

PENCAHAYAAN

1. PENDAHULUAN.....	1
2. JENIS-JENIS SISTIM PENCAHAYAAN.....	5
3. PENGKAJIAN SISTIM PENCAHAYAAN.....	17
4. PELUANG EFISIENSI ENERGI	32
5. DAPTAH PERIKSA OPSI.....	41
6. LEMBAR KERJA.....	41
7. REFERENSI.....	42

1. PENDAHULUAN

Bagian ini memberikan latar belakang singkat mengenai penerangan dan berbagai istilah dan definisi dasar yang digunakan di industri berkaitan dengan penerangan.

1.1 Latar Belakang

Sejak dimulainya peradaban hingga sekarang, manusia menciptakan cahaya hanya dari api, walaupun lebih banyak sumber panas daripada cahaya. Di abad ke 21 ini kita masih menggunakan prinsip yang sama dalam menghasilkan panas dan cahaya melalui lampu pijar. Hanya dalam beberapa dekade terakhir produk-produk penerangan menjadi lebih canggih dan beraneka ragam. Perkiraan menunjukkan bahwa pemakaian energi oleh penerangan adalah 20 - 45% untuk pemakaian energi total oleh bangunan komersial dan sekitar 3 - 10% untuk pemakaian energi total oleh *plant* industri. Hampir kebanyakan pengguna energi komersial dan industri peduli penghematan energi dalam sistim penerangan. Seringkali, penghematan energi yang cukup berarti dapat didapatkan dengan investasi yang minim dan masuk akal. Mengganti lampu uap merkuri atau sumber lampu pijar dengan logam halida atau *sodium* bertekanan tinggi akan menghasilkan pengurangan biaya energi dan meningkatkan jarak penglihatan. Memasang dan menggunakan kontrol foto, pengaturan waktu penerangan, dan sistim manajemen energi juga dapat memperoleh penghematan yang luar biasa. Walau begitu, dalam beberapa kasus mungkin perlu mempertimbangkan modifikasi rancangan penerangan untuk mendapatkan penghematan energi yang dikehendaki. Penting untuk dimengerti bahwa lampu-lampu yang efisien, belum tentu merupakan sistim penerangan yang efisien.

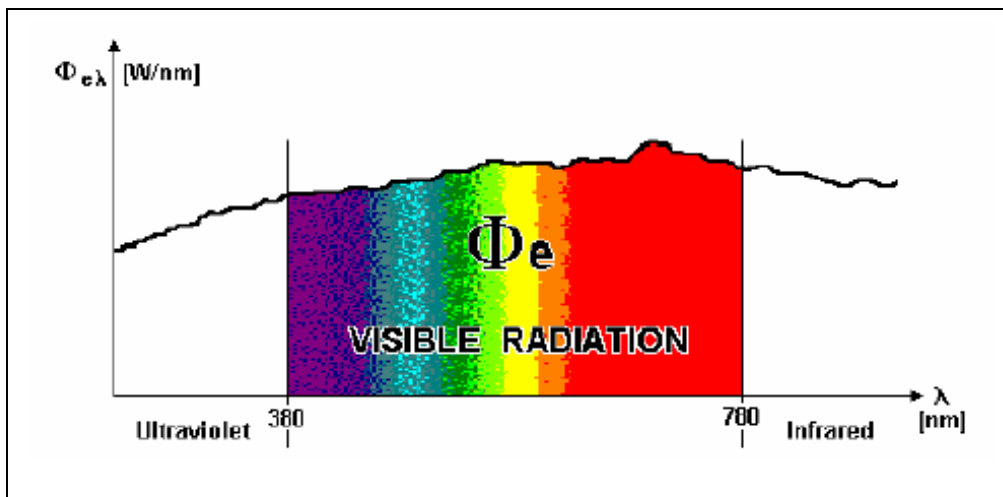
1.2 Teori Dasar Mengenai Cahaya

Cahaya hanya merupakan satu bagian berbagai jenis gelombang elektromagnetis yang terbang ke angkasa. Gelombang tersebut memiliki panjang dan frekuensi tertentu, yang nilainya dapat dibedakan dari energi cahaya lainnya dalam spektrum elektromagnetisnya.

Cahaya dipancarkan dari suatu benda dengan fenomena sebagai berikut:

- **Pijar** padat dan cair memancarkan radiasi yang dapat dilihat bila dipanaskan sampai suhu 1000K. Intensitas meningkat dan penampakan menjadi semakin putih jika suhu naik.
- **Muatan Listrik:** Jika arus listrik dilewatkan melalui gas maka atom dan molekul memancarkan radiasi dimana spektrumnya merupakan karakteristik dari elemen yang ada.
- **Electro luminescence:** Cahaya dihasilkan jika arus listrik dilewatkan melalui padatan tertentu seperti semikonduktor atau bahan yang mengandung fosfor.
- **Photoluminescence:** Radiasi pada salah satu panjang gelombang diserap, biasanya oleh suatu padatan, dan dipancarkan kembali pada berbagai panjang gelombang. Bila radiasi yang dipancarkan kembali tersebut merupakan fenomena yang dapat terlihat maka radiasi tersebut disebut *fluorescence* atau *phosphorescence*.

Cahaya nampak, seperti yang dapat dilihat pada spektrum elektromagnetik, diberikan dalam Gambar 1, menyatakan gelombang yang sempit diantara cahaya *ultraviolet* (UV) dan energi inframerah (panas). Gelombang cahaya tersebut mampu merangsang retina mata, yang menghasilkan sensasi penglihatan yang disebut pandangan. Oleh karena itu, penglihatan memerlukan mata yang berfungsi dan cahaya yang nampak.



Gambar 1. Radiasi yang Tampak
(Biro Efisiensi Energi, 2005)

1.3 Definisi dan Istilah yang Umum Digunakan

Lumen: Satuan *flux* cahaya; *flux* dipancarkan didalam satuan unit sudut padatan oleh suatu sumber dengan intensitas cahaya yang seragam satu *candela*. Satu *lux* adalah satu *lumen* per meter persegi. *Lumen* (lm) adalah kesetaraan fotometrik dari *watt*, yang memadukan respon mata “pengamat standar”. 1 *watt* = 683 *lumens* pada panjang gelombang 555 nm.

Efficacy Beban Terpasang: Merupakan iluminasi/terang rata-rata yang dicapai pada suatu bidang kerja yang datar per *watt* pada pencahayaan umum didalam ruangan yang dinyatakan dalam *lux/W/m²*.

Perbandingan Efficacy Beban Terpasang: Merupakan perbandingan *efficacy* beban target dan *beban terpasang*.

Luminaire: *Luminaire* adalah satuan cahaya yang lengkap, terdiri dari sebuah lampu atau beberapa lampu, termasuk rancangan pendistribusian cahaya, penempatan dan perlindungan lampu-lampu, dan dihubungkannya lampu ke pasokan daya.

Lux: Merupakan satuan metrik ukuran cahaya pada suatu permukaan. Cahaya rata-rata yang dicapai adalah rata-rata tingkat *lux* pada berbagai titik pada area yang sudah ditentukan. Satu *lux* setara dengan satu *lumen* per meter persegi.

Tinggi mounting: Merupakan tinggi peralatan atau lampu diatas bidang kerja.

Efficacy cahaya terhitung: Perbandingan keluaran *lumen* terhitung dengan pemakaian daya terhitung dinyatakan dalam *lumens* per watt.

Indeks Ruang: Merupakan perbandingan, yang berhubungan dengan ukuran bidang keseluruhan terhadap tingginya diantara tinggi bidang kerja dengan bidang titik lampu.

Efficacy Beban Target: Nilai *efficacy* beban terpasang yang dicapai dengan efisiensi terbaik, dinyatakan dalam *lux/W/m²*.

Faktor pemanfaatan (UF): Merupakan bagian flux cahaya yang dipancarkan oleh lampu-lampu, menjangkau bidang kerja. Ini merupakan suatu ukuran efektivitas pola pencahayaan.

Intensitas Cahaya dan Flux:

Satuan intensitas cahaya *I* adalah *candela* (cd) juga dikenal dengan *international candle*. Satu *lumen* setara dengan *flux* cahaya, yang jatuh pada setiap meter persegi (m²) pada lingkaran dengan radius satu meter (1m) jika sumber cahayanya isotropik 1-*candela* (yang bersinar sama ke seluruh arah) merupakan pusat isotropik lingkaran. Dikarenakan luas lingkaran dengan jari-jari *r* adalah $4\pi r^2$, maka lingkaran dengan jari-jari 1m memiliki luas $4\pi m^2$, dan oleh karena itu *flux* cahaya total yang dipancarkan oleh sumber 1- cd adalah 4π lm. Jadi *flux* cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya isotropik dengan intensitas *I* adalah:

$$Flux \text{ cahaya (lm)} = 4\pi \times \text{intensitas cahaya (cd)}$$

Perbedaan antara *lux* dan *lumen* adalah bahwa *lux* berkenaan dengan luas areal pada mana *flux* menyebar 1000 *lumens*, terpusat pada satu areal dengan luas satu meter persegi, menerangi meter persegi tersebut dengan cahaya 1000 *lux*. Hal yang sama untuk 1000 *lumens*, yang menyebar ke sepuluh meter persegi, hanya menghasilkan cahaya suram 100 *lux*.

Hukum Kuadrat Terbalik

Hukum kuadrat terbalik mendefinisikan hubungan antara pencahayaan dari sumber titik dan jarak. Rumus ini menyatakan bahwa intensitas cahaya per satuan luas berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari sumbernya (pada dasarnya jari-jari).

$$E = I / d^2$$

Dimana E = Emisi cahaya, I = Intensitas cahaya dan d = jarak
Bentuk lain dari persamaan ini yang lebih mudah adalah:

$$E_1 d_1^2 = E_2 d_2^2$$

Jarak diukur dari titik uji ke permukaan yang pertama-tama kena cahaya – kawat lampu pijar jernih, atau kaca pembungkus dari lampu pijar yang permukaannya seperti es.

Contoh: Jika seseorang mengukur 10 lm/m² dari sebuah cahaya bola lampu pada jarak 1 meter, berapa kerapatan flux pada jarak setengahnya?

Penyelesaian: $E_1 m = (d_2 / d_1)^2 * E_2$
 $= (1,0 / 0,5)^2 * 10$
 $= 40 \text{ lm/m}^2$

Suhu Warna

Suhu warna, dinyatakan dalam skala Kelvin (K), adalah penampakan warna dari lampu itu sendiri dan cahaya yang dihasilkannya. Bayangkan sebuah balok baja yang dipanaskan secara terus menerus hingga berpijar, pertama-tama berwarna oranye kemudian kuning dan seterusnya hingga menjadi “putih panas”. Sewaktu-waktu selama pemanasan, kita dapat mengukur suhu logam dalam Kelvin (Celsius + 273) dan memberikan angka tersebut kepada warna yang dihasilkan. Hal ini merupakan dasar teori untuk suhu warna. Untuk lampu pijar, suhu warna merupakan nilai yang “sesungguhnya”; untuk lampu neon dan lampu dengan pelepasan intensitas tinggi (HID), nilainya berupa perkiraan dan disebut korelasi suhu warna. Di Industri, “suhu warna” dan “korelasi suhu warna” kadang-kadang digunakan secara bergantian. Suhu warna lampu membuat sumber cahaya akan nampak “hangat”, “netral” atau “sejuk”. Umumnya, makin rendah suhu, makin hangat sumber, dan sebaliknya.

Perubahan Warna

Kemampuan sumber cahaya merubah warna permukaan secara akurat dapat diukur dengan baik oleh indeks perubahan warna. Indeks ini didasarkan pada ketepatan dimana serangkaian uji warna dipancarkan kembali oleh lampu yang menjadi perhatian relatif terhadap lampu uji, persesuaian yang sempurna akan diberi angka 100. Indeks CIE memiliki keterbatasan, namun cara ini merupakan cara yang sudah diterima secara luas untuk sifat-sifat perubahan warna dari sumber cahaya.

Tabel 1. Penerapan kelompok perubahan warna (Biro Efisiensi Energi, 2005)

Kelompok perubahan warna	Indeks ^(Ra) umum perubahan warna CIE	Penerapan khusus
1A	$R_a > 90$	Dimana perubahan warna yang akurat diperlukan misal pemeriksaan warna cetakan
1B	$80 < R_a < 90$	Dimana pertimbangan warna yang akurat penting atau perubahan warna yang baik diperlukan untuk alasan penampilan misal cahaya peraga
2	$60 < R_a < 80$	Dimana perubahan warna yang cukup/ <i>moderate</i> diperlukan
3	$40 < R_a < 60$	Dimana perubahan warna memiliki sedikit arti namun adanya penyimpangan warna tidak dapat diterima
4	$20 < R_a < 40$	Dimana perubahan warna tidak ada penting sama sekali dan penyimpangan warna dapat diterima

Kesalah pahaman yang umum terjadi adalah bahwa suhu warna dan perubahan warna keduanya menjelaskan sifat yang sama terhadap lampu. Selain itu, suhu warna menjelaskan penampilan warna sumber cahaya dan cahaya yang dipancarkannya. Perubahan warna menjelaskan bagaimana cahaya merubah warna suatu objek.

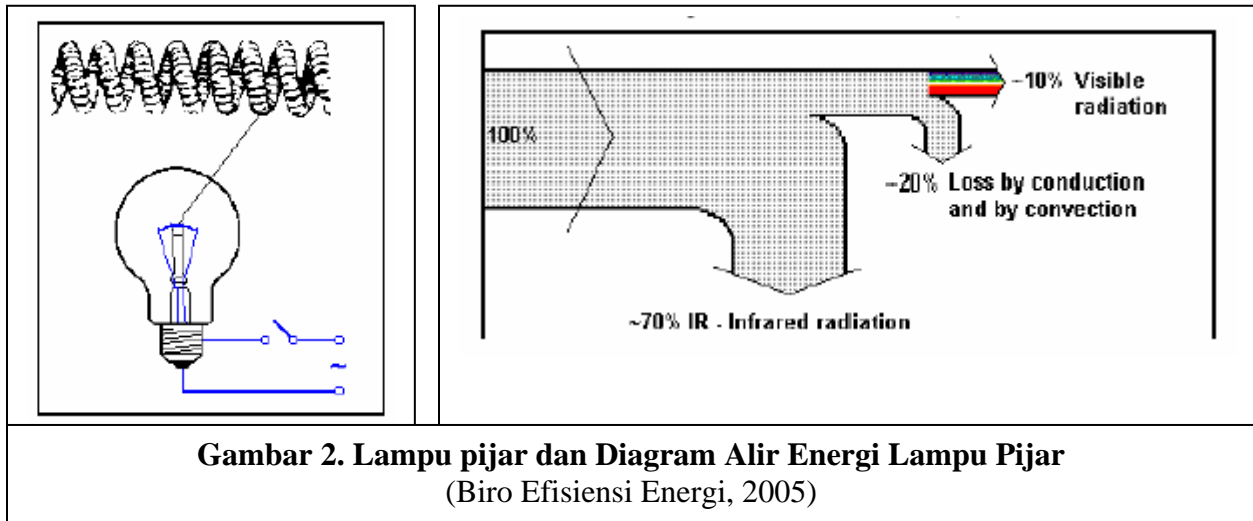
2. JENIS-JENIS SISTIM PENCAHAYAAN

Bagian ini menjelaskan berbagai jenis dan komponen sistim pencahayaan.

2.1 Lampu Pijar (GLS)

Lampu pijar bertindak sebagai ‘badan abu-abu’ yang secara selektif memancarkan radiasi, dan hampir seluruhnya terjadi pada daerah nampak. Bola lampu terdiri dari hampa udara atau berisi gas, yang dapat menghentikan oksidasi dari kawat pijar tungsten, namun tidak akan menghentikan penguapan. Warna gelap bola lampu dikarenakan tungsten yang teruapkan mengembun pada permukaan lampu yang relatif dingin. Dengan adanya gas *inert*, akan menekan terjadinya penguapan, dan semakin besar berat molekulnya akan makin mudah menekan terjadinya penguapan. Untuk lampu biasa dengan harga yang murah, digunakan campuran argon nitrogen dengan perbandingan 9/1. Krypton atau Xenon hanya digunakan dalam penerapan khusus seperti lampu sepeda dimana bola lampunya berukuran kecil, untuk mengimbangi kenaikan harga, dan jika penampilan merupakan hal yang penting.

Gas yang terdapat dalam bola pijar dapat menyalurkan panas dari kawat pijar, sehingga daya hantar yang rendah menjadi penting. Lampu yang berisi gas biasanya memadukan sekering dalam kawat timah. Gangguan kecil dapat menyebabkan pemutusan arus listrik, yang dapat menarik arus yang sangat tinggi. Jika patahnya kawat pijar merupakan akhir dari umur lampu, tetapi untuk kerusakan sekering tidak begitu halnya.

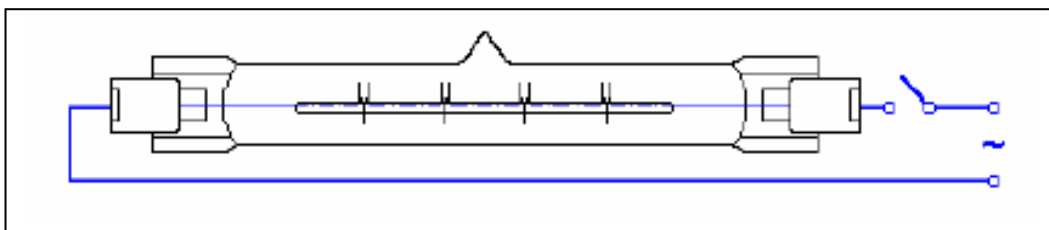


Ciri-ciri

- *Efficacy* – 12 lumens/Watt
- Indeks Perubahan Warna – 1A
- Suhu Warna - Hangat (2.500K – 2.700K)
- Umur Lampu – 1-2.000 jam

2.2 Lampu Tungsten--Halogen

Lampu halogen adalah sejenis lampu pijar. Lampu ini memiliki kawat pijar tungsten seperti lampu pijar biasa yang digunakan di rumah, tetapi bola lampunya diisi dengan gas halogen. Atom tungsten menguap dari kawat pijar panas dan bergerak naik ke dinding pendingin bola lampu. Atom tungsten, oksigen dan halogen bergabung pada dinding bola lampu membentuk molekul oksihalida tungsten. Suhu dinding bola lampu menjaga molekul oksihalida tungsten dalam keadaan uap. Molekul bergerak ke arah kawat pijar panas dimana suhu tinggi memecahnya menjadi terpisah-pisah. Atom tungsten disimpan kembali pada daerah pendinginan dari kawat pijar – bukan ditempat yang sama dimana atom diuapkan. Pemecahan biasanya terjadi dekat sambungan antara kawat pijar tungsten dan kawat timah molibdenum dimana suhu turun secara tajam.



Gambar 33 Lampu halogen tungsten

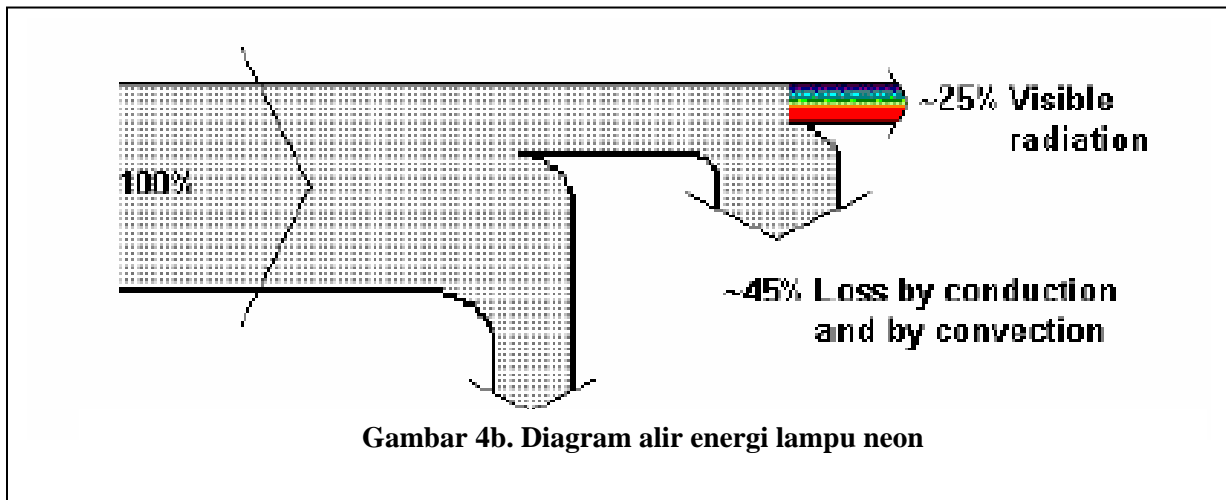
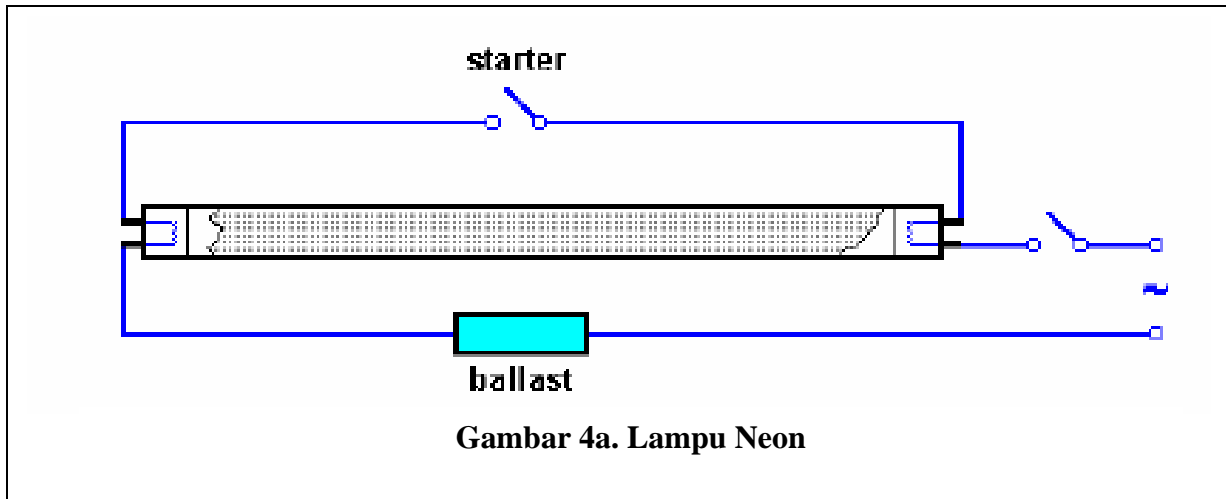
<p>Ciri-ciri</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Efficacy</i> – 18 lumens/Watt ▪ Indeks Perubahan Warna – 1A ▪ Suhu Warna – Hangat (3.000K-3.200K) ▪ Umur Lampu – 2-4.000 jam 	
<p>Kelebihan</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lebih kompak ▪ Umur lebih panjang ▪ Lebih banyak cahaya ▪ Cahaya lebih putih (suhu warna lebih tinggi) 	<p>Kekurangan</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lebih mahal ▪ IR meningkat ▪ UV meningkat ▪ Masalah <i>handling</i>

2.3 Lampu Neon

2.3.1 Ciri-ciri lampu Neon

Lampu neon, 3 hingga 5 kali lebih efisien daripada lampu pijar standar dan dapat bertahan 10 hingga 20 kali lebih awet. Dengan melewatkan listrik melalui uap gas atau logam akan menyebabkan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan komposisi kimia dan tekanan gasnya. Tabung neon memiliki uap merkuri bertekanan rendah, dan akan memancarkan sejumlah kecil radiasi biru/ hijau, namun kebanyakan akan berupa UV pada 253,7nm dan 185nm.

Bagian dalam dinding kaca memiliki pelapis tipis fosfor, hal ini dipilih untuk menyerap radiasi UV dan meneruskannya ke daerah nampak. Proses ini memiliki efisiensi sekitar 50%. Tabung neon merupakan lampu ‘katode panas’, sebab katode dipanaskan sebagai bagian dari proses awal. Katodenya berupa kawat pijar tungsten dengan sebuah lapisan barium karbonat. Jika dipanaskan, lapisan ini akan mengeluarkan elektron tambahan untuk membantu pelepasan. Lapisan ini tidak boleh diberi pemanasan berlebih sebab umur lampu akan berkurang. Lampu menggunakan kaca soda kapur yang merupakan pemancar UV yang buruk. Jumlah merkurnya sangat kecil, biasanya 12 mg. Lampu yang terbaru menggunakan amalgam merkuri, yang kandungannya sekitar 5 mg. Hal ini memungkinkan tekanan merkuri optimum berada pada kisaran suhu yang lebih luas. Lampu ini sangat berguna bagi pencahayaan luar ruangan karena memiliki *fitting* yang kompak.



2.3.2 Bagaimana lampu neon T12, T10, T8, dan T5 bisa berbeda?

Keempat lampu tersebut memiliki diameter yang beragam (berbeda sekitar 1,5 inci, yaitu 12/8 inci untuk lampu T12 hingga 0,625 atau 5/8 inci untuk lampu T5). *Efficacy* merupakan lain yang membedakan satu lampu dari yang lainnya. *Efficacy* lampu T5 dan T8 lebih tinggi 5 persen dari lampu T12 yang 40-watt, dan telah menjadi pilihan paling populer untuk pemasangan lampu baru.

2.3.3 Pengaruh suhu

Operasi lampu yang paling efisien dicapai bila suhu ambien berada antara 20 dan 30°C untuk lampu neon. Suhu yang lebih rendah menyebabkan penurunan tekanan merkuri, yang berarti bahwa energi UV yang diproduksi menjadi semakin sedikit; oleh karena itu, lebih sedikit energi UV yang berlaku sebagai fosfor sehingga sebagai hasilnya cahaya yang dihasilkan menjadi sedikit. Suhu yang tinggi menyebabkan pergeseran dalam panjang gelombang UV yang dihasilkan sehingga akan lebih dekat ke spektrum tampak. Makin panjang panjang gelombang UV akan makin sedikit pengaruhnya terhadap fosfor, dan oleh karena itu keluaran cahaya pun

akan berkurang. Pengaruh keseluruhannya adalah bahwa keluaran cahayanya jatuh diatas dan dibawah kisaran suhu ambien yang optimal.

Ciri-ciri

Halofosfat

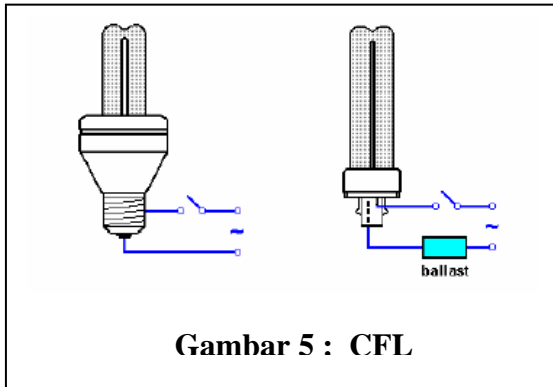
- *Efficacy* – 80 lumens/Watt (gir HF menaikan nilai ini sebesar 10%)
- Indeks Perubahan Warna –2-3
- Suhu Warna – apa saja
- Umur Lampu– 7-15.000 jam

Tri-fosfor

- *Efficacy* – 90 lumens/Watt
- Indeks Perubahan Warna –1A-1B
- Suhu Warna – apa saja
- Umur Lampu – 7-15.000 jam

2.3.4 Lampu neon yang kompak

Lampu neon kompak yang tersedia saat ini membuka seluruh pasar bagi lampu neon. Lampu-lampu ini dirancang dengan bentuk yang lebih kecil yang dapat bersaing dengan lampu pijar dan uap merkuri di pasaran lampu dan memiliki bentuk bulat atau segi empat. Produk di pasaran tersedia dengan gir pengontrol yang sudah terpasang (GFG) atau terpisah (CFN).



Ciri-ciri:

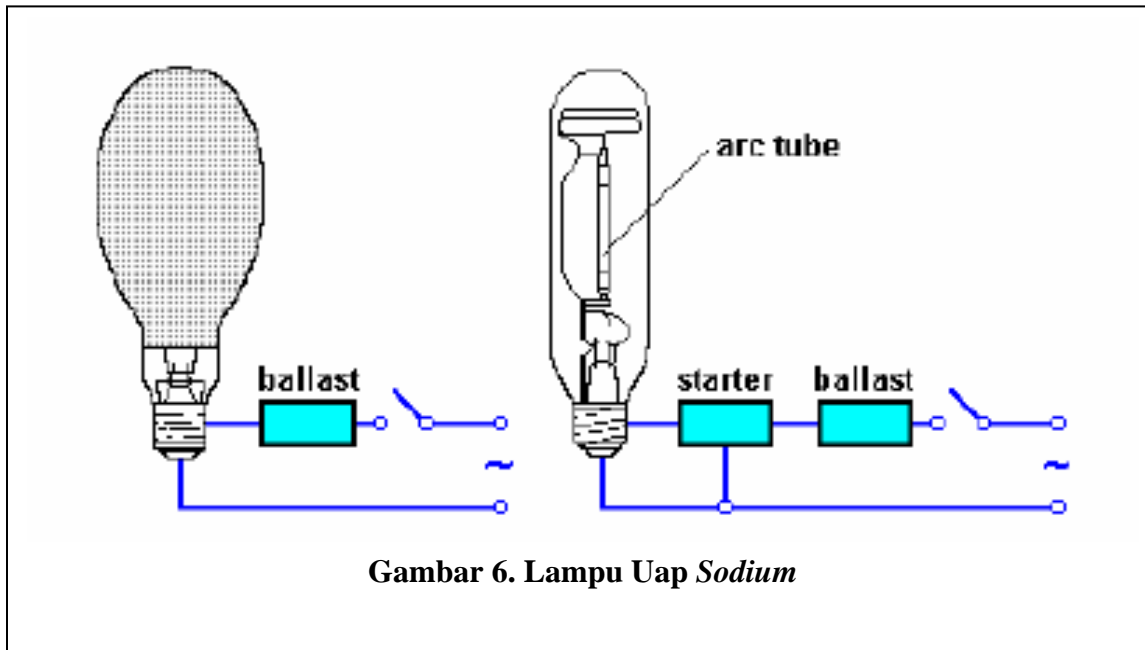
- Efficacy* – 60 lumens/Watt
- Indeks Perubahan Warna – 1B
- Suhu Warna – Hangat, Menengah
- Umur Lampu – 7-10.000 jam

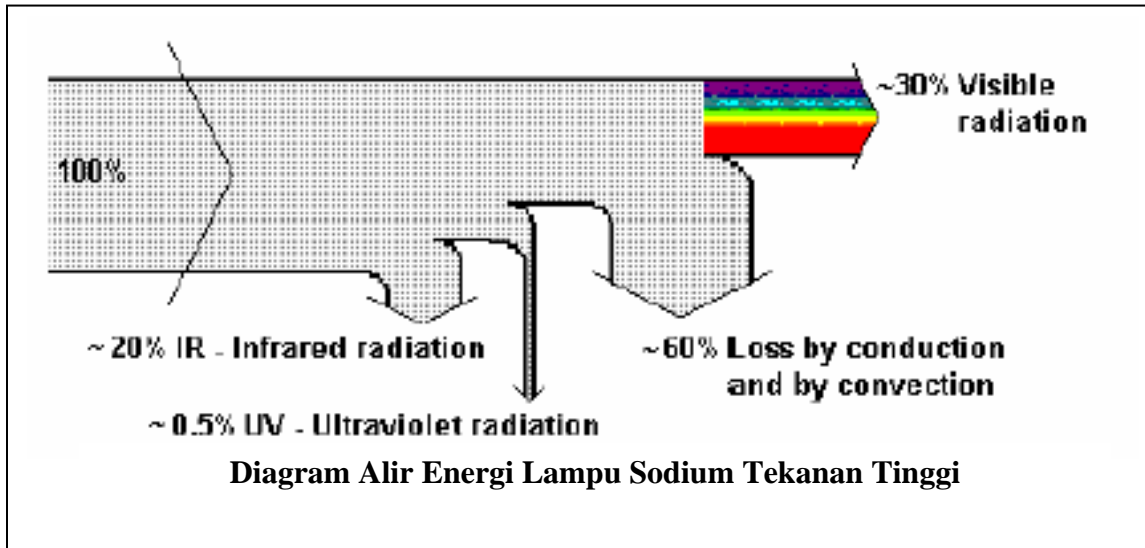
2.4 Lampu Sodium

2.4.1 Lampu sodium tekanan tinggi

Lampu sodium tekanan tinggi (HPS) banyak digunakan untuk penerapan di luar ruangan dan industri. *Efficacy* nya yang tinggi membuatnya menjadi pilihan yang lebih baik daripada metal halida, terutama bila perubahan warna yang baik bukan menjadi prioritas. Lampu HPS berbeda dari lampu merkuri dan metal halida karena tidak memiliki starter elektroda; sirkuit balas dan starter elektronik tegangan tinggi. Tabung pemancar listrik terbuat dari bahan keramik, yang

dapat menahan suhu hingga 2372F. Didalamnya diisi dengan xenon untuk membantu menyalakan pemancar listrik, juga campuran gas sodium – merkuri.





Ciri-ciri

- *Efficacy* – 50 - 90 lumens/Watt (CRI lebih baik, *Efficacy* lebih rendah)
- Indeks Perubahan Warna – 1 – 2
- Suhu Warna - Hangat
- Umur Lampu – 24.000 jam, perawatan lumen yang luar biasa
- Pemanasan – 10 menit, pencapaian panas – dalam waktu 60 detik
- Mengoperasikan sodium pada suhu dan tekanan yang lebih tinggi menjadikan sangat reaktif.
- Mengandung 1-6 mg sodium dan 20mg merkuri
- Gas pengisinya adalah Xenon. Dengan meningkatkan jumlah gas akan menurunkan merkuri, namun membuat lampu jadi sulit dinyalakan.
- Arc tube (tabung pemancar cahaya) didalam bola lampu mempunyai lapisan pendifusi untuk mengurangi silau.
- Makin tinggi tekanannya, panjang gelombangnya lebih luas, dan CRI nya lebih baik, *efficacy* nya lebih rendah.

2.4.2 Lampu sodium tekanan rendah

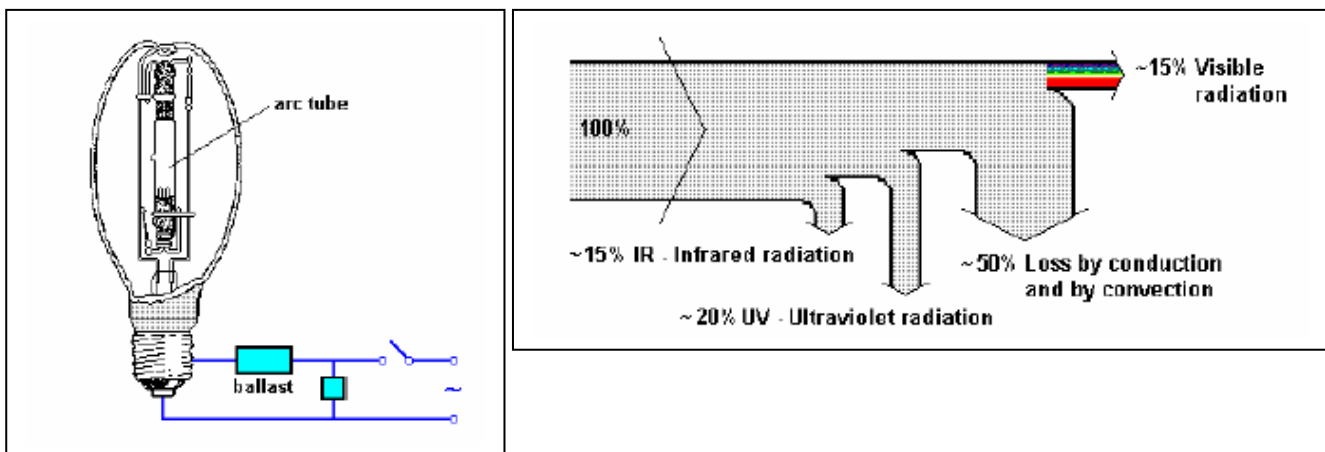
Walaupun lampu sodium tekanan rendah (LPS) serupa dengan sistim neon (sebab keduanya menggunakan sistim tekanan rendah), mereka umumnya dimasukkan kedalam keluarga HID. Lampu LPS adalah sumber cahaya yang paling sukses, namun produksi semua jenis lampunya berkualitas sangat jelek. Sebagai sumber cahaya monokromatis, semua warna nampak hitam, putih, atau berbayang abu-abu. Lampu LPS tersedia dalam kisaran 18-180 watt. Penggunaan lampu LPS umumnya hanya untuk penggunaan luar ruang seperti penerangan keamanan atau jalanan dan jalan dalam gedung, penggunaan watt nya rendah dimana kualitas warnanya tidak penting (seperti ruangan tangga). Walau demikian, karena perubahan warnanya sangat buruk, beberapa daerah tidak mengizinkan penggunaan lampu tersebut untuk penerangan jalan raya.

Ciri-ciri

- *Efficacy* – 100 – 200 lumens/Watt
- Indeks Perubahan Warna – 3
- Suhu Warna – Kuning (2.200K)
- Umur Lampu – 16.000 jam
- Pemanasan – 10 menit, pencapaian panas – sampai 3 menit

2.5 Lampu Uap Merkuri

Lampu uap merkuri merupakan model tertua lampu HID. Walaupun mereka memiliki umur yang panjang dan biaya awal yang rendah, lampu ini memiliki *efficacy* yang buruk (30 hingga 65 lumens per watt, tidak termasuk kerugian *balas*) dan memancarkan warna hijau pucat. Isu paling penting tentang lampu uap merkuri adalah bagaimana caranya supaya digunakan jenis sumber HID atau neon lainnya yang memiliki *efficacy* dan perubahan warna yang lebih baik. Lampu uap merkuri yang bening, yang menghasilkan cahaya biru-hijau, terdiri dari tabung pemancar uap merkuri dengan elektroda tungsten di kedua ujungnya. Lampu tersebut memiliki *efficacy* terendah dari keluarga HID, penurunan lumen yang cepat, dan indeks perubahan warna yang rendah. Disebabkan karakteristik tersebut, lampu jenis HID yang lain telah menggantikan lampu uap merkuri dalam banyak penggunaannya. Walau begitu, lampu uap merkuri masih merupakan sumber yang populer untuk penerangan taman sebab umur lampunya yang mencapai 24.000 jam dan bayangan taman yang hijaunya terlihat seperti gambaran hidup. Pemancar disimpan di bagian dalam bola lampu yang disebut tabung pemancar. Tabung pemancar diisi dengan gas merkuri dan argon murni. Tabung pemancar tertutup di dalam bola lampu yang berada diluarnya, yang diisi dengan nitrogen.



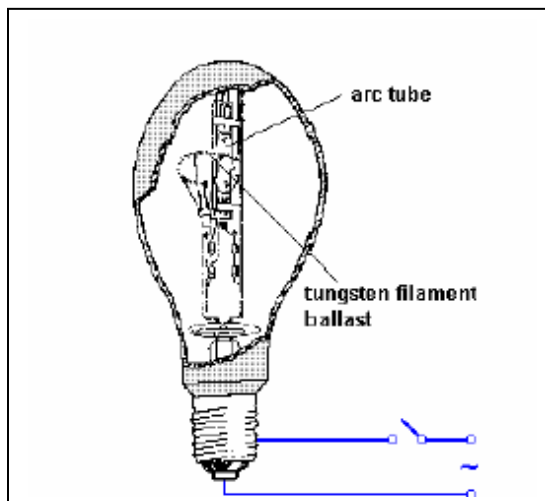
Gambar 7. Lampu uap merkuri dan diagram alir energinya

Ciri-ciri

- *Efficacy* – 50 - 60 lumens/Watt (tidak termasuk dari bagian L)
- Indeks Perubahan Warna – 3
- Suhu Warna – Menengah
- Umur Lampu – 16.000 – 24.000 jam, perawatan lumen buruk
- 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.
- Tabung pemancar mengandung 100 mg gas merkuri dan argon. Pembungkusnya adalah pasir kwarsa.
- Tidak terdapat pemanas awal katoda, elektroda ketiga dengan celah yang lebih pendek untuk memulai pelepasan
- Bola lampu bagian luar dilapisi fosfor. Hal ini akan memberi cahaya merah tambahan dengan menggunakan UV, untuk mengkoreksi bias pelepasan merkuri.
- Pembungkus kaca bagian luar mencegah lepasnya radiasi UV

2.6 Lampu Kombinasi

Lampu kombinasi kadang disebut sebagai lampu *two-in-one*. Lampu ini mengkombinasikan dua sumber cahaya yang tertutup dalam satu lampu yang diisi gas. Salah satu sumbernya adalah tabung pelepas merkuri kuarsa (seperti sebuah lampu merkuri) dan sumber lainnya adalah kawat pijar tungsten yang disambungkan secara seri. Kawat pijar ini bertindak sebagai *balas* untuk tabung pelepasan yang menstabilkan arus, jadi tidak diperlukan *balas* yang lain. Kawat pijar tungsten digulung dengan susunan melingkar pada tabung pelepasan dan dihubungkan dalam susunan seri. Lapisan bubuk *fluorescent* diletakkan ke bagian dalam dinding lampu untuk mengubah sinar UV yang dipancarkan dari tabung pelepas ke cahaya nampak. Pada penyalaan, lampu hanya memancarkan cahaya dari kawat pijar tungsten, dan selama perjalanan sekitar 3 menit, pemancar didalam tabung pelepas melesat mencapai keluaran cahaya penuh. Lampu ini cocok untuk area anti nyala dan dapat disesuaikan dengan perlengkapan lampu pijar tanpa modifikasi.



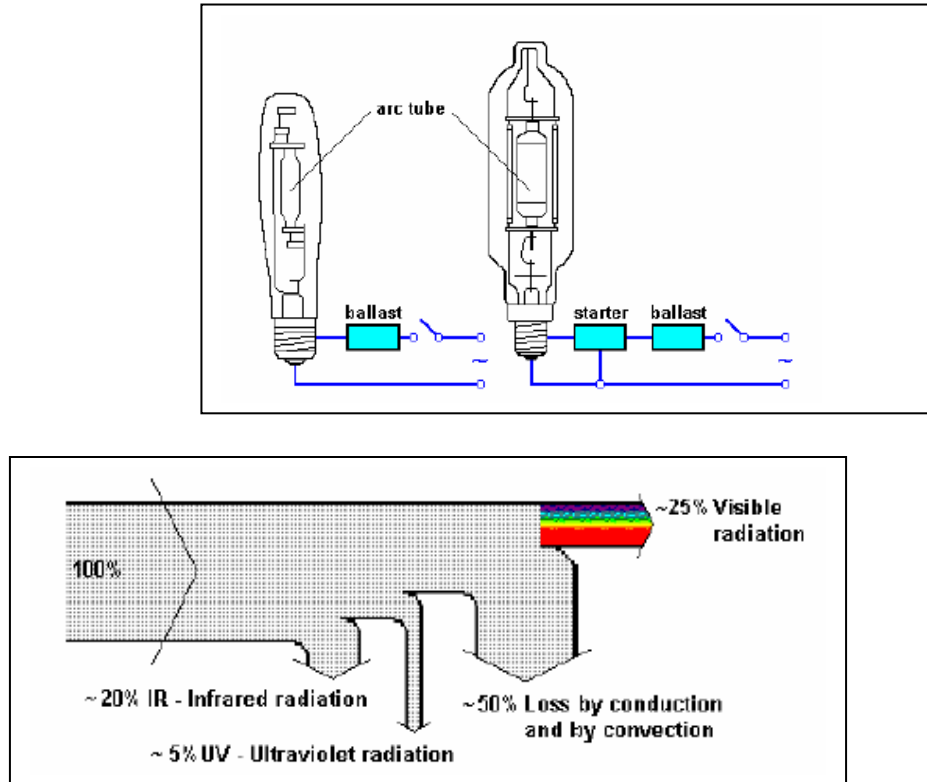
Ciri-ciri

- Nilainya biasanya 160 W
- *Efficacy* 20 hingga 30 Lm/W
- Faktor daya tinggi 0,95
- Umur 8000 jam

Gambar 8. Lampu kombinasi

2.7 Lampu Metal Halida

Halida bertindak sama halnya dengan siklus halogen tungsten. Manakala suhu bertambah maka terjadi pemecahan senyawa halida melepaskan logam ke pemancar. Halida mencegah dinding kuarsa diserang oleh logam-logam alkali.



Gambar 9. Lampu metal halida dan diagram alir energinya

Ciri-ciri

- *Efficacy* – 80 lumens/Watt
- Indeks Perubahan Warna – 1A –2 tergantung pada campuran halida
- Suhu Warna – 3.000K – 6.000K
- Umur Lampu – 6.000 – 20.000 jam, perawatan lumen buruk
- Pemanasan – 2-3 menit, pencapaian panas – dalam waktu 10-20 menit
- Pemilihan warna, ukuran, dan nilainya lebih besar untuk MBI daripada jenis lampu lainnya. Jenis ini merupakan versi yang dikembangkan dari dua lampu pelepas dengan intensitas tinggi, dan cenderung memiliki *efficacy* yang lebih baik
- Dengan menambahkan logam lain ke merkuri, spektrum yang berbeda dapat dipancarkan
- Beberapa lampu SBI menggunakan elektroda ketiga untuk memulai penyalaan, namun untuk yang lainnya, terutama lampu peraga yang lebih kecil, memerlukan denyut penyalaan tegangan tinggi

2.8 Lampu LED

Lampu LED merupakan lampu terbaru yang merupakan sumber cahaya yang efisien energinya. Ketika lampu LED memancarkan cahaya nampak pada gelombang spektrum yang sangat sempit, mereka dapat memproduksi “cahaya putih”. Hal ini sesuai dengan kesatuan susunan merah-biru-hijau atau lampu LED biru berlapis fosfor. Lampu LED bertahan dari 40.000 hingga 100.000 jam tergantung pada warna. Lampu LED digunakan untuk banyak penerapan pencahayaan seperti tanda keluar, sinyal lalu lintas, cahaya dibawah lemari, dan berbagai penerapan dekoratif. Walaupun masih dalam masa perkembangan, teknologi lampu LED sangat cepat mengalami kemajuan dan menjanjikan untuk masa depan. Pada cahaya sinyal lalu lintas, pasar yang kuat untuk LED, sinyal lalu lintas warna merah menggunakan lampu 10W yang setara dengan 196 LEDs, menggantikan lampu pijar yang menggunakan 150W. Berbagai perkiraan potensi penghematan energi berkisar dari 82% hingga 93%. Produk pengganti LED, diproduksi dalam berbagai bentuk termasuk batang ringan, panel dan sekrup dalam lampu LED, biasanya memiliki kekuatan 2-5W masing-masing, memberikan penghematan yang cukup berarti dibanding lampu pijar dengan bonus keuntungan masa pakai yang lebih lama, yang pada gilirannya mengurangi perawatan.

2.9 Komponen Pencahayaan

2.9.1 Luminer/ Reflektor

Elemen yang paling penting dalam perlengkapan cahaya, selain dari lampu, adalah reflector. Reflektor berdampak pada banyaknya cahaya lampu mencapai area yang diterangi dan juga pola distribusi cahayanya. Reflektor biasanya menyebar (dilapisi cat atau bubuk putih sebagai penutup) atau *specular* (dilapisi atau seperti kaca). Tingkat pemantulan bahan reflektor dan bentuk reflektor berpengaruh langsung terhadap efektifitas dan efisiensi *fitting*. Reflektor konvensional yang menyebar memiliki tingkat pemantulan 70-80% apabila baru. Bahan yang lebih baru dengan daya pemantulan yang lebih tinggi atau semi-difusi memiliki daya pemantulan sebesar 85%. Pendifusi/*Diffuser* konvensional menyerap cahaya lebih banyak dan menyebarkan daripada memantulkannya ke area yang dikehendaki. Lama kelamaan nilai daya pantul dapat berkurang disebabkan penumpukan debu dan kotoran dan perubahan warna menjadi kuning disebabkan oleh sinar UV. Reflektor *specular* lebih efektif dimana pemantul ini memaksimalkan optik dan daya pantul *specular* sehingga membiarkan pengontrolan cahaya yang lebih seksama dan jalan pintas yang lebih tajam. Dalam kondisi baru, lampu ini memiliki nilai pantul sekitar 85-96%. Nilai tersebut tidak berkurang seperti pada reflektor konvensional yang berkurang karena usia. Bahan yang umum digunakan adalah alumunium yang diberi perlakuan anoda (nilai pantul 85-90%) dan lapisan perak yang dilaminasikan ke bahan logam (nilai pantul 91-95%). Menambah (atau melapisi) alumunium dilakukan untuk mencapai nilai pantul lebih kurang 88-96%. Lampu harus tetap bersih agar efektif, reflektor optik kaca tidak boleh digunakan dalam peralatan yang terbuka di industri dimana peralatan tersebut mungkin akan terkena debu.



2.9.2 Gir

Gir yang digunakan dalam peralatan pencahayaan adalah sebagai berikut:

- **Balas:** Suatu alat yang membatasi arus, untuk melawan karakteristik tahanan negatif dari berbagai lampu pelepas. Untuk lampu neon, alat ini membantu meningkatkan tegangan awal yang diperlukan untuk memulai penyalan.
- **Ignitors:** Digunakan untuk penyalan awal lampu Metal Halida dan uap Sodium intensitas tinggi.

Table berikut menyajikan karakteristik kinerja luminer yang umum digunakan:

Tabel 2. Karakteristik Kinerja Pencahayaan (*Luminous*) dari Luminer yang Umum Digunakan

Jenis Lampu	Lum / Watt		Indeks Perubahan Warna	Penerapan	Umur (Jam)
	Kisaran	Rata-rata			
Lampu pijar	8-18	14	Baik sekali	Rumah, restoran, penerangan umum, penerangan darurat	1000
Lampu Neon	46-60	50	Lapisan w.r.t yang baik	Kantor, pertokoan, rumah sakit, rumah	5000
Lampu Neon Kompak (CFL)	40-70	60	Sangat Baik	Hotel, pertokoan, rumah, kantor	8000-10000
Merkuri tekanan tinggi (HPMV)	44-57	50	Cukup	Penerangan umum di pabrik, garasi, tempat parkir mobil, penerangan berlebihan/ sangat terang	5000
Lampu halogen	18-24	20	Baik Sekali	Peraga, penerangan berlebihan, arena pameran, area konstruksi	2000-4000
Sodium tekanan tinggi (HPSV) SON	67-121	90	Cukup	Penerangan umum di pabrik, gudang, penerangan jalan	6000-12000
Sodium tekanan rendah (LPSV) SOX	101-175	150	Buruk	Jalan raya, terowongan, kanal, penerangan jalan	6000-12000

3. PENGKAJIAN SISTIM PENCAHAYAAN

Bagian ini meliputi perancangan sistim penerangan untuk interior dan juga metodologi studi efisiensi energi sistim pencahayaan. Bagian ini juga memberi rekomendasi nilai penerangan yang diperlukan oleh berbagai jenis pekerjaan sesuai dengan standar India.

3.1 Merancang Sistim Pencahayaan

3.1.1 Berapa banyak cahaya yang diperlukan?

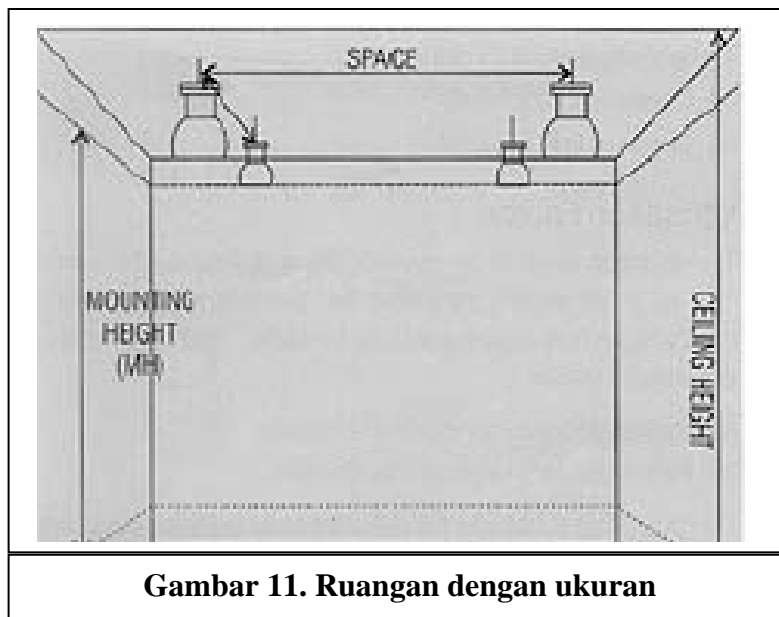
Setiap pekerjaan memerlukan tingkat pencahayaan pada permukaannya. Pencahayaan yang baik menjadi penting untuk menampilkan tugas yang bersifat visual. Pencahayaan yang lebih baik akan membuat orang bekerja lebih produktif. Membaca buku dapat dilakukan dengan 100 to 200 lux. Hal ini merupakan pertanyaan awal perancang sebelum memilih tingkat pencahayaan yang benar. CIE (Commission International de l'Eclairage) dan IES (Illuminating Engineers Society) telah menerbitkan tingkat pencahayaan yang direkomendasikan untuk berbagai pekerjaan. Nilai-nilai yang direkomendasikan tersebut telah dipakai sebagai standar nasional dan internasional bagi perancangan pencahayaan (Tabel diberikan dibawah). Pertanyaan kedua adalah mengenai kualitas cahaya. Dalam kebanyakan konteks, kualitas dibaca sebagai perubahan warna.

Tergantung pada jenis tugasnya, berbagai sumber cahaya dapat dipilih berdasarkan indeks perubahan warna.

	Tingkat penerangan (lux)	Contoh-contoh Area Kegiatan
Pencahayaan Umum untuk ruangan dan area yang jarang digunakan dan/atau tugas-tugas atau visual sederhana	20	Layanan penerangan yang minimum dalam area sirkulasi luar ruangan, pertokoan didaerah terbuka, halaman tempat penyimpanan
	50	Tempat pejalan kaki & panggung.
	70	Ruang boiler.
	100	Halaman Trafo, ruangan tungku, dll.
	150	Area sirkulasi di industri, pertokoan dan ruang penyimpan.
Pencahayaan umum untuk interior	200	Layanan penerangan yang minimum dalam tugas
	300	Meja & mesin kerja ukuran sedang, proses umum dalam industri kimia dan makanan, kegiatan membaca dan membuat arsip.
	450	Gantungan baju, pemeriksaan, kantor untuk menggambar, perakitan mesin dan bagian yang halus, pekerjaan warna, tugas menggambar kritis.
	1500	Pekerjaan mesin dan diatas meja yang sangat halus, perakitan mesin presisi kecil dan instrumen; komponen elektronik, pengukuran & pemeriksaan bagian kecil yang rumit (sebagian mungkin diberikan oleh tugas pencahayaan setempat)
Pencahayaan tambahan setempat untuk tugas visual yang tepat	3000	Pekerjaan berpresisi dan rinci sekali, misal instrumen yang sangat kecil, pembuatan jam tangan, pengukiran

3.1.2 Rancangan pencahayaan untuk inerior

Proses rancangan pencahayaan tahap demi tahap digambarkan dibawah dengan bantuan contoh. Gambaran berikut menunjukkan parameter ruang yang khusus.



Gambar 11. Ruang dengan ukuran

Tahap 1: Tentukan penerangan yang diperlukan pada bidang kerja, jenis lampu dan luminer

Pengkajian awal harus dibuat terhadap jenis pencahayaan yang dibutuhkan, seringkali keputusan dibuat sebagai fungsi dari estetika dan ekonomi. Untuk pekerjaan kantor yang normal, dibutuhkan pencahayaan 200 lux.

Untuk ruang kantor yang berAC, dipilih lampu neon 36 W dengan tabung kembar. Luminernya berlapis porselen yang cocok untuk lampu yang diletakkan diatas. Penting untuk memperoleh tabel faktor penggunaan untuk luminer ini dari pembuatnya untuk perhitungan lebih lanjut.

Tahap 2: Kumpulkan data ruangan dalam format seperti dibawah ini

Ukuran ruangan	Panjang	L1	10	m
	Lebar	L2	10	m
	Luas lantai	L3	100	m ²
	Tinggi langit-langit	L4	3,0	m
Pantulan permukaan	Langit-langit	L5	0,7	p.u
	Dinding	L6	0,5	p.u
	Lantai	L7	0,2	p.u
Tinggi bidang kerja dari lantai		L8	0,9	m
Tinggi luminer dari lantai		L9	2,9	m

Nilai pantulan untuk penggunaannya dalam L5, L6, L7 adalah:

	Langit-langit	Dinding	Lantai
Kantor ber AC	0,7	0,5	0,2
Industri ringan	0,5	0,3	0,1
Industri berat	0,3	0,2	0,1

Tahap 3: Perhitungan indeks ruangan

$$\text{Room Index} = \frac{\text{Length} \times \text{Width}}{\text{Hight} \times (\text{Length} + \text{Width})}$$

$$= 10 \times 10 / [2 \times (10 + 10)] = 2,5$$

Tahap 4: Perhitungan faktor Penggunaan

Faktor penggunaan didefinisikan sebagai persen dari lumen lampu kosong yang mengeluarkan cahaya dan mencapai bidang kerja. Faktor ini bertanggungjawab langsung terhadap cahaya dari lumener dan cahaya yang dipantulkan permukaan ruangan. Fihak pabrik akan memasok setiap lumener dengan tabel CU nya sendiri yang berasal dari laporan pengujian fotometrik. Dengan menggunakan tabel yang tersedia dari pabrik, ditentukan faktor penggunaan untuk pemasangan berbagai cahaya jika pantulan dari dinding dan langit-langit diketahui, indeks ruangan telah ditentukan dan jenis lumener diketahui. Untuk peralatan tabung kembar, faktor penggunaannya adalah 0,66, sesuai untuk indeks ruangan 2,5.

Tahap 5: Perhitungan jumlah fitting yang diperlukan dengan penerapan rumus sebagai berikut:

$$N = \frac{E \times A}{F \times UF \times LLF}$$

Dimana:

N = Jumlah fitting

E = Tingkat lux yang diperlukan pada bidang kerja

A = Luas ruangan (L x W)

F = Flux total (Lumens) dari seluruh lampu dalam satu fitting

UF = Faktor penggunaan dari tabel untuk peralatan yang digunakan

LLF = Faktor kehilangan cahaya. Kehilangan ini disebabkan oleh penurunan keluaran lampu yang sudah lama dan penumpukan kotoran pada peralatan dan dinding bangunan.

LLF = Lumen lampu_{MF} x Lumener_{MF} x Permukaan ruangan_{MF}

Nilai LLF

Kantor ber AC	0,8
Industri bersih	0,7
Industri kotor	0,6

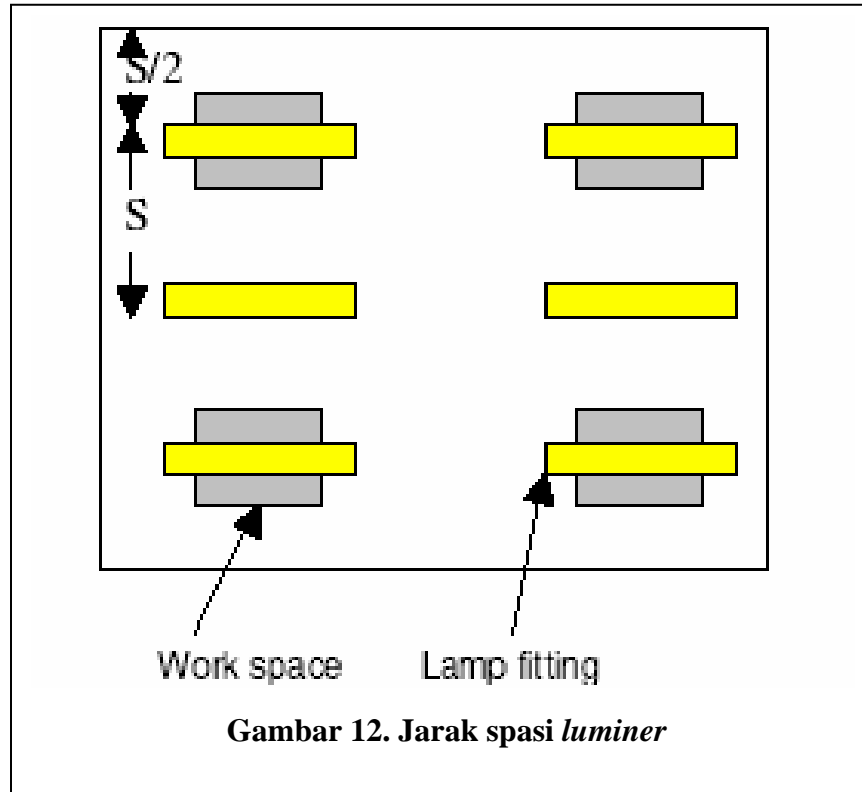
$$N = \frac{200 \times 100}{2 \times 3050 \times 0,66 \times 0,8}$$

= 6,2; Sehingga, lampu tabung kembar nomor 6 diperlukan. Jumlah total lampu 36-Watt adalah 12.

Tahap 6: Ruang lumener untuk mencapai keseragaman yang dikehendaki

Setiap lumener akan memiliki ruang yang direkomendasikan terhadap perbandingan tinggi. Pada metodologi perancangan sebelumnya, perbandingan keseragaman, yakni perbandingan terang minimum terhadap terang rata-rata dijaga pada 0,8 dan ruang yang cocok untuk perbandingan tinggi ditentukan untuk mencapai keseragaman. Dalam perancangan modern memadukan efisiensi energi dengan tugas pencahayaan, konsep yang muncul adalah memberi keseragaman 1/3 hingga 1/10 tergantung pada tugasnya. Nilai lumener diatas yang direkomendasikan adalah

1,5. Jika perbandingan aktual lebih dari nilai yang direkomendasikan, keseragaman pencahayaan akan menjadi lebih kecil. Contoh untuk peralatan yang pantas, mengacu ke gambar 12. Luminer yang lebih dekat ke dinding besarnya harus setengah atau lebih kecil dari jarak spasi.



- Jarak spasi antara luminer = $10/3 = 3,33$ meters
- Tinggi *mounting* = 2,0 m
- Perbandingan jarak spasi terhadap tinggi = $3,33/2,0 = 1,66$
- Nilai ini mendekati batas yang ditentukan, jadi diterima.

Akan lebih baik bila memilih luminer dengan SHR yang lebih besar. Hal ini akan mengurangi jumlah peralatan dan beban pencahayaan yang terhubung.

3.2 Tingkat Pencahayaan Yang Direkomendasikan Untuk Berbagai Tugas/ Kegiatan/ Lokasi

3.2.1 Rekomendasi pada pencahayaan

Skala Pencahayaan minimum untuk seluruh interior yang bukan untuk pekerjaan, telah
Pencahayaan: disebutkan sebesar 20 Lux (**seperti pada IS 3646**). Faktor sekitar 1,5 merupakan perbedaan terkecil yang cukup berarti pada efek pencahayaan subjektif. Oleh karena itu direkomendasikan skala pencahayaan berikut.

20–30–50–75–100–150–200–300–500–750–1000–1500–2000, ...Lux

Kisaran pencahayaan: Disebabkan keadaan sekitar mungkin secara signifikan berbeda dari bagian interior yang digunakan untuk penerapan yang sama atau untuk kondisi yang berbeda untuk jenis kegiatan yang sama, kisaran pencahayaan direkomendasikan untuk setiap jenis interior atau kegiatan yang diharapkan dari nilai tunggal pencahayaan. Setiap kisaran terdiri dari tiga langkah berturut-turut dari skala pencahayaan yang direkomendasikan. Untuk interior kerja, **nilai tengah (R)** untuk masing-masing kisaran menyatakan layanan pencahayaan yang direkomendasikan yang mungkin akan digunakan kecuali jika satu atau lebih faktor-faktor yang disebut dibawah diterapkan.

Nilai yang lebih tinggi (H) dari kisaran harus digunakan pada kasus-kasus pengecualian dimana pantulan rendah atau terjadi kontras dalam tugas, bila terjadi kesalahan akan mahal untuk diperbaiki, pekerjaan visual yang kritis, ketepatan atau produktivitas yang lebih tinggi merupakan hal yang sangat penting dan kapasitas visual pekerja menjadi penting.

Dengan cara yang sama, **nilai yang lebih rendah (L)** dari kisaran dapat digunakan bila pantulan atau kontras biasanya tidak tinggi, kecepatan & ketepatan tidak penting dan tugas dilakukan hanya kadang-kadang.

Pencahayaan yang direkomendasikan

Tabel berikut memberikan kisaran pencahayaan untuk berbagai tugas dan kegiatan. Nilai-nilainya berkaitan dengan kebutuhan visual tugas, bagi kepuasan pengguna, bagi pengalaman praktek dan bagi kebutuhan biaya efektif penggunaan energi.

3. Pabrik Logam & Pembuatan Besi	
Sinter plant:	
Lantai pabrik	150-200-300
Drum pencampur, ruang fan, ruang pengayak, pendingin, stasiun transfer	100-150-200
Tungku, kupola:	
Umum	100-150-200
Panggung kontrol	200-300-500
Serambi <i>conveyor</i> , jalur pejalan kaki	30-50-100
Pembuatan Baja	
Bengkel las listrik	150-200-300
Plant pembuat baja dasar oksigen	
Umum	100-150-200
Lantai <i>converter</i> , tempat kerumunan	150-200-300
Panggung kontrol	200-300-500
Tempat <i>scrap</i>	100-150-200
Pembentukan dan perlakuan logam	
Pemotongan batangan, lubang perendaman, <i>annealing</i> dan perlakuan panas, <i>plant</i> pemanfaatan kembali asam	150-200-300

Tempat pemolesan akhir dan pembersihan, penggilingan kasar, penggilingan dingin, penggilingan akhir, jalur kaleng dan pelapisan dengan seng, jalur pemotongan dan pemutaran kembali	
Umum	100-150-200
Panggung kontrol	200-300-500
Penggilingan kawat, pemolesan akhir produk, pemeriksaan & perlakuan baja	200-300-500
Pemeriksaan pelat/potongan	300-500-700
Pengecoran logam	
<i>Plant otomatis</i>	
Tanpa operasi manual	30-50-100
Dengan operasi manual berkala	100-150-200
Dengan operasi manual bekesinambungan	200-300-500
Ruang kontrol	200-300-500
Panggung kontrol	200-300-500
<i>Plant tidak otomatis</i>	
Lantai pengisian, penuangan, pemukulan, pembersihan, penggilingan	200-300- 500
Pencetakan kasar, pembuatan inti kasar	200-300-500
Pencetakan halus, pembuatan inti halus	300-500-750
Pemeriksaan	300-500-750
Penempaan (getaran keras nampaknya terjadi)	
Umum	200-300-500
Pemeriksaan	300-500-750
4. Produk-produk Beton Keramik	
Pencampuran, pencetakan, pembersihan	150-200-300
Tembikar	
Penghalusan, pencetakan, penekanan, pembersihan, pelapisan, pembakaran	200-300- 500
Penguatan, pewarnaan	500-750-1000
Pekerjaan kaca	
Ruang <i>furnace</i> , pembengkokan, penguatan	100-150-200
Ruang pencampuran, pembentukan, pemotongan, penghalusan, penyemiran, pengerasan	200-300-500
Pengukuran sudut, pemotongan dekoratif, pengetsaan, pelapisan perak	300-500-750
Pemeriksaan	300-500-750
5. Bahan kimia, petroleum, dan pekerjaan bahan kimia dan petrokimia	
Tempat berjalan luar ruang, balkon, tangga	30-50-100
Areal lua pompa dan klep	50-100-150
Ruang pompa dan kompresor	100-150-200
<i>Plant</i> pemroses dengan remot kontrol	30-50-100
<i>Plant</i> pemroses yang memerlukan campur tangan manual berkala	50-100-150
Stasiun pekerjaan yang ditempati secara tetap di <i>plant</i> pemroses	150-200-300

Ruang kontrol untuk <i>plant</i> pemroses	200-300-500
Pabrik Farmasi dan pabrik bahan kimia	
Pabrik Farmasi	
Penggilingan, pembutiran, pencampuran, pengeringan, pembuatan tablet, pensterilan, pencucian, penyiapan larutan, pengisian, pembuatan tutup, pembungkusan, pengerasan	300-500-750
Pabrik bahan kimia	
Tempat berjalan luar ruang, balkon, tangga	30-50-100
<i>Plant</i> pemroses	50-100-150
Penyelesaian bahan kimia	300-500-750
Pemeriksaan	300-500-750
Pembuatan sabun	
Areal umum	200-300-500
Proses otomatis	100-200-300
Panel kontrol	200-300-500
Mesin	200-300-500
Pengecatan	
Umum	200-300-500
Proses otomatis	150-200-300
Panel kontrol	200-300-500
Pencampuran <i>batch</i> khusus	500-750-1000
Penyetaraan warna	750-100-1500
6. Pembangunan baja struktur & rekayasa mesin	
Umum	200-300-500
Penandaan	300-500-750
Pekerjaan logam lembaran	
Penekanan, pelubangan, pemangkasan, pengecapan, pemintalan, pelipatan	300-500-750
<i>Benchmark</i> , penulisan, pemeriksaan	500-750-1000
Bengkel mesin dan alat	
Pekerjaan dengan permukaan kasar dan pekerjaan mesin	200-300-500
Pekerjaan dengan permukaan sedang dan pekerjaan mesin	300-500-700
Pekerjaan dengan permukaan halus dan pekerjaan mesin	500-750-1000
Ruang pengukuran	750-1000-1500
Bengkel die sinking	
Umum	300-500-750
Pekerjaan halus	1000-1500-2000
Bengkel las dan solder	
Las gas dan pancaran api, las titik kasar	200-300-500
Solder sedang, pelapisan kuningan, las titik	300-500-750
Solder halus, las titik halus	750-1000-1500
Bengkel perakitan	
Pekerjaan kasar, misal perakitan mesin rangka dan berat	200-300-500
Pekerjaan sedang, misal perakitan mesin, perakitan badan kendaraan	300-500-750
Pekerjaan halus, misal perakitan mesin kantor	500-750-1000

Pekerjaan sangat halus, misal perakitan peralatan instrumen	750-1000-1500
Pekerjaan yang sangat kecil, misal pembuatan jam tangan	1000-1500-2000
Bengkel pemeriksaan dan pengujian	
Pekerjaan kasar, misal menggunakan atau tidak menggunakan alat pengukur, pemeriksaan sub perakitan yang besar	300-500-750
Pekerjaan sedang, misal pemeriksaan permukaan yang dicat	500-750-1000
Pekerjaan halus, misal penggunaan skala kalibrasi, pemeriksaan mekanisme ketelitian	750- 1000-1500
Sangat halus, misal pemeriksaan bagian yang kecil dan rumit	1000-1500-2000
Pekerjaan yang sangat kecil, misal pemeriksaan instrumen yang sangat kecil	2000
Bengkel pengecatan dan tempat penyemprotan	
Pencelupan, penyemprotan kasar	200-300-500
Persiapan, pengecatan biasa, penyemprotan dan penyelesaian	200-500-750
Pengecatan halus, penyemprotan dan penyelesaian	500-750-1000
Pemeriksaan, sentuhan ulang dan penyetaraan	750-1000-1500
Bengkel pelat	
Tong dan bak	200-300-500
Penelanjangan, penyemiran, pengkilatan	300-500-750
Penelanjangan akhir dan penyemiran	500-750-1000
Pemeriksaan	
7. Rekayasa listrik dan elektronika, dan pembuatan perlengkapan listrik	
Pembuatan kabel dan kawat yang diisolasi, penggulangan, memernis dan mencelupkan kumparan, merakit mesin-mesin besar, pekerjaan perakitan sederhana	200-300-500
Perakitan sedang, misal telepon, motor kecil	300-500-750
Perakitan komponen presisi, misal peralatan komunikasi, penyetelan, pemeriksaan dan kalibrasi	750-1000-1500
Perakitan bagian yang berpresisi tinggi	1000-1500-2000
Pembuatan peralatan elektronik	
Pencetakan papan sirkuit	
Screen sutra	300-500-750
Pemasangan komponen dengan tangan, penyolderan	500-750-1000
Pemeriksaan	750-1000-1500
Perakitan pemanfaatan kawat, pemanfaatan paku pada sepatu, pengujian dan kalibrasi	500-750- 1000
Perakitan rangka	750-1000-1500
Pemeriksaan dan pengujian	
Uji rendam	150-200-300
Uji keselamatan dan fungsi	200-300-500
8. Makanan, minuman, tembakau, dan rumah potong hewan	
Umum	200-300-500
Pengujian	300-500-750
Pengalengan, pengawetan dan pembekuan	
Pengkelasan dan penyortiran bahan baku	500-750-1000

Persiapan	300-500-750
Barang dalam kemasan kaleng dan botol	
Tabung kimia	200-300-500
Proses otomatis	150-200-300
Pelabelan dan pengemasan	200-300-500
Makanan beku	
Areal proses	200-300-500
Pengemasan dan penyimpanan	200-300-500
Pembotolan, pemasakan dan pemurnian	
Pencucian dan penanganan kunci, pencucian botol	150-200-300
Pemeriksaan kunci	200-300-500
Pemeriksaan botol	
Areal proses	200-300-500
Pengisian botol	500-750-1000
Minyak yang dapat dimakan dan pemrosesan lemak	
Penyulingan dan pencampuran	200-300-500
Produksi	300-500-750
Pabrik penggilingan, penyaringan dan pengemasan	200-300-500
Pembuatan kue	
Umum	200-300-500
Dekorasi tangan, pencetakan	300-500-750
Pembuatan umum coklat dan manisan	200-300-500
Proses otomatis	150-200-300
Dekorasi tangan, pemeriksaan, pembungkusan dan pengemasan	300-500-750
Pemrosesan tembakau	
Persiapan bahan, pembuatan dan pengemasan	300-500-750
Proses dengan tangan	500-750-1000
9. Persiapan Tekstil & Benang	
Pembukaan bal-an, pencucian	200-300-500
Pewarnaan persediaan	200-300-500
Pembuatan benang	
Pemintalan, <i>roving</i> , penggulungan, dll.	300-500-750
<i>Healding</i> (pengempesan)	750-1000-750
Produksi benang	
Perajutan	300-500-750
Penenunan	
Goni dan rami	200-300-500
Pakaian wol berat	300-500-750
Wol sedang, wol halus, katun	500-750-1000
Wol halus, linen halus, sintetik	750-1000-1500
Penambalan	1000-1500-2000
Pemeriksaan	1000-1500-2000
Penyelesaian benang	
Pewarnaan	200-300-500
<i>Calendaring</i> , perlakuan bahan kimia, dll.	300-500-750

Pemeriksaan	
Kain abu-abu	750-1000-1500
Penyelesaian akhir	1000-1500-2000
Pembuatan karpet	
Penggulungan, penyorotan	200-300-500
Menyetel pola, penumpukan, pemotongan, pembuatan hiasan, pemotongan pinggiran, pemberian lateks dan pengeringan lateks	300-500-750
Perancangan, penununan, penambalan	500-750-1000
Pemeriksaan	
Umum	750-1000-1500
Pewarnaan potongan	500-750-1000
10. Industri kulit & pembuatan kulit	
Pembersihan, penyamakan dan perentangan, tong, pemotongan, pendagingan, pengkakuan	200-300- 500
Penyelesaian akhir, <i>scarfing</i>	300-500-750
Pekerjaan kulit	
Umum	200-300-500
Penekanan, pelapisan	300-500-750
Pemotongan, pembagian, <i>scarfing</i> , penjahitan	500-750-1000
Pengkelasan, penyelarasan	
11. Pakaian, sepatu, dan pembuatan pakaian	
Persiapan kain	200-300-500
Pemotongan	500-750-1000
Penyelarasan	500-750-1000
Penjahitan	750-1000-1500
Penekanan	300-500-750
Pemeriksaan	1000-1500-2000
Penjahitan dengan tangan	1000-1500-2000
Pembuatan kas kaki dan rajutan	
Mesin rajut datar	300-500-750
Mesin rajut melingkar	500-700-1000
Mesin <i>lockstitch</i> dan <i>over locking</i>	750-1000-1500
<i>Linking</i> atau <i>running on</i>	750-1000-1500
Penambalan, penyelesaian akhir dengan tangan	1000-1500-3000
Pemeriksaan	1000-1500-2000
Pembuatan sarung tangan	
Penyortiran dan pengkelasan	500-750-1000
Pengepresan, peajutan, pemotongan	300-500-750
Penjahitan	500-750-1000
Pemeriksaan	1000-1500-2000
Pembuatan topi	
Pengerasan, penjalinan pita, penghalusan, pembentukan, pengukuran, pengetokan, penyetricaan	200- 300-500
Pembersihan, <i>flanging</i> , penyelesaian akhir	300-500-750
Penjahitan	500-750-1000

Pemeriksaan	1000-1500-2000
Pembuatan sepatu dan sepatu booth	
Kulit dan sintetik	
Penyortiran dan pengkelasan	750-1000-1500
<i>Clicking</i> , penutupan	750-1000-1500
Operasi persiapan	750-1000-1500
Meja potong dan pengepresan	1000-1500-2000
Penyiapan kancing, <i>lasting</i> , penyelesaian bagian bawah, ruang sepatu	750-1000- 1500
Karet	
Pencucian, pencampuran bahan, pelapisan, pengeringan, pernis, vulkanisir, <i>calendaring</i> , pemotongan	200-300-500
Pelapisan, pembuatan dan penyelesaian akhir	300-500-750
12. Penggergajian kayu dan mebel	
Umum	150-200-300
Kepala gergaji	300-500-750
Pengkelasan	500-750-1000
Bengkel pengerjaan kayu	
Penggergajian kasar, pembuatan meja kerja	200-300-500
Pemotongan ukuran, perencanaan, pengampelasan, pekerjaan mesin menengah dan pembuatan meja kerja	300-500-750
Pekerjaan mesin dan meja kerja yang sangat halus, pengampelasan halus, penyelesaian akhir	500-750-1000
Pembuatan mebel`	
Toko bahan baku	50-100-150
Toko barang jadi	100-150-200
Perakitan dan penyesuaian kayu, penggergajian kasar, pemotongan	200-300-500
Permesinan, pengampelasan dan perakitan, pemolesan	300-500-750
Ruangan total	300-500-750
Tempat penyemprotan	
Penyelesaian akhir warna	300-500-750
Pembersihan akhir	200-300-500
Pembuatan lemari kabinet	
Pemilahan dan pengkelasan lapisan pernis	750-1000-1500
Hiasan dekoratif/ <i>Marquetry</i> , Pengepresan, pressing, penambalan, pencocokan	300-500-750
Pemeriksaan akhir	500-750-1000
Pembuatan kain pambalut	
Pemeriksaan kain	1000-1500-2000
Pengisian, penutupan	300-500-750
Pelepasan, pemotongan, penjahitan	500-750-1000
Pembuatan kasur	
Perakitan	300-500-750
Pemberian pinggiran dengan pita	750-1000-1500

13. Pabrik kertas & kertas cetak	
Pabrik bubur kertas, <i>plant</i> perisapan	200-300-500
Pembuatan kertas dan papan tulis	
Umum	200-300-500
Proses otomatis	150-200-300
Pemeriksaan, penyortiran	300-500-750
Proses perubahan kertas	
Umum	200-300-750
Pencetakan gabungan	300-500-750
Pekerjaan pencetakan	
Pengecoran logam contoh	
Pembuatan matriks, jenis pembalut, pelapisan dengan tangan dan mesin.	200-300-500
Perakitan bagian depan, pemilahan	500-750-1000
Ruang penyusunan	
Penyusunan dengan tangan, pembebanan dan pendistribusian	500-750-1000
Keyboard logam panas	500-750-1000
Pencetakan logam panas	200-300-500
Keyboard penyusunan photo atau penyetel	300-500-750
Perekatan	500-750-1000
Meja yang diberi penerangan – pencahayaan umum	200-300-500
Koreksi tekanan	300-500-750
Koreksi cetakan	500-750-1000
Reproduksi grafis	
Umum	300-500-750
Pembuktian ketelitian, sentuhan ulang, pengsketsaan	750-1000-1500
Pemeriksaan dan reproduksi warna	750-1000-1500
Ruang mesin pencetak	
Pengepresan	300-500-750
Persiapan sebelum pencetakan	300-500-750
Pemeriksaan lembar cetakan	750-1000-1500
Penjilidan	
Pelipatan, pengeleman, pelubangan dan pembuatan pinggiran	300-500-750
Pemotongan, perakitan, pembuatan hiasan timbul	500-750-1000
14. Produk plastik & plastik karet	
<i>Plant</i> otomatis	
Tanpa kontrol manual	30-50-100
Dengan kontrol manual berkala	50-100-150
Dengan kontrol manual berkelanjutan	200-300-500
Ruang kontrol	200-300-500
Panggung kontrol	200-300-500
<i>Plant</i> tidak otomatis	
Pencampuran, <i>calendaring</i> , ekstrusi, injeksi	200-300-500
Penekanan dan <i>blow moulding</i> , Pemotongan pinggiran pada produksi lembaran, pemotongan, penyemiran, penyemenan	300-500-750

Pencetakan, pemeriksaan	750-1000-1500
Produksi karet	
Persiapan bahan – pemlastikan, penggilingan	150-200-300
<i>Calendaring</i> , persiapan benang, pemotongan bahan	300-500-750
<i>Extruding</i> , pencetakan	300-500-750
Pengawasan	750-1000-1500

3.3 Metodologi Studi Efisiensi Energi Sistim Pencahayaan

Pendekatan langkah demi langkah pengkajian opsi-opsi perbaikan dalam pencahayaan pada berbagai fasilitas dapat melibatkan tahap-tahap berikut ini:

Langkah 1: Inventarisasi elemen sistim pencahayaan, & transformer di tempat fasilitas seperti format berikut ini.

Penilaian peralatan, populasi dan profil pengguna:

S. No.	Lokasi <i>Plant</i>	Alat Pencahayaan & Jenis <i>Balas</i>	Nilai Watt Lampu & <i>Balas</i>	Jumlah pekerja	Penggunaan/ <i>Shifts</i> I / II / III/ Hari

Trasformer pencahayaan/ penilaian dan profil populasi:

S. No.	Lokasi <i>Plant</i>	Nilai Trafo Pencahayaan (kVA)	Jumlah terpasang	Pengukuran Yang Tersedia Volts / Amps / kW/ Energi

Dalam hal ini sudah tersedia perangkat distribusi, daripada dengan transformer, nilai sekering mungkin diinventarisasikan bersamaan dengan pola diatas sebagai pengganti transformer kVA.

Langkah 2: Dengan bantuan pengukur *lux*, ukur dan dokumentasikan besarnya *lux* di berbagai lokasi pabrik pada tingkatan pekerjaan, yakni nilai *lux* pada siang hari dan malam hari sepanjang lampu “HIDUP” selama pengukuran.

Langkah 3: Dengan bantuan alat *portable load analyzer*, ukur dan dokumentasikan pemakaian tegangan dan daya pada berbagai titik masuk, yakni panel distribusi transformer tegangan pencahayaan pada saat yang bersamaan dengan audit tingkat pencahayaan.

Langkah 4: Bandingkan nilai *lux* terukur dengan nilai standar. Gunakan nilai sebagai acuan dan tentukan lokasi pada areal nyala dan nyala berlebih.

Langkah 5: Analisa laju kegagalan lampu, *balass* dan tingkat harapan hidup yang sebenarnya dari data lampau.

Langkah 6: Berdasarkan pengkajian dan evaluasi yang cermat, akan menghasilkan opsi-opsi perbaikan, yang memasukan hal sebagai berikut:

- Opsi penggunaan sinar matahari yang maksimum melalui lembaran atap yang transparan, atap cahaya ke sebelah utara, dll.
- Penggantian lampu dengan lampu yang lebih efisien energinya, dengan pertimbangan *lumener*, indeks perubahan warna dan tingkat *lux* juga perbandingan harapan hidup.
- Penggantian *balass* dengan *balass* yang lebih efisien eneginya, dengan pertimbangan faktor hidup dan daya terpisah dari kehilangan watt.
- Pemilihan warna interior untuk pemantulan cahaya.
- Modifikasi tata letak sesuai kebutuhan.
- Menyediakan kontrol secara sendiri/ kelompok untuk pencahayaan untuk setiap efisiensi energi seperti:
 - Pengaturan tegangan jenis hidup/mati (untuk kontrol pencahayaan)
 - Saklar/unit kontrol secara kelompok
 - Sensor penempatan
 - Kontrol *Photovoltaic*
 - Kontrol yang dioperasikan dengan pencatat waktu mekanis
 - Kontrol yang dioperasikan dengan *pager*
 - Program kontrol pencahayaan yang sudah dikomputerisasi
- Pemasangan pengatur/ pengontrol tegangan masuk untuk efisiensi energi juga harapan hidup lampu yang lebih panjang dimana tegangan yang lebih tinggi, fluktuasi diharapkan.
- Pemasangan peraga yang efisien energinya seperti LED sebagai pengganti peraga jenis lampu pada areal panel/instrumen kontrol, dll.

4. PELUANG EFISIENSI ENERGI

Bagian ini memberikan berbagai alat dan cara dimana energi dapat dihemat dengan penerapan praktek pencahayaan yang baik.

4.1 Penggunaan Pencahayaan Alami Siang Hari

Manfaat dari pemakaian cahaya alami pada siang hari sudah dikenal dari pada cahaya listrik, namun cenderung terjadi peningkatan pengabaian terutama pada ruang kantor modern yang berpenyejuk dan perusahaan komersial seperti hotel, plaza pebelanjaan dll. Di industri pada umumnya menggunakan cahaya siang untuk beberapa model, namun perancangan sistim pencahayaan siang hari yang tidak benar dapat mengakibatkan koplain dari personil atau penggunaan cahaya listrik tambahan pada siang hari. Pertimbangkan ruangan yang memerlukan tingkat pencahayaan 500 *lux*. Untuk menghitung pengurangan pantulan dan penyebaran pada titik atap kaca, asumsikan bahwa 40% cahaya matahari melalui atap kaca ke ruangan. Jadi, pada hari yang terang benderang, sekitar 2% dibutuhkan atap yang tembus pandang. Untuk menanggulangi sudut matahari yang rendah, kondisi berkabut, atap kaca kotor, dll., lipat dari nilai tersebut sekitar 4%. Untuk menghitung kondisi berawan rata-rata, naikan nilai ini ke 10% atau 15%. Beberapa metoda untuk menggabungkan pencahayaan siang hari adalah:

- Pencahayaan utara dengan menggunakan tiang penopang bubungan jenis gigi gergaji sangat umum digunakan di industri; rancangan ini cocok untuk garis lintang utara 23 yakni India Utara. Di India Selatan, pencahayaan ke arah utara mungkin tidak cocok kecuali jika kaca penyebar cahaya digunakan untuk memotong arah cahaya.
- Rancangan yang inovatif memungkinkan akan menghilangkan sorotan cahaya siang hari dan mencampurkan dengan interior. Potongan kaca, berjalan secara sinambung melintasi atap yang luas pada rentang yang beraturan, dapat memberikan cahaya yang baik dan seragam pada lantai bengkel pabrik dan tempat penyimpanan.
- Sebuah rancangan yang bagus yang memadukan kaca atap dengan bahan FRP bersamaan dengan langit-langit transparan dan tembus cahaya dapat memberikan pencahayaan bagus bebas silau; langit-langit juga akan memotong panas yang datang dari cahaya alami.
- Pemakaian *atrium* dengan kubah FRP pada arsitektur dasar dapat menghilangkan penggunaan cahaya listrik pada lintasan gedung-gedung tinggi.
- Cahaya alam dari jendela harus juga digunakan. Walau begitu, hal ini harus dirancang dengan baik untuk menghindari silau. Rak cahaya dapat digunakan untuk memberikan cahaya alami tanpa silau.



Gambar 13. Pencahayaan siang hari dengan lembaran *poly carbonate*



Gambar 14. *Atrium* dengan kubah FRP

4.2 De--lamping untuk mengurangi pencahayaan yang berlebihan

De-lamping merupakan metode yang efektif untuk mengurangi pemakaian energi cahaya. Di beberapa industri, penurunan tinggi bantalan lampu memberikan *luminers* yang efisien dan *de-lamping* telah meyakinkan bahwa penerangan sangat sulit dipengaruhi. *De-lamping* pada ruang kosong dimana tidak ditampilkan pekerjaan aktif juga merupakan konsep yang sangat berguna. Terdapat banyak isu yang diperuntukan bagi *de-lamping* dengan acuan kepada hubungan antara lampu dan balas pada peralatan lampu multi. Terdapat balas dengan kawat seri dan paralel. Keanyakan balas magnetis susunan kawatnya seri. Sekitar 50/50, seri terhadap paralel bila menggunakan balas elektronik. Dengan balas yang dipasang seri, bila sebuah lampu diambil dari balas maka lampu lain tidak akan menyala secara benar dan akan gagal jika berjalan sebelah kiri. Lampu yang tidak disingkirkan mungkin akan tidak menyala atau akan berkelip atau menghasilkan cahaya sangat sedikit. Sehingga, pada balas dengan susunan kawat secara seri kita perlu menyingkirkan seluruh lampu dari balas. Balas akan terus menggunakan energi, 10 hingga 12 watt untuk yang magnetis dan 1 hingga 2 watt untuk yang elektronik. Balas kawat paralel dapat di uraikan tanpa menemui terlalu banyak masalah dan kadang dihitung oleh pabriknya untuk mengurangi satu lampu kurang dari yang tertera dalam label.

4.3 Pencahayaan Tugas Khusus

Pencahayaan tugas khusus menunjukkan dibutuhkannya pencahayaan yang baik hanya pada areal yang kecil dimana aktifitas tersebut dilaksanakan, sementara penerangan umum pada lantai bengkel atau kantor dijaga pada tingkat yang lebih rendah; misal lampu yang tergantung pada mesin atau lampu meja. Penghematan energi terjadi disebabkan pencahayaan tugas khusus dapat dicapai dengan lampu yang memiliki *watt* rendah. Konsep pencahayaan untuk tugas ini jika diterapkan dengan bijaksana, dapat mengurangi jumlah peralatan pencahayaan umum, mengurangi *watt* lampu, menghemat energi dan memberikan penerangan yang lebih baik serta memberikan suasana sekitar yang berestetika menyenangkan. Di beberapa pabrik tekstil, merendahkan pencahayaan dari cahaya neon menghasilkan penerangan yang makin baik dan juga menghapuskan hampir sekitar 40% lampu. Manfaat ganda dengan pemakaian energi yang makin rendah akan mengakibatkan biaya penggantian yang makin rendah pula. Pada beberapa industri rekayasa, pencahayaan tugas khusus pada mesin diberikan oleh CFLs. Bahkan di kantor-kantor, pencahayaan meja yang sudah dilokalisir dengan CFLs lebih disukai dari pada memberikan sejumlah besar lampu neon dengan pencahayaan umum yang seragam.

4.4 Pemilihan Lampu dan Pencahayaan yang Berefisiensi Tinggi

Rincian jenis-jenis lampu yang umum disarikan dibawah ini. Dari daftar ini, memungkinkan untuk mengidentifikasi potensi penghematan energi untuk lampu-lampu dengan menggantinya dengan jenis-jenis yang lebih efisien.

Tabel 3. Keterangan Terhadap Lampu-lampu Yang Umum digunakan

Jenis Lampu	Nilai Lampu dalam Watts (Daya Total termasuk kerugian balas dalam Watts)	<i>Efficacy</i> dalam Lumens/Watt (termasuk kerugian balas, bila dapat diterapkan)	Indeks Perubahan Warna	Umur Lampu
Layanan Penerangan Umum (GLS) (Bola lampu pijar)	15,25,40,60,75,100,150,200, 300,500 (tidak ada <i>balas</i>)	8 hingga 17	100	1000
<i>Tungsten Halogen</i> (Ujung Tunggal)	75,100,150,500,1000,2000 (tidak ada <i>balas</i>)	13 hingga 25	100	2000
<i>Tungsten Halogen</i> (Ujung Ganda)	200,300,500,750,1000,1500, 2000 (tidak ada <i>balas</i>)	16 hingga 23	100	2000
Lampu Neon tabung (diisi Argon)	20,40,65 (32,51,79)	31 hingga 58	67 hingga 77	5000
Lampu Neon tabung (diisi Krypton)	18,36,58 (29,46,70)	38 hingga 64	67 hingga 77	5000
Lampu Neon Kompak (CFLs) (tanpa sampul prisma)	5, 7, 9,11,18,24,36 (8,12,13,15,28,32,45)	26 hingga 64	85	8000
Lampu Neon Kompak (CFLs) (dengan sampul prisma)	9,13,18,25 (9,13,18,25) yakni nilai termasuk pemakaian <i>balas</i>	48 hingga 50	85	8000
Lampu Campuran Merkuri	160 (<i>internal balas</i> , nilai termasuk pemakaian <i>balas</i>)	18	50	5000
Uap Merkuri Tekanan Tinggi (HPMV)	80,125,250,400,1000,2000 (93,137,271,424,1040,2085)	38 hingga 53	45	5000
Lampu Logam Halida (Ujung tunggal)	250,400,1000,2000 (268,427,1040,2105)	51 hingga 79	70	8000
Lampu Logam Halida (Ujung ganda)	70,150,250 (81,170,276)	62 hingga 72	70	8000
Lampu Uap <i>Sodium</i> Tekanan Tinggi (HPSV)	70,150,250,400,1000 (81,170,276,431,1060)	69 hingga 108	25 hingga 60	>1200 0
Lampu Uap <i>Sodium</i> Tekanan Rendah (LPSV)	35,55,135 (48,68,159)	90 hingga 133		>1200 0

Contoh penggantian lampu berikut adalah hal yang umum dilakukan.

- Pemasangan lampu logam halida sebagai pengganti lampu uap merkuri/ sodium
- Lampu-lampu logam halida memberikan indeks perubahan warna yang tinggi jika dibandingkan dengan lampu uap merkuri & sodium. Lampu-lampu tersebut memberikan cahaya putih yang efisien. Jadi, logam halida merupakan pilihan untuk penerapan kritis warna dimana, diperlukan tingkat penerangan yang lebih tinggi. Lampu-lampu tersebut sangat cocok untuk penerapan seperti jalur perakitan, areal pemeriksaan, bengkel pengecatan, dll. Direkomendasikan untuk memasang lampu logam halida dimana perubahan warnanya lebih kritis.
- Pemasangan lampu Uap *Sodium* Tekanan Tinggi (HPSV) untuk penerapan dimana

perubahan warna tidak kritis.

- Lampu Uap Sodium Tekanan Tinggi (HPSV) memberikan *efficacy* lebih. Namun sifat perubahan warna HPSV sangat rendah. Jadi, direkomendasikan untuk memasang lampu HPSV untuk penerapan seperti penerangan jalan, penerangan halaman, dll.
- Pemasangan penunjuk panel LED sebagai pengganti lampu pijar. Lampu penunjuk panel secara luas digunakan dalam industri untuk pemantauan, indikasi kegagalan, pensinyalan, dll. Lampu pijar konvensional digunakan untuk tujuan tertentu, yang memiliki kerugian sebagai berikut:
 - Pemakaian energi yang tinggi (15 W/lampu)
 - Tingginya kegagalan lampu (Umur operasi kurang dari 10.000 jam)
 - Sangat peka terhadap fluktuasi tegangan

LEDs memiliki kebaikan dibandingkan lampu pijar.

- Pemakaian daya lebih sedikit (Kurang dari 1 W/lampu)
- Menahan fluktuasi tegangan tinggi dalam pemasok daya.
- Umur operasi yang lebih panjang (lebih dari 100.000 jam)

Direkomendasikan untuk memasang LED untuk lampu penunjuk panel pada tahap perancangan.

Jenis lampu yang digunakan tergantung pada ketinggian bantalan, perubahan warna mungkin juga menjadi faktor pemandu. Tabel di bawah ini merangkum kemungkinan penggantian dengan potensi penghematan.

Tabel 4. Penghematan dengan Penggunaan Lampu Yang Lebih Efisien

Lampu Yang Ada	Diganti Oleh	Penghematan Energi Potensial, %
GLS (Pijar)	Lampu Neon Kompak (CFL)	38 hingga 75
	Uap Merkuri Tekanan Tinggi (HPMV)	45 hingga 54
	Logam Halida	66
	Uap Sodium Tekanan Tinggi (HPSV)	66 hingga 73
Lampu Tabung Standar (<i>Argon</i>)	Lampu tabung Ramping (<i>Krypton</i>)	9 hingga 11
<i>Tungsten Halogen</i>	Lampu tabung (<i>Krypton</i>)	31 hingga 61
	Uap Merkuri Tekanan Tinggi (HPMV)	54 hingga 61
	Logam Halida	48 hingga 73
	Uap Sodium Tekanan Tinggi (HPSV)	48 hingga 84
Lampu Campuran Merkuri	Uap Merkuri Tekanan Tinggi (HPMV)	41
Uap Merkuri Tekanan Tinggi (HPMV)	Logam Halida	37
	Uap Sodium Tekanan Tinggi (HPSV)	34 hingga 57
	Uap Sodium Tekanan Rendah (LPSV)	62
Logam Halida	Uap Sodium Tekanan Tinggi (HPSV)	35
	Uap Sodium Tekanan Rendah (LPSV)	42
Uap Sodium Tekanan Tinggi (HPSV)	Uap Sodium Tekanan Rendah (LPSV)	42

Mungkin terdapat beberapa pembatasan jika perubahan warna merupakan faktor penting. Dapat dicatat disini bahwa, pada hampir kebanyakan kasus, *luminer* dan gir kontrol juga harus diubah. Penghematannya besar jika skema pencahayaan dirancang ulang dengan *luminer* dan lampu

efficacy yang lebih tinggi.

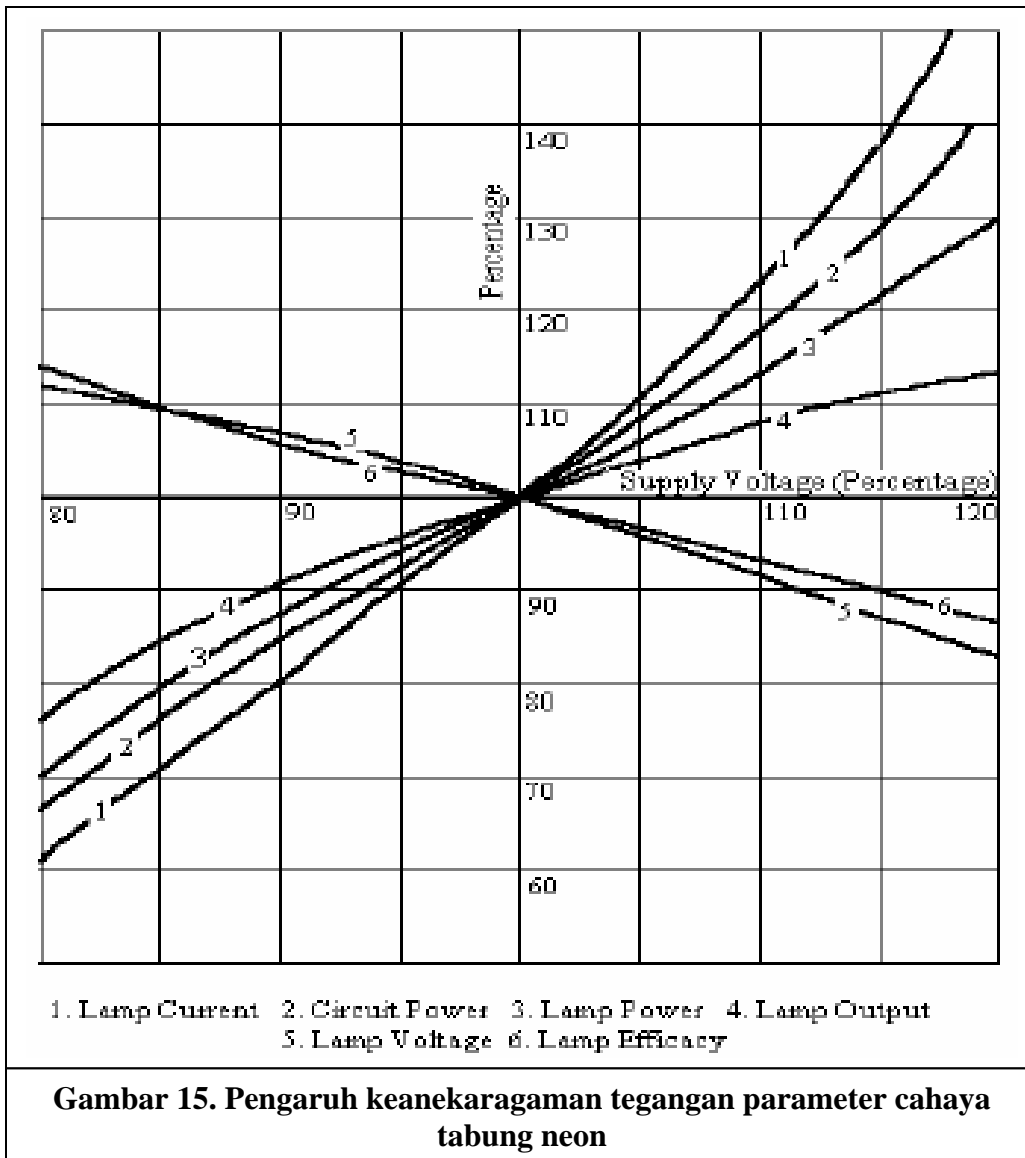
Perkembangan pekerjaan yang dapat dipertimbangkan telah selesai dilakukan untuk memperbaiki efektifitas *luminer*. Untuk lampu tabung di areal bebas debu, *luminer* dengan optik minimal dapat digunakan sebagai pengganti tungku enamel konvensional yang dicat ke berbagai jenis *luminer* atau *luminer* yang dilapisi oleh *acrylic*. Pengukuran ini diterima dengan baik dan telah diterapkan disejumlah besar perkantoran dan gedung-gedung komersial.

4.5 Pengurangan Tegangan Pengumpan Pencahayaan

Gambar 15 menunjukkan pengaruh keanekaragaman tegangan pada keluaran cahaya dan pemakaian daya untuk lampu tabung neon. Keanekaragaman sejenis diselidiki pada lampu pengeluaran gas lain seperti lampu uap merkuri, lampu logam halida dan lampu uap *sodium*; tabel dibawah meringkas pengaruh-pengaruh. Jadi, penurunan dalam tegangan pengumpan pencahayaan dapat menghemat energi, sepanjang penurunan cahaya keluaran dapat diterima. Pada berbagai areal, tegangan kisi pada malam hari lebih tinggi dari biasanya, jadi pengurangan tegangan dapat menghemat energi dan juga memberi laju keluaran cahaya. Beberapa pabrik memasok reaktor dan trafo sebagai produk standar. Sejumlah besar industri telah menggunakan peralatan tersebut dan melaporkan telah menghemat 5 hingga 15%. Industri-industri yang memiliki masalah dengan tegangan pada malam hari yang lebih tinggi dapat memperoleh manfaat tambahan dari berkurangnya kerusakan lampu sebelum waktunya.

Tabel 5. Keanekaragaman Keluaran Cahaya dan Pemakaian Daya

Keterangan	Tegangan lebih rendah 10%	Tegangan lebih tinggi 10%
Lampu neon		
Keluaran cahaya	Berkurang 9 %	Bertambah 8 %
Masukan Daya	Berkurang 15 %	Bertambah 8 1 %
Lampu HPMV		
Keluaran cahaya	Berkurang 20 %	Bertambah 20 %
Masukan Daya	Berkurang 16 %	Bertambah 17 %
Lampu kombinasi merkuri		
Keluaran cahaya	Berkurang 24 %	Bertambah 30 %
Masukan Daya	Berkurang 20 %	Bertambah 20 %
Lampu logam halida		
Keluaran cahaya	Berkurang 30 %	Bertambah 30 %
Masukan Daya	Berkurang 20 %	Bertambah 20 %
Lampu HPSV		
Keluaran cahaya	Berkurang 28 %	Bertambah 30 %
Masukan Daya	Berkurang 20 %	Bertambah 26 %
Lampu LPSV		
Keluaran cahaya	Berkurang 4 %	Berkurang 2 %
Masukan Daya	Berkurang 8 %	Bertambah 3 %



4.6 Balas Elektronik

Balass elektromagnetik konvensional (*chokes*) digunakan untuk memberikan tegangan yang lebih tinggi untuk menghidupkan cahaya tabung dan kemudian membatasi arus selama operasi normal. *Balass* elektronik adalah *oscillators* yang merubah frekwensi yang dipasok ke sekitar 20.000 Hz hingga 30.000 Hz. Kehilangan dalam *balass* elektronik untuk cahaya tabung hanya sekitar 1 Watt, sebagai pengganti 10 hingga 15 Watts dalam *choke* elektromagnetik standar.

Tabel 6. Penghematan dari penggunaan Balass Elektronik

Jenis Lampu	Dengan Balass Elektromagnetik Konvensional	Dengan Balass Elektronik	Penghematan Daya, Watts
Cahaya tabung 40W	51	35	16
Sodium Tekanan Rendah 35W	48	32	16
Sodium Tekanan Tinggi 70W	81	75	6

Manfaat tambahannya adalah bahwa *efficacy* cahaya tabung meningkat pada frekwensi yang lebih tinggi, menghasilkan penghematan tambahan jika balas dioptimalkan untuk memberikan keluaran cahaya yang sama dengan choke konvensional. Jadi penghematan sekitar 15 hingga 20 Watt per cahaya tabung dapat dicapai dengan penggunaan balas elektronik. Dengan balas elektronik, starter dihilangkan dan cahaya tabung menyala dengan segera tanpa berkedip-kedip. Sejumlah besar industri telah memasang balas elektronik untuk cahaya tabung dalam jumlah besar. Pengoperasiannya dapat dipercaya sepanjang balas-nya dibeli dari pabrik yang sudah ditentukan. Balas elektronik juga sudah dikembangkan untuk cahaya tabung neon, lampu 9W & 11W CFLs, lampu 35W LPSV dan lampu 70W HPSV. Kesemuanya itu sekarang sudah tersedia di pasaran.

4.7 Kehilangan Kecil Chokes Elektromagnetik untuk Cahaya Tabung

Kehilangan pada Chokes Elektromagnetik standar untuk cahaya tabung mungkin 10 hingga 15 Watts. Penggunaan Chokes Elektromagnetik dengan kehilangan yang rendah dapat menghemat 8 hingga 10 Watt per cahaya tabung. Penghematan dikarenakan penggunaan tembaga yang lebih banyak dan kehilangan kecil laminasi baja di *choke*, menyebabkan kehilangan yang lebih rendah. Sejumlah industri telah menerapkan pengukuran ini.

4.8 Pencatat Waktu, Saklar Malam & Sensor Penempatan

Kontrol otomatis untuk mematikan cahaya yang tidak penting dapat membawa pada penghematan energi yang baik. Pencatat waktu sederhana atau pencatat waktu yang dapat diprogram dapat digunakan untuk maksud ini. Pengaturan waktu mungkin harus diubah, sekali dalam dua bulan, tergantung pada musim. Penggunaan pencatat waktu merupakan metode pengontrolan yang dapat diandalkan.

Saklar malam hari dapat digunakan untuk mengalihkan pencahayaan tergantung pada keberadaan cahaya siang hari. Harus diperhatikan bahwa sensor benar-benar sudah dipasang pada tempatnya, yang bebas dari bayangan, sorotan cahaya kendaraan dan gangguan dari burung. Lampu dim dapat juga digunakan yang dihubungkan dengan *photo-control*; walau demikian, lampu dim elektronik yang biasanya tersedia di India hanya cocok untuk lampu pijar dim. Lampu dim dari cahaya tabung neon memungkinkan jika lampu tersebut dioperasikan dengan balas elektronik; lampu tersebut dapat di dim kan dengan menggunakan trafo otomatis yang digerakkan oleh motor atau *dimmer* elektronik (cocok untuk membuat dim lampu neon; hingga saat ini, barang tersebut harus diimpor).

Sensor Sinar Infra Merah dan *Penempatan Ultrasonic* dapat digunakan untuk mengontrol

cahaya dalam kabin dan juga di perkantoran besar. Sensor penempatan infra merah sederhana sekarang tersedia di India. Walaupun begitu sensor penempatan ultrasonik masih harus diimpor. Mungkin dapat dicatat disini bahwa sensor penempatan yang lebih canggih yang digunakan diluar negeri memiliki kombinasi pendeteksian infra merah dan ultrasonik; sensor tersebut menggabungkan *microprocessor* dalam setiap unitnya yang secara terus menerus memantau sensor, menyetel tingkat kepekaan hingga ke kinerja optimal. *Microprocessor* diprogram untuk menghafalkan ciri-ciri statis dan perubahan lingkungan; hal ini menjamin bahwa sinyal yang diterima dari panas yang berulang dan peralatan yang bergerak seperti kipas dapat disaring.

Di negara maju, konsep mengenai cahaya tabung dengan balas elektronik digabung dengan *photo-controlled dimmer* dan sensor penempatan dipromosikan sebagai satu paket. Metodologi kontrol berikut cukup berguna.

Area umum

- Bilamana cahaya siang hari tersedia, berikan pengontrol cahaya siang hari. Gunakan dim untuk ruangan yang kegiatan pergerakannya sedikit seperti membaca, menulis, dan konferensi. Gunakan dim bertingkat (saklar hidup/mati) untuk ruangan dengan kegiatan gerakan yang besar seperti berjalan dan penyimpanan kedalam rak.
- Selalu meletakkan sensor penempatan ultrasonik paling tidak 6 hingga 8 ft jauhnya dari saluran HVAC pada tempat dan permukaan yang bebas dari getaran sehingga tidak terdapat pendeteksian diluar pintu atau keterbukaan ruangan.
- Pada ruangan dengan kepemilikan tempat yang tinggi seperti kantor swasta dan ruangan konferensi, selalu menyertakan saklar untuk pengontrolan cahaya yang terkesampingkan secara manual.
- Jika tidak terdapat perhatian bahwa cahaya dapat dimatikan secara otomatis atau secara manual bilamana masih terdapat orang di ruangan, simpanlah pada pencahayaan malam hari untuk jalan keluar yang aman.
- Beberapa peralatan pengontrol cahaya memiliki tegangan yang spesifik dan persyaratan nilai beban. Yakinkan untuk menetapkan model alat yang sesuai dengan tegangan dan nilai beban yang benar untuk penerapannya.

Ruang Konferensi

- Gunakan sensor penempatan *dual* teknologi dalam ruang konferensi yang lebih besar untuk pendeteksian yang optimal bagi gerakan kecil dari tangan dan gerakan besar dari badan.
- Sensor penempatan sinar infra merah pasif yang terpasang di langit-langit atau pojokan digunakan untuk ruangan konferensi kecil dan sedang.
- Selalu menyertakan saklar untuk melakukan pengontrolan cahaya yang terkesampingkan secara manual.

Ruangan kecil

- Kontrol beban steker seperti lampu tugas, monitor komputer, kipas dan pemanas *portable* dengan sensor penempatan yang dikontrol oleh *plug strip*.
- Pasang sensor penempatan pribadi dibawah tempat menjilid atau meja dan posisikan sehingga alat ini tidak dapat mendeteksi gerakan diluar areal ruang kecil.

Kamar kecil

- Gunakan sensor ultrasonik yang terpasang pada langit-langit untuk kamar kecil dengan stalls.

Pengontrolan Lampu Luar

- Gunakan panel kontrol lampu yang dilengkapi dengan jam waktu dan *photocell* untuk mengontrol cahaya luar yang menyala pada petang menjelang malam dan mati pada saat fajar dan matikan lampu yang bukan untuk satpam lebih awal di sore hari untuk penghematan energi.

4.9 T5 Lampu Neon

Lampu neon yang sekarang digunakan di India adalah T12 (40w) dan T8 (36W). T12 menyatakan secara tidak langsung bahwa diameter tabung adalah 12/8" (33.8mm), T8 menyatakan diameternya 8/8" (26mm) dan T5 diameternya 5/8" (16mm). Hal ini berarti bahwa lampu T5 lebih ramping dari lampu tabung ramping 36W. Keuntungan dari lampu T5 adalah dikarenakan diameternya yang lebih kecil, efisiensi cahayanya dapat ditingkatkan sekitar 5%. Walau demikian, lampu tersebut panjangnya 50mm lebih pendek dari lampu T12 dan T18, yang secara tidak langsung menyatakan bahwa cahaya yang ada tidak dapat digunakan. Lagipula, lampu T5 hanya dapat dioperasikan dengan *balas* elektronik. Lampu-lampu tersebut tersedia banyak dalam berbagai nilai yakni 14W, 21W, 28W dan 35W. Efisiensi lampu T5 35W adalah sekitar 104 lm/W (hanya lampu) dan 95 lm/W (dengan *balas* elektronik), sementara lampu T8 36W sekitar 100 lm/W (hanya lampu) dan 89 lm/W (dengan *balas* elektronik). Hal ini nampaknya peningkatan yang kecil sekitar 7%, namun dengan penggunaan *luminer* aluminium dengan daya pemantulan yang super mempunyai efisiensi tinggi, lampu T5 dapat mempengaruhi peningkatan efisiensi keseluruhan yang berkisar dari 11% hingga 30%. Lampu T5 memiliki sebuah pelapis dibagian dalam dinding kacanya yang menghentikan merkuri terserap ke kaca dan posfor. Hal ini secara drastis menurunkan kebutuhan merkuri dari sekitar 15 milligrams menjadi 3 milligrams per lampu. Hal ini mungkin menguntungkan bagi negara yang hukum pembuangan limbahnya sangat ketat.

Di Eropa, lampu T5 digunakan dalam jumlah yang bagus sebagai pengganti lampu T8 36W yang tingginya 4 kaki. Panjangnya yang lebih pendek memungkinkan penyatuan dalam modul bangunan standar. Dengan *balas* miniatur yang baru, *luminer* nya ringan dan datar, menghemat ruang dan juga sumber daya yang digunakan untuk produksinya. Amerika lambat dalam menerima teknologi ini, seperti lampu T8 4 kaki, memakai hanya sekitar 35 Watt. Pemusatan di Amerika umumnya pada kontrol optik yang lebih baik dari pada terhadap efisiensi lampu.

4.10 Perawatan Lampu

Perawatan penting bagi efisiensi lampu. Tingkat pencahayaan menurun dengan bertambahnya waktu disebabkan penuaan lampu dan debu pada peralatan, permukaan lampu dan ruangan. Faktor-faktor tersebut secara bersamaan dapat menurunkan pencahayaan total sebesar 50% atau lebih, sementara lampu terus-terusan memakai energi penuh. Usulan perawatan dasar berikut dapat membantu mencegah hal tersebut.

- Bersihkan peralatan, lampu dan lensa setiap 6 hingga 24 bulan dengan menyapu debu.
- Ganti lensa jika sudah nampak kuning.
- Bersihkan atau cat ulang ruangan kecil setiap tahun dan ruangan yang lebih besar setiap 2 hingga 3 tahun. Debu yang terkumpul pada permukaan akan menurunkan jumlah cahaya yang dipantulkan.
- Pertimbangkan pemasangan kembali lampu secara berkelompok. Lampu yang umum, terutama lampu pijar dan neon, kehilangan keluaran cahayanya sekitar 20 persen hingga 30 persen dikarenakan umur layanannya. Para pakar pencahayaan merekomendasikan penggantian seluruh lampu dalam sistim pencahayaan dalam suatu waktu. Cara ini akan menghemat buruh, menjaga agar penerangan tetap tinggi dan menghindarkan tekanan terhadap *balas* dengan matinya lampu-lampu.

5. DAFTAR PERIKSA OPSI

Bagian ini memuat opsi-opsi efisiensi energi yang sangat penting

- Kurangi tingkat pencahayaan yang berlebih ke tingkat standar dengan menggunakan saklar, pengurangan lampu, dll. (Ketahui terlebih dahulu pengaruh listrik sebelum melakukan pengurangan lampu)
- Rajin mengontrol cahaya dengan jam waktu, pelambat waktu, *photocells*, dan/atau sensor penempatan.
- Pasang alternatif-alternatif yang efisien terhadap lampu pijar, lampu uap merkuri, dll. Efisiensi (lumens/watt) berbagai kisaran teknologi mulai dari yang terbaik hingga yang terburuk kira-kira sebagai berikut: sodium tekanan rendah, sodium tekanan tinggi, logam halida, neon, uap merkuri, pijar.
- Pilih *balas* dan lampu secara hati-hati dengan faktor daya tinggi dan efisiensi jangka panjang dari sistim neon yang sudah usang ke neon kompak dan *balas* elektronik.
- Pertimbangkan untuk merendahkan peralatan agar mampu menggunakannya lebih sedikit.
- Pertimbangkan cahaya siang hari, kaca atap, dll.
- Pertimbangkan pengecatan dinding dengan warna yang lebih terang dan menggunakan sedikit peralatan pencahayaan atau menurunkan watt.
- Gunakan lampu tugas dan kurangi pencahayaan latar belakang.
- Evaluasi kembali kontrol, jenis, strategi pencahayaan luar ruangan. Kontrol dengan giat.
- Ubah tanda keluar dari lampu pijar ke LED.

6. LEMBAR KERJA

Modul ini tidak memiliki lembar kerja tersendiri. Tabel kerja untuk melakukan audit energi dijelaskan dalam bagian metodologi untuk melaksanakan “Studi Efisiensi Energi Sistim Pencahayaan”.

7. REFERENSI

Modul ini disadur dari “Best Practice Manual – Lighting” diterbitkan oleh Biro Efisiensi Energi, Kementerian Ketenagaan, India, pada tahun 2005. www.bee-india.nic.in. UNEP mengucapkan terima kasih kepada BEE untuk kebijakan izinnya dalam menggunakan informasinya untuk Buku Panduan ini.

Daftar acuan lainnya yang dijadikan sumber adalah:

CIE (Commission International de l’Eclairage) and IES (Illuminating Engineers Society)

Designing with Light- A lighting Handbook - Anil Walia-International Lighting Academy

Handbook of Functional requirements on Industrial Buildings-SP-32- Bureau of Indian Standards. IS 3646 (Part I): 1992

Efficient Use of Electricity in Industries- Devki Energy Consultancies Pvt. Ltd., Vadodara

Energy Audit Reports of the National Productivity Council

Websites / Product Information CDs of the following manufacturers:

- Crompton Greaves Lighting Division
- Bajaj Electricals
- GE lighting, USA
- Watt Stopper Inc, USA
- Vergola India Ltd
- Lighting reasearch centre, USA
- LBNL , USA

Copyright:

Copyright © United Nations Environment Programme (year 2006)

This publication may be reproduced in whole or in part and in any form for educational or non-profit purposes without special permission from the copyright holder, provided acknowledgement of the source is made. UNEP would appreciate receiving a copy of any publication that uses this publication as a source. No use of this publication may be made for resale or any other commercial purpose whatsoever without prior permission from the United Nations Environment Programme.

Hak Cipta:

Hak cipta © United Nations Environment Programme (year 2006)

Publikasi ini boleh digandakan secara keseluruhan atau sebagian dalam segala bentuk untuk pendidikan atau keperluan non-profit tanpa ijin khusus dari pemegang hak cipta, harus mencantumkan sumber yang membuat. UNEP akan menghargai pengiriman salinan dari setiap publikasi yang menggunakan publikasi ini sebagai sumber. Tidak diijinkan untuk menggunakan publikasi ini untuk dijual belikan atau untuk keperluan komersial lainnya tanpa ijin khusus dari United Nations Environment Programme.

Disclaimer:

This energy equipment module was prepared as part of the project “Greenhouse Gas Emission Reduction from Industry in Asia and the Pacific” (GERIAP) by the National Productivity Council, India. While reasonable efforts have been made to ensure that the contents of this publication are factually correct and properly referenced, UNEP does not accept responsibility for the accuracy or completeness of the contents, and shall not be liable for any loss or damage that may be occasioned directly or indirectly through the use of, or reliance on, the contents of this publication, including the translation into other languages from English. This document is a translation of the chapter in English and does not constitute an official United Nations publication.

Disclaimer:

Modul peralatan energi ini dibuat sebagai bagian dari proyek “Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca dari Industri di Asia dan Pasifik/ Greenhouse Gas Emission Reduction from Industry in Asia and the Pacific” (GERIAP) oleh Badan Produktivitas Nasional, India. Sementara upaya-upaya masih dilakukan untuk menjamin bahwa isi dari publikasi ini didasarkan fakta-fakta yang benar, UNEP tidak bertanggung-jawab terhadap ketepatan atau kelengkapan dari materi, dan tidak dapat dikenakan sanksi terhadap setiap kehilangan atau kerusakan baik langsung maupun tidak langsung terhadap penggunaan atau kepercayaan pada isi publikasi ini