikut maningkat, sehingga tagangan pada elektroda-elektroda tabung akan menurun.

Setelah lampu dinyalakan suhu gas dalam tabung akan meningkat, karena itu setelah beberapa waktu logam yang ada dalam tabung akan menguap dan ikut serta dalam pembangkitan cahayanya di sebabkan oleh uap logam, umumnya uap natrium atau uap air raksa, prosesnya disebut elektroluminesensi sinar elektromagnetik yang dipancarkan dalam proses ini ialah cahaya tampak, lampu-lampu dengan elektron luminesensi ialah lampu natrium dan lampu air raksa tekanan tinggi.

Lampu air raksa dengan tekanan sangat rendah memancarkan terutama sinar ultra ungu, kalau bagian dalam tabung lampu demikian diberi serbuk fluorescent. Sinar ultra ungu akan di ubah menjadi cahaya tampak oleh cahaya tersebut.

Sinar ultra ungu tersebut akan menyebabkan elektron-elektron dalam serbuk fluorescent itu terlempar keluar atomnya, sehingga atom-atom ini memiliki ruang yang lowong. Jika kemudian orbit-orbit yang kosong terisi kembali oleh sebuah elektron maka, kelebihan energi elektron ini dipancarakan dengan cahaya tampak oleh serbuk tersebut, sinar ultra ungu tersebut akan menyebabkan elektron-elektron dalam serbuk fluorescent itu terlempar keluar atomnya, sehingga atom-atom ini memiliki orbit yang lowong, jika kemudian orbit-orbit yang lowong terisi kembali oleh sebuah elektron maka, kelebihan energi ini akan dipancarkan sebagai cahaya tampak. Jadi terjadi proses serupa

dengan yang terjadi dalam gas, proses ini disebut proses foto luminensensi. Lampu dengan foto luminensensi misalnya lampu TL.



Gambar 2.7 Konstruksi lampu Fluorescent (TL)

Lampu fluorescent ini bekerjanya tidak dengan pemijaran filament, tetapi lampu fluorescent menghasilkan cahaya berdasarkan terjadinya pelepasan elektron (*electron discharge*).

Konstruksi dari lampu fluorescent (TL) (Gambar 2.7) ini adalah :

1. Bohlam, biasanya dari tabung kaca, mungkin berbentuk bundar atau U.
2. Phosphor, lapisan dalam bohlam yang meneruskan radiasi ultraviolet, warna cahaya yang dihasilkan tergantung dari komposisi phosphor.
3. Katode, " *Hot cathode*" diujung lampu yaitu dilapisi yaitu dengan material yang beremisi yang mana memancarkan elektron.
4. Dasar atau Base.

5. Merkuri, sebuah kuantitas menit merkuri cair yaitu ditempatkan dalam bohlam untuk memberikan asap merkuri.
6. Gas, biasanya berupa argon atau sebuah campuran gas-gas lamban dalam tekanan rendah. Kripton sesekali juga digunakan.

2.5.1.2 Karakteristik Pengoperasian

Umur lampu standar yang digunakan adalah jam nyala (jam/start), sesuatu yang signifikan dari umur lampu yaitu berhubungan dengan pembiayaan dan penggunaan energi.

a. Pengaruh suhu, suhu titik terdingin
b. Pengaruh tegangan, baik itu tegangan diatas atau di bawah rating akan berpengaruh pada umur lampu.
c. Pemeliharaan lumen, out put lumen lampu fluorescent berkurang cepat pada 100 jam pertama setelah itu lebih lambat.
d. Efikasi, desain efficacy tergantung dalam arus pengoperasian dan penggunaan fosfor.
e. Peredupan dan pengurangan output, pengurangan output dimaksudkan untuk mengurangi pengkonsumsian energi, pembetulan penerangan yang berlebihan, mendukung penggunaan daylight, perubahan fungsi area dan lain-lain. Jika output yang penuh terjadi lagi maka diinginkan suatu peredupan, jika perubahan ini dalam long-term atau permanent, sebuah step atau susunan reduced-output yang mantap mungkin diperlukan. Pengurangan out put diselesaikan dengan pengurangan yang efektif dari arus lampu, ini dapat diatur

dengan memperendah tegangan primer, menambah impedance sirkuit atau memperpendek waktu aliran arus disetiap 0,5 siklus.

f. *Flashing, Flashing* ballast lampu fluorescent setara dengan ballast peredup (dimming) dalam, hanya sirkuit busur yang di ON kan dan di OFF kan.

g. Pengoperasian frekuensi tinggi, pengoperasian diatas 60 Hz mempunyai pengaruh yang sangat bermanfaat bagi Efikasi

2.5.1.3 Inti dan Koil Ballast untuk Lampu Fluorescent

Secara konvensional, inti dan oil magnetik ballast pada lampu ini dipakai yang berkesinambungan, dengan kealamiahan konstruksi, ini akan menghasilkan panas dan noise. Beberapa yang penting dalam penyeleksian dan pengaplikasian ballast adakah sebagai berikut:

a. Suhu ballast normal yang didesain dalam suhu maksimal 40°C dalam 25°C suhu ambient. Suhu ballast penting karena umur ballast secara langsung terpengaruh dari suhu ini.

b. Label ballast.

c. Proteksi ballast, ballast untuk fixture indoor di lindungi dengan sebuah peralatan integral ternal sensing (peka suhu), ballast akan terlepas ketika terjadi panas lebih, panas lebih disebabkan dari tegangan lebih, suhu ambient lebih, atau kegagalan komponen ballast.

d. P.f (*Power Factor*) ballast, faktor ini di perhitungkan dengan satuan desain yaitu tinggi diatas 0,9 atau rendah 0,5 – 0,6 pf ballast yang lebih tinggi akan lebih mahal.