

Konservasi energi pada sistem pencahayaan

© BSN 2020

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis BSN

BSN

Email: dokinfo@bsn.go.id

www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi	i
Daftar gambar ..	iii
Daftar tabel	iv
Prakata	v
Pendahuluan	vi
Konservasi energipada sistem pencahayaan	1
1 Ruang Lingkup	1
2 Acuan Normatif	1
3 Istilah dan Definisi	1
4 Konservasi energi pada perancangan	4
4.1 Persyaratan teknis pencahayaan	4
4.1.1 Pencahayaan alami	4
4.1.2 Pencahayaan buatan	4
4.1.2.1 Tingkat pencahayaan	4
4.1.2.2 Densitas daya lampu	7
4.1.2.3 Efisiensi energi sistem pencahayaan	12
4.1.2.3 Pemanfaatan cahaya alami	13
4.1.3 Parameter kualitas warna cahaya	13
4.1.3.1 Temperatur warna cahaya lampu (CCT- <i>Correlated Colour Temperature</i>)	13
4.1.3.2 Indeks Renderasi Warna (Ra) atau <i>Color Rendering Index</i> (CRI)	13
4.2 Kriteria perancangan	13
4.2.1 Kriteria perancangan pencahayaan alami	13
4.2.2 Kriteria perancangan pencahayaan buatan	13
4.2.2.1 Tingkat pencahayaan	13
4.2.2.1.1 Perhitungan tingkat pencahayaan	13
4.2.2.1.2 Sistem pencahayaan	17
4.2.2.1.3 Distribusi luminansi	18
4.2.2.1.4 Kualitas warna cahaya	19
4.2.2.2 Silau (<i>Glare</i>)	20
4.3 Prosedur perancangan	23
4.3.1 Prosedur perancangan pencahayaan alami	23
4.3.2 Prosedur perancangan pencahayaan buatan	23
4.4 Pemilihan sistem dan peralatan	25
4.4.1 Penggunaan lampu yang efisien	25
4.4.2 Penggunaan balast elektronik frekuensi tinggi	25
4.4.3 Penggunaan alat sensor	25
4.4.3.1 Penggunaan alat sensor penghuni	25
4.4.3.2 Penggunaan alat sensor intensitas cahaya	25
4.4.4 Penggunaan kontrol penjadwalan	26
4.4.5 Penggunaan dimmer	26
4.4.6 Pengelompokan area pengkawatan	26
4.4.7 Penempatan alat kontrol	26
4.5 Inovasi perancangan	27

4.5.1	Menyampingkan pencahayaan	. 27
4.5.2	Panel surya (sell fotovoltaik)	. 28
4.5.3	Tabung cahaya (<i>solar tube</i>)	.. 28
5	Dokumen rencana kerja dan syarat-syarat	29
5.1	Umum	. 29
5.2	Pengujian, verifikasi, <i>commissioning</i> , dan pengukuran dan verifikasi	.. 29
5.2.1	Pengujian dan verifikasi	.. 29
5.2.2	<i>Comissioning</i>	29
5.2.3	Pengukuran dan verifikasi (M&V)	.. 29
6.	Konservasi energi pada pengoperasian	30
6.1	Kontrol sistem pencahayaan	... 30
6.2	Opsi kontrol sistem pencahayaan	30
7	Konservasi energi pada pemeliharaan	.. 31
7.1	Pemeliharaan sistem pencahayaan	 31
7.2	Pemeliharaan lampu dan luminer	 32
7.2.1	Penurunan intensitas pencahayaan	32
7.2.2	Penyusutan output pencahayaan	.. 33
7.2.2.1	Debu pada lampu dan luminer	. 33
7.2.2.2	Debu pada permukaan ruangan	.. 33
7.2.2.3	Penyusutan lumen lampu	. 33
7.2.2.4	Kegagalan lampu	33
7.2.3	Jadwal pemeliharaan	.. 34
7.2.4	Faktor koefisien depresiasi (K_d) atau faktor kerugian cahaya	
	<i>Light Loss Factor / LLF</i>	. .. 34
	Lampiran A (Informatif) Contoh tabel koefisien penggunaan (K_p)	. 35
	Bibliografi	.. 36

Daftar Gambar

Gambar 1	Ilustrasi kelas luminer	15
Gambar 2	Titik P menerima komponen langsung dari sumber cahaya titik ..	16
Gambar 3	Skala luminasi untuk pencahayaan interior .	18
Gambar 4	Grafik luminansi langit – langit terhadap luminansi luminer .	19
Gambar 5	Zona pandangan kritis	22
Gambar 6	Prosedur perencanaan teknis sistem pencahayaan buatan	24
Gambar 7	Menyampingkan pencahayaan (<i>light shelf</i>)	27
Gambar 8	Tabung cahaya	28
Gambar 9	Contoh nilai intensitas pencahayaan relatif terhadap waktu pemakaian ...	32

Daftar Tabel

Tabel 1	Tingkat pencahayaan, renderasi warna	5
Tabel 2	Densitas daya lampu maksimum dengan metode bangunan yang Disederhanakan	7
Tabel 3	Densitas daya lampu maksimum dengan metode ruang demi ruang	.. 10
Tabel 4	Besar cahaya berdasarkan kelas luminer	. 14
Tabel 5	Tampak warna terhadap temperature warna	19
Tabel 6	Contoh nilai R_a dan temperatur warna untuk beberapa jenis lampu	. 20
Tabel 7	Kriteria nilai UGR	.. 21
Tabel 8	Nilai indeks silau maksimum untuk berbagai tugas visual dan interior	21
Tabel 9	Perbandingan efikasi dan umur rata-rata dari berbagai contoh lampu	. .. 25

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan nomor SNI 6197:2020, *Konservasi energi pada sistem pencahayaan*, yang dalam bahasa Inggris berjudul *Energy conservation for lighting* merupakan standar revisi dari SNI 6197:2011, *Konservasi energi pada sistem pencahayaan*. Standar ini disusun dengan jalur metode pengembangan sendiri dan ditetapkan oleh BSN Tahun 2020.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 27-06, Konservasi Energi dan standar ini telah disepakati oleh para pihak terkait (*stakeholder*) pada rapat konsensus yang dilaksanakan di Bogor pada tanggal 2 Oktober 2020. Standar ini telah melalui tahap jajak pendapat pada tanggal 15 Oktober 2020 sampai dengan 14 Desember 2020 dan telah disetujui menjadi SNI.

Untuk menghindari kesalahan dalam penggunaan Standar ini, disarankan bagi pengguna standar untuk menggunakan dokumen SNI yang dicetak dengan tinta berwarna

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggungjawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.

Pendahuluan

Standar Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan ini merupakan pemutakhiran (updating) dan penyempurnaan dari SNI 6197 dengan judul yang sama, yang diterbitkan sebagai edisi pertama tahun 2000. Pemutakhiran dan penyempurnaan dilakukan dengan menggunakan data tingkat efikasi lampu yang ada saat ini. Revisi ini meliputi perubahan nilai – nilai yang direkomendasikan serta penyempurnaan desain perancangan dengan mengikuti perkembangan teknologi pencahayaan

Dua faktor kunci dalam konservasi energi sistem pencahayaan adalah, pertama, tingkat pencahayaan yang direkomendasikan dalam suatu ruangan, kedua, densitas daya lampu maksimum yang ditetapkan sebagai kondisi perancangan.

Mempertimbangkan adanya variasi kenyamanan termal yang berbeda antara individu yang satu dengan yang lain, kondisi termal ruang perancangan ditetapkan dalam satu rentang suhu nyaman berdasarkan sejumlah penelitian kenyamanan termal yang dilakukan di Indonesia.

Standar konservasi energi sistem pada sistem pencahayaan dimaksudkan sebagai pedoman bagi semua pihak yang terlibat dalam perencanaan, pengoperasian dan pemeliharaan pada pengelolaan bangunan gedung untuk mencapai penggunaan energi yang efisien.

Dengan demikian, semua pihak yang berkepentingan dengan sistem pencahayaan: perancang, distributor, institusi pemerintah, auditor energi, dan lainnya, dapat menggunakan acuan yang sama sebagai dasar perhitungan beban dan kualitas pencahayaan

Konservasi energi pada sistem pencahayaan

1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan konservasi energi pada perancangan, pengoperasian dan pemeliharaan untuk memperoleh sistem pencahayaan dengan pengoperasian yang optimal sehingga penggunaan energi lebih efisien tanpa harus mengurangi dan atau mengubah fungsi bangunan, kenyamanan dan produktivitas penghuni, serta mempertimbangkan aspek ramah lingkungan dan biaya. Standar ini juga sebagai pedoman untuk menilai kinerja pencahayaan pada bangunan gedung dan menyusun langkah aksi perbaikan kinerja termasuk evaluasi, indeks kalkulasi, analisis dan pelaporan.

2 Acuan normatif

Dokumen acuan berikut sangat diperlukan untuk penerapan dokumen ini. Untuk acuan bertanggal, hanya edisi yang disebutkan yang berlaku. Untuk acuan tidak bertanggal, berlaku edisi terakhir dari dokumen acuan tersebut (termasuk seluruh perubahan/ amandemennya).

- SNI 03 – 2396, Tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung
- SNI ISO 50015:2014, Sistem manajemen energi – Pengukuran dan verifikasi kinerja energi organisasi – Prinsip-prinsip umum dan pedoman
- ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2019, *Energy Standar for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (I-P Edition)*

3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan dokumen ini, istilah dan definisi berikut ini berlaku

3.1

luminer

rumah lampu yang digunakan untuk mengendalikan dan mendistribusikan cahaya yang dipancarkan oleh lampu yang dipasang didalamnya, dilengkapi dengan peralatan untuk melindungi lampu dan peralatan pengendali listrik

3.2

balast

alat yang dipasang pada lampu fluoresen (TL) dan lampu pelepasan gas lainnya untuk membantu dalam penyalaan dan pengoperasiannya. Balast dapat juga mencakup sarana untuk mentransformasikan volta sesuplai, mengoreksi factor daya dan, sendiri atau kombinasi dengan gawai start, memberikan kondisi yang diperlukan untuk menstart lampu.

3.3

lampu LED

Merupakan produk diode pancaran cahaya (LED) yang disusun menjadi sebuah lampu. Lampu LED meliputi seluruh komponen lampu LED, seperti chip LED, plat PCB, alat pelepas panas dan komponen *driver*.

Tidak seperti fluorescent, lampu LED akan menghasilkan cahaya sepenuhnya tanpa perlu waktu pemanasan (*warm-up*).

3.4

efikasi

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

3.5

indeks renderasi warna (CRI)

Disebut juga sebagai renderasi warna cahaya, yaitu nilai dari kemampuan sumber cahaya untuk dapat mendefinisikan warna sebenarnya dari suatu objek atau benda. Nilai indeks ini berkisar dari 0-100. Semakin tinggi nilai suatu indeks renderasi warna maka akan semakin baik kemampuan sumber cahaya tersebut untuk menunjukkan warna sebenarnya dari suatu objek. Contoh matahari memiliki indeks renderasi 100 dan lampu fluoresen memiliki indeks renderasi berkisar 60 sampai dengan 90

3.6

koefisien penggunaan

perbandingan antara fluks luminus yang sampai di bidang kerja terhadap keluaran cahaya yang dipancarkan oleh semua lampu

3.7

indeks ruang (K) atau *room cavity ratio* (RCR)

Nilai angka yang mewakili geometris suatu ruang digunakan untuk perhitungan faktor penggunaan (K)

3.8

koefisien depresiasi (K_d) atau faktor kerugian cahaya (*Light Loss Factor*, LLF)

Hasil perkalian antara faktor pemeliharaan lumener, faktor survival lampu (*lumen depreciation*), faktor pemeliharaan lumener dalam kondisi ruang berbeda, dan faktor pemeliharaan permukaan ruang.

3.9

konservasi energi

konservasi energi adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya.

3.10

luminansi

hasil bagi antara intensitas cahaya pada arah tertentu terhadap luas sumber cahaya yang diproyeksikan ke atau pada arah tersebut, dinyatakan dalam satuan kandela per m^2 (cd/m^2)

3.11

pencahayaan alami

pencahayaan yang berasal dari sumber alam, pada umumnya dikenal sebagai cahaya matahari

3.12

pencahayaan buatan

pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang dihasilkan oleh sumber cahaya buatan manusia, contoh lampu listrik

3.13**rasio luaran lumener (*light output ratio*, LOR)**

nilai perbandingan antara total luaran fluks cahaya (lumen) dari lumener terhadap luaran fluks cahaya (lumen) dari lampu.

3.14**silau**

kondisi dimana mata tidak mampu lagi untuk menerima pancaran intensitas cahaya dari suatu sumber cahaya yang bisa disebabkan oleh tingginya intensitas cahaya tersebut. Dalam aplikasinya nilai silau dalam ruangan dibuat dalam indeks faktor tingkat silau (*Unified Glare Rating*, UGR)

3.15**temperatur warna**

indikasi warna cahaya dalam satuan derajat Kelvin (K). Temperatur warna memiliki pengaruh (kesan) psikologis terhadap suatu ruang yang ingin diciptakan (dingin dan hangat). Pada umumnya temperatur warna yang digunakan antara 2000K – 6500K. Semakin rendah nilai derajat temperatur maka warna cahaya yang dihasilkan akan semakin kekuningan, jika lebih direndahkan lagi maka menuju kemerahan. Semakin tinggi temperatur warna maka warna cahaya yang dihasilkan akan semakin putih, jika lebih ditinggikan lagi maka warna cahaya akan menuju kebiruan.

3.16**tingkat pencahayaan (iluminans)**

fluks luminus (lumen) yang sampai ke permukaan/bidang kerja atau hasil bagi antara fluks cahaya dengan luas permukaan yang disinari dinyatakan dalam satuan *lux*.

3.17**umur teknis lampu (lampu individu)**

panjangnya waktu operasional suatu lampu dari mulai menyala sampai lampu tersebut mati, umumnya umur lampu dinyatakan dalam satuan *jam*.

3.18**umur rata-rata (umur sampai kegagalan 50%)**

umur lampu yang didasarkan atas hasil test laboratorium yaitu umur yang diambil pada saat jumlah lampu yang masih menyala tersisa sampai dengan 50% dari jumlah total jumlah lampu yang di test dalam lab tersebut.

3.19**rencana kerja dan syarat-syarat**

Informasi rinci tentang komponen bangunan seperti *shop drawing*, data produk, sampel dan informasi lainnya. Data tersebut berasal dari penyedia produk yang harus diberikan kepada arsitek/kontraktor sebelum pekerjaan dilaksanakan, selain itu juga memberikan informasi yang rinci tentang produk dan alat yang digunakan dalam proyek

3.20**commissioning**

pengujian atau melakukan pengujian operasional suatu pekerjaan secara nyata maupun secara simulasi untuk memastikan bahwa pekerjaan tersebut telah dilaksanakan dan memenuhi semua peraturan yang berlaku antara lain regulasi, kode (*code*) dan sesuai standar (*standard*) yang telah ditetapkan antara pelaksana kerja dan klien. Pelaksanaan dilakukan apabila pelaksana kerja (kontraktor) telah menyelesaikan pekerjaannya dan siap untuk melakukan start-up.

3.21

pengukuran dan verifikasi (measurement and verification, M&V)

proses perencanaan, pengukuran, pengumpulan data, analisis, verifikasi, dan pelaporan kinerja energi atau peningkatan kinerja energi untuk batasan M&V yang telah ditetapkan

4 Konservasi energi pada perancangan

4.1 Persyaratan teknis pencahayaan

4.1.1 Pencahayaan alami

Tata cara perancangan system pencahayaan alami pada bangunan gedung sesuai dengan SNI 03-2396

4.1.2 Pencahayaan buatan

4.1.1.1. Tingkat pencahayaan

Tingkat pencahayaan rata-rata minimum dan renderasi warna minimum yang direkomendasikan tidak boleh kurang dari tingkat pencahayaan pada Tabel 1 dan densitas daya lampu tidak boleh melebihi nilai (belum termasuk rugi-rugi balast) sebagaimana tercantum pada Tabel 2 dan Tabel 3, **kecuali:**

- (1) pencahayaan untuk bioskop, siaran TV, presentasi audio visual, dan semua fasilitas hiburan yang memerlukan pencahayaan berteknologi sebagai elemen utama dalam pelaksanaan fungsinya;
- (2) Pencahayaan khusus untuk bidang kedokteran;
- (3) fasilitas olahraga dalam ruangan (indoor);
- (4) pencahayaan yang diperlukan untuk pameran di galeri, museum, dan monumen;
- (5) pencahayaan luar untuk monumen;
- (6) pencahayaan khusus untuk penelitian di laboratorium dan ruang komputer;
- (7) pencahayaan darurat;
- (8) ruangan yang mempunyai tingkat keamanan dengan risiko tinggi yang dinyatakan oleh peraturan atau oleh petugas keamanan dianggap memerlukan pencahayaan tambahan;
- (9) ruangan kelas rancangan khusus untuk orang yang mempunyai penglihatan yang kurang, atau untuk orang lanjut usia;
- (10) pencahayaan untuk lampu tanda arah dalam bangunan gedung;
- (11) jendela peraga pada toko/etalase;
- (12) agro industri (rumah kaca), fasilitas pemrosesan;
- (13) kegiatan lain yang belum termasuk di atas.

Tabel 1 – Tingkat pencahayaan dan renderasi warna

Fungsi Ruangan	Tingkat pencahayaan rata-rata ($E_{rata-rata}$) minimum (lux) ^{a)}	Renderasi warna minimum
Rumah Tinggal		
Teras	40	80
Ruang tamu	150	80
Ruang keluarga	100	80
Ruang makan	100	80
Ruang kerja	350	80
Kamar tidur	50	80
Kamar mandi	100	80
Laundry	200	80
Tangga	100	80
Gudang	50	80
Dapur	250	80
Garasi	50	80
Perkantoran		
Ruang resepsionis.	300	80
Ruang direktur	350	80
Ruang kerja	350	80
Ruang komputer	150	80
Ruang rapat	300	80
Ruang gambar	750	90
Gudang arsip	150	80
Ruang arsip aktif	350	80
Ruang tangga darurat	100	80
Ruang parkir	100	80
Lembaga Pendidikan		
Ruang kelas	350	80
Ruang baca perpustakaan	350	80
Laboratorium	500	90
Ruang praktek komputer	500	80
Ruang laboratorium bahasa.	300	80
Ruang guru	300	80
Ruang olahraga	300	80
Ruang gambar	750	80
Ruang Auditorium (exhibition)	300	80
Lobby	100	80
Tangga	100	80
Kantin	200	80

Tabel 1 – Tingkat pencahayaan dan renderasi warna (2 dari X)

Restaurant		
Restaurant cepat saji	250	80
<i>Fine Dining</i>	30	80
Cafetaria	150	80
<i>Coffee shop</i>	100	80
<i>Lounge</i>	100	80
Kasir	300	80
Ruang pembersih	100	80
Dapur	250	90
Toilet	200	80
Hotel		
Ruang resepsionis	200	80
Lobi	200	80
Ruang serbaguna	250	80
Ruang rapat	250	80
Ruang makan	250	80
Kafetaria	200	80
Kamar tidur	150	80
Koridor	100	80
Dapur	300	90
Rumah Sakit / Balai Pengobatan		
Ruang tunggu	200	80
Kasir	300	80
Apotik	750	90
Ruang Radiologi	500	90
Ruang rawat inap	350	80
Ruang operasi	1.000	90
Ruang bersalin	1.000	90
Laboratorium	500	90
Ruang rekreasi dan rehabilitasi	250	80
Ruang koridor	150	80
Ruang kantor staff	350	80
Kamar mandi & toilet pasien	200	80
Bandara		
ATM	200	80
Conveyer bagasi	200	80
Ruang Pemeriksaan Imigrasi	300	80
Tangga berjalan (escalators)	50	80
Ruang Tunggu (gate areas)	150	80
Tickets Counters	300	80
Toilet	200	80
Pertokoan / Ruang Pamer		
Ruang pamer dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil)	500	80
Area penjualan kecil	300	80
Area penjualan besar	300	80
Area kasir	300	80
Toko kue dan makanan.	250	90

Toko bunga	250	90
Toko buku dan alat tulis/ gambar	300	80
Toko perhiasan, arloji	500	90
Toko barang kulit dan sepatu	500	90
Tokopakaian	500	90
Pasar swalayan	500	80
Toko mainan	500	90
Toko alat listrik (TV, radio/tape, mesin cuci dan lain-lain)	250	80
Toko alat music dan olahraga	250	80
Industri		
Gudang	100	80
Pekerjaan kasar	200	80
Pekerjaan menengah	500	80
Pekerjaan halus	1.000	90
Pekerjaan amat halus	2.000	90
Pemeriksaan warna	750	90
Rumah Ibadah		
Rumah Ibadah		
Gudang	100	80
Kantor / Ruang kerja	300	80

Catatan

a) nilai diukur di atas bidang kerja

4.1.1.2. Densitas daya lampu

Perhitungan densitas daya lampu maksimum dapat dilakukan dengan 2 (dua) metode yaitu:

a. Metode bangunan yang disederhanakan

1. Metode bangunan yang disederhanakan adalah untuk menghitung densitas daya lampu maksimum untuk sistem pencahayaan interior dan eksterior.
2. Digunakan untuk menghitung konsumsi energi lampu dengan luas lantai kotor (*gross*) untuk setiap jenis ruangan.
3. Nilai rerata densitas daya lampu bangunan tersebut merupakan nilai rerata dari gabungan jenis ruangan.

Tabel 2 – Densitas daya lampu maksimum dengan metode bangunan yang disederhanakan

Jenis ruangan	Densitas daya lampu maksimum (Watt/m ²)
Bangunan gedung perkantoran	
Seluruh ruangan bangunan gedung perkantoran kecuali ruang parkir, garasi, tangga dan koridor	7,53
Ruang perkantoran kurang atau sama dengan 76,2 m, ruang kelas, ruang konferen, ruang rapat, ruang pelatihan, gudang dan ruang istirahat	7,53

Ruang perkantoran lebih besar dari 76,2 m dan kamar kecil	7,53
Tangga, koridor dan garasi parkir	7,53
Bangunan gedung retail	
Seluruh ruangan bangunan gedung retail kecuali ruang parkir, garasi, tangga dan koridor	10,76
Ruang penjualan	10,76
Ruang stok, ruang ganti, ruang loker dan kamar kecil	10,76
Ruang kantor, ruang rapat, ruang konferensi, ruang pelatihan, gudang, ruang istirahat, dan ruang utilitas	10,76
Tangga dan koridor pada bangunan gedung retail dan garasi parkir	10,76
Garasi parkir	1,40
Bangunan gedung sekolah	
Seluruh ruangan bangunan gedung sekolah kecuali ruang parkir, garasi, Tangga dan koridor	7,53
Ruang kelas, ruang kantor, ruang konferen, ruang rapat, perpustakaan, gudang dan ruang istirahat	7,53
Ruang olah raga dan kafetaria	7,53
Kamar kecil	7,53
Tangga dan koridor pada bangunan gedung sekolah dan garasi parkir	7,53
Garasi parkir	1,40
Eksterior bangunan gedung	
Fasad dan area khusus, jalan setapak, plaza	1,08
Landscape	0,43
Tangga	7,53
Tempat parkir	0,54
Area lainnya	2,15
Bangunan umum lainnya	
Fasilitas otomotif	8,07
Pusat konvensi	6,89
Pengadilan	8,50
Tempat makan Restoran/bar/lounge	8,61

Tempat makan kafetaria/fast food	8,18
Ruang makan rumah	7,64
Asrama	5,70
Pusat latihan	7,75
Pemadam kebakaran	6,03
Gimnasium	8,18
Klinik kesehatan	8,72
Rumah sakit	10,33
Hotel/motel	6,03
Perpustakaan	8,93
Fasilitas manufaktur	8,83
Bioskop/theater	4,74
Rumah keluarga	4,84
Museum	5,92
Perkantoran	6,89
Garasi parkir	1,94
Penjara	7,43
Gedung pertunjukan seni	9,04
Kantor polisi	7,10
Kantor pos	7,00
Gedung ibadah	7,21
Retail	9,04
Sekolah/universitas	7,75
Gedung olah raga	8,18
Balai kota	7,43
Transportasi	5,38
Gudang	4,84
Workshop	9,80

b. Metode ruang demi ruang

- 1) Metoda perhitungan yang nilai akhirnya adalah fleksibel sesuai bentuk dan volume ruangan
- 2) Setiap 'ruang' merupakan ruang dengan pembatas (partisi setinggi 80%), dan dapat dibagi lagi menjadi bagian ruangan yang lebih kecil
- 3) Area yang dihitung adalah area netto, dengan garis tengah dinding (interior) atau permukaan luar (eksterior)
- 4) Nilai densitas daya lampu dapat bertambah bila ada interior tambahan atau ketinggian ruangan dan dikoreksi berdasarkan indeks ruang (K)

$$K = \frac{2.5 \times \text{Tinggi rongga ruangan} \times \text{Panjang perimeter ruangan}}{\text{Luas ruangan}} \quad (1)$$

dengan

K = Indeks ruang

Tinggi rongga ruangan = tinggi pemasangan lumener – tinggi bidang kerja

- 5) Jika ketinggian ruangan lebih besar dari jenis ambang RCR yang tercantum di ASHRAE, peningkatan LPD sebesar 20% untuk ruang itu masih diperbolehkan
- 6) Untuk ruang koridor / transisi, penambahan nilai densitas daya lampu diperbolehkan untuk ruang dengan lebar kurang dari 2,5 m, dengan mengabaikan faktor RCR

Tabel 3 – Densitas daya lampu maksimum dengan metode ruang demi ruang

Fungsi Ruangan	Densitas daya lampu maksimum (Watt/m ²)
Rumah Tinggal	
Teras	1,08
Ruang tamu	4,41
Ruang keluarga	4,41
Ruang makan	4,41
Ruang kerja	7,53
Kamar tidur	6,35
Kamar mandi	6,78
Laundry	5,70
Tangga	5,27
Gudang	3,88
Dapur	7,53
Garasi	1,40
Perkantoran	
Ruang resepsionis.	7,97
Ruang direktur	7,53
Ruang kerja	7,53
Ruang komputer	7,53
Ruang rapat	7,53
Ruang gambar	15,00
Gudang arsip	3,88
Ruang arsip aktif	5,49
Ruang tangga darurat	5,27
Ruang parkir	1,40
Lembaga Pendidikan	
Ruang kelas	11,95
Ruang baca perpustakaan	10,33
Laboratorium	12,16
Ruang praktek komputer	10,12
Ruang laboratorium bahasa	11,84

Ruang guru	7,53
Ruang olahraga	10,66
Ruang gambar	13,67
Ruang Auditorium (exhibition)	6,57
Lobby	9,04
Tangga	5,27
Kantin	4,31
Restaurant	
Restaurant cepat saji	4,63
<i>Fine Dining</i>	9,26
Cafeteria	4,31
<i>Coffee shop</i>	4,63
<i>Lounge</i>	9,26
Kasir	4,63
Ruang pembersih	4,63
Dapur	7,53
Toilet	6,78
Hotel	
Ruang resepsionis	9,04
Lobi	5,49
Ruang serbaguna	6,35
Ruang rapat	7,53
Ruang makan	7,53
Kafetaria	4,31
Kamar tidur	6,35
Koridor	4,41
Dapur	7,53
Rumah Sakit / Balai Pengobatan	
Ruang tunggu	7,64
Kasir	7,64
Apotik	17,76
Ruang Radiologi	10,12
Ruang rawat inap	7,32
Ruang operasi	24,33
ruang bersalin	15,07
Laboratorium	12,16
Ruang rekreasi dan rehabilitasi	13,45
Ruang koridor	7,64
Ruang kantor staff	7,64
Kamar mandi & toilet pasien	6,78
Bandara	
ATM	6,57
Conveyer bagasi	4,20
Ruang Pemeriksaan Imigrasi	5,49
Tangga berjalan (escalators)	5,27
RuangTunggu (gate areas)	2,69

Tickets Counters	5,49
Toilet	6,78
Pertokoan / Ruang Pamer	
Ruang pamer dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil)	10,76
Area penjualan kecil	8,83
Area penjualan besar	8,83
Area kasir	8,83
Toko kue dan makanan	10,76
Toko bunga	10,76
Toko buku dan alat tulis/gambar	10,76
Toko perhiasan, arloji	10,76
Toko barang kulit dan sepatu	10,76
Toko pakaian	10,76
Pasar swalayan	10,76
Toko mainan	10,76
Toko alat listrik (TV, radio/ <i>tape</i> , mesin cuci, dan lain-lain)	10,76
Toko alat musik dan olah raga	10,76
Industri	
Ruang peralatan	8,18
Area manufaktur rinci	8,61
<i>Extra high bay area</i> (tinggi lantai-plafon $\geq 15,24$ m)	15,28
<i>High bay area</i> (tinggi lantai-plafon 7,62 s.d. 15,24 m)	13,35
<i>Low bay area</i> (tinggi lantai-plafon $< 7,62$ m)	9,26
Rumah Ibadah	
Rumah Ibadah	7,53
Gudang	3,55
Kantor / Ruang kerja	7,53

4.1.1.3. Efisiensi energi sistem pencahayaan

Efisiensi energi sistem pencahayaan dapat ditingkatkan dengan langkah-langkah:

- (1) menggunakan lampu yang mempunyai efikasi lebih tinggi dan menghindari pemakaian lampu dengan efikasi rendah. Jenis lampu yang ada di pasaran antara lain:
 - (a) Lampu halogen
 - (b) Lampu pelepasan tekanan rendah, antara lain lampu fluoresen, merkuri dan sodium
 - (c) Lampu pelepasan tekanan tinggi, antara lain lampu sodium dan metalhalide
 - (d) Lampu *light emitting diode* (LED)
- (2) pemilihan balast dengan efisiensi tinggi
 - (a) Balast elektronik lebih efisien daripada balast magnetik.
 - (b) Balast dapat dan tidak harus disatukan dengan luminer (luminer). Memadukan lampu dengan balast dikenal dengan nama lampu fluoresen kompak yang pemasangannya sesuai pemegang lampu dari lampu pijar.

(3) pemilihan lumener yang efisien

- (a) Penghematan energi dapat pula dilakukan dengan cara memilih lumener yang memiliki karakteristik distribusi pencahayaan yang efisien, dengan melihat kepada seberapa besar nilai rasio efisiensi lumener pada luminaire yang akan digunakan. Nilai rasio efisiensi lumener (LOR) yang disarankan adalah lebih besar atau sama dengan 60% ($LOR \geq 60\%$), semakin besar nilai LOR suatu lumener maka akan semakin baik efisiensinya dan akan berimbas kepada semakin hemat sistem energi cahaya pada suatu ruang. Perhitungan nilai rasio efisiensi lumener pada luminaire yang akan digunakan menggunakan rumus

$$\eta = \frac{\Phi_{lumener}}{\Phi_{lampu}} \times 100\% \quad . (2)$$

dimana

- η = nilai rasio efisiensi lumener pada luminaire
 $\Phi_{lumener}$ = total luaran fluks cahaya (lumen) dari lumener
 Φ_{lampu} = luaran fluks cahaya (lumen) dari lampu

- (b) Menggunakan lumener yang memiliki tingkat kontrol silau yang baik. Hal ini dapat diperlihatkan dengan mengetahui seberapa besar nilai faktor tingkat silau yang dihasilkan (UGR) dari suatu ruang yang direncanakan.

4.1.1.4. Pemanfaatan cahaya alami

Pencahayaan tidak langsung dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan pencahayaan di dalam ruangan.

4.1.2. Parameter kualitas warna cahaya

4.1.2.1. Temperatur warna cahaya lampu (*correlated color temperature, CCT*).

Temperatur warna untuk penciptaan suasana dan nuansa pada ruang, memberikan kesan tertentu seperti formal, sejuk, hangat dan mewah. Temperatur warna cahaya lampu tidak merupakan indikasi tentang pengaruhnya terhadap warna obyek, tetapi lebih kepada memberi suasana ruang.

4.1.2.2. Indeks Renderasi Warna (R_a) atau *Color Rendering Index (CRI)*

Pengaruh suatu lampu kepada warna obyek akan berbeda-beda. Lampu mempunyai warna yang dinyatakan dengan R_a atau CRI. Semakin tinggi renderasi warna menunjukkan semakin mendekati warna objek di bawah cahaya matahari. Nilai indeks ini berkisar dari 0–100.

Contoh: matahari memiliki indeks renderasi 100 dan lampu fluoresen memiliki indeks renderasi berkisar antara 60–90, sedangkan lampu LED mempunyai indeks renderasi pada kisaran 70–82.

4.2. Kriteria perancangan

4.2.1 Kriteria perancangan pencahayaan alami

Kriteria perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung mengacu kepada SNI 03-2396.

4.2.2 Kriteria perancangan pencahayaan buatan

4.2.2.1 Tingkat pencahayaan

4.2.2.1.1 Perhitungan tingkat pencahayaan

a) Tingkat pencahayaan rata-rata ($E_{rata-rata}$)
 Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan pada umumnya didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja. Yang dimaksud dengan bidang kerja ialah bidang horisontal imajiner yang terletak 0,75 meter di atas lantai pada seluruh ruangan. Tingkat pencahayaan rata-rata $E_{rata-rata}$ (lux), dapat dihitung dengan persamaan :

$$E_{rata-rata} = (F_{total} \times k_p \times k_d) / A \quad \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

- F_{total} = Fluks luminus total dari semua lampu yang menerangi bidang kerja (lumen)
- A = luas bidang kerja (m^2)
- k_p = koefisien penggunaan
- k_d = koefisien depresiasi (penyusutan)

b) Koefisien penggunaan (k_p)
 Sebagian dari cahaya yang dipancarkan oleh lampu diserap oleh luminer, sebagian dipancarkan ke arah atas dan sebagian lagi dipancarkan ke arah bawah. Faktor penggunaan didefinisikan sebagai perbandingan antara fluks luminus yang sama di bidang kerja terhadap keluaran cahaya yang dipancarkan oleh semua lampu.

Besarnya koefisien penggunaan dipengaruhi oleh faktor:

- 1) Distribusi intensitas cahaya dari luminer. Kelas luminer dapat dilihat pada Tabel 4 dan ilustrasi kelas luminer dapat dilihat pada Gambar 1.
- 2) Perbandingan antara keluaran cahaya dari luminer dengan keluaran cahaya dari lampu di dalam luminer.
- 3) Reflektansi cahaya dari langit-langit, dinding dan lantai.
- 4) Pemasangan luminer apakah menempel atau digantung pada langit-langit.
- 5) Dimensi ruangan.

Besarnya koefisien penggunaan (K_p) dapat dilihat dari Tabel K_p . Contoh Tabel K_p ada pada Lampiran A

Catatan:

Tabel K_p tersebut hanya berlaku untuk lampu konvensional. Tabel K_p untuk lampu LED belum tersedia

Tabel 4 - Besar cahaya berdasarkan kelas luminer

Kelas luminer	Jumlah cahaya	
	Ke arah atas (%)	Ke arah bawah (%)
Langsung (<i>Direct</i>)	0 – 10	100 – 90
Semi langsung (<i>Semi - Direct</i>)	10 – 40	90 – 60
Langsung – tidak langsung (<i>Direct – Indirect</i>)	50	50
Difus (<i>Difusse</i>)	40 – 60	60 – 40
Semi tidak langsung (<i>Semi Indirect</i>)	60 – 90	40 -10
Tidak langsung (<i>Indirect</i>)	90 – 100	10 – 0

Klasifikasi CIE	Perkiraan distribusi cahaya oleh luminer	
	Persen ke atas	Persen ke bawah
Langsung	0-10	100-90
Semi Langsung	10-40	90-60
Langsung – Tidak Langsung	50	50
Menyebar Umum	40-60	60-40
Semi Tidak Langsung	60-90	40-10
Tidak Langsung	90-100	10-0

Gambar 1 – Ilustrasi kelas luminer

c) Koefisien Depresiasi (penyusutan) (k_d)

Besarnya koefisien depresiasi dipengaruhi oleh :

- 1) Kebersihan dari lampu dan luminer.
- 2) Kebersihan dari permukaan-permukaan ruangan.
- 3) Penurunan keluaran cahaya lampu selama waktu penggunaan.
- 4) Penurunan keluaran cahaya lampu karena penurunan tegangan listrik.

Besarnya koefisien depresiasi biasanya ditentukan berdasarkan estimasi. Untuk ruangan dan luminer dengan pemeliharaan yang baik pada umumnya koefisien depresiasi diambil sebesar 0,6 - 0,9.

d) Jumlah luminer yang diperlukan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan tertentu

Untuk menghitung jumlah lumener, terlebih dahulu dihitung fluks luminus total, dengan menggunakan persamaan :

$$F_{total} = (E \times A) / (k_p \times k_d) \dots \dots \dots (4)$$

Kemudian jumlah lumener dihitung dengan persamaan :

$$N_{total} = (F_{total}) / (F_1 \times n) \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

N_{total} = jumlah lumener

F_{total} = fluks luminus total dari semua lampu yang menerangi bidang kerja (lumen)

F_1 = fluks luminus satu buah lampu (lumen)

n = jumlah lampu dalam satu lumener

e) Tingkat pencahayaan oleh komponen cahaya langsung

Tingkat pencahayaan oleh komponen cahaya langsung pada suatu titik pada bidang kerja dari sebuah sumber cahaya yang dapat dianggap sebagai sumber cahaya titik, seperti pada Gambar 2, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$EP = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} \dots \dots \dots (6)$$

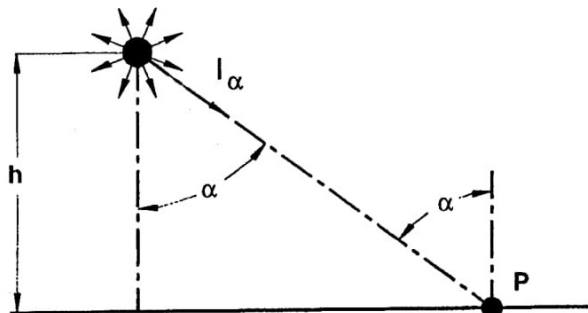
Keterangan :

EP = tingkat pencahayaan (lx)

I_{α} = intensitas cahaya pada sudut α (cd)

α = *aiming angle* (derajat)

h = tinggi lumener diatas bidang kerja (m)



Gambar 2 – Titik P menerima komponen langsung dari sumber cahaya titik

Jika terdapat beberapa lumener, maka tingkat pencahayaan tersebut merupakan penjumlahan dari tingkat pencahayaan yang diakibatkan oleh masing-masing lumener dan dinyatakan sebagai berikut :

$$E_{total} = EP_1 + EP_2 + EP_3 + \dots + EP_n$$

dengan:

E_{total} = tingkat pencahayaan (lx)

EP_n = tingkat pencahayaan pada titik n (lx)

f) Kebutuhan daya

Daya listrik yang dibutuhkan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan rata-rata tertentu pada bidang kerja dapat dihitung mulai dengan persamaan 5 yang digunakan untuk menghitung lumener. Setelah itu dihitung jumlah lampu yang dibutuhkan dengan persamaan :

$$N_{lampu} = N_{lumener} \times n$$

dengan

N_{lampu} = jumlah lampu yang dibutuhkan

$N_{lumener}$ = jumlah lumener

n = jumlah titik lampu per lumener

Daya yang dibutuhkan untuk semua lumener dapat dihitung dengan persamaan:

$$W_{total} = N_{lampu} \times W_{lampu}$$

dengan

W_{total} = daya total lampu (watt)

N_{lampu} = jumlah lampu yang dibutuhkan

W_{lampu} = daya setiap lampu termasuk balast (watt)

Dengan membagi daya total dengan luas bidang kerja, didapatkan densitas daya lampu (Watt/m²) yang dibutuhkan untuk sistem pencahayaan tersebut.

Densitas daya lampu ini kemudian dapat dibandingkan dengan densitas daya lampu maksimum yang direkomendasikan dalam usaha konservasi energi, misalnya untuk ruangan kantor 7 Watt/m².

4.2.2.1.2 Sistem pencahayaan

Sistem pencahayaan dapat dikelompokkan menjadi:

a) Sistem pencahayaan merata

Sistem ini memberikan tingkat pencahayaan yang merata di seluruh ruangan, digunakan jika tugas visual yang dilakukan di seluruh tempat dalam ruangan memerlukan tingkat pencahayaan yang sama.

Tingkat pencahayaan yang merata diperoleh dengan memasang lumener secara merata langsung maupun tidak langsung di seluruh langit-langit.

b) Sistem pencahayaan setempat

Sistem ini memberikan tingkat pencahayaan pada bidang kerja yang tidak merata. Di tempat yang diperlukan untuk melakukan tugas visual yang memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi, diberikan cahaya yang lebih banyak dibandingkan dengan sekitarnya. Hal ini diperoleh dengan mengkonsentrasikan penempatan lumener pada langit-langit di atas tempat tersebut.

c) Sistem pencahayaan gabungan merata dan setempat

Sistem pencahayaan gabungan didapatkan dengan menambahkan sistem pencahayaan setempat pada sistem pencahayaan merata, dengan lumener yang dipasang di dekat tugas visual.

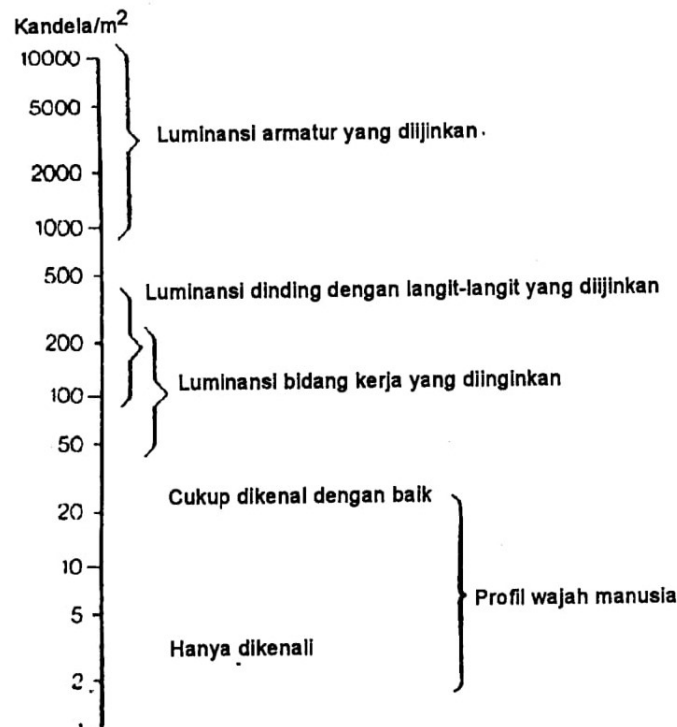
Sistem pencahayaan gabungan dianjurkan digunakan untuk :

- 1) Tugas visual yang memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi;

- 2) Memperlihatkan bentuk dan tekstur yang memerlukan cahaya datang dari arah tertentu;
- 3) Pencahayaan merata terhalang, sehingga tidak dapat sampai pada tempat yang terhalang tersebut;
- 4) Tingkat pencahayaan yang lebih tinggi diperlukan untuk orang tua atau yang kemampuan penglihatannya sudah berkurang.

4.2.2.1.3 Distribusi luminansi

- a) Distribusi luminansi di dalam medan penglihatan harus diperhatikan sebagai pelengkap keberadaan nilai tingkat pencahayaan di dalam ruangan. Hal penting yang harus diperhatikan pada distribusi luminansi adalah sebagai berikut:
- 1) Rentang luminansi permukaan langit-langit dan dinding;
 - 2) Distribusi luminansi bidang kerja;
 - 3) Nilai maksimum luminansi lumener (untuk menghindari silau);
 - 4) Skala luminansi untuk pencahayaan interior dapat dilihat pada Gambar 3.



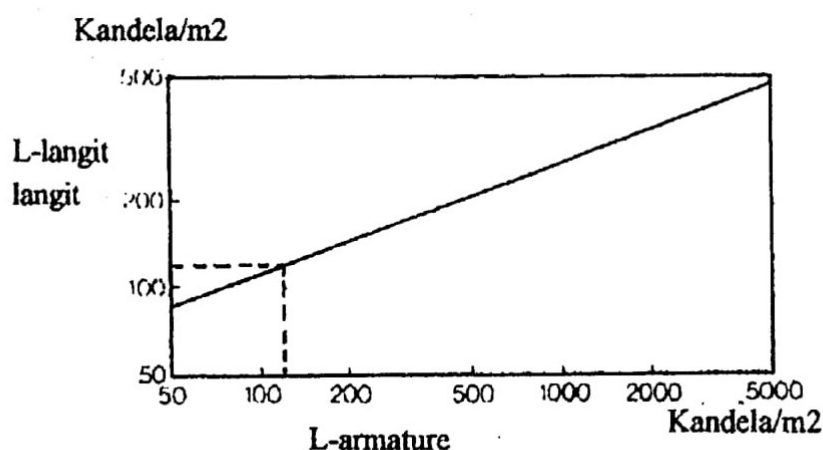
Gambar 3 – Skala luminasi untuk pencahayaan interior

- b) Luminansi permukaan dinding tergantung pada luminansi objek dan tingkat pencahayaan merata di dalam ruangan. Untuk tingkat pencahayaan ruangan antara 500–2000 lux, maka luminansi dinding yang optimum adalah 100 kandela/m².
Ada 2 (dua) cara pendekatan untuk mencapai nilai optimum, yaitu :
- 1) Nilai reflektansi permukaan dinding ditentukan, tingkat pencahayaan vertikal dihitung; atau
 - 2) Tingkat pencahayaan vertikal diambil sebagai titik awal dan reflektansi yang diperlukan dihitung.

Nilai tipikal reflektansi dinding yang dibutuhkan untuk mencapai luminansi dinding yang optimum adalah antara 0,5 dan 0,8 untuk tingkat pencahayaan rata-rata 500 lux, dan antara 0,4 dan 0,6 untuk 1000 lux.

- c) Luminansi permukaan langit-langit adalah fungsi dari luminansi lumener, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Berdasarkan grafik ini terlihat jika luminansi lumener kurang dari 120 kandela/m² maka langit-langit harus lebih terang dari pada terang lumener. Nilai untuk luminansi langit-langit tidak dapat dicapai dengan hanya menggunakan lumener yang dipasang masuk ke dalam langit-langit sedemikian hingga langit-langit akan selalu diterangi dari cahaya yang direfleksikan dari lantai.



Gambar 4 – Grafik luminansi langit-langit terhadap luminansi lumener

- d) Untuk memperbaiki kinerja penglihatan pada bidang kerja maka luminansi sekeliling bidang kerja harus lebih rendah dari luminansi bidang kerjanya, tetapi tidak kurang dari sepertiganya. Kinerja penglihatan dapat diperbaiki jika ada tambahan kontras warna.

4.2.2.1.4 Kualitas warna cahaya

Kualitas warna suatu lampu mempunyai dua karakteristik yang berbeda sifatnya, yaitu:

- 1) Tampak warna yang dinyatakan dalam temperatur warna.
Temperatur warna putih dapat dikelompokkan dalam 3 (tiga) kelompok seperti pada Tabel 5.

Tabel 5 – Tampak warna terhadap temperatur warna

Temperatur Warna (Kelvin)	Tampak Warna
> 5300	putih (<i>cool-daylight</i>)
3300 – 5300	putih netral (<i>warm-white</i>)
< 3300	putih kekuningan (<i>warm</i>)

- 2) Renderasi warna (R_a) yang dapat memengaruhi penampilan objek yang diberikan cahaya suatu lampu. Nilai R_a dan temperatur warna berbeda untuk beberapa lampu seperti terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6 – Contoh nilai R_a dan temperatur warna untuk beberapa jenis lampu

Lampu	Temperatur Warna (K)	R_a
Pijar/halogen	< 3300	95
TLD (fluoresen)	< 3300 s.d. > 5500	50 s.d. 95
CFL/PL	< 3300 s.d. > 5500	70 s.d. 90
Metal Halida	> 4000	>70
LPS	< 3300	25
Lampu Electrodeles/LVD	> 5500	70 s.d. 90
Lampu LED	< 3300 s.d. > 5500	70 s.d. 95

4.2.2.2 Silau (Glare)

Silau terjadi jika kecerahan dari suatu bagian dari interior jauh melebihi kecerahan dari interior tersebut pada umumnya. Sumber silau yang paling umum adalah kecerahan yang berlebihan dari lumener dan jendela, baik yang terlihat langsung atau melalui pantulan. Ada dua macam silau, yaitu *disability glare* yang dapat mengurangi kemampuan melihat, dan *discomfort glare* yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan penglihatan. Kedua macam silau ini dapat terjadi secara bersamaan atau sendiri-sendiri.

Disability glare adalah silau yang menyebabkan ketidak mampuan melihat. *Disability glare* ini kebanyakan terjadi jika terdapat daerah yang dekat dengan medan penglihatan yang mempunyai luminansi jauh diatas luminansi obyek yang dilihat. Oleh karenanya terjadi penghamburan cahaya di dalam mata dan perubahan adaptasi sehingga dapat menyebabkan pengurangan kontras obyek. Pengurangan kontras ini cukup dapat membuat beberapa *detail* penting menjadi tidak terlihat sehingga kinerja tugas visual juga akan terpengaruh. Sumber *disability glare* di dalam ruangan yang paling sering dijumpai adalah cahaya matahari langsung atau langit yang terlihat melalui jendela, sehingga jendela perlu diberi alat pengendali/pencegah silau (*screening device*).

Discomfort glare adalah silau yang menyebabkan ketidaknyamanan melihat. Ketidaknyamanan penglihatan terjadi jika beberapa elemen interior mempunyai luminansi yang jauh diatas luminansi elemen interior lainnya. Respon ketidaknyamanan ini dapat terjadi segera, tetapi ada kalanya baru dirasakan setelah mata terpapar pada sumber silau tersebut dalam waktu yang lebih lama. Tingkatan ketidaknyamanan ini tergantung pada luminansi dan ukuran sumber silau, luminansi latar belakang, dan posisi sumber silau terhadap medan penglihatan. *Discomfort glare* akan makin besar jika suatu sumber mempunyai luminansi yang tinggi, ukuran yang luas, luminansi latar belakang yang redah dan posisi yang dekat dengan garis penglihatan. Perlu diperhatikan bahwa variabel perancangan sistem sistem pencahayaan dapat mengubah lebih dari satu faktor. Sebagai contoh, penggantian lumener untuk mengurangi luminansi ternyata juga akan menurunkan luminansi latar belakang. Namun demikian, sebagai petunjuk umum, *discomfort glare* dapat dicegah dengan pemilihan lumener dan perletakkannya, dan dengan penggunaan nilai reflektansi permukaan yang tinggi untuk langit-langit dan dinding bagian atas.

Ada dua alternatif sistem pengendalian *discomfort glare*, yaitu Sistem Pemilihan Lumener dan Sistem Evaluasi Silau. Kedua sistem ini mempunyai karakteristik dan aplikasi yang berbeda. Secara umum, Sistem Pemilihan Lumener dapat digunakan sebagai alternatif dari Sistem Evaluasi Silau jika nilai Indeks Silau yang direkomendasikan untuk aplikasi tertentu adalah lebih besar dari 16.

Unified Glare Rating (UGR) merupakan indeks internasional yang dikeluarkan oleh *International Commission on Illumination* (CIE) untuk menguantifikasi *discomfort glare*. Indeks ini berlaku pada pencahayaan di dalam ruangan, baik dengan sumber vertikal maupun horizontal. UGR dinyatakan melalui skala yang ditunjukkan oleh Tabel 7. Nilai yang berada di bawah 10 akan diabaikan, sedangkan di atas 28 dianggap sebagai silau yang sangat besar.

Tabel 7 – Kriteria Nilai UGR

Indeks UGR	Kriteria Hopkinson
10	Tidak terasa
13	Sedikit terasa
16	Terasa
19	Dapat diterima
22	Tidak dapat diterima
25	Sedikit tidak nyaman
28	Tidak nyaman

Tabel 8 menunjukkan nilai indeks silau maksimum yang direkomendasikan untuk berbagai tugas visual atau jenis interior.

Tabel 8 – Nilai indeks silau maksimum untuk berbagai tugas visual dan interior

Jenis Tugas Visual atau Interior dan Pengendalian Silau yang dibutuhkan	Indeks Silau Maksimum	Contoh Tugas Visual dan Interior
Tugas visual kasar atau tugas yang tidak dilakukan secara terus menerus – Pengendalian silau diperlukan secara terbatas	28	Perbekalan bahan mentah, pabrik produksi beton, fabrikasi rangka baja, pekerjaan pengelasan.
	25	Gudang, <i>cold storage</i> , bangunan turbin dan boiler, toko mesin dan peralatan, <i>plant rooms</i>
Tugas visual dan Interior Normal – Pengendalian silau sangat penting	22	Koridor, ruang tangga, penyiapan dan pemasakan makanan, kantin, kafetaria, ruang makan, pemeriksaan dan pengujian (pekerjaan kasar), ruang perakitan, pekerjaan logam lembaran
	19	Ruang kelas, perpustakaan (umum), ruang keberangkatan dan ruang tunggu di bandara, pemeriksaan dan pengujian (pekerjaan sedang), lobby, ruangan kantor.
Tugas visual sangat teliti – Pengendalian silau tingkat tinggi sangat diperlukan	16	Industri percetakan, ruang gambar, perkantoran, pemeriksaan dan pengujian (pekerjaan teliti).

Pemilihan luminer yang tepat diperlukan untuk mengurangi *discomfort glare*. Perancang sistem sistem pencahayaan adakalanya harus memilih sistem sistem pencahayaan berdasarkan informasi tentang tugas visual atau lingkungan yang tidak lengkap. Sebagai contoh, sifat pekerjaan yang akan dilakukan di dalam suatu ruangan tidak diketahui, atau jenis

permukaan atau detail penyekatan ruangan belum ditentukan pada saat keputusan rancangan sistem sistem pencahayaan dibutuhkan. Bila hal ini terjadi, maka perancang sistem sistem pencahayaan harus membuat asumsi berdasarkan pengalamannya. Jika sistem sistem pencahayaan terdiri dari susunan teratur dari satu jenis lumener, maka sistem pemilihan lumener ini dapat digunakan.

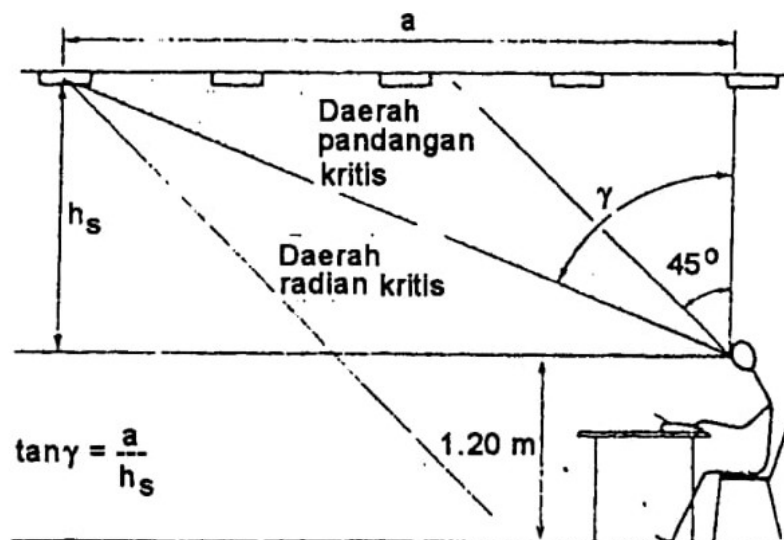
Sistem pemilihan lumener ini berdasarkan alasan bahwa probabilitas terjadinya *discomfort glare* akan berkurang dengan mengendalikan luminansi dari lumener pada suatu arah tertentu, bergantung pada ukuran dan tingkat pencahayaan yang dibutuhkan. Luminansi lumener dapat dibatasi dengan :

- Merubah luminansi lampu menggunakan metoda pengendalian optis untuk menjaga luminansi pada sudut kritis tertentu dalam batas-batas yang direkomendasikan;
- Memotong pandangan langsung terhadap lampu menggunakan bahan tak tembus cahaya, kisi-kisi (*louver*) atau bagian permanen dari bangunan.

Perlu diperhatikan bahwa selain sistem sistem pencahayaan untuk pencahayaan merata, adakalanya sistem pencahayaan setempat juga digunakan dalam suatu ruangan. Dalam hal ini harus diperhatikan bahwa pencahayaan setempat tidak menaikkan probabilitas terjadinya *discomfort glare* dan ini adalah asumsi yang dibuat pada saat menggunakan sistem pemilihan lumener pada sistem sistem pencahayaan untuk pencahayaan merata.

Beberapa jenis tugas visual atau lingkungan interior membutuhkan perhatian yang lebih kritis terhadap pengendalian *discomfort glare*. Hal ini terjadi pada hal-hal berikut ini :

- Ukuran ruangan yang besar (dengan indeks ruangan lebih besar dari 2) yang berakibat bahwa dalam daerah penglihatan normal penghuni ruangan terdapat sejumlah besar lumener.
- Tugas visual yang sulit, misalnya, detail objek yang kecil, kontras yang rendah, persepsi (penglihatan) yang cepat, yang membutuhkan perhatian visual yang kontinu.
- Arah pandang dari pekerja pada atau diatas horizontal untuk selang waktu yang panjang, misalnya, di dalam ruang kontrol, ruang kelas, ruang komputer (lihat Gambar 5).
- Permukaan ruangan dan peralatan yang ada berwarna gelap atau kurang mendapat cahaya.



Gambar 5 – Zona pandangan kritis

Untuk situasi seperti dikemukakan diatas, maka tingkat *discomfort glare* bagi penghuni ruangan dapat diperkirakan dengan cara menentukan nilai Indeks Silau yang dihitung dengan rumus-rumus seperti dibawah ini :

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_b} \right) \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{P^2} \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

- L = luminansi luminer dari arah pengamat
 L_b = luminansi dari latar belakang
 ω = sudut ruang
P = indek posisi pada luminer

4.3 Prosedur perancangan

4.3.1 Prosedur perancangan pencahayaan alami

Prosedur perancangan pencahayaan alami pada bangunan gedung mengacu kepada SNI 03-2396.

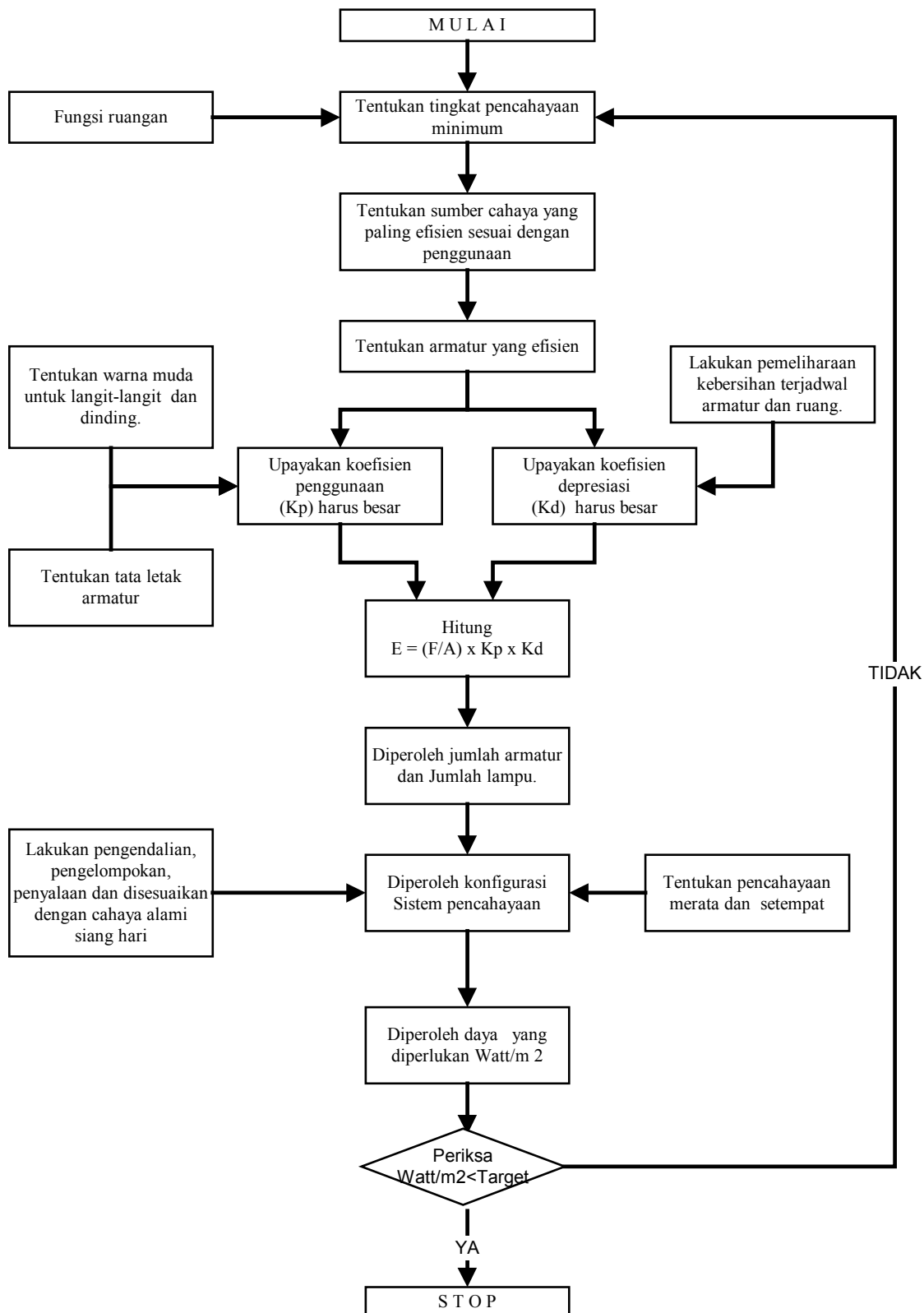
4.3.2 Prosedur perancangan pencahayaan buatan

Prosedur umum perhitungan besarnya pemakaian daya listrik untuk pencahayaan buatan dalam usaha penghematan energi dapat dijelaskan pada Gambar 6. Prosedur perencanaan teknis pencahayaan buatan adalah sebagai berikut:

- (1) Tentukan tingkat pencahayaan rata-rata (lux) sesuai dengan fungsi ruangan (Tabel 1);
- (2) Tentukan sumber cahaya (jenis lampu) yang paling efisien (ditentukan oleh nilai efisiensi yang tinggi) sesuai penggunaannya termasuk renderasi warnanya;
- (3) Tentukan luminer yang efisien;
- (4) Tentukan tata letak luminer dan pemilihan jenis, bahan dan warna permukaan ruangan (dinding, lantai dan langit-langit);
- (5) Hitung jumlah fluks luminus (lumen) dan jumlah lampu yang diperlukan;
- (6) Tentukan jenis pencahayaan, merata atau setempat;
- (7) Hitung densitas daya lampu ruangan tidak melampaui nilai maksimum seperti ditetapkan pada tabel 1);
- (8) Rancang sistem pengelompokan penyalan sesuai letak lubang cahaya yang dapat dimasuki cahaya alami siang hari;
- (9) Rancang sistem pengendalian penyalan yang dapat menyesuaikan atau memanfaatkan pencahayaan alami secara maksimal yang masuk ke dalam ruangan;

Jika ruangan menggunakan pengondisi udara, untuk mengurangi beban pendinginan, hal berikut perlu dilakukan:

- Pilih kaca yang dapat mengantarkan cahaya tetapi tidak mengantarkan energi panas;
- Menghindari cahaya langsung, utamakan menggunakan cahaya pantul (*diffuse lighting*);



Gambar 6 – Prosedur perencanaan teknis sistem pencahayaan buatan

4.4 Pemilihan sistem dan peralatan

4.4.1 Penggunaan lampu yang efisien

Efikasi lampu dalam Tabel 9 didasarkan pada lumen output di mana lampu masih baru dan daya listrik yang diperlukan oleh lampu, termasuk daya listrik yang dibutuhkan oleh balast yang menyatu dengan lampu. Semakin tinggi nilai efikasi, maka penggunaan energi semakin efisien.

Pemasangan lampu sebaiknya menggunakan lampu yang memiliki efikasi tinggi seperti lampu LED. Penggunaan lampu T5 yang dikombinasikan dengan balast elektronik frekuensi tinggi dapat menghemat energi sampai dengan 40% dibandingkan dengan lampu fluoresen standar.

Tabel 9 – Perbandingan efikasi dan umur rata-rata dari berbagai contoh lampu

Jenis lampu	Efikasi (Lumen/Watt)	Umur rata-rata (jam operasi)
Halogen	15–25	2.000–5.000
Fluoresen kompak (CFL)	40–80	8.000–12.000
Fluoresen tabung “T8”	80–90	10.000–20.000
Fluoresen tabung “T5”	90–110	15.000–20.000
Sodium tekanan rendah	70–80	18.000–25.000
LED (<i>Light Emitting Diode</i>)	100–120	35.000–50.000

4.4.2 Penggunaan balast elektronik frekuensi tinggi

Pemasangan lampu fluoresen dengan balast elektronik frekuensi tinggi (20 s.d. 60 kHz) dapat meningkatkan efisiensi energi. Pengoperasian lampu fluoresen dengan balast frekuensi tinggi meningkatkan efikasi. Efikasi lampu fluoresen dapat ditingkatkan sebesar kira-kira 10% jika dioperasikan dengan menggunakan balast elektronik frekuensi tinggi.

4.4.3 Penggunaan alat sensor

4.4.3.1 Penggunaan alat sensor penghuni

Dengan menggunakan alat sensor penghuni, lampu ruang akan menyala hanya jika penghuni berada di ruang yang mempunyai pola yang bervariasi, seperti tangga, toilet, gymnasium, dan lain-lain.

4.4.3.2 Penggunaan alat sensor intensitas cahaya

Alat sensor ini bekerja berdasarkan intensitas cahaya yang telah diset dalam suatu ruang. Jika ruangan kelebihan cahaya (akibat cahaya alami) maka intensitas cahaya ruangan otomatis akan menurun. Jika cahaya matahari berkurang, maka intensitas cahaya ruangan otomatis akan naik sampai kepada tingkat intensitas cahaya yang sudah ditentukan.

Yang perlu diperhatikan, penghematan energi mungkin tidak terealisasi jika sensor tersebut dipasang pada ruangan yang bersifat khusus atau memiliki kriteria khusus, sehingga adanya sensor ini justru akan mengganggu aktivitas yang ada di dalamnya. Selain itu pemasangan sensor harus direncanakan secara matang dan disarankan diuji terlebih dahulu untuk memastikan kegunaannya secara optimal.

4.4.4 Penggunaan kontrol penjadwalan

Untuk ruangan dimana kebutuhan dapat diperkirakan dan dapat ditentukan, penggunaan kontrol penjadwalan secara otomatis untuk menghidupkan dan mematikan lampu akan menghemat energi.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan:

- (1) Beberapa lokasi dengan kontrol ganda (otomatis-manual) sebaiknya disediakan untuk lokasi di mana pencahayaan dibutuhkan melewati periode yang terjadwal. Ini akan mencegah pencahayaan yang tidak diperlukan.
- (2) Pengaturan jadwal sebaiknya dilakukan melalui Pusat Sistem Manajemen Bangunan (*Building Management System*, BMS)

4.4.5 Penggunaan *dimmer*

Tingkat pencahayaan di suatu area dapat diturunkan pada saat tertentu, misalnya ketika meninggalkan ruang kerja, tingkat pencahayaan bisa dikurangi dengan menggunakan *dimmer*. Hal ini akan menghemat energi dengan mengurangi pencahayaan ke tingkat intensitas cahaya yang dibutuhkan.

4.4.6 Pengelompokan area pengawatan

Untuk menghemat energi pada sistem pencahayaan dalam ruangan seperti koridor, jalur terusan, dan ruangan dekat daerah jendela sebaiknya menggunakan pengawatan multisirkuit, sehingga dapat memaksimalkan pemanfaatan pencahayaan alami.

Untuk menghemat energi pada sistem pencahayaan di luar bangunan gedung dapat menggunakan kontrol *timer* dan *photocell*.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan:

- (1) Untuk perencanaan dengan kontrol pencahayaan otomatis, seperti tangga darurat, ruangan harus dipastikan tidak boleh gelap total;
- (2) Semua ruang tertutup dan individual sebaiknya menggunakan sakelar individual. Pada sakelar sebaiknya dibubuhi label dengan jelas dan saklar mudah dijangkau oleh penghuni bangunan.

4.4.7 Penempatan alat kontrol

- (1) Semua alat kontrol pencahayaan diletakkan pada tempat yang mudah dijangkau dan mudah dilihat.
- (2) Sakelar yang melayani ruang kerja setempat dipasang menjadi satu bagian dengan lumener yang digunakan untuk menerangi ruang kerja dan sakelar tersebut sebaiknya mudah dijangkau.
- (3) Sakelar yang mengontrol beban yang sama pada lebih dari satu lokasi tidak boleh dihitung sebagai tambahan jumlah sakelar kontrol.
- (4) Hal-hal yang tidak diatur dalam ketentuan kontrol pencahayaan adalah:
 - (a) kontrol pencahayaan yang mengatur suatu area kerja yang luas (termasuk lobi umum dari gedung perkantoran, hotel, rumah sakit, pusat perbelanjaan dan gudang) secara keseluruhan sesuai dengan kebutuhan pencahayaan dan kontrol dapat dipusatkan di tempat lain;
 - (b) kontrol otomatis atau kontrol yang dapat diprogram;
 - (c) kontrol yang memerlukan operator terlatih.

4.5

4.6 Inovasi Perancangan

4.5.1 Menyampingkan pencahayaan

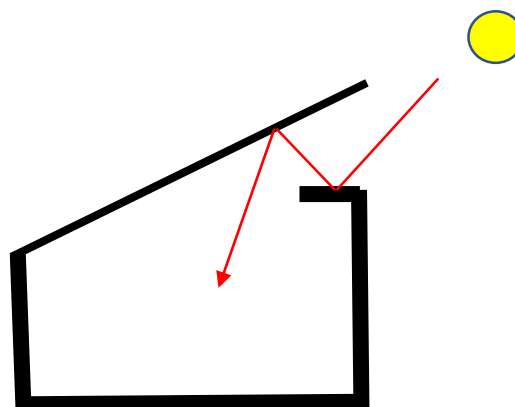
Menyampingkan pencahayaan dapat dilakukan dengan *light shelf* yang ditempatkan di dalam atau di luar fasad (*facade*) jendela dan di atas batas mata seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Peneduh memantulkan sinar matahari dan cahaya siang ke dalam ruang bagian dalam, pada waktu yang sama dapat juga meneduhkan kaca dibawahnya dan mengurangi silau langsung yang tidak diinginkan ke dalam ruangan. Langit-langit datar yang menonjol dimiringkan dari ujung fasad akan meningkatkan distribusi pencahayaan dan mengurangi kontras dan silau.

Manfaat penyampingan pencahayaan antara lain:

- (1) Meminimalisasi kelebihan panas matahari ketika cahaya matahari siang yang maksimum;
- (2) Menghemat daya listrik untuk pencahayaan dan mengurangi beban pendinginan yang dibutuhkan;
- (3) Meningkatkan daya pandang dan kenyamanan penghuni.

Hal-hal yang perlu diperhatikan:

- (1) Menggunakan lapisan warna yang terang dan susunan kemiringan eksternal dapat menghasilkan penembusan cahaya siang hari tipikal yang baik.
- (2) Menghindari penggunaan lapisan pantulan atau film pada bangunan sekitar yang dapat menyebabkan silau
- (3) Untuk meningkatkan distribusi cahaya di dalam ruangan, tinggi lantai ke langit-langit sebaiknya dibuat cukup tinggi.
- (4) Menggunakan warna langit-langit yang terang dan bebas dari rintangan untuk memaksimalkan pemantulan dan penembusan cahaya.
- (5) Untuk memastikan keberhasilan dari penyampingan cahaya, perencanaan dan profil dari peneduh matahari sebaiknya dianalisis secara hati-hati.



Gambar 7 – Menyampingkan pencahayaan (*light shelf*)

4.6.2 Panel surya (sel fotovoltaik)

Alternatif pemanfaatan energi terbarukan untuk penerangan di bangunan gedung adalah pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan menggunakan modul surya *fotovoltaik* yang dipasang di atap bangunan (PLTS Atap). PLTS Atap yang cocok dan murah adalah PLTS *on-grid* yang komponen utamanya panel surya dan inverter tanpa menggunakan baterai, sehingga biaya pengadaannya murah, perawatan dan pengoperasiannya lebih mudah. Sistem PLTS ini dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik di dalam gedung untuk penerangan dalam bangunan di siang hari. Untuk penerangan di malam hari, seperti penerangan jalan atau luar bangunan, dapat memanfaatkan PLTS *off-grid* dengan menggunakan baterai.

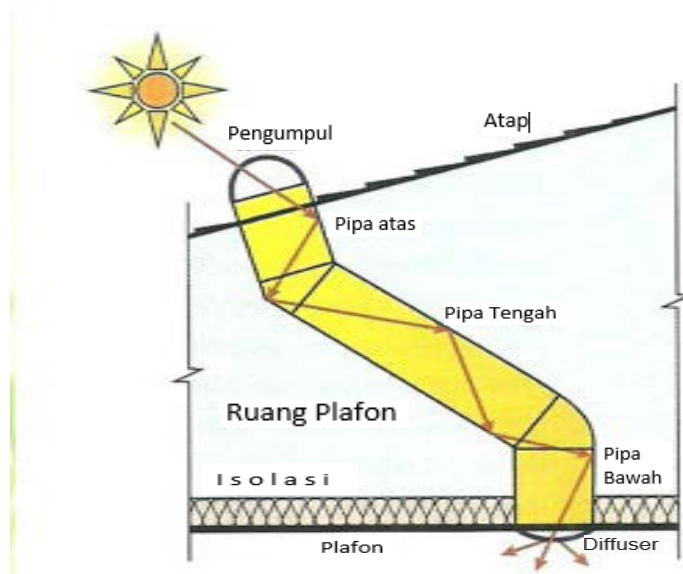
4.5.3 Tabung cahaya (*solar tube*)

Tabung cahaya bekerja dengan cara meneruskan cahaya alami ke bagian dalam ruangan untuk mengurangi beban pencahayaan buatan. Tabung cahaya terdiri dari kubah transparan eksterior yang dipantulkan dari pipa dan difuser untuk instalasi pada langit-langit.

Tabung cahaya dapat mencegah kerugian cahaya dengan menggunakan prinsip serat optik. Tabung cahaya sesuai untuk diterapkan di daerah dengan fluktuasi intensitas pencahayaan yang disebabkan oleh gerakan awan yang dapat menghalangi cahaya matahari atau daerah yang tidak/kurang terpapar cahaya matahari, seperti daerah publik, daerah retail, tempat parkir kendaraan di bawah tanah, dan lain-lain. Tabung cahaya secara umum tidak mengurangi kenyamanan pada ruangan yang membutuhkan konsentrasi, seperti ruang baca, ruang gambar dan lain-lain, walaupun terjadi fluktuasi intensitas cahaya matahari.

Manfaat penggunaan tabung cahaya antara lain:

- (1) Meminimalisasi beban pencahayaan buatan;
- (2) Menghemat daya listrik pencahayaan dan mengurangi beban pendinginan yang dibutuhkan;
- (3) Meningkatkan daya pandang dan kenyamanan penghuni.



Gambar 8 – Tabung Cahaya

5. Dokumen rencana kerja dan syarat-syarat

5.1. Umum

Dokumen kesesuaian dan informasi tambahan yang akan diserahkan sebaiknya sesuai dengan prosedur bagian 4.2.2 pada ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2019. Isi dari dokumen sebaiknya meliputi lokasi, identifikasi luminer, tingkat pencahayaan, renderasi warna dan densitas daya lampu, kontrol, dan sirkuit tiap peralatan sistem pencahayaan. Dokumen juga menyampaikan manual pengoperasian setidaknya meliputi:

- (1) Dokumen rencana kerja dan syarat-syarat yang mengindikasikan semua pilihan setiap peralatan sistem pencahayaan, termasuk dan tidak terbatas pada lampu, tingkat pencahayaan, renderasi warna, densitas daya lampu, balast, *driver* lampu, dan kontrol sistem pencahayaan.
- (2) Manual operasi dan pemeliharaan setiap peralatan sistem pencahayaan dengan pemeliharaan rutin secara jelas diidentifikasi termasuk rekomendasi minimum *relamping*/program pembersihan dan jadwal inspeksi dan kalibrasi ulang semua kontrol sistem pencahayaan.
- (3) Narasi lengkap tentang bagaimana setiap sistem kontrol sistem pencahayaan dioperasikan termasuk rekomendasi pengaturannya.
- (4) Dokumen desain sebaiknya mengidentifikasi semua luminer untuk sistem pencahayaan umum yang berlokasi pada area cahaya alami di bawah *skylight*, area cahaya alami di bawah monitor atap, area penerangan sisi samping utama, dan area penerangan sisi samping sekunder.

5.2. Pengujian, verifikasi, *commissioning*, dan pengukuran dan verifikasi

5.2.1. Pengujian dan verifikasi

Peralatan sistem sistem pencahayaan termasuk kontrol sistem pencahayaan dan sistem kontrol sebaiknya diuji sesuai dengan rekomendasi tingkat pencahayaan, renderasi warna dan densitas daya lampu serta sesuai dengan prosedur bagian 4.2.5.1 pada ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2019. Untuk memverifikasi, semua peralatan uji baik perangkat keras maupun perangkat lunak tersebut telah dikalibrasi, disesuaikan, diprogram, dan pada kondisi kerja yang layak sesuai dengan dokumen konstruksi dan instruksi pemasangan dari manufaktur. Verifikasi dan dokumen *functional performance testing* (FPT) sebaiknya sesuai dengan prosedur bagian 4.2.5.1.2 pada ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2019.

5.2.2. *Commissioning*

Commissioning kinerja energi pada sistem pencahayaan sesuai rekomendasi tingkat pencahayaan, renderasi warna dan densitas daya lampu sesuai dengan prosedur *commissioning* bagian 4.2.5.2 pada ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2019 dan dilaporkan sesuai dengan bagian 4.2.5.2.2 dan termasuk lampiran E dan H pada ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2019.

5.2.3. Pengukuran dan verifikasi (M&V)

Proses dan prosedur pelaksanaan M&V sebaiknya sesuai dengan prosedur pada SNI ISO 50015:2014.

6. Konservasi energi pada pengoperasian

6.1 Kontrol sistem pencahayaan

- (1) Semua sistem pencahayaan bangunan gedung harus dapat dikontrol secara manual atau otomatis, kecuali yang terhubung dengan sistem darurat.
- (2) Ketentuan kontrol cahaya sebagai berikut:
 - (a) setiap pemasangan partisi yang membentuk ruangan sebaiknya dilengkapi minimum satu sakelar *on/off* untuk setiap ruangan;
 - (b) area dengan luas maksimum 30 m² sebaiknya dilengkapi dengan satu sakelar, untuk satu macam pekerjaan atau satu kelompok pekerjaan;
 - (c) pencahayaan luar bangunan dengan waktu operasi kurang dari 24 jam terus menerus, sebaiknya dapat dikontrol secara otomatis dengan pengatur waktu (*timer*), *photocell*, atau gabungan keduanya;
 - (d) area dengan pencahayaan alami yang tersedia dengan cukup, sebaiknya dilengkapi dengan sakelar kontrol otomatis yang dapat mengatur penyalaan lampu sesuai dengan tingkat pencahayaan yang dirancang;
 - (e) setiap sakelar maksimum melayani total beban daya seperti dianjurkan dalam SNI Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL);
 - (f) untuk menghemat energi, penyaluran daya listrik pada kamar tamu hotel sebaiknya dapat dikontrol antara lain dengan memutus dan menyambung aliran listrik dengan cara mencabut dan memasukkan kartu kunci kamar pada kotak sakelar (*keytag*);
 - (g) luminer yang letaknya paralel terhadap dinding luar pada arah datangnya cahaya alami yang menggunakan sakelar otomatis atau sakelar yang terkendali sebaiknya dapat dimatikan dan dinyalakan dengan sakelar tersendiri/manual.

6.2 Opsi kontrol sistem pencahayaan

Terdapat beberapa teknologi alat kontrol sistem pencahayaan selain yang diuraikan sebelumnya, antara lain:

a) *Digital Time Switch*

Manfaat penggunaan teknologi ini adalah penghematan energi karena lampu akan otomatis mati ketika waktu yang telah di tentukan telah habis, penggunaan teknologi ini tidak ada penggantian sakelar standar. Kelemahan teknologi ini adalah lampu akan tetap menyala sampai waktu yang telah di tentukan meskipun tidak ada yang menggunakan ruangan. Aplikasi terbaik untuk menggunakan *Digital Time Switch* adalah di gudang.

b) *Wall Switch Occupancy Sensor*

Manfaat teknologi ini adalah dapat mematikan lampu ketika ruang tidak digunakan, tidak ada penggantian sakelar standar, dan tersedia sensor okupansi dua level pada sakelar dinding. Kelemahannya adalah posisi penempatan akan membatasi pandangan ke seluruh ruangan. Aplikasi terbaik penggunaan teknologi ini adalah di gudang dan kantor pribadi kecil.

c) *Ceiling Mounted Occupancy Sensor*

Manfaat teknologi ini sama seperti kedua teknologi yang disebut sebelumnya, tetapi teknologi ini dapat meliputi area yang luas serta dapat digunakan untuk konfigurasi kontrol tinggi atau rendah objek. Kelemahan teknologi ini adalah dibutuhkan pengawatan, kecuali pada sistem nirkabel, harus memenuhi ketentuan tentang pemadam kebakaran setempat dan pintu darurat, harus terkalibrasi, dan pada saat kalibrasi ulang memerlukan personel yang terlatih. Aplikasi terbaik teknologi ini adalah di kantor pribadi yang luas, kantor terbuka (*open space office*), ruang kelas, toilet, ruang olahraga (*gymnasium*), dan aplikasi eksterior.

d) *Photosensor*

Teknologi ini adalah teknologi yang memanfaatkan cahaya alami, dapat digunakan dengan alat kontrol *dimming* dan *switching*, tetapi kelemahan teknologi ini adalah peletakkannya harus dengan posisi yang tepat, harus selalu di kalibrasi, membutuhkan balast untuk

dimmer dan pengawatan yang sesuai, serta untuk kalibrasi ulang memerlukan personel yang terlatih. Aplikasi terbaik untuk teknologi ini adalah pada ruang kelas, kantor, bengkel, gimnasium, dan aplikasi eksterior.

- e) *Lighting Control Panel with Integral Clock and Automatic Switch*
Manfaat teknologi ini adalah memerlukan kontrol sirkuit berbasis waktu yang terprogram, saklar otomatis dapat menggantikan titik saklar di ruangan. Kelemahannya perlu adanya tambahan ruang di dalam ruang elektrik. Aplikasi terbaik untuk teknologi ini adalah pada retail besar, bengkel, kantor terbuka, dan kantor pribadi.
- f) *Remotely Operated Circuit Breaker*
Manfaat teknologi ini merupakan kontrol sirkuit berbasis waktu sebagai pengganti manual *breaker* dan tidak memerlukan kabel control tambahan. Kelemahannya adalah kontrol hanya untuk keseluruhan sirkuit. Aplikasi terbaik untuk teknologi ini di retail besar, bengkel, kantor serta kantor sirkulasi.
- g) *Occupancy Based Plug Load Control*
Manfaat teknologi ini adalah mudah direlokasi bila *layout* ruang berubah, beban lampu dan *workstation* berbasis okupansi serta dapat juga berfungsi sebagai proteksi petir. Kelemahannya adalah jumlah *outlet* yang terbatas, ketika digunakan harus diinstruksikan kepada pengguna, serta teknologi ini mudah dilepas. Aplikasi terbaik penggunaannya di kantor pribadi, kantor terbuka, dan di kubikel.
- h) *Luminaire Integrated Occupancy Sensor*
Manfaat teknologi ini adalah tidak memerlukan tambahan kabel, dapat memadamkan atau menyalakan lampu pada output rendah bila ruang tidak digunakan, dan sebaliknya, dapat dinyalakan pada output penuh ketika ruang digunakan. Kelemahannya adalah harus memenuhi ketentuan pemadam kebakaran setempat dan *egress code*. Aplikasi terbaik adalah di kantor terbuka, ruang tangga, koridor, garasi, area parkir, dan untuk pencahayaan jalan setapak.

7. Konservasi energi pada pemeliharaan

7.1 Pemeliharaan sistem pencahayaan

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemeliharaan sistem pencahayaan yaitu:

- a. Konsumsi energi untuk operasional sistem pencahayaan selama masa hidupnya mungkin cukup signifikan;
- b. Pengurangan konsumsi energi dapat dicapai dengan memanfaatkan cahaya alami dan lampu hemat energi, luminer, tata letak, dan sistem kontrol pencahayaan;
- c. Beberapa komponen sistem pencahayaan seperti tiang lampu pada sistem pencahayaan eksterior, dan material luminer, tidak mempunyai dampak (*no end-use energy impact*) dan dapat dievaluasi seperti kebanyakan material bangunan lainnya.

Tindakan pemeliharaan pada sistem pencahayaan sebaiknya dilakukan tepat waktu dan terjamin pelaksanaannya. Pemilik atau pengelola bangunan gedung sebaiknya memiliki buku manual pengoperasian sistem pencahayaan bangunan gedung. Buku manual berisi data dan informasi yang lengkap mengenai informasi sebagai berikut:

- a. diagram satu garis sistem pencahayaan bangunan gedung;
- b. diagram skematik kontrol sistem pencahayaan;
- c. daftar peralatan listrik yang beroperasi pada bangunan gedung, terutama untuk sistem pencahayaan;
- d. daftar daya listrik untuk sistem pencahayaan sesuai dengan jumlah lampu dan jenisnya;
- e. daftar lampu, jenis lampu, dan karakteristik lampu;
- f. jadwal pemeliharaan.

Dengan buku manual yang berisi informasi ini, tindakan pemeliharaan sistem pencahayaan dapat dilakukan lebih tepat.

Untuk menghemat pemakaian energi listrik, pemeliharaan instalasi pencahayaan sebaiknya dilakukan hal-hal berikut:

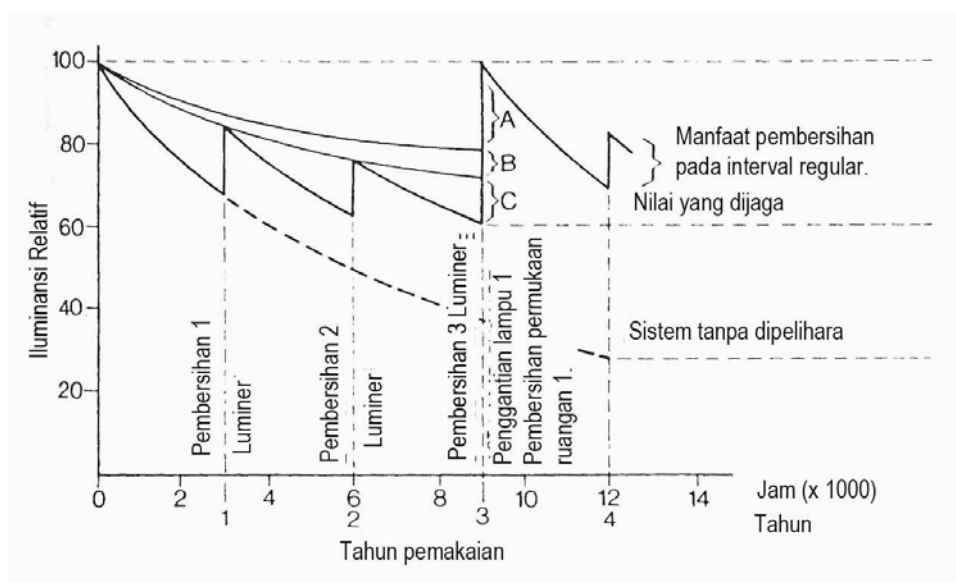
- lampu dan luminer sebaiknya dijaga tetap bersih guna memperoleh tingkat pencahayaan yang tepat;
- lampu sebaiknya diganti jika intensitas pencahayaan jauh menurun sesuai dengan umurnya;
- menggunakan warna muda untuk dinding, langit-langit, lantai, dan tirai, sehingga dapat mengurangi jumlah cahaya yang diperlukan sebagai akibat pengaruh reflektansi bahan-bahan yang dipakai;

7.2 Pemeliharaan lampu dan luminer

7.2.1 Penurunan intensitas pencahayaan

Intensitas sistem pencahayaan akan berkurang secara bertahap selama penggunaan karena pengurangan lumen lampu, kegagalan lampu, dan akumulasi dari kotorannya lampu, luminer dan permukaan ruangan. Intensitas pencahayaan dapat dijaga pada atau di atas nilai minimum yang diizinkan (juga disebut sebagai nilai pemeliharaan) dengan membersihkan peralatan pencahayaan dan permukaan ruang dan mengganti lampu yang rusak atau yang sudah mencapai umur teknisnya.

Contoh nilai program pemeliharaan ditunjukkan pada Gambar 9. Dalam kasus yang ditunjukkan pada Gambar 9, intensitas pencahayaan pada sistem yang tidak terpelihara akan menurun sampai dengan 40% dari nilai awal dalam jangka waktu tiga tahun dan terus akan menurun. Namun, dengan pembersihan tahunan dan penggantian lampu setiap tiga tahun dan pengecatan kembali, intensitas pencahayaan dapat dipertahankan di atas 60% dari nilai awal. Pada tahun ketiga, skema pemeliharaan memberikan intensitas pencahayaan 50% lebih tinggi dari sistem yang tidak dipelihara.



Keterangan :

- A = kerugian karena penyusutan lumen lampu
- B = kerugian karena penyusutan permukaan ruangan
- C = kerugian karena kotoran pada lampu dan luminer

Gambar 9 – Contoh nilai intensitas pencahayaan relatif terhadap waktu pemakaian

Jadi, dengan program pemeliharaan yang dilaksanakan akan:

- a. Menjaga tingkat intensitas pencahayaan pada atau di atas nilai yang direkomendasikan;
- b. Mengurangi biaya modal dan operasi;
- c. Menjamin bahwa instalasi dan interior umumnya mempunyai penampilan yang memuaskan.

Namun, sejalan dengan hal tersebut, program pemeliharaan yang dilakukan tetap memiliki beberapa kerugian yang tak terelakkan. Perancangan instalasi pencahayaan sebaiknya menambahkan toleransi untuk setiap penyusutan output lampu dengan memberikan intensitas pencahayaan awal yang lebih tinggi dari yang disyaratkan. Besarnya toleransi seperti itu tergantung pada faktor pemeliharaan yang diterapkan dalam perhitungan sistem pencahayaan.

7.2.2 Penyusutan *output* pencahayaan

7.2.2.1 Debu pada lampu dan luminer

Kerugian terbesar dari cahaya lampu biasanya disebabkan oleh debu yang menempel pada permukaan lampu dan permukaan luminer. Laju penyusutan yang disebabkan oleh debu yang menempel pada permukaan perlengkapan lampu dipengaruhi oleh sudut inklinasi, *finishing* dan temperatur permukaan, tingkat ventilasi, atau kerapatan debu pada luminer, dan pengaruh atmosfer lingkungan luminer yang terpolusi. Penyusutan *output* lampu dapat dikurangi dengan memilih luminer dari jenis terbaik disesuaikan dengan lokasinya. Luminer dengan bagian bawah yang terbuka dan bagian atas tertutup mengumpulkan debu dengan laju yang lebih tinggi dari pada yang diberi ventilasi. Pada luminer berventilasi, arus konveksi membawa debu dan debu keluar melalui lubang atau *slot* di dalam kanopi (tutup) atau reflektor dan keluar dari permukaan refleksi. Dalam lingkungan berpolusi, lebih baik menggunakan luminer kedap debu atau luminer tahan debu. Beberapa jenis dari luminer tahan debu mempunyai filter yang menyatu dengan luminernya.

7.2.2.2 Debu pada permukaan ruangan

Akumulasi debu pada langit-langit dan dinding dapat mengurangi nilai reflektansi, sehingga hanya sebagian cahaya saja yang terefleksi.

7.2.2.3 Penyusutan lumen lampu

Sejalan dengan pemakaian lampu, *output* pencahayaan akan berkurang. Laju pengurangan output pencahayaan bervariasi antarjenis lampu dan antarmanufaktur. Oleh sebab itu, perhitungan pencahayaan sebaiknya memasukkan penyusutan spesifik dalam *output* pencahayaan dari lampu yang terkait.

7.2.2.4 Kegagalan lampu

Laju kelangsungan lampu bergantung pada jenis lampu yang digunakan dan, dalam hal lampu fluoresens, siklus penggantian. Penyebab kegagalan lampu tidak hanya mengurangi tingkat intensitas cahaya, tetapi juga dapat memberikan pengurangan yang tidak bisa diterima dalam derajat keseragaman pencahayaan.

7.2.3 Jadwal pemeliharaan

Secara ekonomis, interval pembersihan instalasi sistem pencahayaan bergantung pada jenis lumener, laju akumulasi debu, dan biaya pembersihan. Untuk manfaat ekonomis maksimum, interval pembersihan lumener sebaiknya dikaitkan dengan interval penggantian lampu.

Lampu dapat diganti secara individual apabila rusak (disebut penggantian setempat) atau seluruh lampu diganti pada waktu yang sama (biasanya disebut sebagai penggantian kelompok). Kombinasi kedua sistem sering digunakan. Umumnya, untuk instalasi besar biaya dapat dihemat dengan penggantian secara kelompok daripada penggantian lampu secara individual. Lebih dari itu, faktor pemeliharaan yang lebih tinggi dapat diterapkan. Perhitungan instalasi sistem pencahayaan tergantung pada pengalaman dalam merancang jadwal pemeliharaan, yang sebaiknya diikuti perhitungan tingkat intensitas pencahayaan. Kontrak dengan perusahaan jasa pemeliharaan pencahayaan seringkali memberikan kepastian cara yang ekonomis dan andal tentang pemeliharaan instalasi pencahayaan yang tepat.

7.2.4 Faktor Koefisien Depresiasi (kd) atau Faktor Kerugian Cahaya (*Light Loss Factor*, LLF)

Dalam menentukan jumlah lampu dan lumener untuk menyediakan intensitas pencahayaan yang disyaratkan pada instalasi pencahayaan khusus, biasanya Faktor Pemeliharaan dimasukkan dalam perhitungan. Faktor Pemeliharaan adalah perbandingan intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu dengan sistem pencahayaan pada akhir periode pemeliharaan terhadap intensitas cahaya yang dihasilkan oleh sistem baru.

Faktor Kerugian Cahaya (LLF) atau koefisien depresiasi (kd) menempati seluruh perhitungan penyusutan yang disebabkan oleh beragam faktor. Perhitungan LLF dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LLF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF$$

dengan

- LLMF = Faktor Pemeliharaan Lumener Fluks (lumen) (*Lamp Lumen Maintenance Factor*)
- LSF = Faktor Survival Lampu (program penggantian secara group) (*Lamp Survival Factor*)
- LMF = Faktor Pemeliharaan Lumener dalam Kondisi ruang berbeda (bersih, normal, kotor) (*Luminaire Maintenance Factor*)
- RSMF = Faktor Pemeliharaan Permukaan Ruang (*Room Surface Maintenance Factor*)

Lampiran A

(Informatif)
Contoh tabel koefisien penggunaan (K_p)

Typical Luminaire	Typical Intensity Distribution	Typical Intensity Distribution																								
		$\rho_{GC} \rightarrow$			80			70			50			30			10			0						
		$\rho_W \rightarrow$			70	50	30	70	50	30	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0						
		RCR $\downarrow$	EFF = 80.5%						% DN = 55.9%						% UP = 44.1%						Lamp = 150A211F SC (along, across, 45°) = 1.5, 1.5, 1.5					
1		0	0.87	0.87	0.87	0.81	0.81	0.81	0.70	0.70	0.70	0.59	0.59	0.59	0.49	0.49	0.49	0.45								
		1	0.76	0.71	0.66	0.70	0.66	0.61	0.56	0.52	0.50	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.30								
		2	0.68	0.60	0.53	0.62	0.55	0.50	0.47	0.42	0.38	0.39	0.35	0.32	0.31	0.29	0.26	0.23								
		3	0.61	0.52	0.44	0.56	0.48	0.41	0.40	0.35	0.31	0.33	0.29	0.26	0.27	0.24	0.21	0.18								
		4	0.55	0.45	0.37	0.51	0.42	0.35	0.35	0.30	0.25	0.29	0.25	0.21	0.23	0.20	0.17	0.14								
		5	0.51	0.40	0.32	0.46	0.37	0.30	0.31	0.25	0.21	0.26	0.21	0.18	0.21	0.17	0.14	0.12								
		6	0.46	0.35	0.28	0.42	0.33	0.26	0.28	0.22	0.18	0.23	0.19	0.15	0.19	0.15	0.12	0.10								
		7	0.43	0.32	0.25	0.39	0.29	0.23	0.25	0.20	0.16	0.21	0.16	0.13	0.17	0.13	0.11	0.09								
		8	0.40	0.29	0.22	0.36	0.27	0.20	0.23	0.17	0.14	0.19	0.15	0.12	0.15	0.12	0.09	0.07								
		9	0.37	0.26	0.19	0.34	0.24	0.18	0.21	0.16	0.12	0.17	0.13	0.10	0.14	0.11	0.08	0.07								
		10	0.34	0.24	0.17	0.32	0.22	0.16	0.19	0.14	0.11	0.16	0.12	0.09	0.13	0.10	0.08	0.06								
Pendant diffusing sphere with incandescent lamp																										
2		Lamp = 100A21/5B SC (along, across, 45°) = N/A, N/A, N/A																								
			EFF = 86.5%						% DN = 4.0%						% UP = 96.0%											
		0	0.99	0.99	0.99	0.97	0.97	0.97	0.93	0.93	0.93	0.89	0.89	0.89	0.85	0.85	0.85	0.83								
		1	0.91	0.87	0.84	0.89	0.85	0.82	0.82	0.79	0.77	0.79	0.76	0.74	0.76	0.74	0.72	0.71								
		2	0.83	0.76	0.70	0.80	0.74	0.69	0.71	0.67	0.63	0.69	0.65	0.62	0.66	0.63	0.60	0.59								
		3	0.75	0.66	0.59	0.73	0.65	0.59	0.62	0.57	0.53	0.60	0.55	0.52	0.58	0.54	0.51	0.49								
		4	0.69	0.58	0.51	0.67	0.57	0.50	0.55	0.49	0.44	0.53	0.48	0.44	0.51	0.47	0.43	0.41								
		5	0.63	0.52	0.44	0.61	0.51	0.44	0.49	0.43	0.38	0.47	0.42	0.37	0.46	0.41	0.37	0.35								
		6	0.58	0.46	0.39	0.56	0.46	0.38	0.44	0.38	0.33	0.43	0.37	0.33	0.41	0.36	0.32	0.31								
		7	0.53	0.42	0.34	0.52	0.41	0.34	0.40	0.33	0.29	0.39	0.33	0.29	0.38	0.32	0.28	0.27								
		8	0.50	0.38	0.31	0.48	0.37	0.31	0.36	0.30	0.26	0.35	0.30	0.25	0.34	0.29	0.25	0.24								
		9	0.46	0.35	0.28	0.45	0.34	0.28	0.33	0.27	0.23	0.32	0.27	0.23	0.32	0.26	0.23	0.21								
		10	0.43	0.32	0.25	0.42	0.32	0.25	0.31	0.25	0.21	0.30	0.24	0.21	0.29	0.24	0.20	0.19								
Porcelain-enameled ventilated standard dome with inc. lamp																										
3		Lamp = 150PAR38FL SC (along, across, 45°) = 0.6, 0.6, 0.6																								
			EFF = 100%						% DN = 100%						% UP = 0%											
		0	1.20	1.20	1.20	1.17	1.17	1.17	1.12	1.12	1.12	1.07	1.07	1.07	1.03	1.03	1.03	1.00								
		1	1.14	1.11	1.08	1.11	1.08	1.06	1.04	1.02	1.00	1.01	0.99	0.97	0.97	0.96	0.95	0.93								
		2	1.08	1.02	0.96	1.05	1.01	0.97	0.97	0.94	0.91	0.94	0.92	0.89	0.92	0.89	0.87	0.86								
		3	1.02	0.95	0.90	1.00	0.94	0.89	0.91	0.87	0.84	0.89	0.85	0.82	0.86	0.84	0.81	0.79								
		4	0.97	0.89	0.83	0.95	0.88	0.83	0.86	0.81	0.78	0.84	0.80	0.77	0.82	0.79	0.76	0.74								
		5	0.92	0.84	0.78	0.91	0.83	0.77	0.81	0.76	0.72	0.79	0.75	0.72	0.78	0.74	0.71	0.70								
		6	0.88	0.79	0.73	0.87	0.78	0.73	0.77	0.72	0.68	0.75	0.71	0.68	0.74	0.70	0.67	0.66								
		7	0.84	0.75	0.69	0.83	0.74	0.69	0.73	0.68	0.64	0.72	0.67	0.64	0.71	0.67	0.64	0.62								
		8	0.81	0.71	0.66	0.80	0.71	0.65	0.70	0.65	0.61	0.69	0.64	0.61	0.68	0.64	0.61	0.59								
		9	0.78	0.68	0.62	0.77	0.68	0.62	0.67	0.62	0.58	0.66	0.61	0.58	0.65	0.61	0.58	0.57								
		10	0.75	0.65	0.60	0.74	0.65	0.59	0.64	0.59	0.56	0.63	0.59	0.56	0.63	0.58	0.55	0.54								
Bare lamp PAR-38 flood																										
4		Lamp = 150PAR38FL* SC (along, across, 45°) = 0.6, 0.6, 0.6																								
			EFF = 66.2%						% DN = 100						% UP = 0											
		0	1.10	1.10	1.10	1.07	1.07	1.07	1.02	1.02	1.02	0.98	0.98	0.98	0.94	0.94	0.94	0.92								
		1	1.06	1.03	1.02	1.03	1.01	1.00	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.90	0.88								
		2	1.02	0.98	0.95	1.00	0.96	0.94	0.94	0.91	0.89	0.91	0.89	0.88	0.88	0.87	0.86	0.84								
		3	0.98	0.93	0.90	0.96	0.92	0.89	0.90	0.87	0.85	0.88	0.85	0.83	0.86	0.84	0.82	0.81								
		4	0.94	0.89	0.85	0.93	0.88	0.84	0.86	0.83	0.80	0.84	0.82	0.79	0.83	0.81	0.79	0.77								
		5	0.91	0.85	0.81	0.90	0.84	0.80	0.83	0.79	0.77	0.81	0.78	0.76	0.80	0.77	0.75	0.74								
		6	0.88	0.81	0.77	0.87	0.81	0.77	0.80	0.76	0.73	0.78	0.75	0.73	0.77	0.75	0.72	0.71								
		7	0.85	0.78	0.74	0.84	0.78	0.74	0.77	0.73	0.70	0.76	0.72	0.70	0.75	0.72	0.70	0.69								
		8	0.82	0.75	0.71	0.81	0.75	0.71	0.74	0.70	0.68	0.73	0.70	0.67	0.72	0.69	0.67	0.66								
		9	0.79	0.72	0.68	0.78	0.72	0.68	0.71	0.68	0.65	0.70	0.67	0.65	0.70	0.67	0.65	0.64								
		10	0.77	0.70	0.66	0.76	0.69	0.65	0.69	0.65	0.63	0.68	0.65	0.62	0.68	0.65	0.62	0.61								
PAR-38 Flood with spec. anodized reflector (45 deg. cutoff)																										
5		Lamp = 150PAR38FL* SC (along, across, 45°) = 0.6, 0.6, 0.6																								
			EFF = 66.2%						% DN = 100						% UP = 0											
		0	0.79	0.79	0.79	0.77	0.77	0.77	0.74	0.74	0.74	0.70	0.70	0.70	0.68	0.68	0.68	0.66								
		1	0.76	0.75	0.73	0.75	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.68	0.67	0.66	0.66	0.65	0.64								
		2	0.74	0.71	0.69	0.72	0.70	0.68	0.68	0.67	0.65	0.66	0.65	0.64	0.64	0.63	0.63	0.62								
		3	0.71	0.68	0.66	0.70	0.67	0.65	0.66	0.64	0.62	0.64	0.63	0.61	0.63	0.61	0.60	0.60								
		4	0.69	0.65	0.63	0.68	0.65	0.62	0.63	0.61	0.60	0.62	0.60	0.59	0.61	0.60	0.58	0.58								
		5	0.67	0.63	0.60	0.66	0.62	0.60	0.61	0.59	0.57	0.60	0.58	0.57	0.59	0.58	0.56	0.56								
		6	0.65	0.61	0.58	0.64	0.60	0.58	0.59	0.57	0.55	0.59	0.57	0.55	0.58	0.56	0.55	0.54								
		7	0.63	0.59	0.56	0.62	0.58	0.56	0.57	0.55	0.53	0.57	0.55	0.53	0.56	0.54	0.53	0.52								
		8	0.61	0.57	0.54	0.60	0.56	0.54	0.56	0.53	0.52	0.55	0.53	0.52	0.55	0.53	0.51	0.51								
		9	0.59	0.55	0.52	0.59	0.55	0.52	0.54	0.52	0.50	0.54	0.51	0.50	0.53	0.51	0.50	0.49								
		10	0.58	0.53	0.51	0.57	0.53	0.50	0.53	0.50	0.49	0.52	0.50	0.48	0.52	0.50	0.48	0.48								
PAR-38 Flood with black baffle																										

Bibliografi

- (1) SNI 03 – 6575 – 2001, *Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung*
- (2) The IESNA Lighting Handbook, 10th Edition, 2011
- (3) The IESNA Lighting Handbook, Reference & application, 2000
- (4) ASHRAE Handbook – Fundamentals 2017
- (5) ISO 8995:2002 (E) Standard, Lighting of Indoor Work Places, CIE
- (6) ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1 – 2004, Energy Standard of building except low rise residential building.
- (7) ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2016, Energy Standar for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (SI Edition)
- (8) L. Bedocs, H.D. Einhorn, D. Fischer, E.H. Hansen, S. Kanaya, H.A. Löfberg, K. Poulton, A.I. Slater, K. Sørensen, dan W.G. Julian, “Discomfort Glare in Interior Lighting,” CIE Technical Report 117, 1995.
- (9) 2020 Energy Conservation construction code of New York Sta

Informasi pendukung terkait perumus standar

(1) Komtek perumus SNI

Komite Teknis 27-06 Konservasi Energi

(2) Susunan Keanggotaan perumus SNI

Ketua : Aris Nugrahanto
Wakil Ketua : Titovianto Widianoro
Sekretaris : Edi Sartono
Anggota : Supriyadi
Anggraeni Ratri Nurwini
Parlindungan Marpaung
Endang Widayati
Gema Fitrika
Gunawan Wibisono
Eri Susanto Indrawan
Donald Wisbar

(3) Konseptor rancangan SNI

Technical Working Group (TWG) SNI Sistem Pencahayaan

(4) Sekretariat pengelola Komtek perumus SNI

Direktorat Konservasi Energi, Direktorat Jenderal EBTKE,
Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral