

MODUL PEMBELAJARAN

KODE : MK.MTP 19

TEKNIK PENCAHAYAAN 1

**BIDANG KEAHLIAN : KETENAGALISTRIKAN
PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK TRANSMISI**



**PROYEK PENGEMBANGAN PENDIDIKAN BERORIENTASI KETERAMPILAN HIDUP
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
2003**

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	I
DAFTAR ISI	ii
PETA KEDUDUKAN MODUL	iv
I PENDAHULUAN	1
A. Deskripsi	1
B. Prasyarat	4
C. Petunjuk Penggunaan Modul	4
D. Tujuan Akhir.....	8
E. Standar Kompetensi.....	8
F. Cek Kemampuan	8
II PEMBELAJARAN	12
A. RENCANA PEMBELAJARAN SISWA.....	12
B. KEGIATAN BELAJAR.	13
KEGIATAN BELAJAR 1	13
A. Tujuan Kegiatan	13
B. Uraian Materi	13
C. Rangkuman 1.....	39
D. Tugas 1	40
KEGIATAN BELAJAR 2	41
A. Tujuan Kegiatan	41
B. Uraian Materi	41
C. Rangkuman 2.....	63
D. Tugas 2	64
KEGIATAN BELAJAR 3	65
A. Tujuan Kegiatan	65
B. Uraian Materi	65
C. Rangkuman 3.....	91
D. Tugas 3	92

III	EVALUASI	93
	KUNCI JAWABAN	125
IV	PENUTUP	139
	DAFTAR PUSTAKA	140
	LAMPIRAN	

KATA PENGANTAR

Bahan ajar ini disusun dalam bentuk modul/paket pembelajaran yang berisi uraian materi untuk mendukung penguasaan kompetensi tertentu yang ditulis secara sequensial, sistematis dan sesuai dengan prinsip pembelajaran dengan pendekatan kompetensi (*Competency Based Training*). Untuk itu modul ini sangat sesuai dan mudah untuk dipelajari secara mandiri dan individual. Oleh karena itu walaupun modul ini dipersiapkan untuk peserta diklat/siswa SMK dapat digunakan juga untuk diklat lain yang sejenis.

Dalam penggunaannya, bahan ajar ini tetap mengharapkan asas keluwesan dan keterlaksanaannya, yang menyesuaikan dengan karakteristik peserta, kondisi fasilitas dan tujuan kurikulum/program diklat, guna merealisasikan penyelenggaraan pembelajaran di SMK. Penyusunan Bahan Ajar Modul bertujuan untuk menyediakan bahan ajar berupa modul produktif sesuai tuntutan penguasaan kompetensi tamatan SMK sesuai program keahlian dan tamatan SMK.

Demikian, mudah-mudahan modul ini dapat bermanfaat dalam mendukung pengembangan pendidikan kejuruan, khususnya dalam pembekalan kompetensi kejuruan peserta diklat.

Jakarta, 01 Desember 2003
Direktur Dikmenjur,

Dr. Ir. Gator Priowirjanto
NIP 130675814

E.	Test Formatif 2	52
F.	Jawaban Test Formatif 2	55
G.	Lembar Kerja Praktek.....	56
III	EVALUASI	58
IV	PENUTUP	65
	DAFTAR PUSTAKA	66
	STORYBOARD	68

I. PENDAHULUAN

A. DESKRIPSI

Semua orang menyadari bahwa cahaya membantu mereka untuk melihat su obyek yang diinginkannya. Contoh dengan cahaya yang terang, orang da membedakan berbagai warna, membedakan kecantikan paras, menikn keindahan panorama, menyaksikan atraksi-atraksi menarik dan lain sebagair Pendek kata cahaya merupakan sesuatu yang penting bagi manusia karena da merangsang mata sehingga menghasilkan penglihatan.

Proses penglihatan manusia selalu meminta kerja otak untuk meml tanggapan. Contoh : ketika anda sedang santai dan menikmati kopi sore dite depan, anda melihat dan mengagumi seorang gadis cantik yang sedang berjga di depan rumah. Dalam hal ini “rasa kagum anda terhadap kecantikan ga tersebut” merupakan tanggapan otak terhadap informasi penglihatan y masuk melalui mata. Jadi dapat disimpulkan bahwa fenomena cahaya yang disekitar medan pandang, turut mempengaruhi kerja otak manusia un memberi suatu tanggapan.

Kerja otak untuk memberi tanggapan selalu seirama dengan sifat penampilan cahaya yang ada. Sebagai contoh :

- ? Melihat suatu obyek dalam suasana terang bulan, akan menampilkan ke yang lain jika obyek tersebut dilihat dalam suasana terang siang hari
- ? Penglihatan mata manusia dalam suasana kurang cahaya ti mengungkapkan ciri-ciri asli obyek yang dilihat. Sebaliknya pengliha dalam suasana cukup cahaya akan mengungkapkan ciri-ciri asli dari oby yang dilihat.
- ? Pancaran distribusi cahaya yang ekstrim tidak merata, mempertin frekuensi adaptasi mata sehingga dapat menimbulkan rasa kantuk.
- ? Pengaturan arah cahaya yang tidak sesuai dapat menimbulkan bayang dan silau, sehingga mengganggu kenyamanan penglihatan dan melelahl mata.

Sehubungan dengan penjelasan-penjelasan di atas, maka penampian penerangan interior maupun ekterior harus dibuat demikian rupa, sehingga dapat menimbulkan rasa nyaman bagi setiap orang yang melakukan aktifitas kerja di wilayah interior maupun ekterior.

Modul ini berisi sebagian materi tentang teknik penerangan (pencahayaan) yang diperlakukan dalam rangka perencanaan dan pemasangan instalasi penerangan interior maupun ekterior. Sebagian materi lainnya yang belum dibahas dalam modul ini meliputi :

I) Perhitungan dan Perencanaan Penerangan

- ? Simbol-simbol dan persamaan dasar penerangan
- ? Perhitungan illuminasi dengan metode point by point
- ? Perhitungan illuminasi rata-rata dengan metoda koefisien utilization
 - ✍ Pengaruh faktor ruangan, faktor reflektansi, faktor pemeliharaan dan faktor depreciation
 - ✍ Penggunaan tabel koefisien utilization
 - ✍ Langkah-langkah perencanaan penerangan
 - ✍ Perencanaan ekonomi
 - ✍ Perhitungan illuminasi pada ruangan dengan ukuran tidak teratur
- ? Upaya mengatasi kesilauan

II) Prinsip Penerangan Interior

- ? Memahami penerangan interior
- ? Penggunaan lampu-lampu listrik
- ? Penerangan yang ekonomis
- ? Treatment warna penerangan interior
 - ✍ faktor reflektansi yang direkomendasikan
 - ✍ skema warna
- ? Penerangan tempat kerja
 - ✍ Sistem penerangan
 - ✍ Tingkat illuminasi yang dipersyaratkan
 - ✍ Pengontrolan kesilauan langsung
 - ✍ Mengatasi pantulan cahaya yang tidak menyenangkan
 - ✍ Memilih perlengkapan penerangan

- ✍ Merencanakan layout penerangan
- ✍ Pemeliharaan instalasi penerangan

? Penerangan di industri

- ✍ Klasifikasi tempat kerja
- ✍ Pengaruh struktur ruang kerja
- ✍ Penerangan daerah high bay
- ✍ Penerangan di tempat-tempat alat angkat
- ✍ Penerangan di tempat-tempat yang berbahaya

? Penerangan komersial dan publik

- ✍ Penerangan kantor
- ✍ Penerangan hall dan bangunan publik
- ✍ Penerangan Signs
- ✍ Penerangan pameran
- ✍ Penerangan theatre

? Penerangan rumah tinggal

III. Penerangan Jalan

B. PRASYARAT

Sebelum mempelajari modul ini peserta pelatihan diharapkan telah menguasai matematika/fisika tingkat SLTP dan menguasai materi rangkaian listrik a bolak balik

C. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

- ? Ikutilah semua petunjuk yang diberikan dalam modul ini dengan teliti c hati-hati
- ? Modul ini terdiri dari tiga kegiatan belajar, pelajari secara berurutan, j dalam hal ini anda dapat maju untuk mempelajari materi berikutnya sete anda selesai mempelajari dan menguasai materi sebelumnya dalam mo ini.
- ? Sebelum anda mempelajari materi unit modul ini, anda harus membaca c mengerti dua point penting yang tercantum sebelum materi ini seperti :
 - Tujuan instruksional

- Referensi (berisi daftar buku sumber yang dipergunakan dalam penyusunan unit modul ini)

? Modul ini mempunyai urutan aktifitas sebagai berikut :

- Tujuan instruksional (berisi tujuan akhir pembelajaran untuk memarahkan pengajaran dalam rumusan tingkah laku yang dapat diukur sehingga dapat dijadikan patokan isi materi dan evaluasi).
- Kegiatan belajar (berisi materi pelajaran yang harus dipelajari)
- Tugas terstruktur (berisi soal-soal tentang materi dalam kegiatan belajar yang harus dikerjakan peserta dan diperiksa pada instruktur/pengajar)
- Evaluasi kegiatan belajar (berisi soal-soal dari modul disertai kunci jawabannya).

? Unit modul ini hendaknya anda pelajari sesuai urutan aktifitas yang diberikan yaitu setelah mempelajari isi materi pelajaran pada kegiatan belajar, kerjakan soal-soal pada tugas-tugas terstruktur dan soal evaluasi kemudian bandingkan jawaban-jawaban anda dengan jawaban-jawaban yang diberikan pada kunci jawaban.

? Sebaiknya anda mempelajari modul ini secara berkelompok, tetapi jangan tidak memungkinkan anda dapat mempelajarinya sendiri.

D. PENILAIAN

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan peserta dalam mengikuti modul ini, akan dilakukan evaluasi baik terhadap aspek pengetahuan maupun aspek ketrampilan dan sikap kerja.

Peserta yang dinyatakan lulus dalam modul ini harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- ? Selesai mengerjakan semua soal-soal terstruktur
- ? Selesai mengerjakan semua soal-soal evaluasi kegiatan belajar dan mencapai nilai standar minimum 80 (delapan puluh)
- ? Pengerjaan tugas praktek mencapai standar ketrampilan yang diinginkan

E. STANDAR KOMPETENSI

Kode kompetensi : MK. 3
Unit Kompetensi : Memasang Instalasi Penerangan dan Daya
Ruang Lingkup : Unit kompetensi ini berkaitan dengan penerapan prosedur pemasangan instalasi penerangan dan daya dan identifikasi masalah konstruksi yang dibutuhkan pada pemasangan instalasi penerangan dan daya sesuai standar dan batasan pemasangan instalasi penerangan dan daya yang berlaku.

Sub Kompetensi 1 : Merencana dan mempersiapkan pekerjaan :
KUK : 1. Prosedur pekerjaan instalasi penerangan dan daya dipahami dan dipelajari sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Gambar rencana pemasangan instalasi penerangan dan daya dan proses kerja dipelajari sesuai pedoman dan SOP yang berlaku.
3. Rencana kerja pemasangan instalasi penerangan dan daya disusun agar pekerja dapat menyelesaikannya sesuai jadwal yang ditetapkan.
4. Pekerjaan pemasangan instalasi penerangan dan daya dikoordinasikan secara efektif dengan pihak-pihak terkait.
5. Peralatan kerja/keselamatan kerja dan alat bantu yang diperlukan, dipersiapkan/diperiksa untuk memastikan berfungsi baik dan aman.

6. Type instalasi penerangan dan daya yang sudah diidentifikasi dan ditetapkan cara-cara penanggulangannya.

- Sub Kompetensi 2 : Memasang Instalasi Penerangan dan Daya
KUK : 1. Peraturan dan prosedur keselamatan dan kesehatan kerja diterapkan selama pelaksanaan pekerjaan.
2. Instalasi penerangan dipasang sesuai ketentuan yang berlaku.
3. Sumber daya dipasang sesuai ketentuan yang berlaku.
- Sub Kompetensi 3 : Mengidentifikasi Penyimpangan Pekerjaan
KUK : 1. Penyimpangan pekerjaan yang berkaitan dengan kondisi lapangan dan hal-hal lain diidentifikasi dengan memperhatikan toleransi yang ditetapkan sesuai persyaratan.
2. Pemecahan masalah dikonsultasikan dengan pihak terkait.
3. Alternatif pemecahan masalah yang telah disetujui, diidentifikasi untuk diterapkan.
- Sub Kompetensi 4 : Membuat Laporan Pemasangan Instalasi Penerangan dan Daya
KUK : 1. Laporan pemasangan instalasi penerangan dan daya dibuat sesuai dengan format dan prosedur yang berlaku.

	2. Berita acara pemasangan instalasi penerangan dan daya dibuat sesuai format dan prosedur yang berlaku.
Pengetahuan	: Mempelajari penerapan prinsip pencahayaan dan pemasangan instalasi penerangan.
Keterampilan	: Mengkaji prinsip pencahayaan melalui praktik laboratorium.
Sikap	: <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengikuti prosedur penyiapan kerja 2. Teliti dalam upaya : <ol style="list-style-type: none"> a. Pemahaman prosedur kerja b. Pemahaman gambar kerja c. Menyusun rencana kerja d. Menyiapkan peralatan kerja e. Melakukan koordinasi dengan pihak-pihak terkait 3. Disiplin dan mematuhi tata tertib yang diberlakukan 4. Ulet dan kreatif dalam bekerja 5. Dapat bersinergi dalam kelompok kerja 6. Menerapkan aturan dan prosedur K3 dalam bekerja. 7. Mengikuti petunjuk-petunjuk yang dipersyaratkan dalam bekerja.
Kode Modul	: MK. MTP19

H). TUJUAN AKHIR

Setelah mempelajari modul ini peserta diharapkan mampu ;

- 1) Menggunakan konsep cahaya dan penglihatan dalam merencanakan dan memasang suatu instalasi penerangan yang memadai, nyaman dan menyenangkan.
- 2) Memilih luminair ataupun lampu listrik yang sesuai untuk suatu lokasi penerangan tertentu, berdasarkan pemahaman data diagram distribusi cahaya, yang dikeluarkan pabrik pembuat.
- 3) Mengaplikasikan konsep pengontrolan cahaya dalam memperhitungkan kebutuhan cahaya yang diperlukan untuk menghasilkan suasana penerangan yang memadai, nyaman dan menyenangkan

I. CEK KEMAMPUAN

1. Jelaskan pendapat anda tentang peranan cahaya dalam proses penglihatan.
2. Apakah yang dimaksud dengan spektrum cahaya ?
3. Bagaimana kepekaan penglihatan mata manusia dalam suasana terang benderang dan suasana siang hari.
4. Mengapa ciri-ciri warna asli obyek tidak terlihat dalam suasana terang benderang?
5. Mengapa orang bisa menjadi buta total bila melihat langsung gerhana matahari?
6. Sebutkan dua macam organ sensitif cahaya yang terdapat pada retina dan jelaskan fungsinya.
7. Apakah yang dimaksudkan dengan adaptasi dan akomodasi mata ?
8. Mengapa orang yang telah lanjut usia memerlukan kaca mata untuk membaca?
9. Kondisi bagaimanakah yang akan dirasakan seseorang sehubungan dengan penglihatannya bila telah cukup lama berada di tempat terang, kemudian memasuki tempat yang gelap ?

10. Sebutkan beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi kesilau dalam suatu instalasi penerangan.
11. Sebutkan definisi intensitas cahaya, illuminasi dan luminasi, lengkap dengan rumus-rumus dan sistem satuan internasionalnya.
12. Apakah yang dimaksud dengan stroboscopic effect ?
13. Sebuah selubung lampu, tembus cahaya, LOR 75%, berbentuk bundar dengan diameter 60 cm, menyelubungi lampu listrik 795,77 candela. Hitung luminasi selubung lampu tersebut.
14. Sebuah lampu 280 candela ditempatkan 2 meter di atas bangku ke Hitunglah :
 - a. Illuminasi horizontal pada suatu titik di bangku kerja yang letaknya tepat di bawah lampu tersebut.
 - b. Illuminasi horizontal dan vertikal pada suatu titik di bangku kerja yang letaknya 1,5 meter dari titik proyeksi lampu pada bangku kerja.
15. Suatu koridor diterangi dengan empat buah lampu, masing-masing memiliki intensitas cahaya 200 candela. Keempat buah lampu tersebut digantung pada satu jalur tengah sepanjang koridor. Jarak antara masing-masing lampu adalah 10 meter dan mempunyai ketinggian dari lantai 5 meter. Hitung illuminasi horizontal pada suatu titik di lantai yaitu titik yang merupakan pertengahan jalur lampu.
16. Dua buah lampu L_1 dan L_2 , masing-masing intensitas cahaya 200 candela dan 400 candela. Kedua lampu terpisah jarak 100 meter dengan ketinggian letak dari lantai; $L_1 = 10$ meter dan $L_2 = 20$ meter. Hitunglah illuminasi pada suatu titik di lantai, yaitu pada titik pertengahan jarak antara kedua lampu.
17. Jelaskan manfaat dari radiasi inframerah dan bahaya-bahaya yang ditimbulkannya.
18. Jelaskan bagian-bagian mata manusia dan fungsinya.
19. Jelaskan faktor-faktor yang menentukan ketajaman penglihatan mata.
20. Jelaskan pengertian kurva polar dari suatu sumber cahaya

21. Jelaskan dan gambarkan kurva polar pada bidang horizontal dari sumber cahaya.
22. Jelaskan dan gambarkan kurva polar pada bidang vertikal dari sumber cahaya
23. Jelaskan bagaimana caranya menggambar kurva Rouseau dari sumber cahaya
24. Jelaskan cara menghitung MSCP sebuah lampu menggunakan kurva Rouseau
25. Jelaskan pemahaman anda tentang ;
 - ✍ Pantulan cahaya secara specular atau regular
 - ✍ Pantulan cahaya secara diffuse dan jenis-jenisnya
26. Jelaskan pemahaman anda tentang pembiasan cahaya dalam suatu media perantara.
27. Jelaskan pemahaman anda tentang transmisi cahaya pada suatu media perantara.
28. Jelaskan arah cahaya yang dilewatkan melalui suatu prisma bening.
29. Jelaskan pertimbangan yang dijadikan sebagai dasar untuk menentukan kebutuhan cahaya siang hari dalam ruangan.
30. Sebutkan dan jelaskan komponen cahaya siang hari yang ada dalam ruangan.
31. Jelaskan pemahaman anda tentang luminair, light output ratio (LOR) dan efisiensi penerangan.
32. Jelaskan pemahaman anda tentang :
 - ✍ Sistem penerangan langsung dan gambar kurva distribusi cahayanya.
 - ✍ Sistem penerangan semi langsung dan gambar kurva distribusi cahayanya.
 - ✍ Sistem penerangan umum dan gambar kurva distribusi cahayanya.

- ✍ Sistim penerangan semi tidak langsung dan gambar kurva distrib cahayanya.
- ✍ Sistim penerangan tidak langsung dan gambar kurva distrit cahayanya.

II. PEMBELAJARAN

A. RENCANA BELAJAR SISWA

Kompetensi : Memasang instalasi penerangan dan daya

Sub kompetensi : Memasang instalasi penerangan

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu (jam pelajaran @ 45 menit)	Tempat belajar	Alasan perubahan	Tanda tangan guru
Mengkaji isi bab I dan memberi tanggapan sehubungan dengan hasil cek kemampuan		5	Sekolah		
Mengkaji isi bab II meliputi: <input type="checkbox"/> Mengkaji rencana belajar siswa <input type="checkbox"/> Mengkaji kegiatan belajar ke-(1) <input type="checkbox"/> Mengerjakan tugas-tugas terstruktur kegiatan belajar ke-(1) <input type="checkbox"/> Mengkaji kegiatan belajar ke-(2) <input type="checkbox"/> Mengerjakan tugas terstruktur kegiatan belajar ke-(2) <input type="checkbox"/> Mengkaji kegiatan belajar ke-(3) <input type="checkbox"/> Mengerjakan tugas-tugas terstruktur kegiatan belajar ke-(3)		1 6 4 5 2 5 1	Sekolah		
Mengkaji isi bab III meliputi : <input type="checkbox"/> Mengerjakan soal-soal evaluasi kegiatan belajar ke-1 dan mendiskusikan hasilnya dengan guru pembimbing <input type="checkbox"/> Mengerjakan soal-soal evaluasi kegiatan belajar ke-2 dan mendiskusikan hasilnya dengan guru pembimbing <input type="checkbox"/> Mengerjakan soal-soal evaluasi kegiatan belajar ke-3 dan mendiskusikan hasilnya dengan guru pembimbing		5 4 2	Sekolah		
Mengikuti evaluasi ulang yang akan diatur sekolah atau guru pembimbing		-	Sekolah		

B) KEGIATAN PEMBELAJARAN

1) KEGIATAN BELAJAR Ke-1 (Cahaya dan Penglihatan)

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran :

Setelah mempelajari rangkaian materi ini peserta mampu :

- ? Menjelaskan susunan spektrum gelombang elektromagnetis dan spektrum cahaya;
- ? Menjelaskan proses penglihatan mata manusia, karakteristik kepekaan penglihatan, akomodasi dan adaptasi mata, kepekaan kontras dan ketajaman penglihatan;
- ? Mengaplikasikan konsep besaran-besaran penerangan dalam perhitungan kebutuhan cahaya yang diperlukan suatu lokasi atau obyek meliputi :
 - Perhitungan fluksi cahaya
 - Perhitungan tingkat iluminasi
 - Perhitungan intensitas cahaya dan luminasi

b. Pengertian Cahaya

Cahaya membantu kita untuk melihat suatu obyek yang kita inginkan. Karena adanya cahaya orang dapat mengatakan bahwa paras anak itu kelihatan cantik, rumah Bapak Yoseph kelihatannya besar, gunung itu kelihatannya tinggi dan seterusnya. Cahaya adalah energi Radian yang dapat merangsang retina mata, sehingga menghasilkan penglihatan. Sedangkan energi Radian adalah energi yang dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetis.

c. Gelombang Elektromagnetis

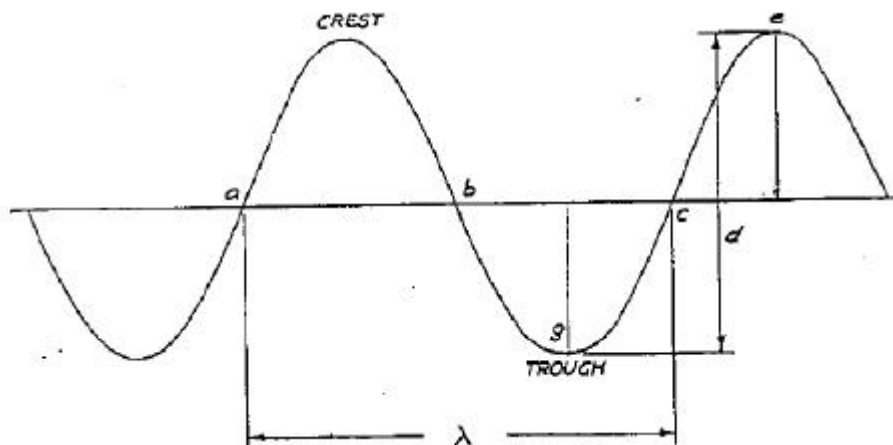
Dimanapun kita berada, setiap saat kita dilingkupi oleh beberapa energi Radian. Umumnya energi Radian dimaksud dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetis. Sebagai contoh : panas dan cahaya matahari adalah energi radian, stasiun pemancar radio dan televisi memancarkan programnya ke rumah-rumah dalam bentuk gelombang elektromagnetis. Radar pesawat terbang dan radar kapal laut dapat mendeteksi sesuatu melewati gumpalan awan dan kabut karena adanya gelombang elektromagnetis. Sinar-X adalah energi radian yang dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetis. Sinar ini biasanya digunakan untuk

mendeteksi bagian-bagian dalam tubuh manusia atau bagian-bagian mesin yang tersembunyi. Semua jenis pancaran atau radiasi elektromagnetis memiliki kesamaan yaitu bergerak dalam bentuk gelombang dengan kecepatan (v) yang sama. Perbedaannya adalah semua jenis pancaran atau radiasi elektromagnetis memiliki ketidaksamaan jumlah gelombang yang dihasilkan pada selang waktu tertentu (f) dan efek yang terjadi pada permukaan yang dikenainya.

c.1. Karakter Gelombang

Karakter suatu gelombang ditentukan oleh :

- Bentuk gelombang tersebut
- Panjang gelombangnya
- Amplitudonya



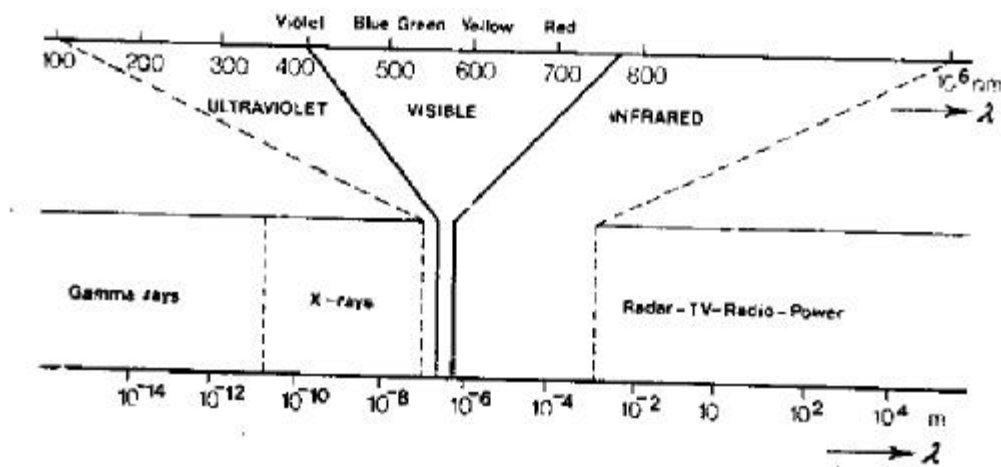
Gambar (2.1) Bentuk Gelombang Elektromagnetis

Satu gelombang penuh terdiri dari satu puncak (a-b) dan satu lembah (b-c). Jarak antara titik puncak (e) dan titik lembah (g) disebut amplitudo (d). Jarak titik (a) dan (c) disebut panjang gelombang (λ). Apabila kecepatan rambat gelombang adalah v dan frekuensi getaran gelombang per detik adalah f maka : $v = f \times \lambda$. Dari persamaan ini jelas bahwa gelombang elektromagnetis yang memiliki frekuensi tinggi akan memiliki panjang

gelombang yang pendek. Panjang gelombang elektromagnetik biasanya dinyatakan dalam satuan meter sedangkan frekwensi getarannya dinyatakan dalam satuan hertz.

c.2. Spektrum Gelombang Elektromagnetis

Telah dijelaskan bahwa semua jenis radiasi elektromagnetis memiliki kecepatan gerak v yang sama tetapi memiliki frekuensi getaran f yang tidak sama. Hal ini berarti bahwa semua jenis radiasi elektromagnetis dapat disusun dalam suatu deretan radiasi menurut tingkatan frekuensinya f ataupun tingkatan panjang gelombangnya λ . Susunan deretan radiasi elektromagnetis seperti itu disebut spektrum gelombang elektromagnetis. Spektrum adalah sebutan atau nama dari deretan radiasi yang disusun dalam bentuk panjang gelombang atau frekuensi. Jenis-jenis radiasi elektromagnetis dapat dilihat dalam gambar di bawah ini.



Gambar (2.2) Spektrum Gelombang Elektromagnetis

Urutan jenis-jenis radiasi elektromagnetis pada spektrum gelombang elektromagnetis, mulai dari panjang gelombang terpendek adalah; sinar cosmic, sinar gama, sinar-x, radiasi vacuum ultraviolet, radiasi ultraviolet,

cahaya tampak, radiasi infrared, gelombang radar, gelombang televisi, gelombang radio, gelombang transmisi daya.

d. Cahaya Tampak

Salah satu jenis radiasi elektromagnetis adalah cahaya tampak. Dengan adanya cahaya tampak ini orang dapat melihat objek di sekelilingnya kemudian berfikir dan memberi tanggapan. Peranan cahaya bukan hanya membantu orang untuk dapat melihat suatu objek, tetapi juga mempengaruhi proses berpikir orang tersebut untuk menetapkan tanggapan terhadap obyek yang dilihatnya.

d.1. Gelombang Cahaya

Energi cahaya yang dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetis memiliki panjang gelombang (λ) 380 nanometer sampai dengan 780 nanometer. Gelombang elektromagnetis ini (gelombang cahaya) bergerak dengan kecepatan V 299860 kilometer per detik atau sekitar 186000 mil per detik, dengan frekuensi getaran gelombang (f) 390×10^{12} hertz sampai dengan 790×10^{12} hertz. Ketiga besaran ini (V , λ dan f) adalah besaran-besaran gelombang cahaya. Notasi (V) menyatakan kecepatan rambat gelombang cahaya, diukur dalam satuan kilometer per detik. Notasi λ menyatakan panjang gelombang cahaya, diukur dalam satuan nanometer, notasi (f) menyatakan frekuensi getaran gelombang cahaya, diukur dalam satuan hertz.

Hubungan besaran-besaran cahaya ini ditunjukkan oleh persamaan $v = f \times \lambda$, dimana $f = \frac{1}{T}$, dan T adalah periode waktu untuk satu gelombang penuh, dinyatakan dalam detik.

Contoh-contoh soal :

1. Sebuah lampu merkuri memancarkan cahaya dengan frekuensi $5,49337 \times 10^{14}$ hertz. Berapa panjang gelombang cahaya lampu tersebut ?

Jawab :

Kecepatan rambat gelombang semua jenis radiasi elektromagnetis sama yaitu 299860 kilometer per detik. Cahaya lampu merkuri adalah salah satu jenis radiasi elektromagnetis dimaksud. Oleh karena itu kecepatan rambat gelombangnya sama dengan 299860 kilometer per detik.

Selanjutnya :

$$V = f \times \lambda$$

$$\lambda = V/f$$

$$\lambda = \frac{299860 \times 10^{12}}{5,49337 \times 10^{14}}$$

$$\lambda = \frac{2998,6}{5,49337}$$

$$\lambda = 545,858 \text{ nanometer}$$

2. Sebuah lampu tabung memancarkan cahaya violet dengan panjang gelombang 400 nanometer. Hitunglah frekuensi getaran gelombang cahaya lampu tersebut.

Jawab :

Cahaya violet adalah salah satu jenis radiasi elektromagnetis. Oleh sebab itu kecepatan rambat gelombangnya adalah 299860 kilometer per detik. Selanjutnya :

$$V = f \times \lambda$$

$$f = V/\lambda$$

$$f = \frac{299860 \times 10^{12}}{400} \text{ hertz}$$

$$f = \frac{299860 \times 10^{10}}{4} \text{ hertz}$$

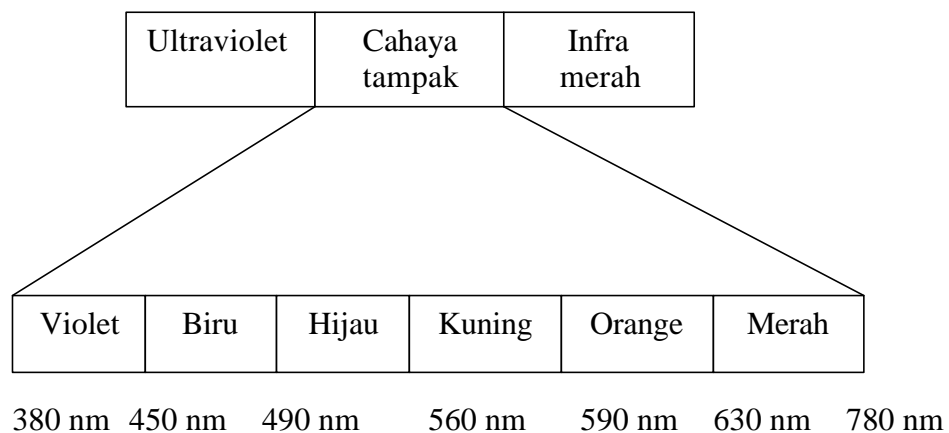
$$f = 74965 \times 10^{10} \text{ hertz}$$

$$f = 7,4965 \times 10^{14} \text{ hertz}$$

d.2. Spektrum Cahaya Tampak

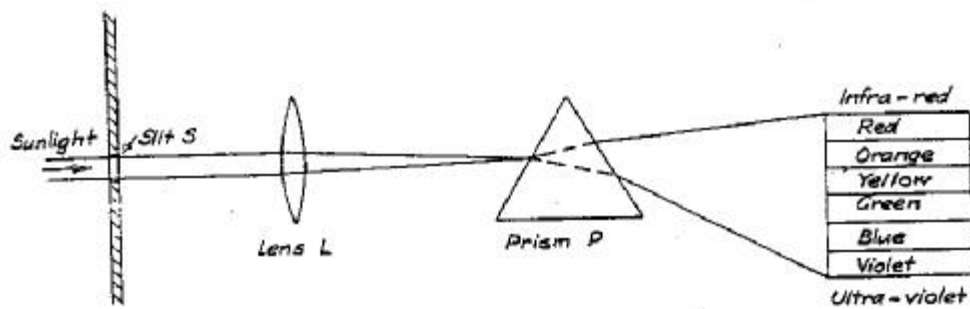
Semua logam penghantar akan memijar jika dialiri arus listrik tertentu. Sebagai contoh, pada waktu menghidupkan kompor listrik, mula-mula terasa panas dari elemen pemanasnya. Beberapa saat kemudian elemen ini

terlihat memijar. Jika saklar pengatur panas distel pada posisi tingkat pemanasan yang lebih tinggi maka pemijaran elemen pemanas akan bertambah terang. Gejala yang sama dapat terjadi pada lampu pijar, yaitu apabila lampu ini beroperasi di atas tegangan normalnya amaka lampu akan terlihat lebih terang dari semula. Sebaliknya lampu akan terlihat suram apabila beroperasi dibawah tegangan normalnya. Gejala-gejala tersebut di atas memberi gambaran bahwa logam penghantar berarus listrik dapat menimbulkan rasa panas untuk nilai arus tertentu. Apabila nilai arus secara bertahap dinaikan, yaitu dengan mengatur tegangan kerja, maka pada awalnya logam mulai memancarkan cahaya merah, kemudian cahaya kuning dan akhirnya cahaya putih. Warna-warna cahaya ini memiliki panjang gelombang (?) yang berlainan. Cahaya merah memiliki (?) lebih panjang dari cahaya kuning, seterusnya cahaya kuning memiliki (?) lebih panjang dari cahaya putih. Warna-warna cahaya ini tersusun menurut panjang gelombangnya masing-masing dan susunan demikian disebut spektrum cahaya tampak (perhatikan gambar di bawah ini).



Gambar (2.3). Spektrum Cahaya

Spektrum cahaya tampak dapat ditampilkan dengan cara sebagai berikut :



Gambar (2.4) Pembiasan Cahaya Matahari Oleh Prisma

Berkas cahaya matahari dilewatkan melalui cela S, yang kemudian dipertajam lensa L pada permukaan prisma P. Cahaya ini akan diuraikan prisma P kedalam beberapa jalur warna cahaya yaitu; merah, orange, kuning, hijau, biru dan violet. Masing-masing warna cahaya ini memiliki daerah panjang gelombang tertentu. Cahaya violet sekitar 380 nm sampai 450 nm, cahaya biru sekitar 450 nm sampai dengan 490 nm, cahaya hijau sekitar 490 nm sampai dengan 560 nm, cahaya kuning sekitar 560 nm sampai dengan 590 nm, cahaya orange sekitar 590 nm sampai dengan 630 nm, cahaya merah sekitar 630 nm samapai dengan 780 nm.

e. Radiasi Ultraviolet dan Inframerah

Ultraviolet teradiasi dibawah panjang gelombang cahaya tampak, sedangkan inframerah teradiasi di atas panjang gelombang cahaya tampak. Kata ultra berarti di luar, jadi ultraviolet adalah radiasi elektromagnetis yang memiliki panjang gelombang ataupun frekuensi di luar cahaya tampak. Kata infra berarti di bawah, jadi inframerah adalah radiasi elektromagnetis yang memiliki frekuensi di bawah frekuensi cahaya tampak.

e.1. Radiasi Ultraviolet

Matahari sebagai sumber cahaya memancarkan tiga gelombang ultraviolet yaitu :

- Ultraviolet – A (UV-A), teradiasi diantara panjang gelombang 380 nm dan 320 nm.

- Ultraviolet – B (UV-B), teradiasi diantara panjang gelombang 320 nm dan 285 nm.
- Ultraviolet – C (UV-C), teradiasi diantara panjang gelombang 285 nm dan 220 nm.

UV-A dan UV-B dapat menembus atmosfer dan menjangkau manusia, sedangkan UV-C diserap atmosfer sehingga tidak menjangkau manusia di permukaan bumi.

UV-A tidak berbahaya, sedangkan UV-B dan UV-C berbahaya karena dapat merusak kulit dan mata manusia. Disamping bahaya-bahaya yang ditimbulkan, ada juga manfaat ultraviolet bagi kehidupan manusia, diantaranya :

- UV-A dapat menghasilkan zat pewarna kulit.
- UV-B dapat menghasilkan vitamin D
- UV-C dapat membunuh sejumlah bakteri pembusuk sehingga dapat digunakan untuk maksud pengawetan.

Walaupun UV-C dari matahari tidak sampai ke permukaan bumi, namun jenis ultraviolet ini ada karena diradiasikan oleh lampu-lampu tabung tertentu dan mesin-mesin las.

e.2. Radiasi Inframerah

Inframerah teradiasi dalam daerah panjang gelombang 780 nm sampai 100 atau 200 mikrometer. Radiasi dalam jalur panjang gelombang ini merupakan radiasi panas. Oleh sebab itu radiasi panas disebut juga radiasi inframerah.

Dalam beberapa kondisi tertentu, radiasi inframerah membawa bahaya bagi manusia. Sebagai contoh : rusaknya mata manusia karena melihat gerhana matahari dengan mata telanjang. Pada saat terjadi gerhana matahari, radiasi inframerah dengan intensitas yang tinggi masuk ke dalam mata dan membakar retina sehingga mengakibatkan buta total. Para pekerja di Industri penempaan besi dan glass secara bertahap dikenai radiasi inframerah sehingga dalam selang waktu tertentu mendapat serangan sakit catarac mata.

Disamping bahaya-bahaya tersebut di atas, radiasi inframerah dapat digunakan untuk hal-hal yang bermanfaat misalnya penggunaan lampu-lampu inframerah sebagai :

- Lampu pengering cat mobil.

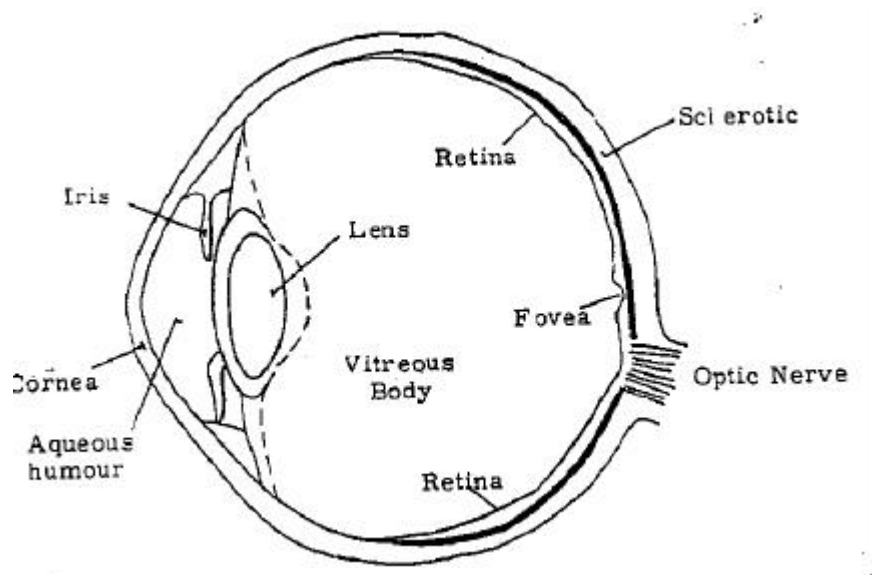
- Lampu pengering barang di industri
- Lampu penghangat ruangan tertentu (kamar mandi)
- Lampu untuk menyinari bagian tubuh yang sakit, dengan tujuan menghilangkan rasa sakit.

f. Penglihatan

Semua objek yang dilihat mata selalu diikuti dengan kerja otak untuk memberi tanggapan. Sebagai contoh, timbulnya rasa senang ketika melihat panorama yang indah. Dalam hal ini otak bekerja untuk memberi tanggapan bahwa panorama itu indah. Jadi proses melihat selalu meminta kerja otak untuk memberi tanggapan. Suatu objek dapat dilihat dengan jelas jika disekeliling medan pandang ke objek itu tersedia penerangan yang memadai. Seluk beluk penerangan yang memadai dapat dipahami dengan terlebih dahulu mengetahui cara kerja mata, cara menghasilkan dan memanfaatkan cahaya dengan baik.

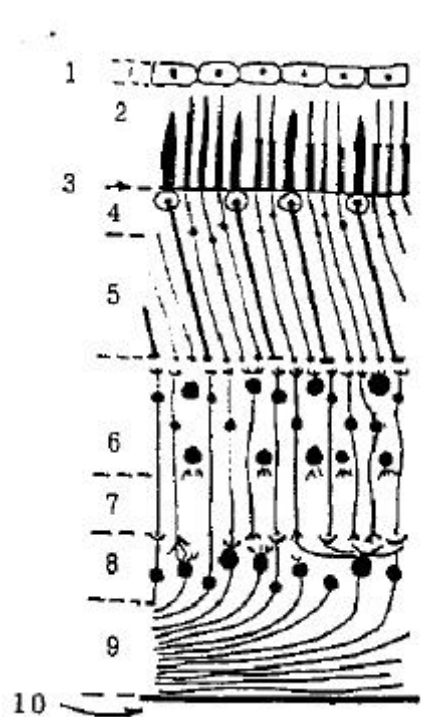
g. Mata Manusia

Bentuk mata manusia hampir bulat, berdiameter $\pm 2,5$ cm. Bagian luarnya terdapat lapisan pembungkus sclera yang mempunyai ketebalan ± 1 mm.



Gambar (2.5) Kontstruksi Mata Manusia

Seperenam luas sclera di bagian depan merupakan lapisan bening yang disebut cornea. Di sebelah dalam cornea ada iris dan pupil. Fungsi iris untuk mengatur bukaan pupil secara otomatis menurut jumlah cahaya yang masuk ke mata. Dalam keadaan terang bukaan pupil akan kecil, sedangkan dalam keadaan gelap bukaan pupil akan membesar. Diameter bukaan pupil berkisar antara 2 sampai 8 mm. Bagian penting mata lainnya adalah retina. Bagian ini merupakan lapisan sebelah dalam mata, dengan ketebalan 0,004 sampai 0,02 inchi.



1. Pigment epithelium
2. Layer of rods and cones
3. External limiting membrane
4. Outer nuclear layer
5. Outer fibre layer
6. Inner fibre layer
7. Layer of ganglion cells
8. Layer of optic nerve fibres
9. Internal limiting membrane

Gambar (2.6) Konstruksi Bagian Retina Mata

Retina terdiri atas lapisan saraf yang peka terhadap cahaya (Rod dan cone), lapisan cell bipolar, lapisan cell ganglion dan lapisan serat saraf optic. Retina mata manusia normal memiliki 100 juta rod dan cone, dengan perincian bahwa jumlah rod hampir sepuluh kali jumlah cone. Rod sangat peka cahaya tetapi tidak dapat membedakan warna, sedangkan cone kurang peka cahaya tetapi dapat membedakan warna. Rod tersebar sepanjang retina sedangkan cone terkonsentrasi pada fovea dan mempunyai hubungan tersendiri dengan serat saraf optik. Pada retina terdapat dua buah bintik yaitu bintik kuning (fovea) dan bintik buta (blind spot). Pada bintik kuning (fovea) terdapat sejumlah cone sedangkan pada bintik buta tidak terdapat cone maupun rod. Suatu objek dapat dilihat dengan jelas apabila bayangan objek tersebut tepat jatuh pada fovea. Dalam hal ini lensa mata akan bekerja otomatis untuk memfokuskan bayangan objek tersebut sehingga tepat jatuh pada bagian fovea.

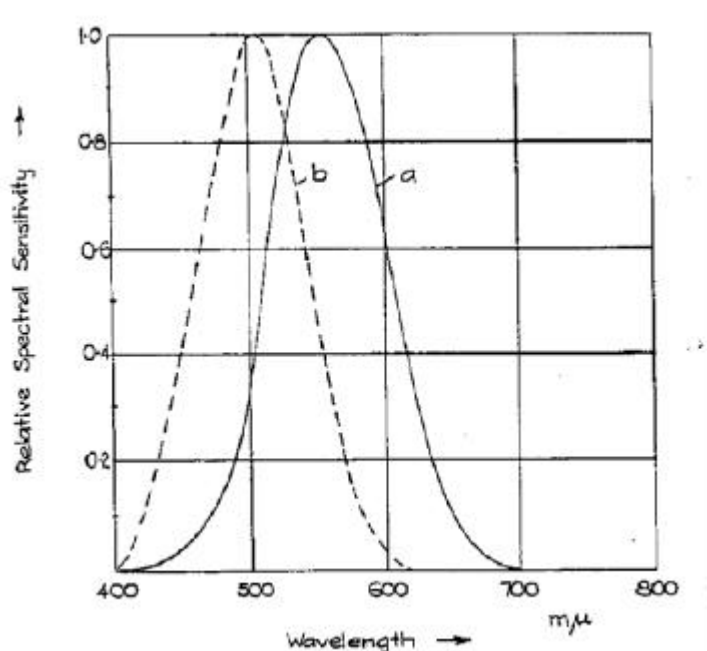
Diantara cornea dan lensa mata terdapat semacam cairan encer (aqueous humour). Demikian pula antara lensa mata dan bagian belakang mata terisi semacam cairan kental (vitreous humour). Cairan ini bekerja bersama-sama lensa mata untuk membiaskan cahaya sehingga tepat jatuh pada fovea atau dekat fovea. Proses kerja mata manusia diawali dengan masuknya cahaya melalui bagian cornea, yang kemudian dibiaskan oleh aqueous humour ke arah pupil. Pada bagian pupil, jumlah cahaya yang masuk ke dalam mata dikontrol secara otomatis, dimana untuk jumlah cahaya yang banyak, bukaan pupil akan mengecil sedangkan untuk jumlah cahaya yang sedikit bukaan pupil akan membesar. Lewat pupil, cahaya diteruskan ke bagian lensa mata, dan oleh lensa mata cahaya difokuskan ke bagian retina melalui vitreous humour. Cahaya ataupun objek yang telah difokuskan pada retina, merangsang rod dan cone untuk bekerja dan hasil kerja ini diteruskan ke serat saraf optik, ke otak dan kemudian otak bekerja untuk memberi tanggapan sehingga menghasilkan penglihatan.

g.1. Karakteristik Kepekaan Penglihatan Mata Manusia

Tingkat kepekaan mata manusia terhadap cahaya akan rendah pada (?) cahaya yang pendek dan pada (?) cahaya yang panjang. Tetapi kepekaan

dimaksud akan maksimum pada (?) cahaya yang terletak dekat harga pertengahan dari skala panjang gelombang spektrum cahaya tampak.

Kepekaan mata terhadap berbagai jenis panjang gelombang/cahaya, tidak selamanya sama untuk setiap orang. Demikian pula halnya dengan kepekaan kerja rod dan cone pada retina mata. Rod bekerja untuk penglihatan dalam suasana kurang cahaya, misalnya pada malam hari (Scotopic vision). Sedangkan cone bekerja untuk penglihatan dalam suasana terang, misalnya pada siang hari (photopic vision). Luminasi terendah dimana efek cahaya dapat menghasilkan penglihatan adalah 10^{-6} cd/m². Pada tingkat luminasi antara 10^{-6} cd/m² sampai dengan 10^{-2} cd/m², penglihatan mata adalah scotopic vision. Mata manusia dalam kondisi penglihatan ini belum dapat mendeteksi warna objek yang dilihat. Pada tingkat luminasi di atas 10^{-2} cd/m², penglihatan mata adalah photopic vision. Dalam kondisi penglihatan ini, mata manusia dapat mendeteksi warna objek yang dilihat. Oleh sebab itu rencana penerangan interior harus menghasilkan kondisi penglihatan photopic vision. Kepekaan mata manusia untuk kedua jenis penglihatan (scotopic vision dan photopic vision), ditunjukkan oleh kurva karakteristik di bawah ini :



Gambar (2.7) Kurva Sensitivitas Penglihatan Mata Manusia

Kepekaan maksimum mata manusia untuk jenis penglihatan ‘scotopic vision’ jatuh pada panjang gelombang 507 nm, sedangkan untuk jenis penglihatan ‘photopic vision’ jatuh pada panjang gelombang 555 nm.

g.2. Akomodasi Mata Manusia

Telah dijelaskan bahwa suatu objek dapat dilihat dengan jelas apabila bayangan objek tersebut tepat jatuh pada bagian fovea. Untuk itu maka lensa mata harus dapat bekerja otomatis memfokuskan bayangan objek sehingga tepat jatuh pada bagian fovea. Kerja lensa mata bergantung pada jarak antara objek dan mata. Untuk objek yang dekat, lensa mata akan cenderung cembung sedangkan untuk objek yang jauh lensa mata akan cenderung menjadi datar. Kerja otomatis lensa mata ini disebut akomodasi mata. Untuk mata yang normal, akomodasi mata menghasilkan bayangan pada retina sedangkan untuk mata yang tidak normal (mata yang tidak dapat berakomodasi), maka bayangan objek mungkin jatuh di bagian depan atau di bagian belakang retina.

Mata orang yang tidak dapat berakomodasi tetapi dapat melihat jelas objek di dekatnya, maka orang tersebut dikatakan berpenglihatan dekat. Dalam hal ini jarak antara lensa mata dan retina terlalu jauh sehingga bayangan objek yang dilihatnya jatuh di depan retina. Untuk memperbaiki penglihatan ini maka orang tersebut dianjurkan menggunakan kaca mata dari jenis lensa cekung. Sedangkan mata orang yang tidak dapat berakomodasi tetapi dapat melihat jelas objek yang jauh dari padanya, maka orang tersebut dikatakan berpenglihatan jauh. Dalam hal ini jarak antara lensa mata dan retina terlalu dekat sehingga bayangan objek yang dilihatnya jatuh di belakang retina. Untuk memperbaiki penglihatan ini maka orang tersebut dianjurkan menggunakan kaca mata dari jenis lensa cembung.

Kemampuan akomodasi mata manusia biasanya berkurang sejalan dengan perubahan umur. Oleh sebab itu kesempurnaan penglihatan orang yang berusia lanjut sering harus dibantu dengan menggunakan kaca mata.

g.3. Adaptasi Mata Manusia

Mata manusia memiliki kemampuan untuk mengatur kepekaannya secara otomatis terhadap intensitas cahaya yang berlainan. Sebagai contoh : orang dari tempat terang memasuki suatu ruang gelap maka pada mulanya orang tersebut tidak dapat melihat obyek dalam ruangan itu tetapi beberapa saat kemudian dapat melihat. Selanjutnya orang yang keluar dari ruang gelap ke tempat terang maka pada awalnya timbul rasa menyilaukan yang kemudian diikuti dengan penyesuaian mata sampai menghasilkan penglihatan normal. Kerja otomatis mata manusia untuk menyesuaikan penglihatan menurut besarnya intensitas cahaya ini (misalnya dari terang ke gelap atau sebaliknya), disebut adaptasi mata. Proses adaptasi mata manusia dari suasana terang ke suasana gelap atau sebaliknya dari suasana gelap ke suasana terang selalu membutuhkan waktu. Biasanya adaptasi mata dari suasana terang ke suasana gelap membutuhkan waktu lebih lama jika dibandingkan dengan adaptasi mata dari suasana gelap ke suasana terang.

g.4. Contrast

Untuk dapat melihat jelas suatu objek, perlu adanya contrast antara objek tersebut dengan latar belakangnya. Contrast diartikan sebagai perbedaan terang atau perbedaan warna objek yang dilihat dan latar belakangnya. Kepekaan contrast mata manusia terhadap objek yang dilihat dari latar belakangnya, akan tinggi apabila objek dan latar belakang dimaksud terlihat lebih banyak memancarkan cahaya dibandingkan dengan cahaya yang dipancarkan oleh bagian-bagian lain di sekelilingnya. Apabila terjadi keadaan sebaliknya dimana daerah sekeliling obyek lebih banyak memancarkan cahaya (lebih terang) maka kepekaan contrast mata manusia akan rendah, sehingga akibatnya obyek yang dilihat tidak dapat diidentifikasi dengan jelas. Untuk itu maka pada tempat-tempat kerja seperti meja tulis atau meja baca, tempat mesin kerja, harus memiliki penerangan yang memadai.

g.5. Ketajaman Penglihatan

Kemampuan mata manusia untuk dapat melihat jelas suatu obyek secara mendetail disebut ketajaman penglihatan. Ketajaman penglihatan mata manusia terhadap suatu obyek ditentukan oleh tiga faktor sebagai berikut :

1. Berapa besar cahaya yang diperlukan untuk dapat melihat jelas suatu obyek.
2. Berapa besar sudut penglihatan ke arah obyek tersebut.
3. Bagaimana baiknya contrast antara obyek dimaksud dan latar belakangnya.

Dengan demikian untuk melihat jelas suatu obyek secara mendetail maka hal-hal yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Memasang penerangan yang memadai ke obyek tersebut.
2. Menambah contrast antara obyek dan latar belakangnya.
3. Memperbesar sudut penglihatan ke arah obyek tersebut dengan menggunakan lensa pembesar.

g.6. Faktor-Faktor Yang Merugikan Penglihatan

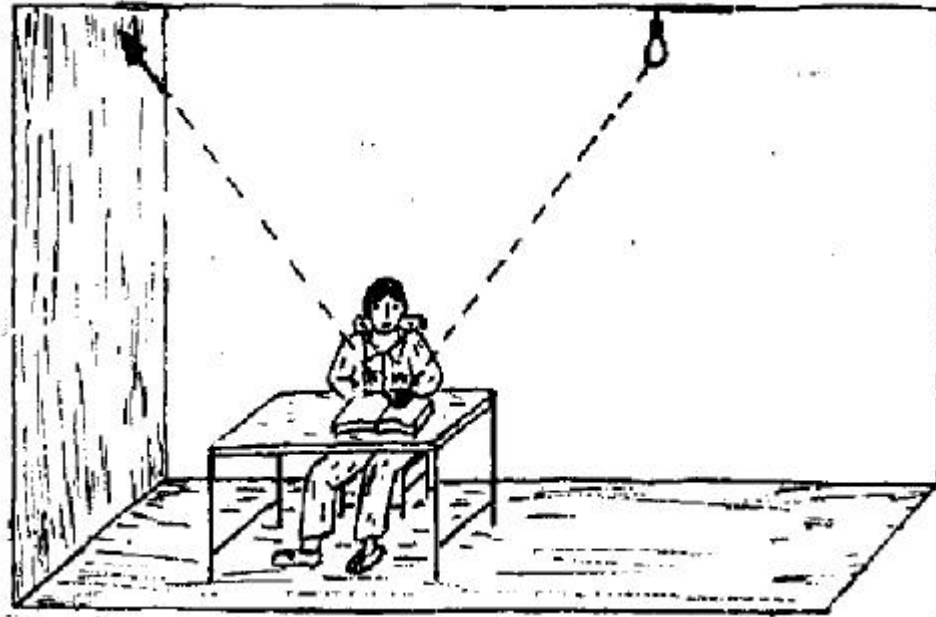
Kadang-kadang instalasi penerangan menampilkan beberapa kondisi penerangan yang merugikan penglihatan. Kondisi penerangan dimaksud antara lain adalah kesilauan dan gejala adanya cahaya yang bergetar.

Kesilauan adalah kondisi penerangan dimana beberapa bagian medan pandang memiliki jumlah pancaran/pantulan cahaya ekstrim lebih banyak dibandingkan dengan bagian-bagian lainnya yang berada dalam medan pandang dimaksud. Selanjutnya gejala cahaya yang bergetar (Stroboscopic effect) adalah suatu kondisi penerangan dimana terasa adanya pergantian irama cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Kedua kondisi penerangan di atas menimbulkan penglihatan yang tidak menyenangkan dan merugikan. Sebagai contoh, adanya gejala cahaya yang bergetar dalam suatu instansi penerangan di workshop ataupun di bengkel dapat mengakibatkan kesalahan memberi tanggapan penglihatan terhadap poros suatu mesin yang berputar, yaitu dalam kenyataan poros mesin berputar cepat, tetapi karena adanya pengaruh cahaya yang bergetar, maka poros mesin terlihat berputar pelan atau bahkan seperti tidak berputar. Beberapa contoh gejala kesilauan terjadi pada saat berjalan menentang sorotan lampu mobil dimana pada saat tersebut mata tidak dapat melihat obyek lain yang berada di sekeliling medan pandang. Untuk mengurangi gangguan penglihatan ini maka di sekeliling medan pandang termasuk latar belakangnya perlu ditambah tingkat penerangan yang memadai. Contoh lain gejala kesilauan terjadi pada saat

melihat lampu-lampu penerangan yang kebetulan harus terpasang dalam daerah medan pandang, dimana cahaya lampu dimaksud ekstrim lebih terang dibandingkan tingkat penerangan sekelilingnya atau latar belakangnya. Gejala kesilauan dapat juga terjadi apabila jumlah dan posisi peletakan lampu-lampu penerangan dalam suatu ruangan kerja berada dalam medan pandang. Untuk mengurangi pengaruh kesilauan dalam suatu ruangan dapat dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut :

1. Mengurangi jumlah cahaya lampu yang berada dalam medan pandang yaitu dengan memasang penutup transparan (kap) pada lampu tersebut sehingga distribusi cahaya yang jatuh pada medan pandang menjadi berkurang.
2. Memperbesar jarak ketinggian letak lampu (umumnya pada ruangan-ruangan yang besar).
3. Mengecat langit-langit dan dinding dengan cat berwarna terang sehingga dapat mengurangi kontras antara cahaya yang dipancarkan lampu-lampu penerangan dan bagian-bagian lain yang berada di sekeliling ruangan.

Kesilauan dapat terjadi secara langsung dari sumber cahaya ataupun melalui pantulan. Kesilauan karena pantulan biasanya terjadi karena bidang yang diterangi bersifat mengkilap sehingga bayangan lampu ataupun sebagian besar cahaya dipantulkan ke mata. Salah satu contoh jenis kesilauan ini terjadi pada saat membaca atau menulis di atas kertas mengkilap dimana kertas tersebut memancarkan kembali cahaya lampu ke arah mata sehingga menimbulkan kesilauan dan mengganggu penglihatan. Untuk mengurangi gangguan penglihatan ini maka letak lampu penerangan diatur demikian rupa sehingga arah datangnya cahaya ke bidang baca adalah dari sudut samping.



Gambar (2.8) Pengaturan Arah Cahaya Pada Meja Kerja

Letak lampu dalam gambar di atas harus diatur demikian rupa sehingga pantulan cahaya yang tajam dari bidang baca yang mengkilap tidak mengenai mata. Untuk itu disarankan agar letak lampu penerangan tidak dari arah depan tetapi harus dari arah samping.

h. Besaran-Besaran Penerangan

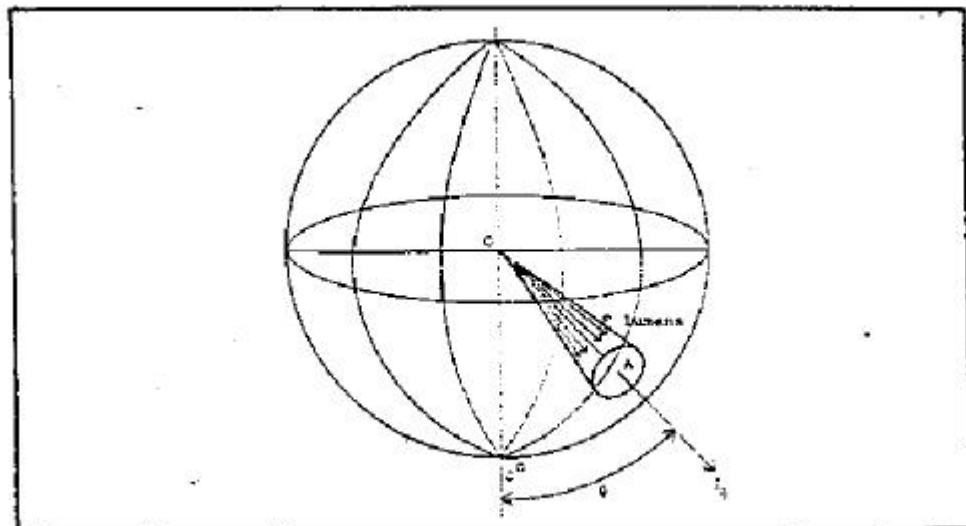
Dalam teknik penerangan dikenal besaran-besaran penerangan fluks cahaya, illuminasi, intensitas cahaya dan luminasi.

1. Fluks cahaya; besaran fluks cahaya dinotasikan dengan simbol (Φ), adalah kelompok berkas cahaya yang dipancarkan suatu sumber cahaya setiap satu detik. Fluks cahaya diukur dalam satuan lumen. Sebagai contoh lampu halogen 500 watt/220 Volt mengeluarkan cahaya sebanyak 9500 lumen, lampu merkuri fluoresen 125 watt/220 volt mengeluarkan fluks cahaya sebanyak 5800 lumen. Umumnya lampu-lampu listrik dengan ukuran watt tertentu, menghasilkan jumlah fluks cahaya tertentu. Perbandingan antara jumlah fluks cahaya yang dihasilkan dan jumlah watt yang diserap rangkaian lampu disebut efficiency cahaya lampu tersebut. Sebagai contoh lampu

fluorescent dengan nomor kode warna 54 memiliki efficiency 69 (lumen/watt), lampu fluorescent dengan nomor kode warna 83 memiliki efficiency 96 (lumen/watt). Selanjutnya perbandingan antara fluks cahaya yang dipancarkan armatur lampu dan jumlah fluks cahaya yang dipancarkan lampunya sendiri disebut light output ratio atau disingkat LOR armatur lampu tersebut. Nilai LOR biasanya dicantumkan pada katalog. Jadi armatur dengan nilai LOR tertentu akan memancarkan sejumlah fluks cahaya tertentu pada bidang kerja.

2. Intensitas Cahaya; besaran intensitas cahaya dinotasikan dengan simbol (I). Konsep intensitas cahaya dipakai untuk menerangkan pancaran fluks cahaya dalam arah tertentu, dari suatu permukaan yang memancarkan cahaya. Permukaan dimaksud bisa berupa permukaan-permukaan lampu atau armatur lampu dan bisa juga berupa permukaan-permukaan yang memantulkan atau yang meneruskan cahaya.

Intensitas cahaya didefinisikan sebagai jumlah fluks cahaya yang dipancarkan suatu sumber cahaya per satuan sudut ruang, dalam arah tertentu. Untuk jelasnya perhatikan gambar (2.9) berikut ini.



Gambar (2.9) Ilustrasi Penjelasan Intensitas Cahaya

Salah satu sifat cahaya, dapat merambat ke segala penjuru. Sehubungan dengan sifat tersebut, maka sumber cahaya dapat dibayangkan terletak pada pusat bola dan dilingkupi oleh bidang bola tersebut. Bangun kerucut dalam gambar di atas memperlihatkan pancaran fluks cahaya dalam arah tertentu yaitu θ^0 dari sudut referensi 0^0 . Jadi intensitas cahaya dalam arah tersebut (I_θ), secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$I_\theta = \frac{\Phi}{\Omega}$$

Dimana :

I_θ = Intensitas cahaya dalam arah θ^0 , dinyatakan dalam satuan lumen per steradian atau candela (Cd)

Φ = Fluks cahaya, dalam satuan lumen (lm)

Ω = Sudut ruang, dinyatakan dalam steradian (Sr)

Intensitas Cahaya (I) biasanya disebut juga dengan nama candle power (cp). Harga rata-rata candle power suatu sumber cahaya adalah harga rata-rata untuk semua arah, dan merupakan hasil bagi fluks cahaya total yang dipancarkan dengan faktor 4π . Apabila harga rata-rata dimaksud diperhitungkan untuk setengah bidang bola maka besarnya sama dengan hasil bagi fluks cahaya total yang dipancarkan setengah bidang bola dengan faktor 2π .

Contoh soal :

Sebuah selubung lampu tembus cahaya terbuat dari bahan gelas berbentuk bundar dengan diameter 20 cm, digunakan untuk menyelubungi lampu listrik 100 cd. Apabila 20% cahaya lampu diserap oleh selubung dimaksud, hitunglah intensitas cahaya rata-rata yang dipancarkan lampu setelah diselubungi.

Jawab :

$$I_\theta = \frac{\Phi_T}{\Omega_T}$$

$$100 = \frac{\Phi}{4\pi}$$

$$\Phi = 4\pi \times 100 \text{ lumen}$$

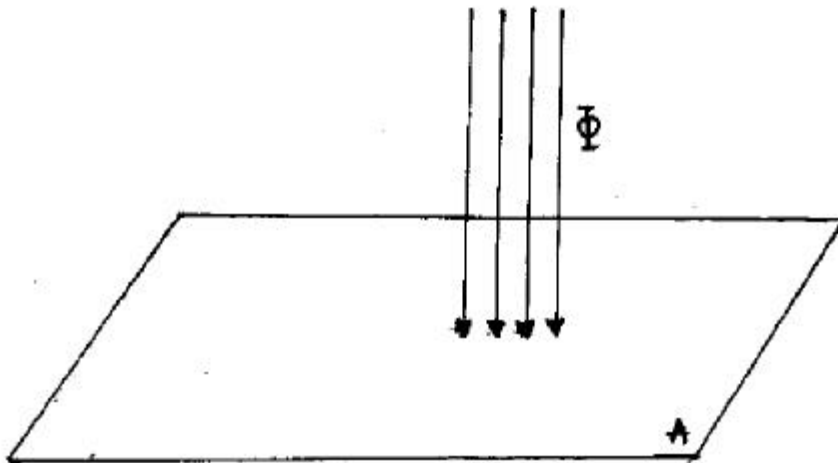
Φ_T adalah fluks cahaya yang dihasilkan oleh lampu. Dua puluh persen fluks ini diserap oleh selubung lampu sehingga total fluks cahaya yang dipancarkan lampu setelah diselubungi adalah : $(80/100) \times 4000 = 3200$ lumen.

$$\text{Intensitas cahaya rata-rata} = \frac{3200}{40} \text{cd} = 80 \text{cd}$$

3. Illuminasi; besaran illuminasi dinotasikan dengan huruf (E) dan dinyatakan dalam satuan lumen per meter persegi atau lux. Apabila suatu permukaan seluas A meter persegi menerima fluks cahaya sebanyak Φ lumen maka illuminasi rata-rata pada bidang tersebut adalah (Φ / A) lux. Apabila luas permukaan A terukur dalam satuan feet dan fluksi cahaya Φ dalam satuan lumen maka illuminasi (E) dinyatakan dalam satuan footcandle (fc). Secara matematis, illuminasi pada suatu bidang kerja dapat ditulis sebagai berikut :

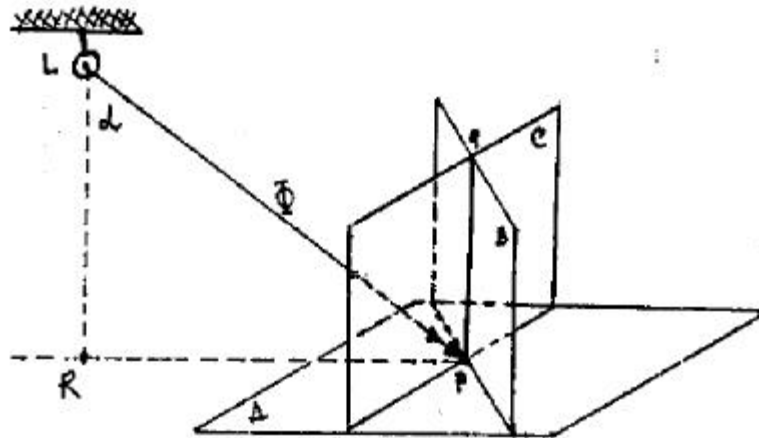
$$E = \frac{\Phi}{A} \dots\dots\dots (i)$$

Persamaan (i) berlaku apabila fluksi cahaya tegak lurus terhadap bidang A (lihat gambar (2.10) berikut ini) :



Gambar (2.10) Ilustrasi Penjelasan Konsep Illuminasi

Dalam kenyataan tidak selamanya fluksi cahaya dari lampu penerangan jatuh tegak lurus pada bidang kerja, tetapi umumnya selalu membentuk sudut lebih besar atau lebih kecil dari 90^0 (lihat gambar (2.11) berikut ini) :



Gambar (2.11) Ilustrasi Penjelasan Konsep Illuminasi Untuk Cahaya Yang Tidak Tegak Lurus Bidang Kerja

Komponen fluksi cahaya yang tegak lurus bidang horizontal (A) adalah $E_H = E \cos \theta$. Dengan demikian illuminasi horizontal pada bidang horizontal (A) dapat ditulis sebagai berikut :

$$E_H = \frac{E \cos \theta}{A}$$

Selanjutnya komponen fluksi cahaya yang tegak lurus bidang vertikal yang dibentuk melalui garis potong PQ adalah $E_V = E \sin \theta$. Apabila luas bidang vertikal dimaksud adalah x maka illuminasi vertikal dapat ditulis sebagai berikut :

$$E_V = \frac{E \sin \theta}{x}$$

Menurut hukum kwadrat jarak, illuminasi pada suatu tempat akan sebanding dengan intensitas cahaya dan berbanding terbalik dengan kwadrat jarak antara sumber cahaya dan bidang yang diterangi.

Apabila intensitas cahaya ke arah bidang yang diterangi adalah (I) cd dan jarak antara sumber cahaya dan bagian bidang yang diterangi adalah (d) meter maka illuminasi pada bidang tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

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

Persamaan (ii) berlaku jika fluksi cahaya jatuh tegak lurus pada bidang yang diterangi. Tetapi apabila posisi lampu dan bidang seperti dalam gambar (2.11) di atas maka persamaan (ii) dapat ditulis sebagai berikut :

$$E_{\text{Horizontal}} (E_H) ? \frac{I \cos \theta}{(LP)^2}$$

$$E_{\text{Vertikall}} (E_V) ? \frac{I \sin \theta}{(LP)^2}$$

Illuminasi horizontal (E_H) pada titik P dalam gambar (2.11) di atas dapat juga dijabarkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E_P &? \frac{I \cos \theta}{(LP)^2} \\ &? \frac{I (LR)}{(LP)^2 (LP)} \\ &? \frac{I (LR)}{(LP)^2 (LP)} \times \frac{(LR)^2}{(LR)^2} \\ &? \frac{I}{(LR)^2} \times \frac{(LR)^3}{(LP)^3} \\ &= E_R \cos^3 \theta \dots\dots\dots (iii) \end{aligned}$$

E_P dan E_R dalam persamaan (iii) di atas masing-masing menyatakan illuminasi horizontal pada titik P dan illuminasi horizontal pada titik R.

Illuminasi horizontal harus direncanakan dengan baik karena illuminasi ini yang menentukan tingkat terangnya suatu bidang kerja. Illuminasi vertikal dihitung pada bidang vertikal yang tegak lurus dengan arah pandang. Dalam praktek illuminasi vertikal otomatis terpenuhi jika illuminasi horizontal yang diperlukan telah memenuhi. Biasanya tingkat illuminasi pada lokasi-lokasi tertentu telah ditetapkan oleh rekomendasi-rekomendasi. Sebagai contoh SAA code (AS 1680) menetapkan rekomendasi tingkat illuminasi di beberapa tempat kerja pemeriksaan dan pengujian teknik adalah 400 lux. Jadi jumlah fluksi cahaya yang harus sampai ke bidang kerja seluas 200 m² adalah 400 lux x 200 m² = 80.000 lumen.

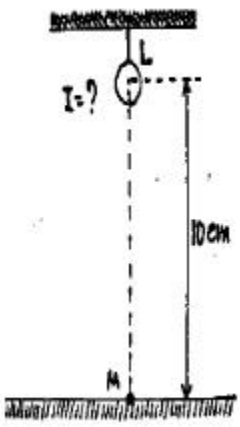
Contoh Soal

Hitunglah intensitas cahaya yang diperlukan untuk menghasilkan illuminasi 10 lux pada suatu bidang kerja yang mempunyai jarak 10 meter dari lampu penerangannya jika :

- a. Arah cahaya lampu tegak lurus terhadap bidang kerja.
- b. Arah cahaya lampu membentuk sudut 60° terhadap garis normal pada bidang kerja.

Jawab.

a.



$$E = \frac{I}{d^2}$$

$$I = E d^2$$

$$= 10 \times 10^2$$

$$= 100 \text{ (cd)}$$

$$E = \frac{I}{d^2}$$

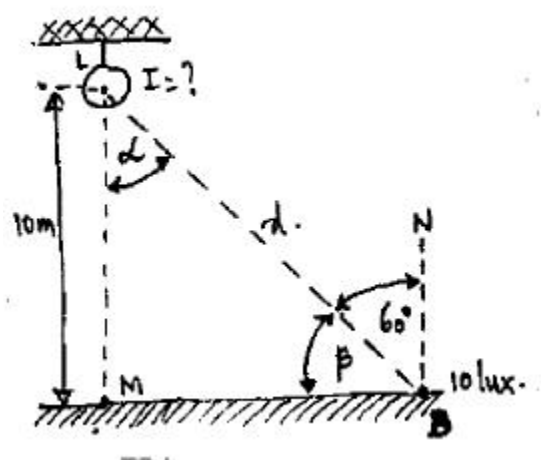
$$I = E d^2$$

$$= 10 \times 10^2$$

$$= 100 \text{ (cd)}$$

Gambar (2.12) Menentukan Intensitas Cahaya, Jika Arah Cahaya Tegak Bidang Kerja

b.



$$? = 60^\circ$$

$$? = 90^\circ - 60^\circ$$

$$= 30^\circ$$

$$\sin \beta = \frac{LM}{LB}$$

$$? = \frac{LM}{d}$$

$$d = \frac{LM}{\sin \beta}$$

$$? = \frac{10}{(1/2)}$$

$$? = 20 \text{ m}$$

$$? = 60^\circ$$

$$? = 90^\circ - 60^\circ$$

$$= 30^\circ$$

$$\sin \beta = \frac{LM}{LB}$$

$$? = \frac{LM}{d}$$

$$d = \frac{LM}{\sin \beta}$$

$$? = \frac{10}{(1/2)}$$

$$? = 20 \text{ m}$$

Gambar (2.13) Menentukan Intensitas Cahaya Jika Arah Cahaya Membentuk Sudut $?$ terhadap vertikal

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

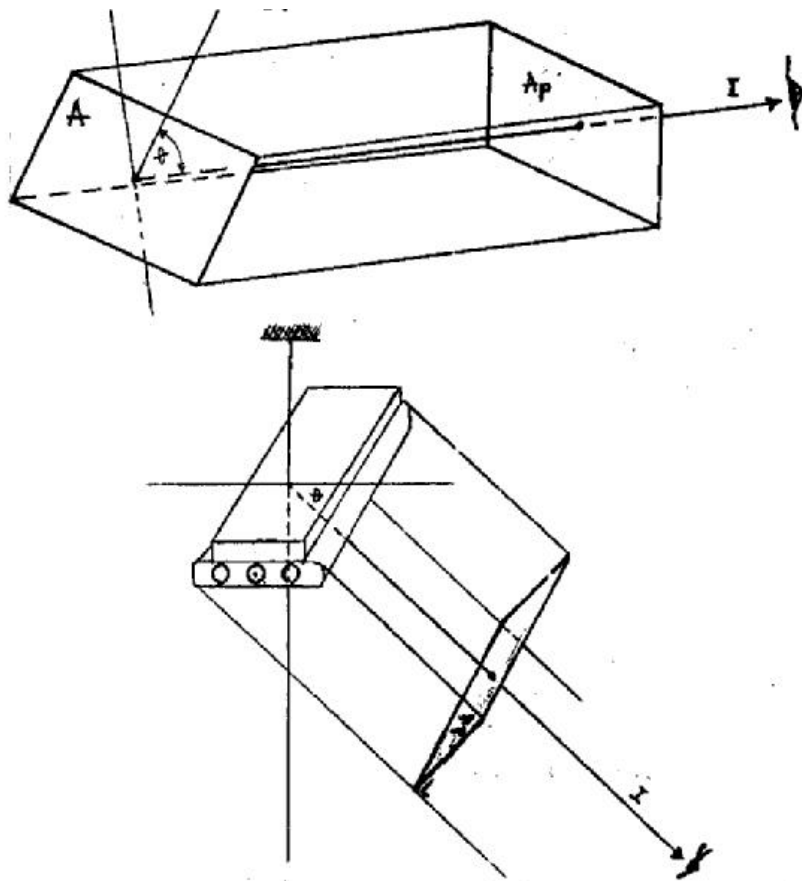
$$10 = \frac{I \cos 60^\circ}{400}$$

$$I = 8000 \text{ (cd)}$$

4. Luminasi; besaran luminasi dinotasikan dengan huruf (L) dan dinyatakan dalam satuan candela per meter persegi (cd/m^2).

Luminasi didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas cahaya (I) dari suatu obyek yang memancarkan cahaya dalam arah tertentu, dengan luas bidang proyeksinya (A_p) dalam arah dimaksud.

Obyek yang memancarkan cahaya dapat langsung dari lampu, atau merupakan pantulan dari suatu bidang permukaan.



Gambar (2.14) Ilustrasi Penjelasan Konsep Luminasi

Apabila (A) adalah luas suatu permukaan yang dilihat dari arah tertentu dan mempunyai intensitas cahaya (I) maka luminasinya dalam arah tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

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

$$= \frac{I}{A \sin (90 - \theta)}$$

Contoh Soal :

Dua buah obyek besar dan kecil, masing-masing memancarkan cahaya ke arah pengamat yang berada pada jarak 300 m. Obyek yang berukuran besar adalah dinding sebuah bangunan yang memiliki luas permukaan 400 m² disoroti dengan lampu listrik sehingga memantulkan cahaya 5000 cd tegak lurus ke arah pengamat. Obyek yang berukuran kecil adalah sebuah lampu sinyal dengan luas permukaan 0,1 m², memancarkan cahaya 5000 cd tegak lurus ke arah pengamat. Hitunglah Illuminasi dan Luminasi disisi pengamat.

Jawab :

I. Perhitungan untuk dinding bangunan :

$$\begin{aligned} \text{a. Illuminasi (E}_B) &= \frac{I \cos \theta}{d^2} \\ &= \frac{5000 \cos 0^\circ}{(300)^2} \text{ (lux)} \\ &= 0,06 \text{ lux} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Luminasi (L}_B) &= \frac{I}{A \sin (90 - \theta)} \\ &= \frac{5000}{400} \text{ (cd/m}^2\text{)} \\ &= 12,5 \text{ (cd/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

II. Perhitungan untuk lampu sinyal :

$$\text{a. Illuminasi (E}_S) = \frac{I \cos \theta}{d^2}$$

$$= \frac{5000 \cos 0^0}{(300)^2} \text{ (lux)}$$

$$= 0,06 \text{ lux}$$

$$\text{b. Luminasi (L}_s\text{)} = \frac{I}{A \sin (90 - \theta)}$$

$$= \frac{5000}{0,1} \text{ (cd/m}^2\text{)}$$

$$= 50000 \text{ (cd/m}^2\text{)}$$

i. Konversi Satuan Illuminasi dan Luminasi

Sistem satuan internasional besaran-besaran penerangan didasarkan pada satuan lumen, candela, meter dan detik. Beberapa contoh besaran penerangan dengan sistem satuan internasionalnya adalah sebagai berikut :

- a. Intensitas cahaya (I) \approx lumen per steradian (lm/sr) atau candela (cd)
- b. Fluksi cahaya (θ) \approx lumen (lm).
- c. Efficiency cahaya (θ) \approx lumen per watt (lm/?).
- d. Illuminasi (E) \approx lumen per meter persegi (lm/m²) atau lux
- e. Luminasi (L) \approx candela per meter persegi (cd/m²) atau nit.

Illuminasi (E) dapat juga dinyatakan dalam satuan lumen per foot persegi (lm/ft²) atau footcandle, dimana 1 (lm/ft²) setara dengan 10,76 lux atau 1 lux setara dengan 0,0929 (lm/ft²). Selanjutnya Luminasi (L) dapat juga dinyatakan dalam satuan-satuan sebagai berikut :

- a. Candela per inchi persegi (cd/in²)
- b. Candela per centimeter persegi (cd/cm²) atau stilb (sb).
- c. Footlambert (ft-L)
- d. Apostilb (asb).
- e. Lambert
- f. Mili Lambert

Faktor konversi masing-masing Satuan Luminasi (L) dapat dilihat dalam tabel (2.1) di bawah ini.

Tabel (2.1) Faktor Konversi Satuan Luminasi (L)

Mengkonversi Satuan Luminasi (L) dalam lajur ini _____								
Terhadap satuan luminasi (L) dalam lajur ini	Faktor Pengali	cd/m ²	cd/in ¹	ft-L	asb	sb	lambert	mililambert
		cd/m ²	1	1550	3,43	0,318	10000	3180
cd/in ¹	0,000645	1	0,00221	0,000205	6,45	2,05	0,00205	
ft-L	0,929	452	1	0,0929	2920	929	0,929	
asb	3,14	4970	10,8	1	31400	10000	10	
sb	0,0001	0,155	0,000343	0,0000318	1	0,318	0,000318	
lambert	0,000314	0,487	0,00108	0,0001	3,14	1	0,001	
mililambert	0,314	487	1,08	0,1	3140	1000	1	

j. Rangkuman

Penguasaan konsep cahaya dan penglihatan diperlukan seorang teknisi agar dapat merencanakan dan memasang instalasi penerangan yang memadai, nyaman dan menyenangkan.

Pemahaman susunan spektrum cahaya dalam kaitannya dengan proses penglihatan mata manusia, dapat dijadikan sebagai pertimbangan untuk membangun penampilan penerangan yang baik. Materi lain yang juga perlu dipahami dalam kerangka tujuan dimaksud adalah : efek radiasi infra merah dan ultraviolet, karakteristik kepekaan penglihatan mata manusia, akomodasi dan adaptasi mata yang terjadi secara otomatis dan terkadang menimbulkan kelelahan penglihatan, tergantung pada jumlah dan komposisi cahaya dalam suatu ruangan.

Materi yang berkaitan dengan pengetahuan kontras, perhitungan kebutuhan fluksi cahaya, illuminasi, luminasi pada suatu lokasi penerangan dan candle power

sumber cahaya yang diperlukan, dibahas dalam modul ini sebagai bekal pertimbangan teknisi untuk mengatur kualitas pencahayaan dan meningkatkan ketajaman penglihatan mata manusia terhadap objek yang berada di sekeliling kolasi penerangan.

k. Tugas-tugas Terstruktur Kegiatan Belajar ke-1

1. Sebuah bidang horizontal seluas 4 m^2 menerima fluksi cahaya total sebanyak 15 lumen. Bidang horizontal ini terletak 2,5 meter dari sebuah lampu listrik. Hitunglah intensitas cahaya lampu dimaksud.
2. Sebuah bola lampu berdiameter 10 cm memancarkan fluksi cahaya 1000 lumen merata ke segala penjuru, hitunglah :
 - a. Intensitas cahaya lampu
 - b. Luminasi (L) lampu
3. Sebuah lampu sorot memiliki luminasi (L) 4,650 kilo candela per meter persegi dengan luas bidang proyeksi 25 cm^2 . Hitunglah intensitas cahaya lampu tersebut.
4. Sebuah lampu listrik berdiameter 30 cm, memiliki luminasi 1,55 kilo candela per meter persegi, ditempatkan 2 meter di atas bidang horizontal. Hitunglah illuminasi (E) pada bidang horizontal, tepat di bawah lampu tersebut.
5. Sebuah lampu listrik 1200 lumen ditempatkan pada pusat bola gelas yang memiliki diameter 25 cm. Apabila 25% cahaya lampu diserap oleh bola gelas, hitunglah Luminasi (L) bola gelas tersebut.
6. Sebuah lampu 500 candela ditempatkan pada ketinggian 15 meter dari bidang kerja. Hitunglah illuminasi pada satu titik dibidang kerja jika pancaran cahaya lampu ke titik itu membentuk sudut 25° terhadap garis normal
7. Suatu bidang kerja terilluminasi sebesar 2 lux dan terletak 20 meter dari sebuah lampu 1500 candela. Hitunglah sudut pancaran cahaya lampu terhadap garis normal yang datang ke bidang kerja dimaksud.
8. Permukaan sebuah meja yang tingginya 1 meter dari lantai terilluminasi sebesar 50 lux oleh sebuah lampu 8000 candela. Jika sudut pancaran cahaya lampu terhadap garis normal, ke permukaan meja adalah 60° , hitunglah ketinggian letak lampu terhadap lantai.

III. EVALUASI

A. EVALUASI KEGIATAN BELAJAR KE – 1.

I. Soal Pilihan Ganda

Pilih salah satu jawaban yang paling benar dari alternatif jawaban soal - berikut ini :

- 1) Energi yang dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetis dapat merangsang retina mata, sehingga menghasilkan penglihatan adalah ;
 - a. Sinar ultraviolet
 - b. Sinar inframerah
 - c. Sinar gama
 - d. Cahaya

- 2). Energi radian berikut ini yang memiliki frekuensi terbesar adalah ;
 - a. Sinar ultraviolet
 - b. Sinar inframerah
 - c. Sinar gama
 - d. Cahaya

- 3). Energi radian berikut ini yang memiliki panjang gelombang terpanjang adalah ;
 - a. Sinar gama
 - b. Sinar – x
 - c. Sinar inframerah
 - d. Gelombang radio

- 4). Energi radian yang dipergunakan untuk mendeteksi organ-organ manusia bagian dalam adalah ;
- Sinar gama
 - Sinar – x
 - Sinar ultraviolet
 - Sinar inframerah
- 5). Kecepatan rambat gelombang elektromagnetis adalah ;
- 299860 (Km/detik)
 - 200.000 (Km/detik)
 - 1599780 (Km/detik)
 - 100.000 (Km/detik)
- 6). Frekuensi cahaya hijau dengan panjang gelombang 500 nano adalah;
- (82956×10^{10}) HZ
 - (59972×10^{10}) HZ
 - (85976×10^9) HZ
 - (75000×10^9) HZ
- 7). Susunan deretan radiasi elektromagnetis menurut tingkatan frekuensi panjang gelombang disebut ;
- Spektrum gelombang elektromagnetis
 - Spektrum cahaya
 - Spektrum warna cahaya
 - Spektrum gelombang radio dan radar

- 8). Cahaya yang dapat menghasilkan penglihatan terletak dalam d spektrum gelombang elektromagnetis pada batas panjang gelombang sebagai berikut ;
- 100 nm s/d 380 nm
 - 380 nm s/d 780 nm
 - 780 nm s/d 1050 nm
 - 1280 nm s/d 1780 nm
- 9). Cahaya kuning dalam deretan spektrum cahaya terletak pada panjang gelombang sebagai berikut ;
- 380 nm s/d 450 nm
 - 450 nm s/d 490 nm
 - 490 nm s/d 560 nm
 - 560 nm s/d 590 nm
- 10) Cahaya biru dalam deretan spektrum cahaya terletak pada batas panjang gelombang sebagai berikut ;
- 380 nm s/d 450 nm
 - 450 nm s/d 490 nm
 - 490 nm s/d 560 nm
 - 560 nm s/d 590 nm
- 11). Cahaya merah dalam deretan spektrum cahaya terletak pada batas panjang gelombang sebagai berikut ;
- 490 nm s/d 560 nm
 - 560 nm s/d 590 nm
 - 590 nm s/d 630 nm
 - 630 nm s/d 780 nm

- 12). Cahaya orange dalam deretan spektrum cahaya terletak pada batas panjang gelombang sebagai berikut ;
- 490 nm s/d 560 nm
 - 560 nm s/d 590 nm
 - 590 nm s/d 630 nm
 - 630 nm s/d 780 nm
- 13). Ultraviolet – A dari matahari teradiasi pada panjang gelombang sebagai berikut ;
- 220 nm s/d 160 nm
 - 285 nm s/d 220 nm
 - 320 nm s/d 285 nm
 - 380 nm s/d 320 nm
- 14). Ultraviolet – C dari matahari teradiasi pada panjang gelombang sebagai berikut ;
- 220 nm s/d 160 nm
 - 285 nm s/d 220 nm
 - 320 nm s/d 285 nm
 - 380 nm s/d 320 nm
- 15). Ultraviolet – B dari matahari teradiasi pada panjang gelombang sebagai berikut ;
- 220 nm s/d 160 nm
 - 285 nm s/d 220 nm
 - 320 nm s/d 285 nm
 - 380 nm s/d 320 nm

- 16). Golongan ultraviolet yang diradiasikan matahari tetapi tidak sampai ke permukaan bumi (diserap oleh atmosfer) adalah ;
- Ultraviolet – A
 - Ultraviolet – A dan B
 - Ultraviolet – B dan C
 - Ultraviolet – C
- 17). Golongan ultraviolet dari matahari yang sampai ke permukaan bumi adalah ;
- Ultraviolet – A
 - Ultraviolet – A dan B
 - Ultraviolet – B dan C
 - Ultraviolet – C
- 18). Golongan ultraviolet dari matahari yang membahayakan adalah ;
- Ultraviolet – A
 - Ultraviolet – A dan B
 - Ultraviolet – B dan C
 - Ultraviolet – C
- 19). Golongan ultraviolet dari matahari yang dapat mengaktifkan zat pelepasan melanin adalah ;
- Ultraviolet – C
 - Ultraviolet – B
 - Ultraviolet – A
 - Ultraviolet – A dan B

- 20). Golongan ultraviolet dari matahari yang dapat menghasilkan vitamin adalah
- Ultraviolet – C
 - Ultraviolet – B
 - Ultraviolet – A
 - Ultraviolet – A dan B
- 21). Golongan ultraviolet dari matahari yang dapat membunuh t
pembusuk adalah ;
- Ultraviolet – C
 - Ultraviolet – B
 - Ultraviolet – A
 - Ultraviolet – A dan B
- 22). Inframerah teradiasi pada deretan spektrum gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang antara ;
- 100 nm s/d 780 nm
 - 200 nm s/d 780 nm
 - 100 atau 200 nm s/d 780 nm
 - 780 nm s/d (100 atau 200 mikro meter)
- 23). Gerhana matahari yang dapat membutakan mata, karena retina dibakar oleh ;
- Radiasi ultraviolet
 - Radiasi inframerah
 - Radiasi sinar – x
 - Radiasi sinar gama

- 24). Para pekerja diindustri penempaan besi dan industri gelas, dalam s
waktu tertentu akan terkena serangan sakit katarak mata karena s
bertahap teradiasi oleh ;
- a. Radiasi ultraviolet
 - b. Radiasi inframerah
 - c. Radiasi sinar – x
 - d. Radiasi sinar gama
- 25). Bentuk bola mata hampir bulat dengan diameter sekitar ;
- a. 1 Cm
 - b. 1,5 Cm
 - c. 2,5 Cm
 - d. 3,5 Cm
- 26). Lapisan pembungkus bola mata (sclera) mempunyai ketebalan sek
- a. 0,5 mm
 - b. 0,75 mm
 - c. 1 mm
 - d. 1,5 mm
- 27). Seperenam luas sclera dibagian depan bola mata merupakan l
bening yang disebut ;
- a. Cornea
 - b. iris
 - c. pupil
 - d. retina

- 28). Bagian mata yang dapat membuka atau menutup secara otomatis menurut jumlah cahaya yang masuk kedalam mata adalah ;
- Cornea
 - iris
 - pupil
 - retina
- 29). Diameter bukaan bagian mata tersebut dalam soal nomor 28 berkisar antara ;
- 2 s/d 8 mm
 - 2 s/d 6 mm
 - 1 s/d 4 mm
 - 1 s/d 3 mm
- 30). Ketebalan bagian retina mata berkisar antara ;
- 0,04 s/d 0,06 inchi
 - 1,004 s/d 0,02 inchi
 - 0,002 s/d 0,004 inchi
 - 0,001 s/d 0,003 inchi
- 31). Bagian retina mata berupa lapisan serat saraf yang peka terhadap cahaya adalah ;
- Cell ganglion
 - serat saraf optik
 - cone dan rod
 - cell bipolar

- 32). Serat saraf pada mata yang dapat membedakan warna adalah ;
- Cone
 - Rod
 - Serat saraf optik
 - Cell ganglion
- 33). Serat saraf peka cahaya yang letaknya tersebar sepanjang retina adalah ;
- Cone
 - Rod
 - Serat saraf optik
 - Cell ganglion
- 34). Serat saraf peka cahaya yang letaknya terkonsentrasi pada fovea adalah ;
- Cell ganglion
 - Cell bipolar
 - Rod
 - Cone
- 35). Suatu benda dapat dilihat dengan jelas bila bayangan benda tersebut jatuh pada ;
- Bintik buta
 - Bintik kuning (fovea)
 - Serat saraf optik
 - Cell ganglion

- 36). Diantara cornea dan lensa terdapat cairan encer yaitu ;
- Vitreous humour
 - Liquides humour
 - Water humour
 - Aquerus humour
- 37). Diantara lensa mata dan bagian belakang mata terdapat cairan kental
- Vitreous humour
 - Liquides humour
 - Water humour
 - Aquerus humour
- 38). Kepekaan penglihatan mata manusia untuk penglihatan siang hari, t
pada panjang gelombang ;
- 450 nm
 - 507 nm
 - 555 nm
 - 650 nm
- 39). Kepekaan penglihatan mata manusia untuk penglihatan malam hari t
pada panjang gelombang ;
- 450 nm
 - 507 nm
 - 555 nm
 - 650 nm

- 40). Luminasi terendah dimana efek cahaya dapat menghasilkan penglihatan adalah ;
- $5 \times 10^{-6} \text{ (cd/m}^2 \text{)}$
 - $3 \times 10^{-6} \text{ (cd/m}^2 \text{)}$
 - $2 \times 10^{-6} \text{ (cd/m}^2 \text{)}$
 - $10^{-6} \text{ (cd/m}^2 \text{)}$
- 41). Luminasi untuk penglihatan dalam suasana kurang cahaya (Sc vision) berkisar antara ;
- $(10^{-6} \text{ s/d } 10^{-2}) \text{ cd/m}^2$
 - $(10^{-8} \text{ s/d } 10^{-2}) \text{ cd/m}^2$
 - $(10^{-10} \text{ s/d } 10^{-4}) \text{ cd/m}^2$
 - $(10^{-12} \text{ s/d } 10^{-2}) \text{ cd/m}^2$
- 42). Luminasi untuk penglihatan dalam suasana terang (Photopic Vision) berkisar antara ;
- $(10^{-8} \text{ s/d } 10^{-2}) \text{ cd/m}^2$
 - $(10^{-7} \text{ s/d } 10^{-3}) \text{ cd/m}^2$
 - $(10^{-6} \text{ s/d } 10^{-2}) \text{ cd/m}^2$
 - diatas $(10^{-2}) \text{ cd/m}^2$
- 43). Tingkat luminasi pada suatu lokasi penerangan dimana penglihatan seseorang dapat mendeteksi warna adalah ;
- $10^{-1} \text{ (cd/m}^2 \text{)}$
 - $10^{-3} \text{ (cd/m}^2 \text{)}$
 - $10^{-5} \text{ (cd/m}^2 \text{)}$
 - $10^{-7} \text{ (cd/m}^2 \text{)}$

- 44). Kerja otomatis lensa mata untuk memfokuskan bayangan objek yang maupun dekat agar jatuh tepat pada fovea disebut ;
- Adaptasi mata
 - Akomodasi mata
 - Ketajaman penglihatan mata
 - Contrast
- 45). Mata orang yang tidak dapat berakomodasi tetapi dapat melihat obyek di dekatnya, maka orang tersebut harus menggunakan kaca dengan jenis lensa ;
- Datar
 - Cembung
 - Cekung
 - Double
- 46). Mata orang yang tidak dapat berakomodasi tetapi dapat melihat obyek yang jauh dari padanya, maka orang tersebut harus menggunakan kacamata dengan jenis lensa ;
- Datar
 - Cembung
 - Cekung
 - Double
- 47). Bayangan obyek pada mata orang berpenglihatan dekat, jatuh ;
- Tepat pada retina
 - Dibelakang retina
 - Didepan retina
 - Terbalik didepan retina

- 48). Bayangan obyek pada mata orang berpenglihatan jauh, jatuh ;
- Tepat pada retina
 - Dibelakang retina
 - Didepan retina
 - Terbalik didepan retina
- 49). Kerja otomatis mata manusia untuk menyesuaikan penglihatan me besarnya intensitas cahaya disebut ;
- Adaptasi mata
 - Akomodasi mata
 - Ketajaman penglihatan mata
 - Contrast
- 50). Perbedaan terang atau warna obyek yang dilihat dengan latar belaka disebut ;
- Adaptasi mata
 - Akomodasi mata
 - Ketajaman penglihatan mata
 - Contrast
- 51). Apabila obyek dan latar belakangnya terlihat lebih banyak memanc cahaya dibanding bagian-bagian lain di sekelilingnya maka dikatakan bahwa ;
- Nilai adaptasi mata dilokasi penerangan tersebut tinggi
 - Nilai akomodasi mata dilokasi penerangan tersebut tinggi
 - Ketajaman penglihatan mata,tinggi
 - Kepekaan contrast dilokasi penerangan tersebut tinggi

- 52). Apabila obyek dan latar belakangnya terlihat lebih sedikit memancarkan cahaya dibanding bagian-bagian lain di sekelilingnya maka ;
- Obyek yang dilihat tidak dapat diidentifikasi dengan jelas
 - Kepekaan contrast dilokasi penerangan tersebut, rendah
 - Nilai adaptasi dan okomodasi mata, rendah
 - Jawaban a dan b benar
- 53). Kemampuan mata manusia untuk dapat melihat jelas suatu obyek mendetail disebut ;
- Adaptasi mata
 - Akomodasi mata
 - Ketajaman penglihatan mata
 - Contrast
- 54). Kondisi penerangan dimana beberapa bagian medan pandang memiliki jumlah pancaran/pantulan cahaya ekstrim lebih banyak dibanding bagian-bagian lain yang berada dalam medan pandang dimaksud disebut ;
- Bayangan Obyek
 - Kesilauan
 - Contrast
 - Stroboscopic effect
- 55). Jumlah kelompok berkas cahaya yang dipancarkan suatu sumber cahaya setiap detik adalah definisi dari ;
- Fluksi cahaya
 - Intensitas cahaya
 - Luminasi
 - Illuminasi

- 56). Perbandingan antara jumlah fluksi cahaya yang dihasilkan dan j watt yang diserap rangkaian lampu disebut ;
- Efficacy cahaya lampu
 - Intensitas cahaya
 - Tingkat kecerahan lampu
 - Tingkat penerangan lampu
- 57). Jumlah fluksi cahaya yang dipancarkan suatu sumber cahaya per sudut ruang, dalam arah tertentu adalah definisi dari ;
- Fluksi cahaya
 - Intensitas cahaya
 - Luminasi
 - Illuminasi
- 58). Perbandingan antara intensitas cahaya dari suatu obyek memancarkan cahaya dalam arah tertentu dengan luas bidang proyol dalam arah dimaksud adalah definisi dari ;
- Fluksi cahaya
 - Intensitas cahaya
 - Luminasi
 - Illuminasi
- 59). Satuan fluksi cahaya adalah ;
- Candela (cd)
 - Lumen (lm)
 - Lux
 - (cd/m²)

- 60). Satuan Sudut ruang adalah ;
- Lumen (lm)
 - Lux
 - Stradian (Sr)
 - Derajat
- 61). Satuan intensitas cahaya atau candle power adalah ;
- (lumen / steradian)
 - (lumen / m²)
 - Candela (cd)
 - Jawaban a dan c benar
- 62). Satuan luminasi adalah ;
- (cd/m²)
 - (lm/Sr)
 - Lux
 - (lm/m²)
- 63). Satuan illuminasi adalah ;
- (cd/m²)
 - (lm/m²)
 - Lux
 - Jawaban b dan c benar
- 64). Satuan efficacy cahaya adalah ;
- (lm/m²)
 - (lm/watt)
 - (lm/Sr)
 - (cd/m²)

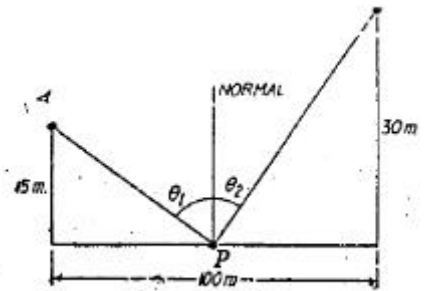
- 65). Satu footcandle setara dengan ;
- 10,76 lux
 - 0,0929 candela
 - 0,0929 asb
 - 10,76 (candela / m²)
- 66). Satu (cd/m²) setara dengan ;
- 0,318 asb
 - 3180 lambert
 - 10000 sb
 - 0,292 footlambert
- 67). Satu asb setara dengan ;
- 3,14 (cd/m²)
 - 10,8 footlambert
 - 0,0000318 sb
 - 10000 lambert
- 68). Satu footlambert setara dengan ;
- 0,292 (cd/m²)
 - 0,0929 asb
 - 2920 sb
 - 0,00108 lambert

II. Soal Essay

Kerjakan soal-soal berikut ini :

- 1) Sebuah bola gelas digunakan untuk menyelubungi lampu listrik candela. Apabila selubung bola gelas ini menyerap 30 % cahaya ke hitunglah candle power rata-rata yang dipancarkan lampu s diselubungi.

- 2) Sebuah lampu 500 candle power ditempatkan pada titik tengah langit ruangan yang berukuran 20 m x 10 m x 5 m. Hitunglah ;
 - a). Illuminasi pada setiap titik sudut lantai ruangan tersebut.
 - b). Illuminasi di titik yang terletak pada garis pertengahan dinding lebarnya 10 m, pada ketinggian 2 m dari lantai.
- 3) Dua buah lampu masing-masing 200 candle power dan 400 candle p terpasang seperti dalam gambar berikut ini ;



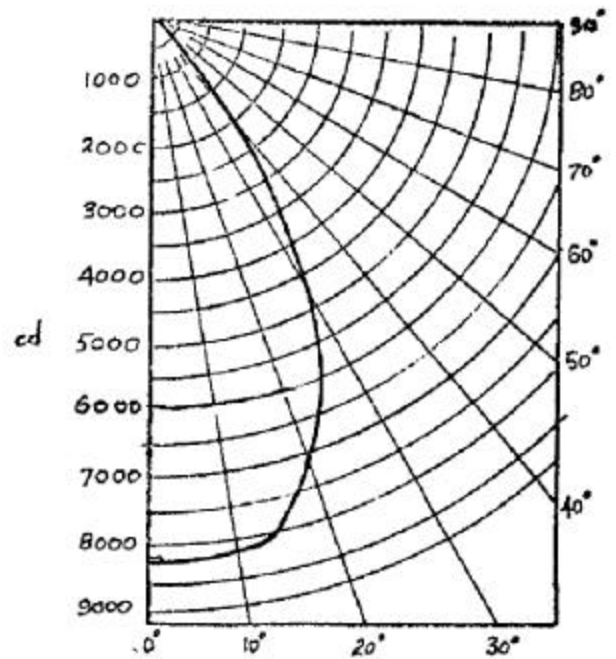
Gambar (3.1) Posisi dua lampu dalam satu ruangan

Hitung illuminasi pada titik tengah diantara kedua lampu tersebut (t i

B. Evaluasi Kegiatan Belajar Ke-2

Kerjakan soal-soal dibawah ini.

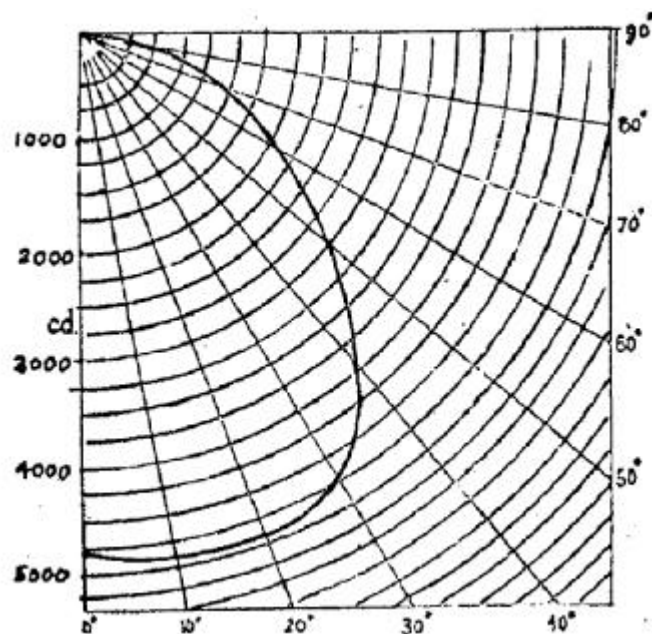
- 1). Perhatikan kurva polar di bawah ini ;



Gambar (3.2). Kurva polar soal 1, kegiatan belajar ke-2

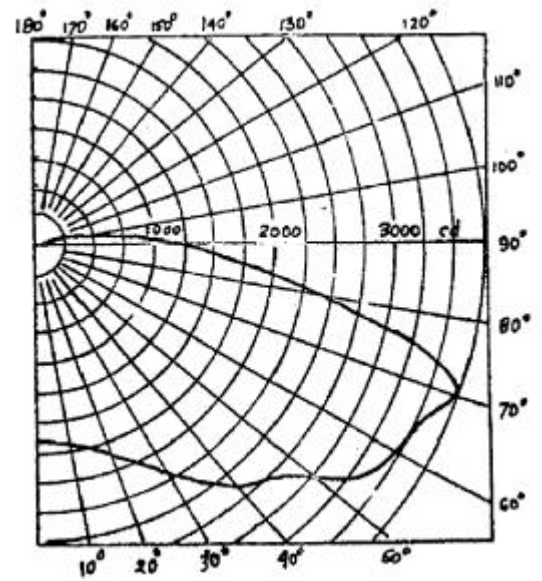
Hitung jarak lampu terhadap bidang kerja jika illuminasi salah satu titik bidang kerja yang mendapat pancaran cahaya dengan arah 30° ter vertikal, adalah 50 lux.

- 2). Dari kurva polar lampu merkuri HPLR 400 watt (seperti gambar diba
Buatlah diagram isolux yang menunjukkan illuminasi di bidang kerja
setiap interval 3 meter. Ketinggian letak lampu dari bidang kerja :
7 meter. Selanjutnya berdasar diagram isolux yang dibuat, ter
perbandingan jarak peletakan lampu ini dan ketinggian letaknya.



Gambar (3.3). Kurva polar lampu merkuri HPLR 400 watt.

3). Berdasarkan kurva polar sebuah lampu berikut ini ;



Gambar (3.4). Kurva polar lampu jalan

- ✍ Buatlah diagram isolux yang menunjukkan tingkat illuminasi sepanjang jarak 24 meter dari lampu. Misalkan ketinggian letak lampu adalah 4 meter.
- ✍ Apabila dua buah lampu ini dipasang pada jarak 40 meter, berapa illuminasi di tengah-tengah kedua lampu tersebut.
- ✍ Pada sudut pancar berapa derajat terhadap vertikal, intensitas illuminasi tersebut paling besar.

C). EVALUASI KEGIATAN BELAJAR KE-3

Soal pilihan ganda

Pilih salah satu jawaban yang paling benar dari alternatif jawaban soal dibawah ini ;

- 1) Apabila fluksi cahaya yang dipantulkan dinotasikan dengan (I_p) dan fluksi cahaya yang datang pada bidang pemantul dinotasikan dengan (I_0) maka faktor pantulan (ρ) atau reflektansi adalah ;
 - a. (I_p / I_0)
 - b. (I_0 / I_p)
 - c. (I_p)
 - d. (I_0 / I_p)

- 2) Apabila fluksi cahaya yang diserap dinotasikan dengan (I_a) dan fluksi cahaya yang datang pada bidang pemantul dinotasikan dengan (I_0) maka faktor penyerapan (ρ_a) adalah ;
 - a. (I_a / I_0)
 - b. (I_0 / I_a)
 - c. (I_a)
 - d. (I_0 / I_a)

- 3) Apabila fluksi cahaya yang ditransmisikan dinotasikan dengan (I_t) dan fluksi cahaya yang datang pada bidang pemantul dinotasikan dengan (I_0) maka faktor transmisi (τ) adalah ;
 - a. (I_t / I_0)
 - b. (I_0 / I_t)
 - c. (I_t)
 - d. (I_0 / I_t)

- 4) Apabila bidang medium perantara tidak dapat mentransmisikan cahaya maka berlaku ;
- $(n_1 + n_2)$ tidak sama dengan Satu
 - $(n_1 - n_2)$ tidak sama dengan Satu
 - $(n_1 + n_2)$ sama dengan Satu
 - $(n_1 - n_2)$ sama dengan Satu
- 5) Cahaya yang datang pada suatu permukaan licin misalnya cermin dengan sudut datang (θ_i) maka cahaya tersebut akan dipantulkan dengan sudut pantul (θ_r) dimana ;
- θ_r lebih kecil dari θ_i
 - θ_r sama dengan θ_i
 - θ_r lebih besar dari θ_i
 - θ_r berbanding terbalik dengan θ_i
- 6) Jika iluminasi pada satu titik di bidang cermin dinotasikan dengan (I) dan harga reflektansi cermin itu dinotasikan dengan (R) maka iluminasi pantulan (I^1) adalah ;
- (I/R)
 - $(I \cdot R)$
 - $(I + R)$
 - $(I \cdot R)$
- 7) Jika iluminasi pada satu titik di bidang cermin dinotasikan dengan (I) dan harga reflektansi cermin itu dinotasikan dengan (R), maka iluminasi pantulan (I^1) adalah ;
- (I/R)
 - $(I - R)$
 - $(I + R)$
 - $(I \cdot R)$

- 8) Jika permukaan cermin yang memiliki reflektansi (ρ), seluas (s), dit
secara merata oleh luminasi (L), maka intensitas cahaya s
penerangannya adalah ;
- $(s\rho L)$
 - $(s\rho/L)$
 - $(L/s\rho)$
 - $(s\rho + L)$
- 9) Jika intensitas cahaya sumber penerangan dinotasikan dengan (I),
reflektansi cermin datar dinotasikan dengan (ρ) maka intensitas bay
(I^1) adalah ;
- $(I\rho)$
 - (ρI)
 - $(I+\rho)$
 - $(\rho-I)$
- 10) Berikut ini adalah jenis permukaan yang umumnya menghasilkan pa
specular kecuali ;
- Metal yang mengkilap
 - Cermin datar
 - Gelas berwarna putih susu
 - Gelas datar dengan permukaan licin (halus)
- 11) Permukaan pemantul-pemantul specular diaplikasikan untuk ;
- Penerangan sorot dan penerangan jalan
 - Penerangan umum dalam suatu ruangan
 - Penerangan taman
 - Penerangan hotel

- 12) Berikut ini adalah permukaan-permukaan pemantul cahaya secara difus, kecuali ;
- Kertas
 - Langit-langit
 - Cermin
 - Glass frosted
- 13) Berikut ini adalah jenis pantulan difus, kecuali ;
- Uniform diffuse
 - Pantulan regular
 - Pantulan secara spread
 - Pantulan campuran specular dan difus
- 14) Jika intensitas cahaya yang dipantulkan secara uniform difus dalam (θ) derajat dari intensitas normal (I_n) dinotasikan dengan (I_θ) maka (I_θ) adalah ;
- $(I_n \cos \theta)$
 - $(I_n \sin \theta)$
 - $(I_n / \cos \theta)$
 - $(I_n / \sin \theta)$
- 15) Jumlah fluksi yang dipantulkan permukaan pemantul uniform dengan reflektansi (R) dan diterangi dengan fluksi cahaya (E) adalah
- $(E R)$
 - (E / R)
 - $(E + R)$
 - $(E - R)$

- 16) Permukaan pemantul uniform diffuse dengan reflektansi (ρ), ditu dengan fluksi cahaya (F) maka intensitas cahaya yang dipantulkan arah garis normal adalah ;
- (ρ / F)
 - $(\rho + F) / \rho$
 - (F / ρ)
 - (F / ρ)
- 17) Permukaan pemantul uniform diffuse dengan reflektansi (ρ) ditu dengan fluksi cahaya (F) maka intensitas cahaya yang dipantulkan arah (θ) derajat dari garis normal adalah ;
- $(F / \rho) \cos \theta$
 - $\{(\rho + F) / \rho\} \cos \theta$
 - $(F / \rho) \cos \theta$
 - $(F / \rho) \cos \theta$
- 18) Permukaan pemantul uniform diffuse dengan reflektansi (ρ), me tingkat illuminasi (E) maka jumlah fluksi cahaya yang dipantulkan a
- (E / ρ) lux
 - (ρE) lux
 - $(\rho + E)$ lux
 - (ρ / E) lux
- 19) Tingkat luminasi (L) dari soal nomor (18) adalah ;
- $\{(E / \rho) / \rho\} \text{cd/m}^2$
 - $\{(\rho / E) / \rho\} \text{cd/m}^2$
 - $(\rho E / \rho) \text{cd/m}^2$
 - $\{(\rho + E) / \rho\} \text{cd/m}^2$

- 20) Tingkat luminasi (L) dari soal nomor (18) dalam satuan apostilb adalah
- $(? / E) (?)$
 - $(? E ?)$
 - $(E/?)$
 - $(?E)$
- 21) Sebuah bidang pemantul uniform diffuse seluas (s), memancarkan cahaya sebanyak $(? ?)$ maka emitansi (H) bidang pemantul tersebut adalah;
- $(? ?/s)$
 - $(s? ?)$
 - $(s/? ?)$
 - $(s + ? ?)$
- 22) Sebuah bidang pemantul uniform diffuse memancarkan cahaya dengan luminasi (L) maka emitansi bidang pemantul tersebut adalah ;
- $(?L)/ ?$
 - $? L$
 - $(L/?)$
 - $(??L)$
- 23) Jika sudut datang cahaya pada suatu medium $(?)$, dibiaskan oleh medium $(?)$ tersebut dalam arah $(?)$ maka menurut hukum Snell, indeks biasan medium adalah ;
- $(\sin ? / \sin ?) = n$
 - $(\sin ? + \sin ?) = n$
 - $(\sin ? / \sin ?) = n$
 - $(\sin ? - \sin ?) = n$

- 24) Suatu medium dengan indeks bias 1,82 di datangi cahaya dengan sudut datang $32,1^\circ$ terhadap garis normal, maka arah pembiasan cahaya terhadap garis normal adalah ;
- $(32,1)^\circ$
 - $(25)^\circ$
 - $(15)^\circ$
 - $(10)^\circ$
- 25) Jumlah cahaya yang diserap permukaan gelas bening sekitar ;
- (25 s/d 30) %
 - (15 s/d 20) %
 - (3 s/d 12) %
 - di bawah 3 %
- 26) Merencanakan kebutuhan cahaya siang hari pada suatu ruangan didasarkan pada kondisi minimum yang diizinkan yaitu ketika sekitar berada dalam suasana ;
- Pagi yang cerah
 - Siang yang cerah
 - Sore yang cerah
 - Mendung
- 27) Perbandingan antara iluminasi setiap titik dalam ruangan dan iluminasi di luar ruangan pada kondisi minimum yang diizinkan adalah definisi :
- Faktor iluminasi
 - Daylight factor
 - Faktor kecerahan
 - Luminance factor

- 28) Illuminasi yang dihasilkan alam sekitar dalam suasana sore yang sekitar;
- 200 (lm/ft²)
 - 500 (lm/ft²)
 - 7500 (lm/ft²)
 - 10.000 (lm/ft²)
- 29) Illuminasi yang ditimbulkan alam sekitar dalam suasana paling meri sekitar ;
- 200 (lm/ft²)
 - 500 (lm/ft²)
 - 7500 (lm/ft²)
 - 10.000 (lm/ft²)
- 30) Pada kantor besar yang diterangi oleh cahaya siang hari, maka pener buatan pada bagian belakang ruangan yang letaknya jauh dari je harus memiliki tingkat illuminasi sekitar ;
- 225 (lm/ft²)
 - 100 (lm/ft²)
 - 50 (lm/ft²)
 - 25 (lm/ft²)
- 31) Penerangan dalam suatu ruangan yang dihasilkan dengan men lampu secara simetris untuk mendapatkan tingkat illuminasi standar diperlukan ruangan tersebut adalah penerangan ;
- Suplemen
 - Lokal
 - Semi tidak langsung
 - Umum

- 32) Penerangan tambahan pada meja kerja atau mesin kerja dalam ruangan disebut ;
- Penerangan tidak langsung
 - Penerangan lokal
 - Penerangan umum
 - Penerangan semi tidak langsung
- 33) Perbandingan terang daerah penerangan suplemen dan penerangan sekelilingnya tidak boleh lebih dari ;
- (3 : 1)
 - (2 : 1)
 - (4 : 1)
 - (5 : 1)
- 34) Sebuah unit penerangan yang komplet termasuk satu atau lebih perlengkapan kontrol cahayanya dinamakan ;
- Armatur lampu
 - Rumah lampu
 - Luminair
 - Reflektor lampu
- 35) Perbandingan output cahaya yang dihasilkan sebuah unit penerangan komplet dengan output cahaya lampunya sendiri adalah definisi dari ;
- Faktor illuminasi
 - Daylight factor
 - Faktor pantulan cahaya
 - effisiensi penerangan

- 36) Prosentasi distribusi cahaya ke bidang kerja pada sistim penerangan langsung berkisar antara ;
- (40 s/d 60)
 - (50 s/d 80)
 - (60 s/d 90)
 - (90 s/d 100)
- 37) Prosentasi distribusi cahaya ke bidang kerja pada sistim penerangan langsung berkisar antara ;
- (40 s/d 60)
 - (50 s/d 80)
 - (60 s/d 90)
 - (90 s/d 100)
- 38) Prosentasi distribusi cahaya ke bidang kerja pada sistim penerangan tidak langsung berkisar antara ;
- (40 s/d 60)
 - (50 s/d 80)
 - (60 s/d 90)
 - (90 s/d 100)
- 39) Prosentasi distribusi cahaya ke langit-langit pada sistim penerangan tidak langsung berkisar antara ;
- (90 s/d 100)
 - (60 s/d 90)
 - (50 s/d 80)
 - (40 s/d 60)

- 40) Prosentasi distribusi cahaya ke langit-langit pada sistim penerangan langsung berkisar antara ;
- a. (90 s/d 100)
 - b. (60 s/d 90)
 - c. (50 s/d 80)
 - d. (40 s/d 60)

D). KUNCI JAWABAN EVALUASI KEGIATAN BELAJAR KE-1

I). Pilihan Ganda

- | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. d | 11. d | 21. a | 31. c | 41. a | 51. d |
| 2. c | 12. c | 22. d | 32. a | 42. d | 52. d |
| 3. d | 13. d | 23. b | 33. b | 43. a | 53. c |
| 4. b | 14. b | 24. b | 34. d | 44. b | 54. b |
| 5. a | 15. c | 25. c | 35. b | 45. c | 55. a |
| 6. b | 16. d | 26. c | 36. d | 46. b | 56. a |
| 7. a | 17. b | 27. a | 37. a | 47. c | 57. b |
| 8. b | 18. a | 28. c | 38. c | 48. b | 58. c |
| 9. c | 19. c | 29. a | 39. a | 49. a | 59. b |
| 10. b | 20. b | 30. b | 40. b | 50. d | 60. c |

II). Essay.

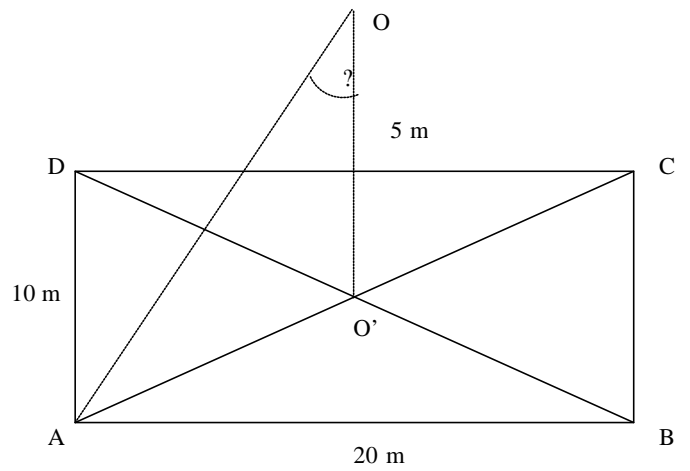
1). $I_{(total)} = [?_{(total)} / W_{(total)}]$

$$200 = [?_{(total)} / 4?]$$

$$I_{(total)} = 4? \times 200 \text{ lumen}$$

Jumlah fluksi cahaya yang dipancarkan setelah diselubungi adalah kali $?_{(total)}$ sama dengan (560?) lumen. Jadi intensitas cahaya s diselubungi bola gelas adalah (560?/4?)cd, sama dengan 140 cd.

- 2). Secara skematis, kedudukan lampu dalam ruangan dapat digambar sebagai berikut:

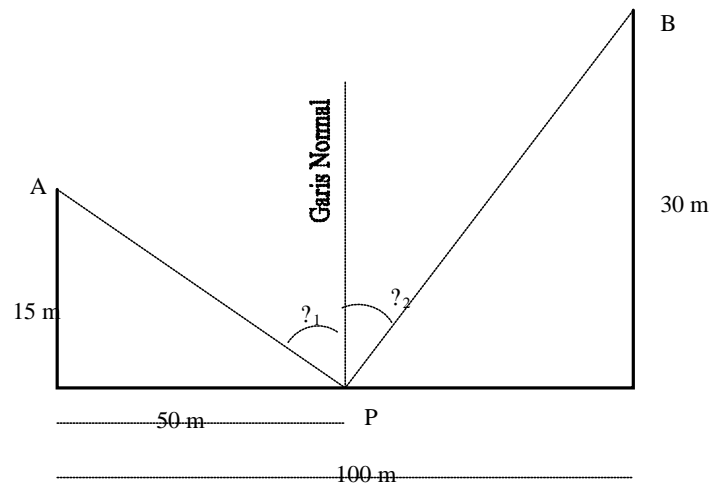


Gambar (3.5) Skema Kedudukan Lampu Soal Nomor 2 Kegiatan Belajar Ke-

- a) $E_A = E_B = E_C = E_D = [(I \cos^3 \theta) / h^2] = [(500 \times 0,068) / 25] = 1,36 \text{ lux}$
- b) Misalkan titik yang terletak pada garis pertengahan dinding dimaksud adalah P, maka jarak P ke lampu yaitu PO sama dengan $\sqrt{(10)^2 + (3)^2} = 10,44 \text{ m}$. yang dibentuk pancaran berkas cahaya ke titik P adalah sudut (θ) dimana $\cos \theta = (10/10,44) = 0,9579$.

$$\begin{aligned}
 \text{Illuminasi pada titik (P)} &= \frac{500}{(10,44)^2} \times (0,9579)^3 \\
 &= 5 \times 0,8789 \\
 &= 4,4 \text{ lux}
 \end{aligned}$$

3) Secara skematis, kedudukan lampu dapat digambar sebagai berikut :



Gambar (3.6) Skema Kedudukan Lampu Soal Nomor 3 Kegiatan Belajar Ke

Illuminasi pada titik P, karena diterangi lampu A :

$$E_1 = \frac{200}{225} \cdot \cos^3 \alpha_1 = 0,89 \cdot \frac{15}{AP}$$

$$AP = \sqrt{(15)^2 + (50)^2} = 52,2 \text{ m}$$

$$E_1 = 0,89 \cdot \frac{15}{52,2^3} = 0,89 \times 0,0237 = 0,0211 \text{ lux}$$

Illuminasi pada titik P, karena diterangi lampu B.

$$E_2 = \frac{400}{900} \cdot \cos^3 \alpha_2 = 0,44 \cdot \frac{30}{BP}$$

$$BP = \sqrt{30^2 + 50^2} = 58,31$$

$$E = 0,44 \cdot \frac{30}{58,31^3} = 0,44 \times 0,1362 = 0,0599 \text{ lux} \quad E = E_1 + E_2 = 0,081$$

E) KUNCI JAWABAN EVA LUASI KEGIATAN BELAJAR KE-2

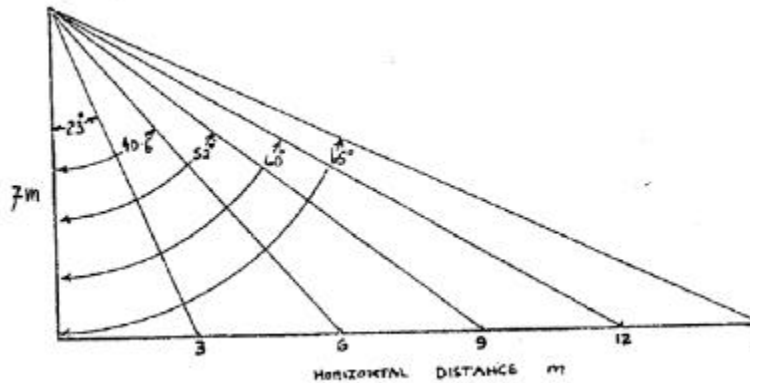
1) Berdasarkan kurva polar pada gambar (3.2), tentukan harga intensitas c dalam arah 30° yaitu $I_{(30)} = 4750$ cd

$$E = \frac{I \cos^3 \theta}{h^2} \Rightarrow 50 = \frac{4750 \times 0,6495}{h^2}$$

$$h^2 = \frac{4750 \times 0,6495}{50}$$

$$h = 7,86 \text{ m}$$

2) Secara skematis, kedudukan titik-titik pada bidang kerja yang akan ditinjau tingkat iluminasinya dapat digambar sebagai berikut :



Gambar (3.7) Skema kedudukan lampu dan titik-titik pada bidang kerja yang ditinjau tingkat iluminasinya, untuk soal nomor 2 kegiatan belajar ke-2

Berdasarkan kurva polar pada gambar (3.3.) dapat ditentukan intensitas cahaya dalam beberapa arah menurut gambar (3.7) di atas.

$$I_{(0^\circ)} = 5750 \text{ cd}, I_{(23^\circ)} = 4900 \text{ cd}, I_{(40,6^\circ)} = 3875 \text{ cd},$$

$$I_{(52^\circ)} = 2750 \text{ cd}, I_{(60^\circ)} = 2000 \text{ cd}, I_{(65^\circ)} = 1750 \text{ cd}$$

Illuminasi pada setiap titik pada bidang kerja menurut gambar (3.7) di atas sebagai berikut :

$$E_0 = [(\cos^3 0^\circ) / 49] \times 4750 = 96,9 \text{ lux}$$

$$E_{(23)^\circ} = [(\cos^3 23^\circ) / 49] \times 4900 = 77,7 \text{ lux}$$

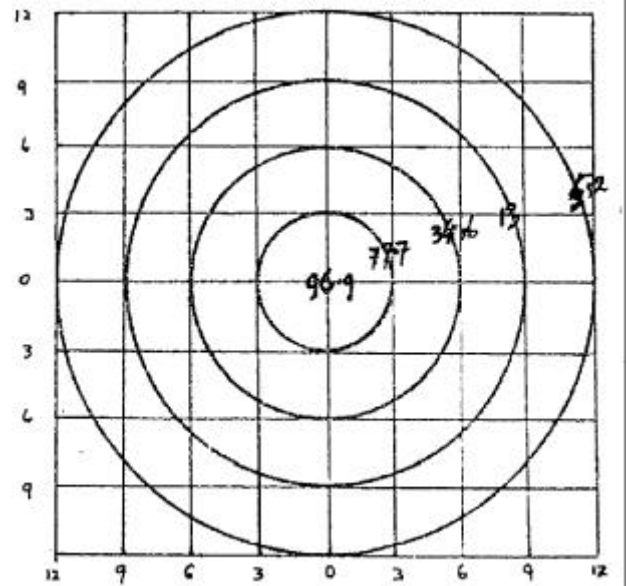
$$E_{(40,6)^\circ} = [(\cos^3 20,6^\circ) / 49] \times 3875 = 34,6 \text{ lux}$$

$$E_{(52)^\circ} = [(\cos^3 52^\circ) / 49] \times 2750 = 13 \text{ lux}$$

$$E_{(60)^\circ} = [(\cos^3 60^\circ) / 49] \times 2000 = 5,2 \text{ lux}$$

$$E_{(65)^\circ} = [(\cos^3 65^\circ) / 49] \times 1750 = 2,7 \text{ lux}$$

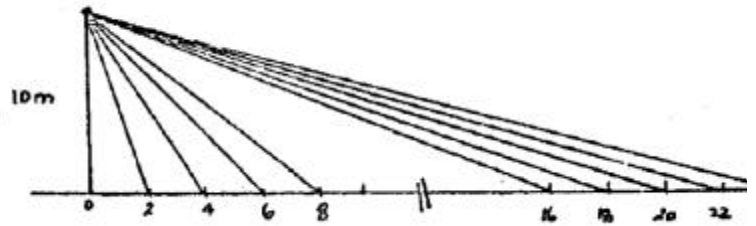
Berdasarkan data perhitungan di atas dapat digambarkan diagram isolux sebagai berikut :



Gambar (3.8.) Diagram isolux jawaban soal nomor 2, kegiatan belajar k

Agar tidak terjadi perbedaan tingkat iluminasi yang menyolok antara tempat berada langsung di bawah lampu dan daerah pertengahan kedua lampu maka kedua lampu tersebut adalah 15 meter. Perbandingan jarak letak lampu dan ketinggiannya adalah $(15/7) : 2 : 1$.

- 3) Secara skematis, kedudukan titik-titik pada bidang kerja yang akan ditinjau tingkat iluminasinya dapat digambar sebagai berikut :

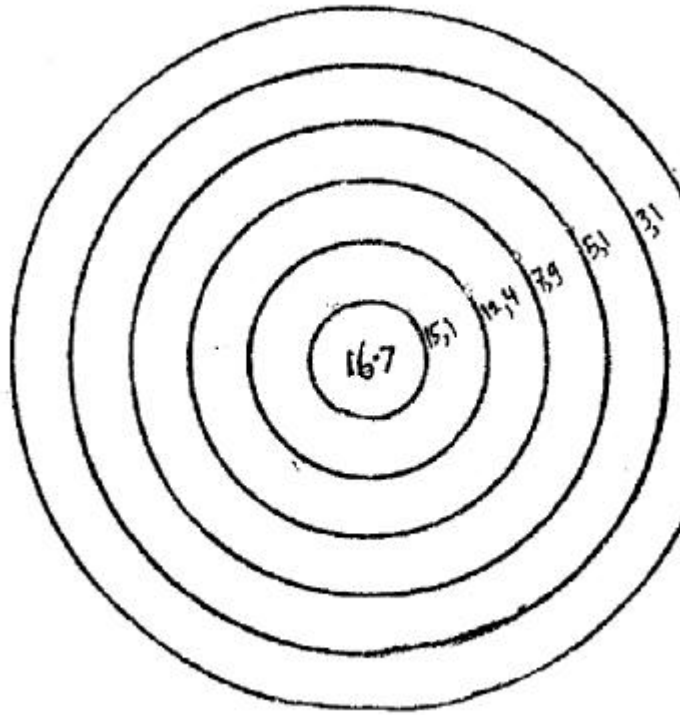


Gambar (3.9) Skema kedudukan lampu dan titik-titik pada bidang kerja yang ditinjau tingkat iluminasinya, untuk soal nomor 3 kegiatan belajar ke-2

Berdasarkan kurva polar pada gambar (3.4) dapat ditentukan intensitas cahaya dalam beberapa arah menurut gambar (3.9) di atas.

Intensitas Cahaya		?	$e = [(\cos^3 \theta) / h^2]$	Illuminasi (E) = [c
I_n	Besarnya (kurva polar)			
I_0	1666 cd	0^0	0,01	$E = 1666 \times 0,01 = 16,66$ lx
I_2	1700 cd	$(11,3)^0$	0,00443	$E = 1700 \times 0,00443 = 7,53$ lx
I_4	1875 cd	$(21,8)^0$	0,00806	$E = 1875 \times 0,00806 = 15,11$ lx
I_6	2240 cd	$(31)^0$	0,006295	$E = 2240 \times 0,006295 = 14,1$ lx
I_8	2600 cd	$(38,7)^0$	0,00476	$E = 2600 \times 0,00476 = 12,38$ lx
I_{10}	2750 cd	$(45)^0$	0,00354	$E = 2750 \times 0,00354 = 9,74$ lx
I_{12}	3000 cd	$(50,2)^0$	0,002624	$E = 3000 \times 0,002624 = 7,87$ lx
I_{14}	3375 cd	$(54,5)^0$	0,001964	$E = 3375 \times 0,001964 = 6,63$ lx
I_{16}	3450 cd	$(58)^0$	0,001489	$E = 3450 \times 0,001489 = 5,14$ lx
I_{18}	3490 cd	$(61)^0$	0,001145	$E = 3490 \times 0,001145 = 3,99$ lx
I_{20}	3500 cd	$(63,4)^0$	0,000894	$E = 3500 \times 0,000894 = 3,13$ lx
I_{22}	3550 cd	$(65,6)^0$	0,000709	$E = 3550 \times 0,000709 = 2,52$ lx
I_{24}	3700 cd	$(67,4)^0$	0,000569	$E = 3700 \times 0,000569 = 2,1$ lx

Berdasarkan data perhitungan di atas dapat digambarkan diagram isolux sebagai berikut :



Gambar (3.10) Diagram isolux jawaban soal nomor 3, kegiatan belajar k

F). KUNCI JAWABAN EVALUASI KEGIATAN BELAJAR KE-3

Pilihan Ganda

1. d	11. a	21. a	31. d
2. a	12. c	22. b	32. b
3. a	13. b	23. c	33. a
4. c	14. a	24. a	34. c
5. b	15. a	25. c	35. d
6. d	16. c	26. d	36. d
7. d	17. d	27. b	37. c
8. a	18. b	28. d	38. a
9. b	19. c	29. a	39. b
10. c	20. d	30. c	40. a

G) KUNCI JAWABAN TUGAS-TUGAS TERSTRUKTUR KEGIATAN BELAJAR KE-1

- $E = (I / A) = (I / d^2) \approx (15/4) = [I/(25)^2] \approx I = 2343,75 \text{ cd}$
- a). $I = \text{MSCP} = (P / 4?) = (10000/4?) = 795,77 \text{ cd}$
b) $L = (I / A_p) \approx A_p = [(? / 4) (d)^2] = [(? / 4)(0,1)^2] = 0,007857 \text{ m}^2$
Jadi $L = [(795,77) / (0,007857)] = (101280,97) \text{ cd/m}^2$
- $L = (I / A_p) \approx I = 4650 \times 1000 \times (25/10000) = 11625 \text{ cd}$
- $I = L \times A_p \approx A_p = [(? / 4) (d)^2] = [(? / 4) (0,3)^2] = 0,0707 \text{ m}^2$
Jadi $I = 1,55 \times 1000 \times 0,0707 = 109,6 \text{ cd}$
 $E = [I / (d)^2] = [(109,6) / (2)^2] = 27,4 \text{ lux}$
- Fluksi cahaya yang dipancarkan = $(?) \times ? = 1200 \times 0,75 = 900 \text{ lumen.}$
 $I = [(? \ ?) / ?] = (900/4?) = 71,62 \text{ cd}$
 $L = (I / A_p) \approx A_p = [(? / 4) (d)^2] = [(? / 4) (0,25)^2] = 12,566 \text{ m}^2$
Jadi $L = (71,62 / 12,566) = (1458,4) \text{ cd/m}^2$
- $\cos ? = \cos 25^0 = 0,9063 \approx \cos^3 ? = (0,9063)^3 = 0,7444$
 $E = [(I \cos^3 ?) / h^2] = [(500 \times 0,7444) / (15)^2] = 1,65 \text{ lux}$

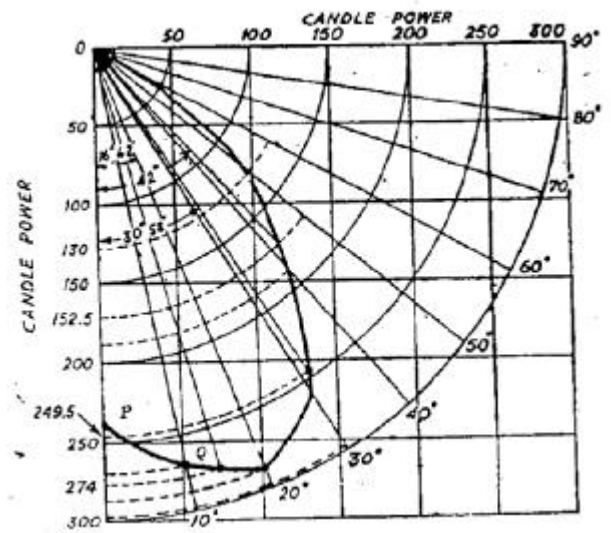
Teknik Pencahayaan I

7) $E = [(I \cos^3 \theta) / h^2] \approx \cos^3 \theta = [(E h^2) / I] = [2 \times (20)^2 / 1500]$
 $\cos^3 \theta = 0,5333 \approx \cos \theta = 0,810 \approx \theta = (35,81)^\circ$

8) $E = [(I \cos^3 \theta) / x^2] = [(8000) (\cos^3 60^\circ) / x^2] = [1000/x^2]$
 $50 \cdot x^2 = 1 \approx x = 4,472$
 $h = (x + 1) = 4,472 + 1 = 5,47 \text{ m}$

H) KUNCI JAWABAN TUGAS-TUGAS TERSTRUKTUR KEGIATAN BELAJAR KE-2

- 1) Fluksi total = MSCP x 4 = 800 x 4 = 10053 lumen
 $E = [(MSCP) / (d)^2] = [(800) / (10)^2] = 8 \text{ lux}$
- 2) MSCP = [(total lumen) / (4)] = [(3260) / (4)] = 259,3
 Effisiensi lampu = [(lumen) / (watt)] = [(3260) / (250 x 0,8)] = 16,3
- 3) Kurva polar dengan titik pusat (0) digambarkan seperti berikut ini :



Gambar (3.11) Kurva polar jawaban soal terstruktur no. 3 Kegiatan Belajar 1

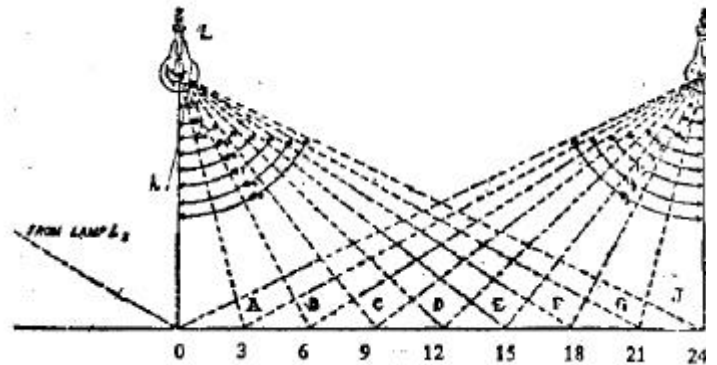
Gambar busur yang menyatakan harga-harga candle power (CP) sebesar 50, 150, 200, 250 dan 300.

Dari titik (O) gambar garis radial untuk membentuk sudut 10° , 20° , 30° , 40° , 60° , 70° , 80° dan 90° terhadap garis vertikal.

Titik P menyatakan harga Candle Power (CP) sama dengan 240 pada sudut derajat.

Gambarkan busur dengan radius yang menyatakan harga $CP = 270$ dan memotong garis 10° di titik Q. Jadi titik Q menyatakan harga $CP = 270$ pada sudut pancaran cahaya 10° . Dengan cara yang sama tentukan titik-titik yang lain dan gambarlah kurva polar melalui titik-titik dimaksud seperti dalam gambar (3.11) di atas.

Gambar (3.12) di bawah ini memperlihatkan jarak horizontal dua buah lampu. Panjang jarak tersebut dibagi menjadi delapan bagian yang sama yaitu OA, AB, BC, CD, DE, EF, FG dan GJ.



Gambar (3.12) Kedudukan dua lampu. Jawaban soal terstruktur 1 Kegiatan Belajar ke-2

Telah kita ketahui bahwa illuminasi pada suatu titik sama dengan $\left[\frac{CP \cos^3 \theta}{h^2} \right]$ dimana sudut (θ) adalah sudut pancaran cahaya terhadap garis vertikal (h) adalah ketinggian letak lampu dari lantai.

Illuminasi dalam satuan lux pada titik OABC dan D, dihasilkan oleh lampu dan lampu-lampu lainnya yaitu (L_1) dan (L_2) yang ada di sebelah kanan dan dari lampu (L). Selanjutnya illuminasi pada titik EFG dan J akan sama dengan illuminasi pada titik CBA dan O. Pengaruh lampu (L_2) terhadap illuminasi di O masih diperhitungkan tetapi di titik A, B, C, D dan seterusnya diabaikan. Harga illuminasi pada titik tersebut di atas, diperlihatkan dalam tabel berikut

Tabel (3.1)

Illuminasi yang ditimbulkan lampu (L)

Titik yang ditinjau	Ketinggian lampu (h) dalam satuan meter	Lampu (L)						Illuminasi = $\left[\frac{CP \cos^3 \theta}{h^2} \right]$
		Jarak horizontal antara lampu dan titik (H) dalam meter	$tg \theta = (H/h)$	θ	CP dari kurva polar	$\cos \theta$	$\cos^3 \theta$	
O	10	0	0	0°	240	1	1	2,4
A	10	3	0,3	$16^\circ 42'$	274	0,7878	0,878	2,407
B	10	6	0,6	$50^\circ 58'$	249,5	0,8572	0,6309	1,573
C	10	9	0,9	42°	152,5	0,7431	0,4015	0,6259
D	10	12	1,2	$5^\circ 12'$	130	0,64	0,2622	0,3408

Tabel (3.2)

Illuminasi yang disebabkan lampu (L_1)

Titik yang ditinjau	Ketinggian lampu (h) dalam satuan meter	Lampu (L_1)						Illuminasi = $[(CP \cos^3?) / h^2]$
		Jarak horizontal antara lampu dan titik (H) dalam meter	$tg^2 = (H/h)$?	CP dari kurva polar	\cos^2	\cos^3	
O	10	24	2,4	$67^{\circ}24'$	18	0,5847	0,2	0,036
A	10	21	3,1	$64^{\circ}30'$	30	0,634	0,255	0,07645
B	10	18	1,8	$60^{\circ}57'$	50	0,686	0,3228	0,161
C	10	15	1,5	$56^{\circ}19'$	65	0,744	0,4119	0,268
D	10	12	1,2	$56^{\circ}12'$	130	0,64	0,2622	0,3408

Tabel (3.3)

Illuminasi yang disebabkan lampu (L_2)

Titik yang ditinjau	Ketinggian lampu (h) dalam satuan meter	Lampu (L_2)							Total Illuminasi yang diperhitungkan pada tabel (3.1), (3.2) dan tabel
		Jarak horizontal antara lampu dan titik (H) dalam meter	$tg^2 = (H/h)$?	CP dari kurva polar	\cos^2	\cos^3	Illuminasi = $[(CP \cos^3?) / h^2]$ lux	
O	10	24	2,4	$67^{\circ}24'$	18	0,5847	0,2	0,036	2,472
A	10	N	E	G	L	E	C	T	2,483
B	10	N	E	G	L	E	C	T	1,732
C	10	N	E	G	L	E	C	T	0,893
D	10	N	E	G	L	E	C	T	0,681

**J). KUNCI JAWABAN TUGAS-TUGAS TERSTRUKTUR KEGIATAN
BELAJAR KE-3**

- 1) $\theta = (L_i / L_s)$ dimana L_i adalah luminasi bayangan dan L_s adalah luminasi sumber cahaya

$$L_i = \theta L_s = (78 \times 50) = (39) \text{ cd/m}^2$$

- 2) $d^2 = (4)^2 + (2)^2 = 20$ $\approx I = (\theta / \theta) = (5000/2?) = 795,78 \text{ cd}$

$$\cos \theta = (4/4,47) = 0,8944.$$

a) $E_{Ho} = [I / (d)^2] = 39,789 \text{ lux}$

b) $E_{H\theta} = [(I \cos \theta) / (d)^2] = 35,587 \text{ lux}$

c) $(d_i)^2 = (3)^2 + (4)^2 = 25$ $\approx \sin \theta = (4/5) = 0,8$

$$E_v = [(I \sin \theta) / (d_i)^2] = 25,4648 \text{ lux}$$

d) $M_v = E_v \times \theta = 25,4648 \times 0,6 = 15,328 \text{ asb}$

$$L = [M_c / \theta] = (4,879) \text{ cd/m}^2$$

- 3) $L = \theta E = 250 \times 0,5 = 125 \text{ asb}$

$$L = (125/?) = (39,79) \text{ cd/m}^2$$

- 4) $L_i = \theta L_s = 15500 \times 0,85 = (13175) \text{ k.cd/m}^2$

IV. PENUTUP

Modul Teknik Pencahayaan (I) berisi sebagian dari keseluruhan materi seharusnya diberikan untuk mencapai penguasaan kemampuan merencanakan memasang instalasi penerangan.

Bagi peserta yang telah menyelesaikan modul ini disarankan untuk mempelajari modul Teknik Pencahayaan (II) sehingga memiliki penguasaan yang lengkap di bidang instalasi penerangan.

Selanjutnya untuk mengikuti uji pengakuan kompetensi “Memasang Instalasi Penerangan dan Daya”, maka disarankan untuk mempelajari lebih lanjut sejumlah modul tentang instalasi daya setelah terlebih dahulu menyelesaikan kedua modul tersebut di atas (Teknik Pencahayaan I dan II)

DAFTAR PUSTAKA

- 1). BL. Theraja, Electrical Technology (twentieth edition), Nirja Constructi Developmen co. (P) LTD, New Delhi – 1984.
- 2) J.B. Gupta, Electrical Installation Estimating and Costing (fourth edition), I Sushil Kumar Kataria for Katson Pulishing House Incorpo (B.D. Kataria & Sons), Ludhiana – 1981.
- 3). John E. Kaufman, PE, FIES / Howard Haynes, IES Lighting Han (Application Volume), Illuminating Engineering Socie North America, New York – 1981.
- 4). Lighting Fundamentals Course Subcommitee of the committee on li; education of the illuminating engineering society, IES Li; Fundamentals Cource, New York – 1971.
- 5) Philips, Lighting Manual (third edition), Eindhoven – 1981.
- 6) Rusman Panjaitan, Drs, Lampu-lampu Listrik dan Penggunaannya, Pe Tarsito, Bandung – 1988.
- 7) S.T. Henderson & A.M. Marsden, Lamps and Lighting (second edition), E Arnold (publishers) Ltd, London – 1972.
- 8) Warren Julian, Lighting Basic Concepts (4th edition), University of Sidney, 2006, Australia – 1983.

2) KEGIATAN BELAJAR KE-2 (Kurva Distribusi Cahaya)

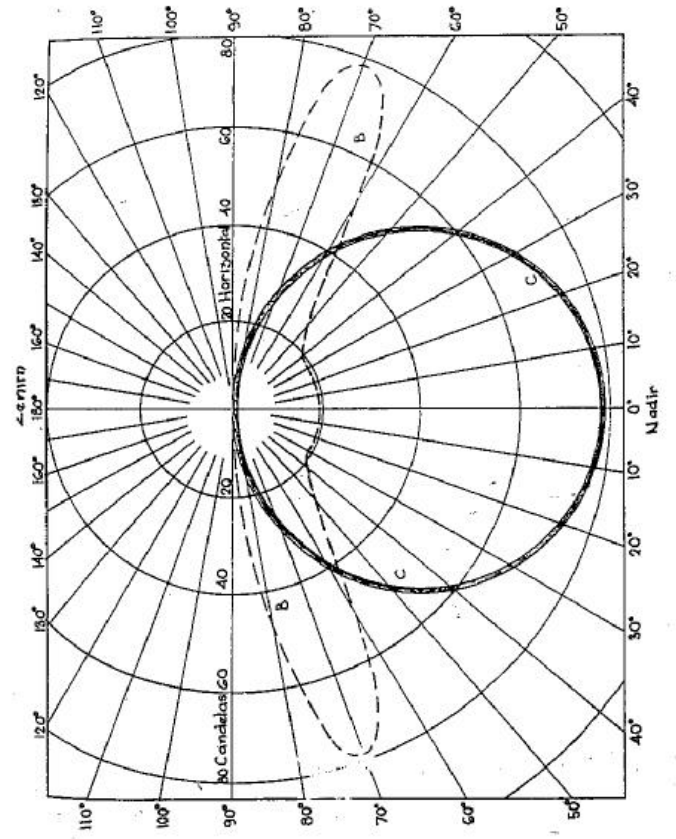
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah mempelajari rangkaian materi ini peserta mampu :

- ? Mengaplikasikan data kurva polar dalam perhitungan penerangan
- ? Mengaplikasikan data diagram Rousseau dalam perhitungan penerangan
- ? Mengaplikasikan data diagram rectangular dalam perhitungan penerangan
- ? Menjelaskan cara membuat diagram isocandela

b. Kurva Polar

Intensitas cahaya suatu fitting lampu listrik untuk bermacam-macam arah dinyatakan dalam satuan candela, dianggap terletak pada titik pusat koordinat polar. Kurva distribusi cahaya yang dipancarkan fitting lampu tersebut untuk setiap arah disebut kurva polar. Dasar atau patokan untuk menentukan besar sudut arah pancaran cahaya fitting lampu adalah titik nadir sebagai titik 0 derajat dan titik zenith sebagai titik 180°.



Gambar (2.15) Kurva Polar

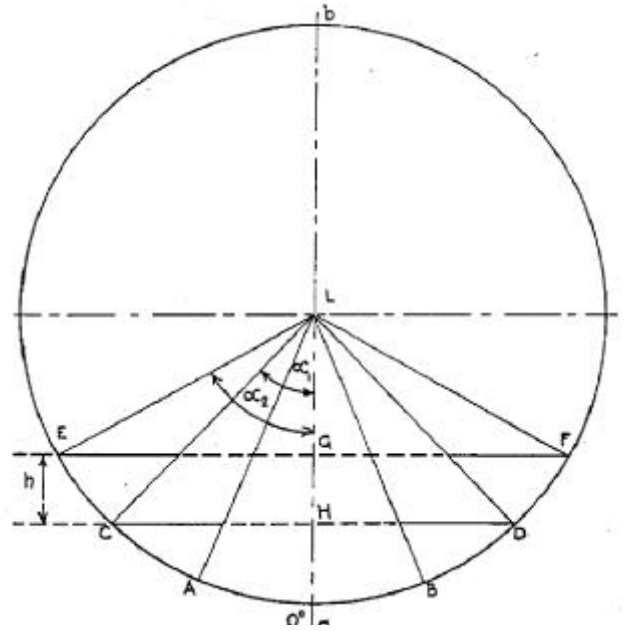
Lingkaran-lingkaran dalam gambar (2.15) di atas menyatakan tingkat intens cahaya yang dipancarkan. lingkaran terbesar dianggap memiliki tingkat intensitas cahaya terbesar sedangkan lingkaran terkecil dianggap memiliki tingkat intensitas cahaya terkecil. Selanjutnya garis-garis tengah yang ditarik melalui pusat lingkaran adalah batas sudut pancaran cahaya fitting lampu bidang yang diterangi.

Gambar (2.15) di atas memperlihatkan dua buah kurva polar C dan B. Kurva polar B memperlihatkan intensitas cahaya terbesar pada batas sudut pancaran antara 70° sampai dengan 80° . Jadi fitting lampu yang memiliki kurva polar akan menghasilkan iluminasi tertinggi pada suatu tempat yang relatif jauh dari proyeksi fitting lampu tersebut pada bidang yang diteranginya. Jenis fitting lampu dengan kurva polar B umumnya digunakan pada penerangan jalanan. Kurva polar C dalam gambar (2.15) memperlihatkan harga intensitas cahaya terbesar berada pada batas sudut pancaran antara 0° sampai 30° . Jadi fitting lampu dengan kurva polar C akan menghasilkan iluminasi tertinggi pada suatu tempat yang tidak jauh dari proyeksi fitting lampu tersebut pada bidang yang diterangi.

Kurva polar dipakai untuk menghitung Mean Square Candle Power (MSCP) dari suatu sumber cahaya. Selain itu kurva polar dipakai juga untuk menghitung iluminasi suatu permukaan yaitu pada saat menghitung illuminance dalam suatu arah tertentu dimana intensitas cahaya dalam arah tersebut dapat dibaca dari kurva polar fitting lampu yang akan digunakan untuk penerangan.

b.1. Menentukan Fluksi Cahaya.

Apabila sebuah sumber cahaya L dilingkupi oleh bidang bola dimana sumber cahaya tersebut terletak pada titik pusat bola (lihat gambar (2.16))



Gambar (2.16) ilustrasi menentukan fluksi cahaya

Maka intensitas cahaya (I) sepanjang garis AL akan sama dengan intensitas cahaya sepanjang BL. Demikian pula intensitas cahaya sepanjang garis CL akan sama dengan intensitas cahaya sepanjang garis DL.

Apabila titik A,B,C dan D letaknya berdekatan satu sama lainnya maka intensitas cahaya yang dipancarkan sumber cahaya sepanjang AL akan sama sepanjang BL maupun CL dan DL. Dengan demikian fluksi cahaya yang dipancarkan ruangan antara kerucut ALB dan kerucut CLD dapat dinyatakan sebagai berikut: $\Phi = I \times a$, dimana (a) adalah luas permukaan

bagian bidang bola yang dibentuk oleh bangun ruang ACBD. Apabila intensitas cahaya I pada pertengahan luas permukaan dimaksud diketahui dan luas permukaan a dapat dihitung maka nilai fluksi cahaya (Φ) yang dihasilkan adalah fluksi cahaya parsial atau zone fluksi cahaya. Selanjutnya dengan menghitung nilai fluksi cahaya parsial untuk zone berikutnya yaitu zone ECDF dan seterusnya, dan dijumlahkan satu persatu maka diperoleh fluksi total yang dipancarkan sumber cahaya L . Dalam praktek untuk menentukan jumlah fluksi cahaya suatu sumbu berdasarkan kurva polar maka bidang bola yang dianggap melingkupi sumber cahaya dibagi atas zone-zone dimana setiap zone terpisah 10°. Selanjutnya untuk menentukan intensitas cahaya melalui kurva polar dapat dilakukan dengan membagi dua setiap zone sebesar 5°, dan menghitung luas permukaan bagian bidang bola pada batas-batas zone tertentu (Lumen faktor). Untuk mempermudah, berikut ini ditunjukkan lumen faktor beberapa zone tertentu sebagai berikut :

Tabel (2.2)

Daftar lumen faktor beberapa zone tertentu

Derajat Zone dari 0° s/d 180°	Sudut untuk menentukan intensitas cahaya berdasarkan diagram polar	Lumen Faktor
0° – 10°	5°	0,095
10° – 20°	15°	0,283
20° – 30°	25°	0,463
30° – 40°	35°	0,628
40° – 50°	45°	0,774
50° – 60°	55°	0,897
60° – 70°	65°	0,993

$70^{\circ} - 80^{\circ}$	75°	1,058
$80^{\circ} - 90^{\circ}$	85°	1,091
$90^{\circ} - 100^{\circ}$	95°	1,091
$100^{\circ} - 110^{\circ}$	105°	1,058
$110^{\circ} - 120^{\circ}$	115°	0,993
$120^{\circ} - 130^{\circ}$	125°	0,897
$130^{\circ} - 140^{\circ}$	135°	0,774
$140^{\circ} - 150^{\circ}$	145°	0,628
$150^{\circ} - 160^{\circ}$	155°	0,463
$160^{\circ} - 170^{\circ}$	165°	0,283
$170^{\circ} - 180^{\circ}$	175°	0,095

Contoh :

Berdasarkan kurva polar, intensitas cahaya pada sudut 35° adalah candela. Dari tabel (2.2) di atas, yaitu untuk zone $30^{\circ} - 40^{\circ}$, harga lumen faktor adalah 0,628. Jadi fluksi cahaya parsial untuk zone $30^{\circ} - 40^{\circ}$ ada sebagai berikut :

$$\phi = 50 \times 0,628$$

$$= 31,4 \text{ lumen}$$

Penentuan fluksi cahaya parsial diperlukan untuk perencanaan refleksi penerangan untuk mengatasi bayangan. Metoda atau cara perhitungan di atas berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$\phi = 2 \phi_1 (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

Dimana $(\theta_1 - \theta_2)$ dalam gambar (2.16) diatas adalah sudut untuk z referensi, sedangkan (I) adalah intensitas cahaya. Luas permukaan z untuk berbagai besar sudut ruang sepanjang bidang bola yang memiliki radius tertentu akan sama dengan $2 \pi h$, dimana (h) adalah tinggi z . Berdasarkan gambar (2.16)maka ;

$$h = R \cos \theta_1 - R \cos \theta_2$$

$$\cos \theta_1 = LH \text{ dan } \cos \theta_2 = LG.$$

Rumus umum untuk luas permukaan zone adalah ;

$$a = 2 \pi R^2 (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

Jumlah luas (a) untuk semua zone seperti dalam tabel diatas sama dengan $4 \pi R^2$ atau 12,57.

b.2. Macam-macam intensitas cahaya.

1. Mean spherical intensity.

Mean spherical intensity suatu lampu adalah harga rata-rata intensitas cahaya lampu tersebut untuk semua arah. Harga intensitas cahaya ini akan sama dengan total fluksi cahaya dan dibagi dengan 4π . Mean spherical intensity dinotasikan dengan simbol I_0 .

2. Mean lower hemispherical intensity.

Mean lower hemispherical intensity suatu lampu adalah harga rata-rata intensitas. Cahaya untuk segala arah yang berada pada bidang horizontal sebelah bawah dimana lampu merupakan titik pusat. Mean lower hemisphere intensity dinotasikan dengan simbol I_{lh} . Harga intensitas ini sama dengan total fluksi cahaya yang dipancarkan oleh lampu dibagi dengan 2π .

? Mean upper hemispherical intensity

Mean upper hemispherical intensity suatu lampu adalah rata-rata intensitas cahaya untuk segala arah yang berada pada bidang horizontal sebelah atas dimana lampu merupakan titik pusat. Mean upper hemispherical intensity dinotasikan dengan simbol I_u .

? Hubungan antara fluksi cahaya dan intensitas cahaya.

$$\begin{aligned} \text{Fluksi cahaya untuk lower hemisphere } \phi_l &= 2\pi I_u \\ &= 6,283 I_u \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fluksi cahaya untuk upper hemisphere } \phi_u &= 2\pi I_u \\ &= 6,283 I_u \end{aligned}$$

$$\text{Fluksi cahaya total } \phi_o = (\phi_l + \phi_u) \text{ lumen.}$$

Apabila fluksi cahaya upper hemisphere ϕ_u dan fluksi cahaya lower hemisphere ϕ_l masing-masing nilainya diketahui maka harga intensitas cahaya masing-masingnya dapat ditulis sebagai berikut :

$$I_1 = \frac{P_1}{2\pi} \text{ candela}$$

$$I_2 = \frac{P_2}{2\pi} \text{ candela}$$

$$I_0 = \frac{(P_1 + P_2)}{4\pi} \text{ candela}$$

$$4\pi I_0 = 2\pi I_1 + 2\pi I_2 \text{ Candela}$$

$$I_0 = \frac{2\pi(I_1 + I_2)}{4\pi} \text{ Candela}$$

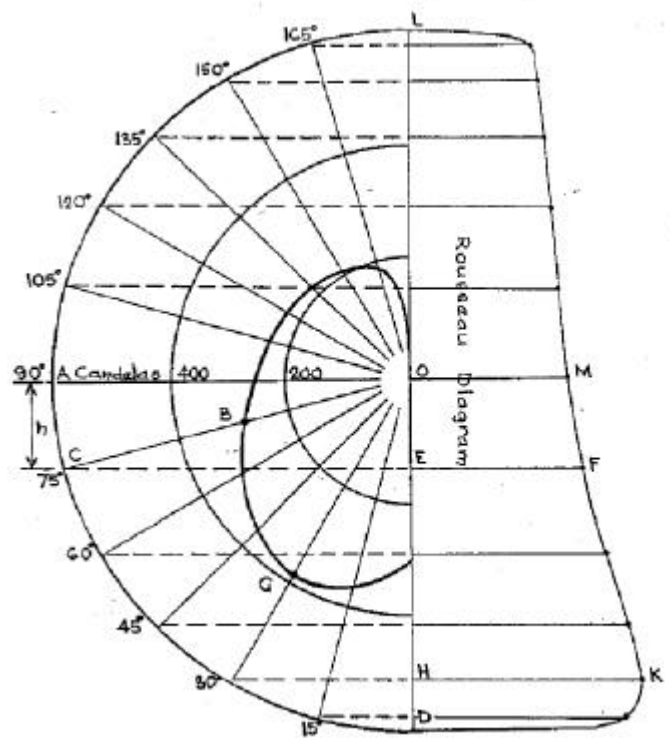
$$I_0 = \frac{I_1 + I_2}{2} \text{ Candela}$$

• Intensitas horizontal atau candle power.

Candle power sebuah lampu adalah candle power dalam arah horizontal dan dinotasikan dengan simbol (I_h). Mean horizontal intensitas cahaya suatu lampu adalah harga rata-rata intensitas cahaya dari pusat lampu tersebut pada suatu bidang horizontal.

c. Diagram Rousseau.

Cara klasik untuk menentukan jumlah total fluksi cahaya atau mean spherical intensity suatu sistem distribusi cahaya simetris dari suatu diagram polar disebut metoda Rousseau. Pengukuran intensitas cahaya pada berbagai sudut elevasi yang berlainan, ditunjukkan dalam kurva OBG (lihat gambar (2.17))



Gambar (2.17) Diagram Rausseau

Melalui titik pusat kurva polar O gambarkan sebuah setengah lingkaran yang memiliki radius lebih besar dari ordinat terpanjang kurva polar dimaksud. Sebagai contoh radius setengah lingkaran tersebut di atas adalah garis C

Perpanjang garis cahaya (garis yang menyatakan berkas cahaya) dari kutub sampai memotong permukaan setengah lingkaran.

Sebagai contoh garis cahaya OB memotong permukaan setengah lingkaran dimaksud pada titik C. Selanjutnya dari masing-masing titik potong garis cahaya dengan permukaan setengah lingkaran ditarik garis-garis sejajar dengan sumbu horizontal AO. Garis-garis sejajar dimaksud akan memotong sumbu vertikal pada titik D, H, E, L dan seterusnya. Melalui titik-titik potong ini tarik garis sejajar sumbu horizontal AO dengan ukuran sepanjang ordinat kutub polarnya. Sebagai contoh $HK = OG$, $EF = OB$ dan seterusnya. Apabila titik-titik L, O, E, H, D, K, F dan M dihubungkan maka diperoleh diagram Rouss LOEHDKFML. Luas permukaan diagram Rousseau ini sebanding dengan fluksi cahaya dan mean spherical intensity sumber cahaya. Jadi untuk menghitung fluksi cahaya maka luas permukaan kurva Rousseau harus diukur dan ini dapat dilakukan dengan bantuan planimetri.

Apabila titik-titik A dan C diproyeksikan pada sumbu vertikal LD maka diperoleh titik O dan titik E. panjang garis OE merepresentasikan ketinggian zone lingkaran AC yaitu (h). Apabila (h) dimaksud dikalikan dengan $(2r)$ maka diperoleh luas permukaan zone lingkaran AC dimana radius lingkaran sama dengan satu satuan.

Misalkan luas permukaan diagram Rousseau adalah S inchi kwadrat. Selanjutnya (S) dibagi dengan panjang $(LD = 2r)$ dimana $(2r)$ merupakan tinggi efektif diagram Rousseau. Hasil bagi $(S/2r)$ selanjutnya dikalikan dengan skala candle power (b) dari kurva polar. Selanjutnya hasil perkalian $(S \cdot b)$ dikalikan lagi dengan faktor $(4\pi = 12,57)$ sehingga total fluksi cahaya Φ dapat ditulis sebagai berikut :

$$\Phi = 4\pi \cdot \frac{S \cdot b}{2r} \text{ (lumen)}$$

Sebagai contoh b dalam gambar (2.17) Adalah satu inci sama dengan 2 candela. Luas permukaan 8,7 inci kwadrat. Panjang LD = 2r = 6 inci.

$$? \quad ? \quad ? \quad \frac{4? \times 8,7 \times 200}{6}$$

$$? \quad 3,633 \text{ lumen}$$

Bagikan total fluksi cahaya dengan faktor 4 sehingga menghasilkan spherical intensity I_o

$$? \quad I_o \quad ? \quad \frac{S \cdot b}{2r}$$

$$? \quad \frac{8,7 \times 200}{6}$$

$$? \quad 290 \text{ candela}$$

Dari diagram Rousseau, fluksi cahaya di berbagai zone dapat dihitu dengan mengukur luas permukaan diagram Rousseau yang dibentuk zone tersebut. Sebagai contoh, apabila fluksi cahaya dibagian atas a dibagian bawah garis horizontal akan ditentukan maka dapat dilakuk dengan mengukur luas permukaan di atas atau di bawah garis horizor AOM.

Contoh yang diperlihatkan dalam gambar (2.17) maka luas permukaan dari diagram Rousseau di atas garis horizontal AOM adalah 3,7 in kwadrat dan luas permukaan S₂ yang berada di bawah garis horizor adalah 5 inci kwadrat. Dengan demikian fluksi cahaya upper hemisph ?? dapat ditulis sebagai berikut :

$$? \quad ? \quad ? \quad \frac{2? \cdot S_2 \cdot b}{r}$$

$$? \quad \frac{2? \times 5 \times 200}{3}$$

$$? \quad 2088 \text{ lumen}$$

Demikian pula fluksi cahaya lower hemisphere ϕ_2 dapat ditulis sebagai berikut :

$$\phi_2 = \frac{2\pi S_2 \cdot b}{r}$$

$$= \frac{2\pi \times 5 \times 200}{3}$$

$$= 2088 \text{ lumen}$$

Selanjutnya fluksi cahaya total dapat dihitung sebagai berikut :

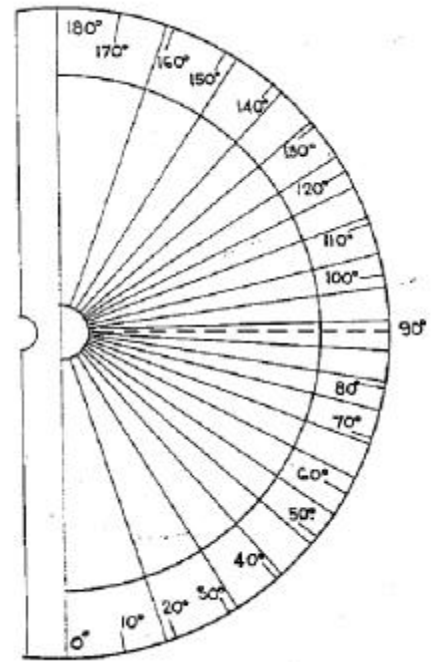
$$\phi_o = \phi_1 + \phi_2$$

$$= 1545 + 2088$$

$$= 3633 \text{ lumen}$$

Menurut DR Alexander Russell bahwa apabila pembacaan intens cahaya dilakukan untuk dua puluh buah sudut yang dipilih maka rata-rata pembacaannya hampir sama dengan mean spherical intensi. Selanjutnya dengan mengalikan harga rata-rata dimaksud dengan faktor (4 π) maka diperoleh harga total fluksi cahaya dalam satuan lumen. Berikut sudut-sudut pilihan tersebut di atas adalah sebagai berikut :

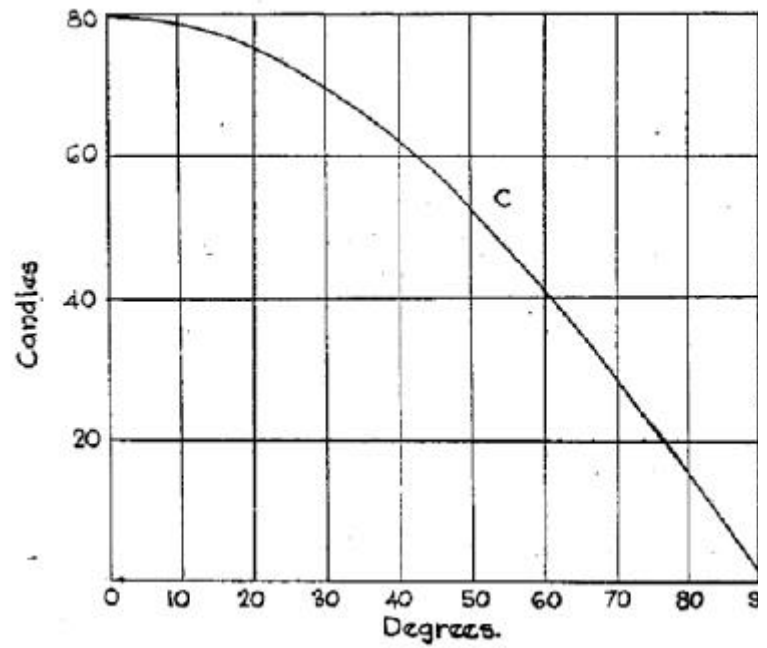
18,2°	63,3°	92,9°	123,4°
31,8°	69,5°	98,6°	130,5°
41,5°	75,5°	104,5°	138,6°
49,5°	81,4°	110,5°	148,2°
56,6°	87,1°	116,7°	161,8°



Gambar (2.18) Diagram DR.Alexander Russell

d. Diagram Rectangular

Distribusi cahaya suatu sumber cahaya dapat direpresentasikan c koordinat rectangular, seperti gambar berikut ini :



Gambar (2.19) Diagram Rectangular

Kurva polar C dalam gambar (2.15) dapat dinyatakan dalam koordi rectangular seperti dalam gambar (2.19). Jenis representasi ini terutama terjadi pada penerangan proyektor dan penerangan sorot dimana cahaya terkonsentrasi pada sudut pancar yang sempit dekat sumbu vertikal.

Apabila diketahui diagram rectangular maka fluksi cahaya dapat ditentukan dengan metoda fluksi parsial, dimana lumen faktor yang ditunjukkan dalam tabel sebelumnya (tabel 2.2) dapat digunakan. Sebagai contoh, apabila fluksi cahaya parsial akan ditentukan pada zone antara 30° dan 40° [li

gambar (2.19)] maka intensitas cahaya I untuk sudut 35° adalah 6 candela. berdasarkan tabel (2.2) Lumen faktor untuk zone 30° ke adalah 0,628. Parsial fluksi cahaya (Φ) pada zone antara 30° dan adalah :

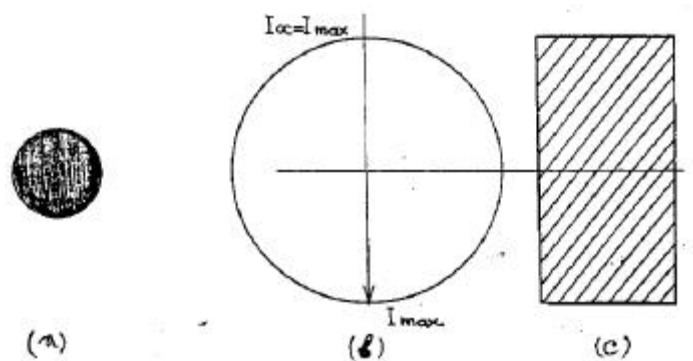
$$\begin{aligned} \Phi &= 66,5 \times 0,628 \\ &= 41,76 \text{ lumen} \end{aligned}$$

Distribusi cahaya dari beberapa permukaan sumber cahaya adalah sebagai berikut :

1) Permukaan berbentuk Bundar

Distribusi cahaya dari permukaan sumber cahaya berbentuk bundar dalam gambar (2.20)a diperlihatkan dalam bentuk kurva polar a diagram Rousseau masing-masing seperti dalam gambar (2.20)b dan gambar (2.20) c.

Total fluksi cahaya yang dipancarkan adalah $4\pi I$ lumen, selanjut mean spherical intensitas adalah I candela.



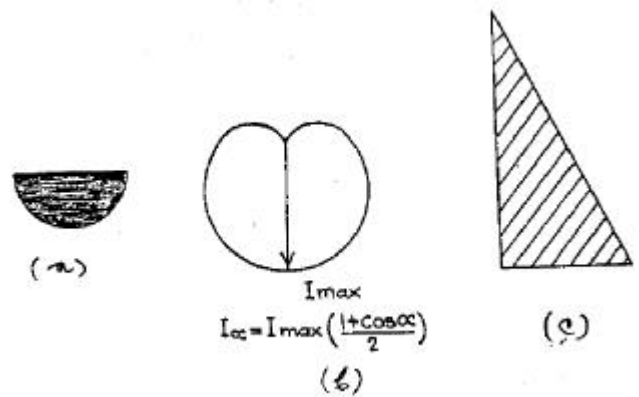
Gambar (2.20) a. Permukaan berbentuk bundar

Gambar (2.20)b. Kurva polar

Gambar (2.20) c. Diagram Rousseau

- 2) Permukaan berbentuk setengah lingkaran.

Untuk permukaan sumber cahaya berbentuk setengah lingkaran a setengah bundar seperti diperlihatkan dalam gambar (2.21)a maka distribusi cahayanya dalam bentuk kurva polar dan diagram Rous masing-masing diperlihatkan dalam gambar (2.21)b dan gambar (2.21)c.

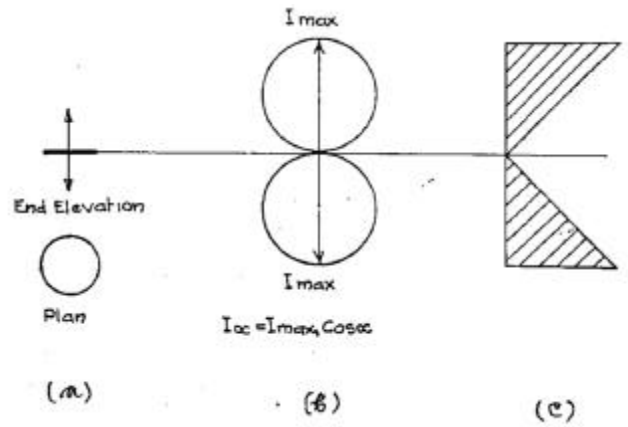


Gambar (2.21)a. Permukaan sumber cahaya berbentuk hemispheris
 Gambar (2.21)b Diagram polar
 Gambar (2.21)c Diagram Rousseau

Total fluksi cahaya yang dipancarkan adalah 2 lumen, sedangkan mean spherical intensity adalah (I/2) candela.

- 3). Permukaan berbentuk plat (kedua sisinya memancarkan cahaya)

Distribusi cahaya permukaan sumber cahaya berbentuk plat dimana kedua sisinya memancarkan cahaya, diperlihatkan dalam bentuk diagram polar dan diagram Rousseau masing-masing seperti dalam gambar (2.22) b dan gambar (2.22)c.

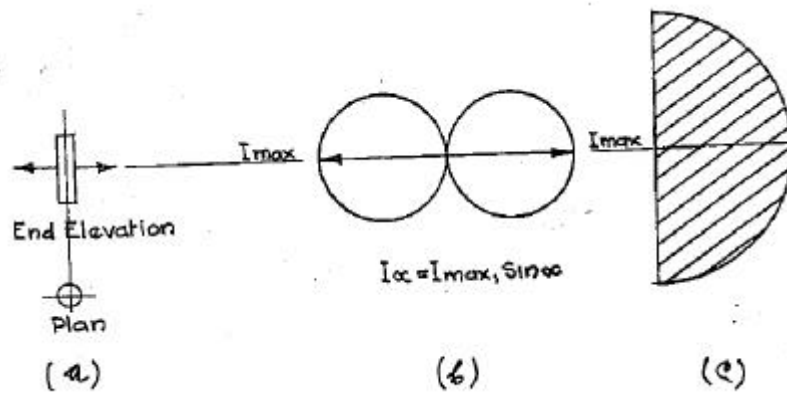


Gambar (2.22)a. Permukaan sumber cahaya berbentuk plat
 Gambar (2.22)b. Diagram polar
 Gambar (2.22)c. Diagram Rouseau

Total fluksi cahaya yang dipancarkan adalah πI lumen, dan spherical intensity adalah $(I/4)$ candela.

5) Permukaan berbentuk cylinder.

Permukaan sumber cahaya berbentuk cylinder memiliki distribusi cahaya dalam bentuk diagram polar maupun diagram Rouseau seperti dalam gambar (2.23)b dan gambar (2.23)c



Gambar (2.23) a. Permukaan sumber cahaya berbentuk cylinder
 Gambar (2.23) b. Diagram polar
 Gambar (2.23) c. Diagram Rousseau

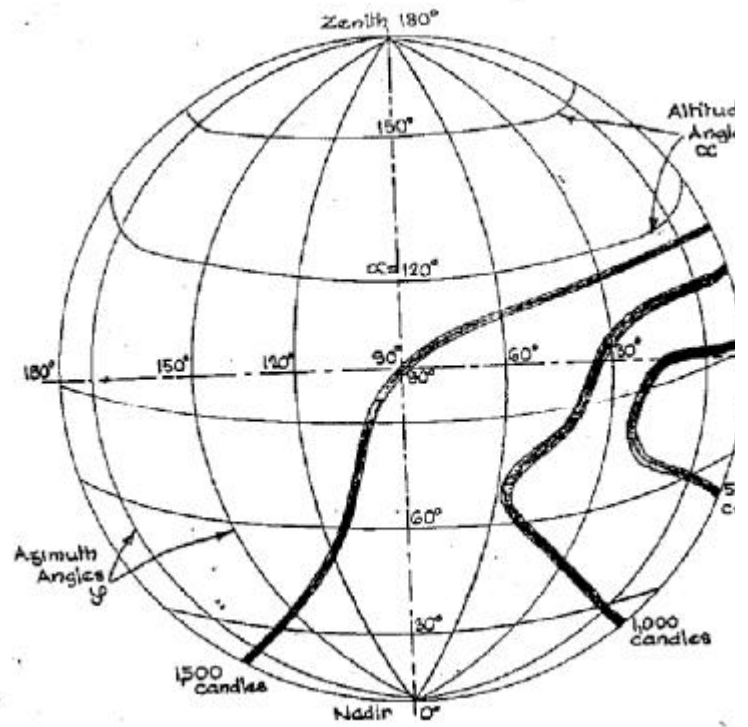
Total fluksi cahaya yang dipancarkan adalah $\pi^2 I$ lumen, sedangkan mean spherical intensity adalah $(\pi/4) I = 0,785I$ candela.

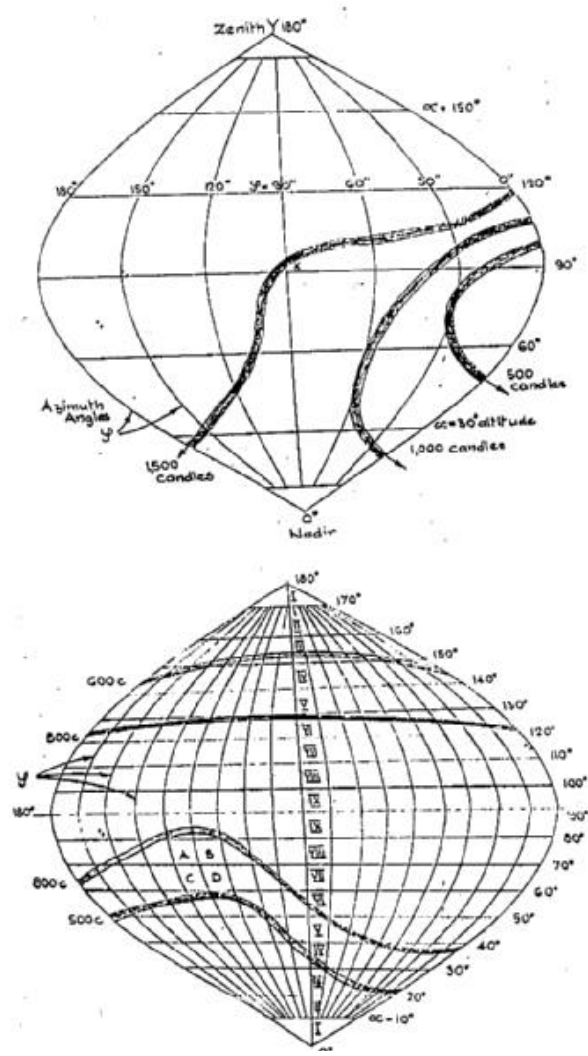
Total fluksi cahaya pada cylinder yang panjang misalnya pada tabung lampu neon sign atau tabung lampu fluorescent ditentukan dengan mengukur intensitas cahaya I dari sepotong unit tabung sepanjang satu foot (satu kaki) kemudian hasilnya dikalikan dengan faktor atau 9,87 dan dikalikan lagi dengan panjang tabung itu secara keseluruhan.

e. Diagram Isocandela.

Distribusi intensitas cahaya dari fitting lampu yang tidak simetris dinyatakan dengan anggapan bahwa fitting lampu tersebut terletak pada pusat bola cahaya. Jadi fitting lampu dimaksud seolah-olah merupakan titik pusat dari suatu bola

hayal. Pada permukaan bola hayal, tandai intensitas cahaya yang muncul c berbagai berkas cahaya yang datang dari pusat bola hayal. Selanjutnya ta garis-garis melalui titik yang mempunyai intensitas cahaya yang sama p permukaan bola hayal. Garis yang digambarkan ini dinamakan garis isocandela sedangkan diagram isocandela adalah suatu grafik yang koordinatnya ter dari sudut elevasi pada posisi vertikal dan sudut azimuth pada posisi i horizon Untuk jelasnya lihat gambar di bawah ini.





Gambar (2.24)a. Garis isocandela
 Gambar (2.24)b. Diagram isocandela

Diagram isocandela adalah suatu grafik yang koordinatnya terdiri dari su elevasi pada posisi vertikal dan sudut azimuth pada posisi horizontal un menyatakan distribusi cahaya dari sebuah lampu dapat dilakukan den menggunakan sistem proyeksi permukaan bola dimana luas permukaan bid bola yang akan diproyeksi dimaksud tergantung pada besarnya sudut ru Untuk mendapatkan jumlah fluksi cahaya dalam suatu sudut ruang terter dapat dilakukan dengan mengukur luas bidang bola pada sudut ruang terse (dengan planimetri) kemudian kalikan luas bidang ini (konversikan ke dal steradian) dengan intensitas cahaya dalam sudut ruang tersebut.

Dalam teknik pencahayaan, sering menggunakan dua macam sistem proye untuk menyatakan distribusi cahaya dari lampu listrik.

Kedua sistem proyeksi dimaksud adalah sinusoidal projection dan azimuth projection.

Bayangkan permukaan bidang bola dipasang menjadi beberapa bagian men garis meridian sehingga membentuk irisan setengah lingkaran sep diperlihatkan dalam gambar (2.24)a selanjutnya irisan setengah lingkaran disusun mendatar seperti dalam gambar (2.24)b dimana merupakan keseluruhan permukaan bola dan merupakan kurva double sehingga tidak dapat dib permukaan-permukaan mendatar. Akan tetapi bagian-bagian irisan dimak sangat sempit maka dianggap sebagai kurva dalam satu arah.

f. Rangkuman

Pemahaman kurva distribusi cahaya diperlukan teknisi untuk dapat mengetahui karakteristik cahaya yang dipancarkan suatu luminair sehingga dalam memasang instalasi penerangan, dapat dipilih sumber penerangan berdasarkan luminair atau lampu yang sesuai.

Umumnya setiap luminair ataupun lampu telah dilengkapi dengan data tentang distribusi cahaya dalam bentuk kurva (diagram).

Materi kurva distribusi yang dibahas dalam modul ini meliputi; pembahasan tentang diagram/kurva polar, diagram Rouseau, diagram rectangular dan diagram isocandela.

g. Tugas Terstruktur Kegiatan Belajar Ke-2

1. Tentukan total fluksi dari sebuah lampu penerangan yang dimiliki MS 400 dan tentukan pula illuminasi, tepat di bawah lampu tersebut jika lampu ini digantung pada ketinggian 10 meter dari bidang kerja.
2. Sebuah lampu 250 volt memancarkan 6284 lumen jika mengalirkan arus listrik 1 ampere. Hitunglah MSCP dan efisiensi lampu
3. Lampu jalan terpasang pada ketinggian 10 meter, dengan interval jarak 15 meter. Kurva polar lampu dan reflektornya dapat diperoleh dengan data sebagai berikut :

CP	240	270	290	260	190	130	50	15
Sudut pancar cahaya terhadap garis vertikal	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70

Hitunglah tingkat illuminasi antara dua buah lampu pada setiap interval jarak

3) **KEGIATAN BELAJAR 3 (Pengontrolan Cahaya dan Sist Penerangan)**

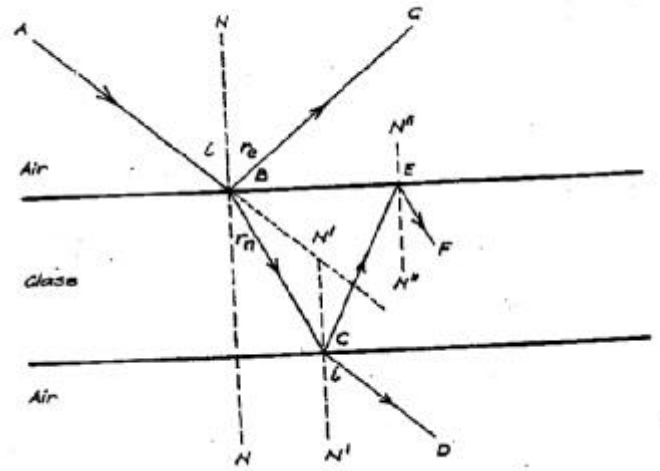
a. **Tujuan Pembelajaran**

Setelah mempelajari rangkaian materi ini peserta mampu :

- ? Mengaplikasikan konsep pantulan cahaya dalam perencanaan pemasangan instalasi penerangan.
- ? Mengaplikasikan konsep pembiasan cahaya dalam perencanaan pemasangan instalasi penerangan
- ? Mengaplikasikan konsep transmisi cahaya dalam perencanaan pemasangan instalasi penerangan.

b. **Pantulan Cahaya**

Cahaya dapat dihasilkan melalui banyak cara misalnya dengan lampu pijar, lampu fluorescent dan lain sebagainya. Pada umumnya jarang sekali ada lampu penerangan yang memiliki karakteristik distribusi cahaya untuk keperluan-keperluan penerangan tertentu. Oleh sebab itu harus ada beberapa metode/cara tertentu untuk mengontrol arah cahaya sesuai dengan yang diinginkan. Misalkan satu berkas cahaya merambat dalam bentuk garis lurus seperti dalam gambar (2.25) berikut ini.



Gambar 2.25. Arah pancaran cahaya

Apabila berkas cahaya dimaksud merambat dari titik A melewati medium udara dan selanjutnya menabrak medium lain (gelas) pada titik B, maka beberapa berkas cahaya akan bergerak menuju titik G dan beberapa lainnya akan bergerak menuju titik C, terlihat bahwa arah rambatan cahaya dalam medium gelas berubah arah yaitu BC dan kejadian ini disebut “pembiasan cahaya”

Berkas cahaya BC ini kemudian dipantulkan lagi dalam arah CE dan dipantulkan lagi dalam arah EF, demikian seterusnya sampai arah berkas cahaya tersebut diserap.

Sebagian cahaya dari titik A ada yang diteruskan oleh medium gelas, misal berkas cahaya CD. Dengan demikian jelas bahwa dalam suatu medium peran

ada cahaya yang dipantulkan, ada yang diserap dan ada juga yang diteruskan (ditransmisikan).

Perbandingan antara fluksi cahaya yang dipantulkan (ρ) dan fluksi cahaya yang datang pada bidang pemantulan (E_0) disebut faktor pantulan atau reflectansi (ρ).

$$\rho = (E_{\text{pantulan}}) / (E_0)$$

Perbandingan antara fluksi cahaya yang diserap (α) dan fluksi cahaya yang datang pada bidang pemantul (E_0) disebut faktor penyerapan (α).

$$\alpha = (E_{\text{diserap}}) / (E_0)$$

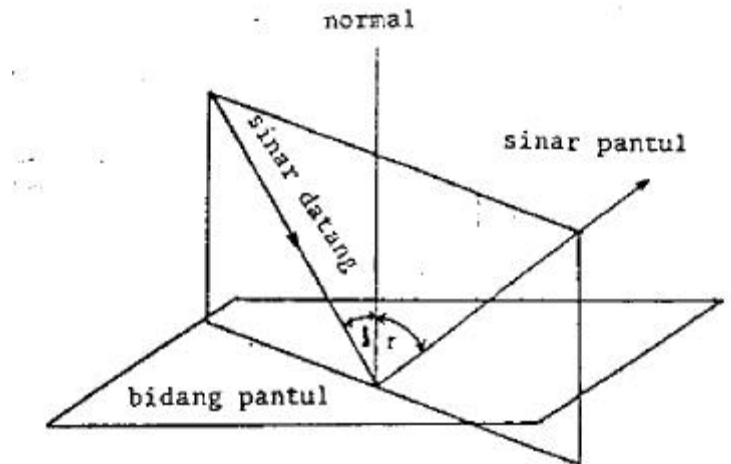
Perbandingan antara fluksi cahaya yang ditransmisikan (τ) dan fluksi cahaya yang datang pada bidang pemantul (E_0) disebut faktor transmisi (τ).

$$\tau = (E_{\text{transmisikan}}) / (E_0)$$

Konstanta-konstanta ρ , α , τ dinyatakan dalam prosentase dimana ($\rho + \alpha + \tau$) = 1 dan ($\rho + \alpha + \tau$) = 1

Apabila bidang pemantul tidak dapat mentransmisikan cahaya ($\tau = 0$) maka berlaku $\rho + \alpha = 1$ dan $\rho + \alpha + \tau = 1$

b.1. Pemantulan secara specular atau regular



Gambar 2.26. Ilustrasi pantulan specular atau regular

Apabila suatu berkas cahaya jatuh pada permukaan yang licin misal cermin datar atau metal maka berkas cahaya dimaksud akan dipantulkan oleh permukaan itu, dimana cahaya idealnya dan cahaya pantul bersa garis normal berada dalam satu bidang datar, dan besarnya sudut dat akan sama dengan besarnya sudut pantul yaitu $i = r$. Hubungan an intensitas cahaya (I) dengan luminasi dari cahaya yang dipantulkan (L) karakteristik cahaya tersebut sebelum dipantulkan dapat diterang sebagai berikut :

Misalkan sebuah cermin cembung M menghasilkan pantulan specular e regular. Suatu berkas cahaya dari sumber A dengan sudut ruang (Ω) memiliki luminase (L), jatuh pada cermin cembung M pada titik P , dim titik P ini dianggap merupakan satuan luas yang cukup kecil dari ceri

cembung. Untuk mempelajari jenis pantulan ini, titik P dianggap sebagai suatu cermin datar yang memiliki luas permukaan yang kecil dan terletak pada bidang datar M' dimana bidang datar M' ini dapat digambarkan sebagai bidang singgung dari cermin cembung M dititik P. Garis normal pada titik P adalah PN, berkas cahaya akan dipantulkan secara simetris terhadap garis normal sehingga besar sudut ruang cahaya datang sama besarnya dengan sudut ruang cahaya pantul.

Luminasi pada mata pengamat pada saat melihat berkas cahaya pantul yaitu melihat kearah titik P dapat dijelaskan sebagai berikut :

Emitansi pada titik P (dalam hal ini yang dimaksud adalah illuminasi) adalah $h = LW \cos \theta$. Apabila luminasi di mata pengamat dinotasikan dengan L' maka emitansi pada titik P setelah pantulan adalah $H' = L \cos \theta$. Selanjutnya misalnya faktor pantulan dan juga emitansi cahaya pantulan pada titik P akan sama dengan ρ kali emitansi cahaya sebelum dipantulkan.

$$H' = \rho H$$

$$H = L'W \cos \theta = \rho LW \cos \theta$$

$$L' = \rho L$$

Cermin datar M' menghasilkan bayangan A' dan luminasi dari bayangan ini diperkecil oleh cermin menjadi ρL

Elemen cermin datar P dapat dianggap sebagai sebuah diafragma yang diterangi dengan luminasi dari bayangan A' cermin cembung M. lengkungan cermin ini dianggap sebagai sumber cahaya yang memiliki luminasi $L' = \rho L$

Apabila luas permukaan lengkungan cermin cembung M adalah S dan S secara keseluruhan diterangi oleh luminasi pantulan sumber cahaya maka intensitas cahaya (I) dapat dinyatakan sebagai berikut ;

$$I = SL' = S'L$$

Untuk cermin-cermin datar, intensitas cahaya dari pada bayangan sumbu cahaya (I') sama dengan intensitas cahaya dari sumber itu sendiri dikalikan dengan faktor pantulan permukaan cermin (ρ).

$$I' = \rho L$$

Permukaan-permukaan yang umumnya menghasilkan pantulan specular/regular antara lain jenis metal yang mengkilap, gelas yang dilapisi silver dapat juga menghasilkan pantulan specular apabila permukaannya halus.

Faktor pantulan dari bidang-bidang permukaan yang dapat menghasilkan pantulan specular tergantung pada besarnya sudut cahaya datang. Faktor pantulan pada bahan-bahan konduktor mempunyai karakteristik berlainan dengan faktor pantulan pada bahan-bahan non konduktor yang tidak menyerap cahaya, sehingga faktor pantulan pada sudut cahaya datang yang berlainan dipengaruhi oleh indeks bias, dan oleh Fresnel dirumuskan sebagai berikut :

$$\rho_i = \frac{1}{2} \left[\frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)} + \frac{\tan^2(i-r)}{\tan^2(i+r)} \right]$$

Dimana; ρ_i adalah faktor pantulan untuk sudut cahaya datang sebesar i dan sudut bias sebesar r .

Apabila cahaya dipantulkan oleh bidang pemantul gelas atau air dan datang dari belakang bidang pemantul ini adalah udara maka kedudukan i dan r dalam rumus Fresnel dibalik.

Apabila besarnya sudut cahaya datang i melampaui harga sudut kritis 90° maka nilai faktor pantulan tetap sama dengan satu. Jadi harga faktor pantulan bahan pemantul non konduktif ditentukan berdasarkan besarnya sudut cahaya datang.

Sistem pemantulan specular terdiri dari pemantul specular berbentuk cekung ataupun menyerupai lensa. Pemantul-pemantul specular ini dipakai apabila instalasi penerangan membutuhkan pancaran cahaya yang tajam, misalnya untuk penerangan sorot dan penerangan jalan.

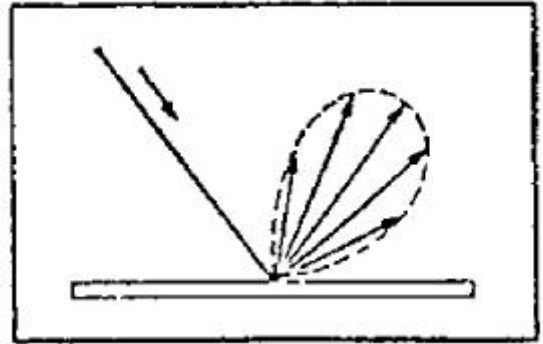
b.2. Pantulan Diffuse.

Kebanyakan bidang permukaan yang berada disekeliling kita tidak dapat menghasilkan pantulan specular, tetapi memancarkan pantulan cahaya yang menyebar (diffuse) ke segala arah. Permukaan-permukaan dimaksudkan antara lain kertas, gelas, frosted langit-langit dan dinding bangunan rumah yang dicat dan seterusnya. Sifat pantulan cahaya seperti yang terjadi pada jenis pantulan specular. Faktor pantulan untuk jenis pantulan diffuse dinyatakan sebagai perbandingan jumlah fluksi cahaya yang dipantulkan secara diffuse dan jumlah fluksi cahaya yang datang pada bidang pemantul.

Permukaan-permukaan yang menghasilkan pantulan specular memancarkan kilauan ke arah cahaya pantulan, sedangkan permukaan-permukaan yang menghasilkan pantulan diffuse, memancarkan sejumlah luminasi ke segala arah. Pantulan cahaya secara diffuse dapat diklasifikasikan atas beberapa bagian sebagai berikut :

1. Pantulan secara spread.

Cahaya yang dipantulkan secara spread akan menyebarkan pantulannya seperti di ilustrasikan dalam gambar berikut ini.

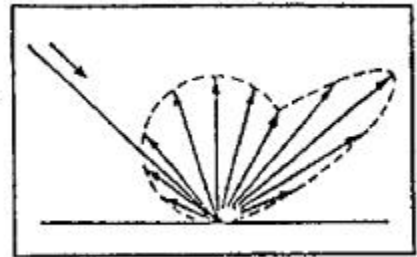


Gambar (2.27) ilustrasi pantulan secara spread

Bahan-bahan yang dapat menghasilkan jenis pantulan ini antara lain: bahan-bahan yang dilapisi dengan email atau porselin, logam-logam yang telah disikat dan dicat putih tetapi tidak mengkilap.

? Pantulan Campuran.

Jenis pantulan cahaya ini merupakan campuran antara pantulan specular dan pantulan diffuse dan diilustrasikan dalam gambar berikut ini :



Gambar (2.28) ilustrasi pantulan campuran

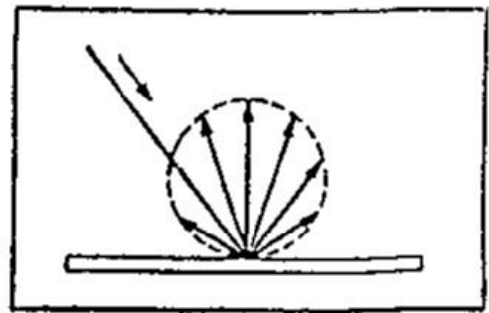
Bahan-bahan yang dapat menghasilkan jenis pantulan ini adalah bahan-bahan yang dilapisi porselin dan permukaan halus yang dicat

? Pantulan diffuse yang lengkap (uniform diffuse)

Arah cahaya yang dipantulkan dari bidang pemantul tidak tergantung pada arah dari cahaya datang ke bidang pemantul dimaksud. Hukum Lambert memenuhi untuk jenis pantulan ini dan secara matematis ditulis sebagai berikut :

$$I_{\theta} = (I_{\text{normal}}) (\cos \theta)$$

Dimana sudut θ adalah sudut antara Intensitas normal yang tegak lurus dibidang pemantul dan intensitas dalam arah θ dari intensitas normal dimaksud.



Gambar (2.29) ilustrasi pantulan diffuse yang lengkap

Bahan-bahan yang dapat menghasilkan jenis pantulan ini antara lain blotters dan matte paints.

Apabila fluksi cahaya Φ jatuh pada permukaan yang datar dan menghasilkan pantulan diffuse yang lengkap (uniform diffuse) dimana permukaan ini memiliki faktor pantulan ρ maka jumlah fluksi cahaya yang dipantulkan adalah $\rho\Phi$. Intensitas cahaya dalam arah garis normal dapat ditulis sebagai berikut :

$$I_0 = \frac{\rho\Phi}{\pi}$$

Sedangkan intensitas cahaya dimaksud dalam arah θ derajat dari garis normal dapat dituliskan sebagai berikut :

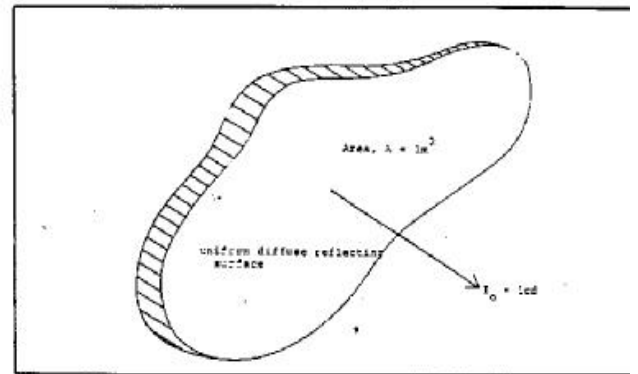
$$I_\theta = \frac{\rho\Phi}{\pi} \cos\theta$$

Apabila kuantitas persamaan di atas dihitung persatuan luas dengan mengganti nilai fluksi Φ dengan luminasi (E) dan intensitas cahaya I diganti dengan luminasi L maka diperoleh fluksi cahaya yang dipantulkan persatuan luas adalah ρE dan luminasi pantulan persatuan luas adalah :

$$L = \frac{\rho E}{\pi}$$

Jika illuminasi E dinyatakan dalam satuan lux maka satuan luminasi pantulan L dinyatakan dalam satuan (cd/m²). Jika E dalam satuan footcandle (fc) maka L dalam satuan (cd/ft²).

Selanjutnya jika E dalam satuan lux dan L dalam apostilb (as) maka faktor π dalam persamaan di atas tidak ada, jadi $L = \rho E$ demikian pula jika L dalam satuan footlambert dan E dalam fc maka persamaan di atas menjadi $L = \rho E$. untuk lebih jelasnya perhatikan gambar berikut ini.



Gambar (2.30) ilustrasi menentukan luminasi pada pantulan diffu

Misalkan luas bidang permukaan $A = 1 \text{ m}^2$ dan intensitas cahaya dalam arah garis normal $I_0 = 1 \text{ cd}$, maka luminasi permukaan dimaksud adalah 1 cd/m^2 . Untuk jenis pantulan diffuse jumlah fluks cahaya (?) yang dipancarkan bidang pemantul adalah ? intensitas cahaya dalam arah garis normal (I_0).

Apabila $I_0 = 1 \text{ cd}$ maka ? = ? lumen, tepatnya ? = ? lumen per se meter persegi. Dalam hal ini maka luminasi bidang permukaan ditetapkan sama dengan ? apostilb. Jadi dapat didefinisikan bahwa apostilb = $(1/?)$ cd/m^2 . Berdasarkan uraian-uraian tersebut di terlihat bahwa apostilb adalah satuan luminasi yang didasarkan p fluksi cahaya sedangkan cd/m^2 adalah satuan luminasi y didasarkan pada intensitas cahaya.

Apabila bidang permukaan yang dapat menghasilkan pantu uniform diffuse memiliki faktor pantulan (reflektansi) ? dan l

permukaan A, kemudian bidang tersebut diterangi secara merata sehingga memiliki illuminasi (E) lux, maka luminasi bidang dimaksud adalah (E/π) cd/m² atau πE apostilb. Dengan perbandingan lain luminasi dalam satuan apostilb adalah illuminasi bidang pemantulan dikalikan dengan reflektansi bidang tersebut. Selanjutnya fluks cahaya yang dipancarkan dari bidang pemantulan akan sama dengan A lumen.

Hubungan antara luminasi dan emitansi suatu bidang permukaan yang dapat menghasilkan pantulan uniform diffuse dijelaskan sebagai berikut :

Emitansi cahaya (H) dinyatakan sebagai banyaknya fluks cahaya yang dipancarkan atau ditransmisikan dari satu satuan luas permukaan (S) secara matematis emitansi cahaya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$H = (\Phi / S)$$

Menurut hukum Lambert, apabila suatu bidang permukaan seluas memancarkan cahaya dengan luminasi L akan memiliki intensitas cahaya dalam arah garis normal sebesar $I_0 = (LS)$ candela.

Jumlah fluks cahaya pada bidang permukaan dimaksud adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Phi &= \Phi I_0 \\ &= \Phi LS \end{aligned}$$

dengan demikian $(\Phi / S) = \Phi L$ dimana (Φ / S) adalah jumlah fluks cahaya per satuan luas yaitu emitansi (H).

Jadi :

$$H = ?L$$

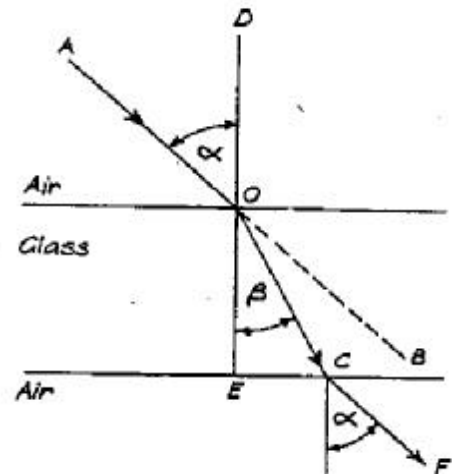
$$L = (H/?)$$

Apabila L dinyatakan dalam satuan stilb atau (cd/cm^2) maka satuan adalah (m/cm^2) . Selanjutnya jika L dinyatakan dalam satuan (cd/m^2) maka satuan H adalah (m/m^2) demikian pula jika L dalam satuan (cd/ft^2) maka satuan H adalah (m/ft^2) .

Apabila bidang permukaan memancarkan cahaya dengan luminansi sebesar 16 stilb maka emitansi bidang tersebut adalah $H = ? \times 16 = 50,2 (\text{m}/\text{cm}^2)$. Selanjutnya jika emitansi suatu bidang permukaan adalah $700 (\text{m}/\text{m}^2)$ maka luminansi permukaan dimaksud $I = (700/?) = 223 (\text{cd}/\text{m}^2) = 0,0223$ stilb.

c. Pembias Cahaya

Bila suatu berkas cahaya memancarkan melalui suatu medium ke medium lain misalnya dari medium udara ke gelas atau ke air atau sebaliknya dari medium gelas ke udara maka arah berkas cahaya itu akan berubah pada titik batas ke medium dimaksud. Fenomena ini dinamakan pembiasan cahaya diperlihatkan dalam gambar berikut :



Gambar (2.31) Ilustrasi fenomena pembiasan cahaya

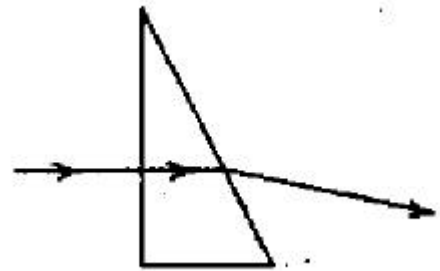
Berkas cahaya AO yang melewati medium udara berubah arah menjadi OC setelah memasuki medium gelas yang kedua permukaannya paralel. Apabila DOE adalah garis normal yang tegak lurus kedua medium maka terlihat bahwa sudut cahaya datang adalah α dan sudut pembiasan cahaya dimaksud adalah β . Menurut hukum Snellius maka :

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$$

Dimana n adalah indeks bias, dan harganya untuk medium udara adalah satu. Harga $\sin \alpha$ bergantung pada kecepatan rambat cahaya dalam udara sedangkan harga $\sin \beta$ bergantung pada kecepatan rambat cahaya dalam gelas. Ketika berkas cahaya OC melewati medium gelas dan memasuki medium udara, maka :

medium udara yang berada di bawah gelas maka berkas cahaya tersebut membelok sejajar dengan cahaya datang AO. Perlu diingat bahwa berkas cahaya AO, OC, CF, garis normal dan garis batas kedua medium berada dalam satu bidang.

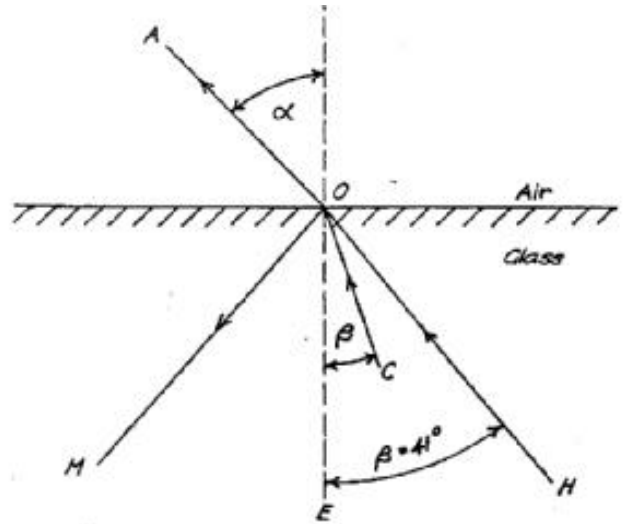
Harga indeks bias (n) tergantung pada kondisi medium dan kondisi cahaya datang. Apabila kedua sisi permukaan medium gelas tidak sejajar dimana salah satu permukaan lebih tebal dari yang lainnya maka akan membelokkan cahaya setelah melewati medium gelas cenderung ke permukaan yang lebih tebal.



Gambar (2.32) Pembiasan Cahaya pada bidang gelas dengan ketebalan tidak merata

Dalam praktek, prinsip pembiasan seperti gambar di atas dipakai untuk pembuatan reflektor lampu penerangan jalan dan traffic signs.

Cahaya datang dapat saja dibuat dengan terlebih dahulu melewati medium gelas dan kemudian dibiaskan pada medium udara seperti pada gambar berikut ini :



Gambar (2.33) Ilustrasi sudut kritis pembiasan

Dalam gambar terlihat bahwa cahaya datang pada medium gelas dari arah CO, dibiaskan pada medium udara arah AO. Apabila sudut θ dari gambar di atas mencapai 90° maka berkas cahaya CO tidak akan muat atau tidak akan dibiaskan dalam medium udara. Timbul pertanyaan berapakah besar sudut datang θ untuk medium crown glass yang memiliki indeks bias (n) = 1,53. Jawaban atas pertanyaan ini dapat dijelaskan dengan hukum Snell sebagai berikut :

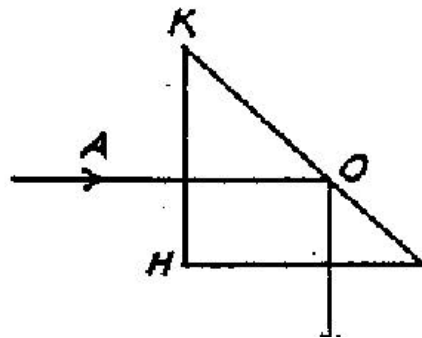
$$\frac{\sin \theta}{\sin 90^\circ} = n = 1,53$$

Jika Besarnya sudut $\theta = 90^\circ$ maka :

$$\begin{aligned} \frac{\sin \theta}{\sin 90^\circ} &= 1,53 & \frac{\sin 90^\circ}{\sin \theta} &= 1,53 \\ & & \frac{1}{\sin \theta} &= 1,53 \\ & & \sin \theta &= 1/1,53 \\ & & &= 0,6536 \\ & & \theta &= \text{arc.sin } 0,6536 \\ & & &= 40,81^\circ \end{aligned}$$

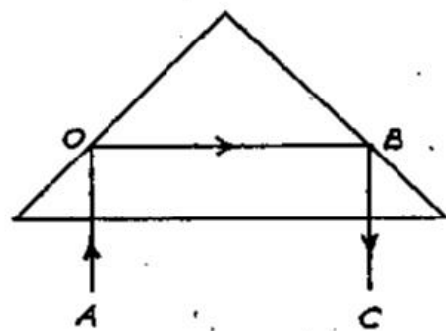
Pada kondisi sudut $\theta = 90^\circ$ dan sudut $\theta = (40,81)^\circ$ untuk medium gelas terp disebut sudut kritis medium tersebut. Terlihat dalam gambar bahwa ber cahaya HO membentuk sudut $(40,81)^\circ$ dengan garis normal EO. Berkas cah ini tidak dibiaskan atau tidak muncul dalam medium udara tetapi ju dipantulkan dalam arah OM pada medium gelas itu sendiri. Fenomena dinamakan total reflection (pantulan sempurna).

Dalam kondisi total reflection permukaan bidang batas kedua med perantara berperan sebagai sebuah cermin datar. Kondisi total reflect biasanya diaplikasikan untuk mengkonversi arah cahaya seperti diperlihat dalam gambar berikut ini :



Gambar (2.34) Pantulan Sempurna Tunggal

Terlihat dalam gambar bahwa berkas cahaya datang AO meninggalkan prisma dalam arah tegak lurus dan sejajar dengan permukaan HK prisma tersebut. Pantulan ganda dapat juga diperoleh dengan menggunakan prisma yang sudut puncaknya adalah 90° seperti dalam gambar berikut ini :



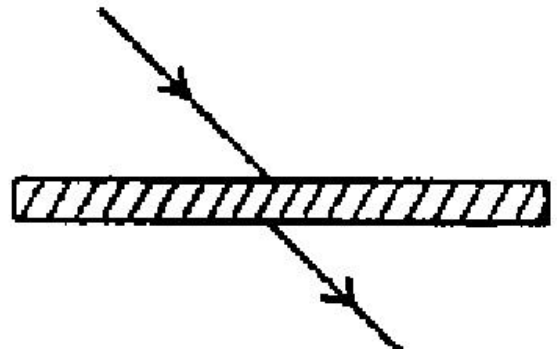
Gambar (2.35) Pantulan Sempurna Ganda

Cahaya datang AO disorot dari sisi hypotenusa prisma tersebut maka bercahaya ini bergerak menuju salah satu sisi yang pendek dari prisma dipantulkan oleh sisi ini dalam arah OB kemudian dipantulkan oleh sisi yang pendek lainnya dalam arah BC sejajar dengan cahaya datang AO.

Keunggulan dari prisma dalam kaitannya dengan pengontrolan arah cahaya adalah bahwa prisma tidak memerlukan lapisan pemantul untuk mengarahkan cahaya tetapi walaupun demikian, prisma perlu dijaga agar tetap bersih dan bebas dari debu atau kotoran lainnya. Lensa juga dapat digunakan sebagai media pemantul cahaya.

d. Transmisi Cahaya

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa permukaan yang gelap tidak mentransmisikan cahaya tetapi menyerap atau memantulkan cahaya tersebut. Permukaan yang dapat mentransmisikan cahaya adalah permukaan-permukaan yang transparan atau yang bening seperti dalam gambar berikut ini :



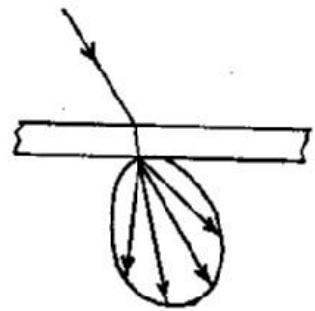
Gambar (2.36) Ilustrasi transmisi cahaya pada suatu medium perantara.

Suatu obyek dapat dilihat dengan jelas melalui permukaan yang transparan. Contoh permukaan yang transparan adalah kaca jendela, bola lampu pijar yang bening dan lain sebagainya. Jumlah cahaya yang diserap permukaan gelas bening sekitar 3 sampai 12 %.

Suatu permukaan dikatakan bening jika permukaan tersebut mentransmisikan cahaya secara menyebar sehingga gambaran obyek yang sebenarnya tidak seluruhnya terlihat jelas.

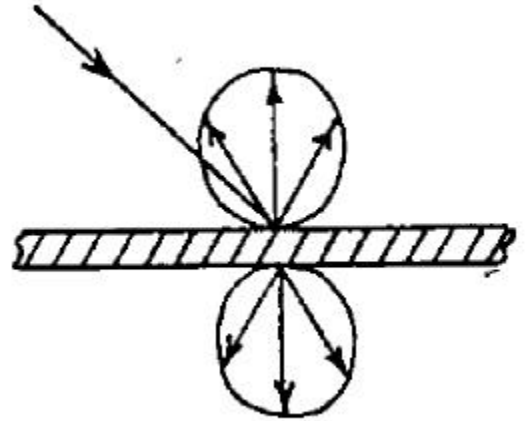
Besarnya faktor transmisi cahaya (?) ditentukan oleh hasil bagi antara jumlah cahaya yang ditransmisikan dengan jumlah cahaya yang datang pada suatu bidang transparan.

transmisi cahaya pada gelas datar bening yang permukaannya bawahnya dilapisi frosted diperlihatkan dalam gambar berikut ini :



Gambar (2.37) Transmisi cahaya pada gelas datar berlapisan frosted dilapisan bawah

Transmisi cahaya pada gelas datar berwarna putih susu diperlihatkan seperti dalam gambar berikut ini :



Gambar (2.38) Transmisi cahaya pada gelas datar berwarna putih susu

Pada gelas datar berwarna putih susu, cahaya datang dipantulkan pada satu sisi dan ditransmisikan pada sisi yang lain.

e. Cahaya Siang Hari

Cahaya matahari yang langsung masuk ke dalam rumah membawa pengaruh terhadap sistem penerangan yang ada di dalam rumah tersebut, misalnya kesilauan dan hal-hal lain yang tidak diinginkan. Sehubungan dengan itu para perancang bangunan gedung selalu memperhitungkan letak kedudukan jendela dengan memprediksi kedudukan matahari setiap jam di sehari dan setiap musim dalam setahun.

Persoalan merancang letak dan kedudukan jendela dalam kaitannya dengan pengaruh pancaran langsung cahaya matahari ke dalam ruangan tidak dibi-

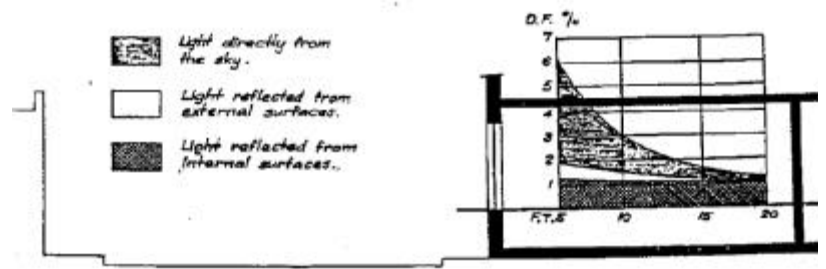
disini tetapi hal penting yang diperlukan bagi penerangan ruangan dan kaitannya dengan cahaya siang hari adalah bagaimana cahaya ini dapat terdifusi dari alam sekeliling dan masuk melalui jendela kedalam ruangan sehingga menghasilkan penerangan yang baik dan menyenangkan.

Merencanakan kebutuhan cahaya siang hari sebagai bagian pencahayaan dalam suatu ruangan, biasanya didasarkan pada kondisi minimum yang diizinkan dimana kondisi ini terjadi pada saat cuaca mendung. Dapat kita pahami bahwa pada saat cuaca mendung cahaya langsung dari matahari maupun yang dipantulkannya dapat diabaikan sehingga suasana mendung ini dapat dipandang sebagai sumber cahaya primer yang menerangi ruangan dalam kondisi minimum.

Perbandingan iluminasi setiap titik dalam ruangan dan iluminasi di luar ruangan pada kondisi minimum (suasana mendung) didefinisikan sebagai daylight factor dan dinyatakan dalam prosentase. Misalkan iluminasi di luar ruangan adalah 1000 (lumen/ft²) dan iluminasi pada meja dalam ruangan adalah 20 (lumen/ft²) maka nilai daylight factor adalah $[(20 \times 100)/1000] = 2\%$. Apabila tingkat iluminasi diluar ruangan naik, maka iluminasi dalam ruangan juga naik dengan daylight factor sama dengan 2%. Harga iluminasi dalam ruangan ditimbulkan oleh tiga komponen cahaya siang hari sebagai berikut :

- ☞ Cahaya yang langsung dari alam luar
- ☞ Cahaya yang dipantulkan oleh permukaan yang ada diluar ruangan misalnya bangunan lain di sekelilingnya.
- ☞ Cahaya yang dipantulkan oleh permukaan yang ada didalam ruangan sendiri, misalnya dinding dan langit-langit.

Untuk jelasnya perhatikan gambar dibawah ini ;



Gambar (2.39). Komponen cahaya siang hari dalam suatu ruangan

Jumlah illuminasi dalam ruangan yang ditimbulkan masing-masing kompo cahaya siang hari di atas dibagi dengan illuminasi diluar ruangan disebut “ daylight factor”.

Jumlah cahaya siang hari yang memasuki suatu ruangan selalu berubah-u sejalan dengan perubahan jam setiap hari dan perubahan cuaca atau musim. Dalam kondisi paling mendung, alam sekitar dapat menghasilkan illumir sekitar 200 (lumen/Ft²) sedangkan pada kondisi sore yang cerah menghasil illuminasi dalam ruangan didekat jendela masih mencukupi tetapi pada ja sekitar tiga kali ketinggian langit-langit dari jendela mata illuminasi p bidang kerja tidak mencukupi dan malah tingkat kesilauan mata pekerja c jendela naik sampai lima kali lipat.

Untuk mengatasi hal tersebut di atas maka pada tempat itu perlu dipasa penerangan bantuan berupa lampu listrik atau lainnya.

Memang sulit untuk menentukan tingkat illuminasi ruangan yang berasal c cahaya siang hari, karena fakta menunjukkan bahwa kecerahan alam sek selalu berfariasi dari satu tempat yang lainnya dan juga berbeda dari hari


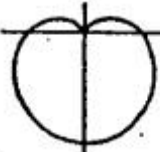
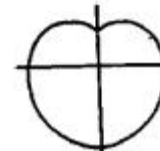
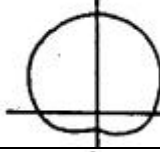
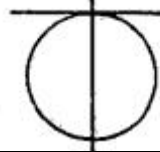
hari. Tetapi walaupun demikian kita dapat menentukannya dengan perkiraan kasar. Apabila penerangan buatan akan dipasang pada kantor besar yang diterangi oleh cahaya siang hari maka penerangan buatan tersebut dipasang dibagian belakang ruangan yang letaknya jauh dari jendela. Tingkat iluminasi pada tempat tersebut harus 50(lumen/Ft²). Tetapi pada daerah-daerah tertentu yang biasanya memiliki iluminasi luar yang tinggi tidak perlu penerangan buatan seperti tersebut di atas. Hal dapat dilakukan adalah dengan memasang pengontrol kecerahan ruangan pada jendela.

f. Sistem penerangan dan luminair

Dalam suatu ruangan biasanya dipasang lampu-lampu secara sistematis untuk menghasilkan tingkat iluminasi tertentu sesuai yang dibutuhkan. Penerangan yang dihasilkan ini dinamakan penerangan umum. Adakalanya dalam ruangan tersebut ada tempat-tempat tertentu misalnya meja gambar, atau mesin ketik membutuhkan tingkat iluminasi lebih besar dari penerangan umum yang sehingga ditempat tersebut dipasang tambahan lampu, khusus menerangi lokasi tertentu dimaksud. Penerangan tambahan ini dinamakan penerangan suplemen. Perbandingan terang antara daerah penerangan suplemen dan daerah penerangan umum tidak boleh lebih dari (3 : 1). Sebuah unit penerangan yang komplit termasuk satu atau lebih lampu dan perlengkapan kontrol cahaya dinamakan luminair.

Effisiensi penerangan sebuah luminair dinyatakan sebagai perbandingan antara output cahaya (lumen) dari satu unit komplit luminair tersebut dengan output cahaya (lumen) lampu sendiri.

Luminair dapat dikelompokkan atas lima kelas utama distribusi cahaya dengan prosentase output cahaya darinya diperlihatkan sebagai berikut :

Kurva distribusi cahaya	Kelas distribusi cahaya (sistem penerangan)	Prosentase distribusi cahaya
	Langsung	90 % s.d 100 % ke bawah bidang kerja)
	Semi langsung	60 % s.d 90 % ke bawah bidang kerja)
	Umum	40 % s.d 60 % ke atas at bawah
	Semi tidak langsung	60 % s.d 90 % ke atas (ke langit)
	Tidak langsung	90 % s.d 100 % ke (ke langit-langit)

Sistem penerangan langsung memiliki karakteristik sebagai berikut :

- ✍ Efisiensi pemanfaatan cahaya pada bidang kerja, tinggi.
- ✍ Dapat menyebabkan efek bayangan.
- ✍ Arah pancaran cahaya harus dikontrol secara akurat.
- ✍ Menyebabkan kesilauan dari cahaya langsung ataupun dari cahaya pantulan.
- ✍ Kecerahan (terang) yang distribusikan tidak merata.

Sistem penerangan langsung umumnya digunakan di industri dan juga digunakan sebagai penerangan outdoor. Antara 90 % sampai dengan 100 % cahaya diarahkan langsung ke bidang kerja dengan bantuan deep reflector.

Pada sistem penerangan semi langsung, sekitar 60 % sampai dengan 90 % cahaya diarahkan langsung ke bidang kerja dengan bantuan semi direct reflector. Sisa cahaya lainnya digunakan untuk menerangi langit-langit dan dinding. Jenis sistem penerangan ini cocok digunakan sebagai penerangan ruangan dengan langit-langit yang tinggi, dimana ruangan tersebut membutuhkan tingkat iluminasi yang tinggi. Pengaruh kesilauan pada sistem penerangan ini dapat dihilangkan dengan memasang diffusing globe yang berfungsi memperbaiki kecerahan ke arah mata dan sekaligus memperbaiki efisiensi sistem penerangan ke bidang kerja.

Pada sistem penerangan umum, bola lampu penerangannya menggunakan diffusing glass sehingga pancaran cahaya yang dihasilkan terdistribusi merata ke segala arah. Pada sistem penerangan semi tidak langsung, sekitar 60 % sampai dengan 90 % cahaya diarahkan ke langit-langit untuk dipantulkan secara diffuse ke bidang kerja dan sisa cahaya lainnya diarahkan langsung ke bidang kerja. Efek bayangan pada sistem penerangan ini dapat diperhalus dan tidak menimbulkan pengaruh kesilauan pada mata. Umumnya sistem penerangan semi tidak langsung digunakan sebagai penerangan dekorasi indoor.

Pada sistem penerangan tidak langsung, sekitar 90 % sampai dengan 100 % cahaya diarahkan ke langit-langit untuk dipantulkan secara diffuse ke bidang kerja. Dalam hal ini langit-langit dipandang sebagai sumber cahaya sehingga penampakan penerangan ruangan terasa lembut, nyaman, bebas dari pengaruh kesilauan dan hampir tidak menghasilkan bayangan sama sekali. Umumnya sistem penerangan digunakan sebagai penerangan dekoratif pada gedung-gedung pertunjukan, theater, hotel dan lain sebagainya. Sistem penerangan ini juga dapat digunakan pada workshop yang memiliki mesin-mesin besar atau tempat lainnya dimana pengaruh kesilauan dipandang sangat membahayakan pekerja.

g. Rangkuman

Pembekalan materi tentang pengontrolan cahaya dan sistim penerangan merupa bagian materi yang relevan memperkaya wawasan teknisi dalam melaksana pekerjaan merencanakan dan memasang instalasi penerangan.

Isi materi pengontrolan cahaya meliputi :

- ? Keterangan yang berkaitan dengan pengaruh pantulan cahaya dalam su ruangan serta upaya memanfaatkan sifat pantulan untuk keperluan tek pencahayaan
- ? Keterangan yang berkaitan dengan pengaruh pembiasan cahaya pada su medium perantara serta upaya memanfaatkan sifat-sifat pembiasan ur keperluan teknik pencahayaan
- ? Keterangan yang berkaitan dengan pengaruh transmisi cahaya pada su medium perantara serta upaya memanfaatkan sifat-sifat transmisi cahaya un keperluan teknik pencahayaan.
- ? Pengaturan cahaya siang hari yang diperlukan sebagai sumber peneran ruangan

Isi materi sistim penerangan meliputi keterangan yang berkaitan dengan je distribusi cahaya luminair yang dipergunakan suatu ruangan. Pada dasarnya lima jenis kelas distribusi cahaya luminair sebagai berikut :

- ? Langsung, 90% s.d. 100% cahaya terdistribusi ke bidang kerja
- ? Semi langsung, 60% s.d. 90% cahaya terdistribusi ke bidang kerja
- ? Umum, 40% s.d. 60% cahaya terdistribusi ke bidang kerja atau ke atas
- ? Semi tidak langsung, 60% s.d. 90% cahaya terdistribusi ke atas bidang kerja
- ? Tidak langsung, 90% s.d. 100% cahaya terdistribusi ke atas bidang kerja

h. Tugas-tugas terstruktur kegiatan belajar ke-3

1. Sebuah cermin dengan reflektansi 78% memantulkan bayangan lampu yang memiliki luminasi 50 cd/m^2 . Hitunglah luminasi bayangan
2. Di tengah-tengah ruangan yang berukuran $(8\text{ m} \times 8\text{ m} \times 4\text{ m})$ dipasang sumber luminair hemisphere 500 lumen sebagai sumber penerangan. Apabila reflektansi dinding ruangan 60% hitunglah :
 - a. Illuminasi horizontal pada lantai tepat di bawah luminair
 - b. Illuminasi horizontal pada lantai dengan koordinat (2m dari dinding, dari proyeksi luminair di lantai)
 - c. Illuminasi vertikal pada dinding dengan koordinat (1m di atas lantai, dari garis vertikal ujung dinding tersebut)
 - d. Luminasi pada tempat seperti tersebut dalam pertanyaan point (c) di atas
3. Sebuah bidang pemantul diffuse memiliki reflektansi 50% terilluminasi hingga 250 lux. Hitunglah luminasi bidang pemantul tersebut.
4. Sebuah bidang pemantul specular/regular, memantulkan bayangan sumber cahaya yang memiliki luminasi $15500 \text{ (k.cd/m}^2)$. Jika reflektansi bidang pemantul 85% hitunglah luminasi bayangan sumber cahaya.