

## **BAB II**

### **PENCAHAYAAN**

#### **2.1. Cahaya**

Cahaya adalah energi dalam bentuk gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang tertentu (Sutrisno, 1984). Intensitas pencahayaan pada suatu bidang adalah fluks cahaya yang jatuh pada luasan tertentu dari bidang tersebut (Darmasetiawan, 1991).

Pada umumnya cahaya memiliki empat faktor yang mempengaruhi kualitas pencahayaan, yaitu kontras, silau, refleksi cahaya dan kualitas warna cahaya (Satwiko, 2004). Cahaya atau pencahayaan dapat dibedakan berdasarkan sumber cahaya, yaitu pencahayaan alami dan pencahayaan buatan.

Pencahayaan alami adalah pencahayaan yang berasal dari sumber alam, pada umumnya dikenal sebagai cahaya matahari. Pencahayaan alami harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Pencahayaan alami dalam bangunan gedung harus memenuhi ketentuan SNI 03-2396-2001, tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami Pada Bangunan Gedung.
2. Dalam pemanfaatannya, radiasi yang ditimbulkan oleh cahaya matahari langsung ke dalam bangunan gedung harus dibuat seminimal mungkin untuk menghindari timbulnya peningkatan temperatur pada ruang dalam bangunan.
3. Cahaya langit bukaan transparan pada bangunan harus diutamakan daripada cahaya matahari langsung.
4. Cahaya alami di siang hari harus dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya sebagai alternatif cahaya tambahan untuk mengurangi penggunaan energi listrik pada bangunan dengan mempertimbangkan aspek-aspek sistem terkait.

Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang dihasilkan oleh sumber cahaya buatan manusia (selain dari cahaya alami). Pencahayaan buatan sangat diperlukan apabila posisi ruangan sulit dicapai oleh pencahayaan alami atau saat

kebutuhan pencahayaan alami tidak mencukupi untuk menerangi sebuah ruang. Tingkat pencahayaan minimal yang direkomendasikan tidak boleh kurang dari tingkat pencahayaan pada Tabel 2.1 (SNI 6197:2011).

**Tabel 2. 1** Standar Pencahayaan Pada Ruangan

Sumber: SNI 6197:2011

<b>Fungsi Ruangan</b>	<b>Intensitas Cahaya (lux)</b>
<b>Rumah tinggal:</b>	
Teras	60
Ruang tamu	150
Ruang makan	250
Ruang kerja	300
Kamar tidur	250
Kamar mandi	250
Dapur	250
Garasi	60
<b>Perkantoran:</b>	
Ruang resepsionis	300
Ruang direktur	350
Ruang kerja	350
Ruang komputer	350
Ruang rapat	300
Ruang gambar	750
Gudang arsip	150
Ruang arsip aktif	300
Ruang tangga darurat	150
Ruang parkir	100
<b>Lembaga pendidikan:</b>	
Ruang kelas	350
Perpustakaan	300
Laboratorium	500
Ruang praktek komputer	500
Ruang laboratorium bahasa	300
Ruang guru	300
Ruang olahraga	300
Ruang gambar	750
Kantin	200
<b>Hotel dan restoran:</b>	
Ruang resepsionis dan kasir	300
Lobi	350
Ruang serba guna	200
Ruang rapat	300
Ruang makan	250
Kafetaria	200
Kamar tidur	150
Koridor	100
Dapur	300

**Tabel 2. 2** Standar Pencahayaan Pada Ruangan (Lanjutan)

Sumber: SNI 6197:2011

<b>Fungsi Ruangan</b>	<b>Intensitas Cahaya (lux)</b>
<b>Rumah sakit/balai pengobatan:</b>	
Ruang tunggu	200
Ruang rawat inap	250
Ruang operasi, ruang bersalin	300
Laboratorium	500
Ruang rekreasi dan rehabilitasi	250
Ruang koridor siang hari	200
Ruang koridor malam hari	50
Ruang kantor staff	350
Kamar mandi dan toilet pasien	200
<b>Pertokoan/ruang pameran:</b>	
Ruang pameran dengan objek berukuran besar (misalnya mobil)	500
Area penjualan kecil	300
Area penjualan besar	500
Area kasir	500
Toko kue dan makanan	250
Toko bunga	250
Toko buku dan alat tulis/gambar	300
Toko perhiasan, arloji	500
Toko barang kulit dan sepatu	500
Toko pakaian	500
Pasar swalayan	500
Toko mainan	500
Toko alat listrik (TV, radio/tape, mesin cuci dan lain-lain)	250
Toko alat musik dan olahraga	250
<b>Industri (umum):</b>	
Gudang	100
Pekerjaan kasar	200
Pekerjaan menengah	500
Pekerjaan halus	1000
Pekerjaan amat halus	2000
Pemeriksaan warna	750
<b>Rumah ibadah:</b>	
Masjid	200
Gereja	200
Vihara	200

## 2.2. Audit Energi

Proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna energi dan pengguna sumber energi dalam rangka konservasi energi (SNI 6196:2011).

Pelaksanaan audit energi dapat diklasifikasikan dalam beberapa metode yang terdiri dari:

### 1. Survei Energi

Audit ini dilakukan secara sederhana tanpa perhitungan yang rinci hanya melakukan analisa sederhana. Umumnya fokus dari audit ini adalah pada bidang perawatan dan penghematan yang tidak memerlukan biaya investasi besar.

### 2. Audit Energi Awal

Audit energi awal bertujuan untuk mengukur produktivitas dan efisiensi penggunaan energi dan mengidentifikasi kemungkinan penghematan energi.

### 3. Audit Energi Rinci

Audit energi rinci dilakukan dengan menggunakan alat-alat ukur yang sengaja dipasang pada peralatan untuk mengetahui besarnya konsumsi energi dan biasanya dilakukan lembaga auditor profesional dalam jangka waktu tertentu (EnergyPlus, 2011).

## 2.3. Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Suatu bangunan dapat diketahui konsums energinya per satuan luas bangunan dengan menghitung Intensitas Konsumsi Energi (IKE). Untuk mengetahui tingkat efisiensi energi dapat dilakukan dengan membandingkan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) gedung dengan standar Intensitas Konsumsi Energi (IKE) yang telah ditetapkan di Indonesia. Penggunaan energi dapat dihitung jika diketahui:

1. Rincian luas bangunan gedung dan luas total bangunan gedung ( $m^2$ ).
2. Konsumsi energi bangunan gedung per tahun (kWh/tahun).
3. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) bangunan gedung per tahun ( $kWh/m^2/tahun$ ).
4. Biaya energi bangunan gedung (Rp/kWh).

Salah satu faktor yang perlu mendapat perhatian dalam simulasi energi bangunan adalah sistem tata cahaya. Hal ini disebabkan ketika beroperasi sistem tata cahaya tidak hanya mengonsumsi energi, tetapi juga menghasilkan panas yang akan menambah energi listrik bangunan secara keseluruhan. Bagian sistem tata cahaya yang menghasilkan panas adalah lampu, ini dikarenakan lampu menghasilkan sumber cahaya (EnergyPlus, 2011).

Energi yang dikonsumsi oleh sistem tata cahaya bertransformasi menjadi energi panas dalam tiga bagian, yaitu radiasi gelombang pendek, radiasi gelombang panjang dan konveksi. Ketiga fraksi tersebut ada yang didistribusikan ke dalam ruangan (*space fraction*) dan ada pula yang didistribusikan ke dalam langit-langit sehingga berinteraksi dengan udara balik sistem tata udara (*plenum/return air fraction*) (EnergyPlus, 2011).

Berikut ini adalah standar IKE yang digunakan pada bangunan Indonesia.

**Tabel 2. 3** Standar IKE untuk Bangunan Indonesia

Sumber: Peraturan Menteri ESDM No. 03 Tahun 2012

<b>Kriteria</b>	<b>Ruangan AC (kWh/m<sup>2</sup>/bulan)</b>
Sangat Efisien	< 8,5
Efisien	8,5 - 14
Cukup Efisien	14 – 18,5
Boros	> 18,5

Dalam menghitung IKE, dapat digunakan rumus:

$$IKE = kWh \text{ total} / \text{luas total} (m^2) \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan diketahui nilai IKE suatu ruang atau gedung, dapat menentukan peluang penghematan energi.

## 2.4. Lampu

Lampu biasanya menggunakan listrik untuk memproduksi cahaya, tetapi listrik yang digunakan juga menghasilkan panas. Ini mengurangi efisiensi sistem pencahayaan disamping juga meningkatkan beban pendinginan di dalam bangunan. Sebagai aturan praktis, setiap 3 Watt energi pencahayaan yang dihemat menghasilkan 1 Watt pengurangan energi pendinginan. Rasio ini bervariasi dan bergantung pada jenis lampu, bangunan, desain dan pengoperasiannya (Pemprov DKI Jakarta, 2012).

Pemilihan lampu yang baik adalah langkah yang penting dalam mengoptimalkan penggunaan energi pencahayaan. Ada sejumlah karakteristik sumber cahaya yang harus dipertimbangkan pada saat merancang pencahayaan, antara lain:

a. Efisiensi sumber cahaya

Efisiensi lampu dalam mengkonversi listrik menjadi cahaya yang terlihat (lumens/watt) (Pemprov DKI Jakarta, 2012).

b. Umur lampu

Jumlah jam operasi yang diperlukan sebelum total cahaya yang dikeluarkan oleh lampu berkurang sampai tingkat tertentu (Pemprov DKI Jakarta, 2012).

c. Indeks penghasil warna

Kemampuan sumber cahaya untuk mereproduksi warna sesungguhnya dari berbagai objek dibandingkan dengan sumber cahaya yang ideal atau cahaya alami (Pemprov DKI Jakarta, 2012).

d. Warna cahaya

Tampilan warna sumber cahaya. Ini sering ditunjukkan sebagai cahaya yang hangat (*warm*), putih hangat (*warm white*) dan sejuk (*cool daylight*) (Pemprov DKI Jakarta, 2012).

Beberapa lampu efisiensi tinggi yang tersedia tercantum di bawah ini:

a. Lampu *High Intensity Discharge* (HID)

Salah satu jenis lampu yang paling efisien dan banyak digunakan untuk sistem pencahayaan khusus karena kuat terang yang sangat tinggi (Pemprov DKI Jakarta, 2012).

b. Lampu *Fluorescent* (T8)

Berbagai tipe tersedia mulai dari 58W hingga 10W, termasuk varian dengan kinerja tinggi yang menyediakan lumen awal yang lebih tinggi dibandingkan dengan T8 standar (Pemprov DKI Jakarta, 2012).

c. Lampu *Fluorescent* (T5)

Lampu T5 atau lampu T5 dengan output tinggi menawarkan lumens per watt yang sama atau lebih tinggi dibandingkan dengan lampu T8 (Pemprov DKI Jakarta, 2012).

d. Lampu *Fluorescent* Kompak (CFL)

Menawarkan efisiensi sekitar 30% lebih rendah (*lumens/watt*) dibandingkan dengan *fluorescent linier*, tetapi sangat cocok sebagai pengganti lampu pijar yang dipasang pada rumah lampu tabung atau rumah lampu tanam (Pemprov DKI Jakarta, 2012).

e. Lampu *Light Emitting Diode* (LED)

Karena lampu LED berumur panjang dan pancaran cahaya yang terarah, menjadikan LED populer dan layak untuk beberapa aplikasi khusus, seperti lampu kulkas, tanda luar, lampu kerja dan lain-lain (Pemprov DKI Jakarta, 2012).

## 2.5. Istilah-Istilah Pencahayaan

Beberapa istilah dalam pencahayaan adalah sebagai berikut:

### a. *Intensity* (I)

Adalah jumlah cahaya yang dikeluarkan oleh suatu sumber cahaya pada suatu arah tertentu. Satuan untuk *intensity* adalah *candela* atau *candlepower* (Kaufman, 1973).

### b. Lumen

Adalah unit atau satuan cahaya yang keluar dari suatu sumber cahaya yang memancar rata. Lumen juga merupakan satuan fluks cahaya. Fluks dipancarkan di dalam satuan unit sudut padatan oleh suatu sumber dengan intensitas cahaya yang seragam satu *candela*. 1 lux adalah 1 lumen/m<sup>2</sup>. Lumen (lm) adalah kesetaraan fotometrik dari watt, yang memadukan respon mata “pengamat standar”. 1 watt = 683 lumen pada panjang gelombang 555 nm (Kaufman, 1973).

### c. Luminasi \*

Merupakan ukuran yang menunjukkan jumlah cahaya yang terpancar atau terpantul dari suatu area permukaan. Satuan untuk luminasi adalah *footlambert* jika area dalam satuan *square foot* dan *candela* jika area dalam satuan *square meter* (Kaufman, 1973).

$$L = \frac{I}{A_s} \text{ cd/m}^2 \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

L = luminasi dalam satuan cd/m<sup>2</sup>

I = Intensitas cahaya dalam satuan cd

A<sub>s</sub> = Luas semu permukaan dalam satuan m<sup>2</sup>

d. *Reflectance*

Adalah daya pantul permukaan merupakan ukuran yang menunjukkan jumlah cahaya yang direfleksikan oleh suatu permukaan (Kaufman, 1973).

e. 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 (UNEP, 2006).

f. Armatur

Adalah rumah lampu yang dirancang untuk mengarahkan cahaya, untuk tempat melindungi lampu serta untuk menempatkan komponen-komponen listrik.

g. *Ballast*

Alat yang dipasang pada lampu fluorezen (TL) dan lampu pelepasan gas lainnya untuk membantu dalam penyalan dan pengoperasiannya.

h. Efikasi

Adalah hasil bagi antara fluks luminus (lumen) dengan daya listrik (watt) masukan suatu sumber cahaya dinyatakan dalam satuan lumen/watt.

$$Efikasi = \frac{\emptyset}{P} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

$\emptyset$  = Fluks Cahaya (lm)

P = Daya Listrik (watt)

i. Indeks Ruang (K)

Nilai angka yang mewakili geometris suatu ruang digunakan untuk perhitungan faktor penggunaan ( $K_p$ ), dinyatakan dengan rumus sebagai berikut: (SNI 6197:2011)

$$K = \frac{\text{Panjang} \times \text{Lebar}}{\text{Jarak lumener} \times (\text{Panjang} + \text{lebar})} \dots \dots \dots (2.4)$$

## 2.6. Luas Ruangan

Dalam proses pengukuran pencahayaan, luas ruangan merupakan suatu faktor yang penting. Untuk mengukur luas ruangan digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Luas} = \text{Panjang (P)} \times \text{Lebar (L)} \dots \dots \dots (2.5)$$

Setelah luas ruangan telah didapatkan, selanjutnya penentuan titik pengukuran. Peraturan SNI 16-7062-2004 menjelaskan bahwa proses penentuan titik pengukuran pencahayaan dilakukan sesuai ketentuan berikut:

- a. Luas ruangan kurang dari 10 m<sup>2</sup>: Titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan adalah pada jarak setiap 1 meter.
- b. Luas ruangan antara dari 10 m<sup>2</sup> sampai 100 m<sup>2</sup>: Titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan adalah pada jarak setiap 3 meter.
- c. Luas ruangan lebih dari 100 m<sup>2</sup>: Titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan adalah pada jarak setiap 6 meter (SNI 7062:2004).

## 2.7. Jarak Sumber Cahaya

Intensitas cahaya pada suatu bidang sangat dipengaruhi oleh jaraknya terhadap sumber cahaya. Menurut “hukum kuadrat terbalik” (*inverse square law*), intensitas cahaya berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari sumbernya. Ini berarti bahwa rumah lampu yang dirancang untuk menyediakan 300 lux pada permukaan kerja bila dipasang pada ketinggian langit-langit 3 meter, akan memberikan tingkat cahaya sekitar 44% lebih tinggi (432 lux) jika rumah lampu tersebut digantung 0,5 meter. Demikian pula rumah lampu yang dipasang pada ketinggian 3 meter akan menghasilkan tingkat pencahayaan 3 kali lipat

dibandingkan dengan rumah lampu serupa yang dipasang pada ketinggian 5 meter. Dengan demikian rumah lampu yang digantung lebih rendah akan memerlukan output cahaya yang lebih rendah dan penggunaan energi lebih sedikit. Prinsip ini juga dapat diamati pada lampu kerja, karena lampu ini memberikan pencahayaan yang relatif tinggi bahkan dengan lampu berdaya rendah (Pemprov DKI Jakarta, 2012).

Di sisi lain, pilihan lampu dan rumah lampu yang tidak tepat untuk langit-langit yang tinggi dapat menyebabkan pemborosan cahaya dan energi. Selain efisiensi lampu dan rumah lampu, efisiensi *ballast* juga harus dipertimbangkan. Untuk lampu fluoresen, *rapid start ballast* biasanya yang paling hemat energi dan paling kecil pengaruhnya terhadap umur lampu (Pemprov DKI Jakarta, 2012).

## 2.8. Alat Ukur Pencahayaan

Pengukuran intensitas pencahayaan ini menggunakan alat ukur yang bernama Lux meter yang hasilnya dapat langsung dibaca. Alat ini mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, kemudian energi listrik dalam bentuk arus digunakan untuk menggerakkan jarum skala. Untuk alat digital, energi listrik diubah menjadi angka yang dapat dibaca pada layar monitor (SNI 7062:2004).



**Gambar 2. 1** Alat Ukur *Lux meter*

Dalam proses pengukuran intensitas cahaya, ada dua cara penentuan titik pengukuran, yaitu penerangan setempat dan penerangan umum. Penerangan

setempat adalah pengukuran yang dilakukan di tempat objek kerja, baik berupa meja kerja maupun peralatan. Sedangkan penerangan umum adalah pengukuran yang dilakukan di seluruh area tempat kerja (SNI 7062:2004).

