

EVALUASI KUAT PENERANGAN BUATAN DALAM RUANG KULIAH

Disusun Oleh :

Mohammad Imran
STITEK Bina Taruna Gorontalo
Jln. Jaksa Agung Soeprapto
No. 40, 96115
Gorontalo,
Telp: 085398750852
ime_cowok02ars@yahoo.com

ABSTRAK

Penerangan pada malam hari bisa dihasilkan oleh pencahayaan buatan dengan menggunakan lampu. Pemanfaatan jenis dan penempatan lampu memberikan pengaruh terhadap kuat penerangan yang dihasilkan. Selain dari sumber penerangan, tata letak meja dan kursi dalam ruangan tersebut juga memberikan efek terhadap kuat penerangan yang diterima. Letak meja yang tepat berada di bawah lampu lebih maksimal menerima penerangan dibandingkan dengan meja yang letaknya lebih jauh. Penempatan *layout* yang salah bisa memberikan efek negatif untuk kelangsungan proses perkuliahan. Universitas Teknologi Sulawesi Utara (UTSU) merupakan salah satu penyelenggara pendidikan yang memiliki program perkuliahan malam di Manado. Pihak kampus berusaha memaksimalkan penggunaan ruangan dalam bangunan yang di alihfungsikan dari ruko menjadi kampus. Sehingga sistem pencahayaan yang digunakan hanya mengikuti sistem yang sudah tersedia dalam bangunan ruko tersebut. Dengan adanya penelitian ini, kita bisa melihat kembali efisiensi sistem pencahayaan ruko yang digunakan untuk ruang kuliah dan memberikan masukan kalau ternyata harus ada perubahan dalam desain dan sistem yang sudah ada. Hal ini dimaksudkan agar tujuan dari pelaksanaan proses perkuliahan bisa terwujud dalam menghasilkan lulusan yang berkualitas. kebutuhan ruangan.

Nilai kuat penerangan yang direkomendasikan untuk ruang perkuliahan yaitu 250 lux. Dengan adanya patokan ini diharapkan bahwa setiap perencanaan sistem penerangan untuk ruang kelas bisa dilakukan dengan baik sebelum digunakan sepenuhnya, mengingat kenyamanan visual masing-masing orang berbeda. Jadi diharapkan dengan perencanaan yang memenuhi standar bisa memenuhi kriteria kenyamanan manusia pada umumnya.

Kata Kunci : Penerangan, Pencahayaan Buatan, Ruang Kuliah

II. LILATAR BELAKANG

Dengan adanya program perkuliahan yang dilakukan pada malam hari, mendorong pihak perguruan tinggi atau akademi penyelenggara harus bisa menyediakan ruangan perkuliahan yang memadai. Salah satu hal yang utama adalah tersedianya penerangan buatan yang sesuai dengan standar pencahayaan untuk ruang kuliah. Kuat penerangan yang ada haruslah

memberikan efek nyaman pada para pengguna ruangan tersebut, walaupun sebenarnya tingkat kenyamanan relatif untuk setiap orang. Ada orang yang cukup nyaman dengan lampu yang terang benderang dan ada pula yang tidak masalah dengan cahaya yang kurang (cenderung gelap). Namun diharapkan secara umum, penerangan yang ada haruslah cukup untuk mendukung aktifitas perkuliahan yang dilakukan pada

malam hari dan tidak memberikan dampak buruk untuk kesehatan mata pengguna ruangan tersebut.

Penerangan pada malam hari bisa dihasilkan oleh pencahayaan buatan dengan menggunakan lampu. Pemanfaatan jenis dan penempatan lampu memberikan pengaruh terhadap kuat penerangan yang dihasilkan. Selain dari sumber penerangan, tata letak meja dan kursi dalam ruangan tersebut juga memberikan efek terhadap kuat penerangan yang diterima. Letak meja yang tepat berada di bawah lampu lebih maksimal menerima penerangan dibandingkan dengan meja yang letaknya lebih jauh. Penempatan *layout* yang salah bisa memberikan efek negatif untuk kelangsungan proses perkuliahan.

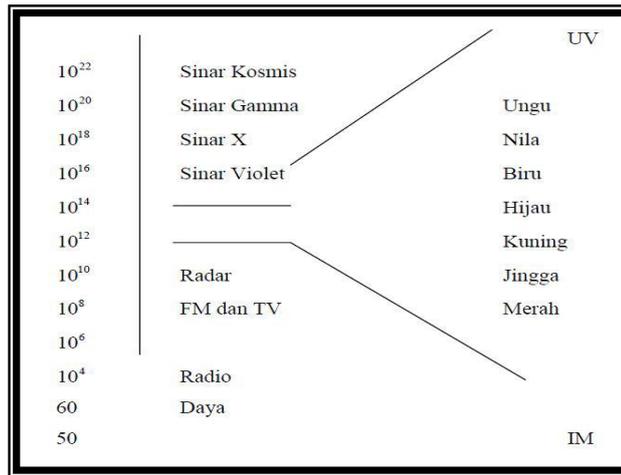
Maka dari itu, perencanaan untuk pencahayaan buatan dan layout ruangan haruslah diperhatikan dan dilakukan dengan baik. Untuk kondisi existing yang sudah ada, diharapkan untuk dikaji lagi agar bisa meminimalisir pengaruh negatif yang akan terjadi nanti dalam proses perkuliahan.

Universitas Teknologi Sulawesi Utara (UTSU) merupakan salah satu penyelenggara pendidikan yang memiliki program perkuliahan malam di Manado. Pihak kampus berusaha memaksimalkan penggunaan ruangan dalam bangunan yang di alihfungsikan dari ruko menjadi kampus. Sehingga sistem pencahayaan yang digunakan hanya mengikuti sistem yang sudah tersedia dalam bangunan ruko tersebut.

Dengan adanya penelitian ini, kita bisa melihat kembali efisiensi sistem pencahayaan ruko yang digunakan untuk ruang kuliah dan memberikan masukan kalau ternyata harus ada perubahan dalam desain dan sistem yang sudah ada. Hal ini dimaksudkan agar tujuan dari pelaksanaan proses perkuliahan bisa terwujud dalam menghasilkan lulusan yang berkualitas.

II.1 TEORI DASAR PENCAHAYAAN

Cahaya merupakan suatu bentuk energi yang membantu kita untuk dapat melihat sesuatu dalam keadaan tertentu. Menurut *Sir Isaac Newton (akhir abad ke-17)*, cahaya merupakan susunan partikel ringan yang bisa berpindah-pindah dengan membentuk formasi lintasan lurus dan akan mengalami deviasi atau pembelokan arah secara elastis sempurna yang menunjukkan sifat refleksi teoritis. Adapula teori lain dari *Maxwell (1869)* yang mengatakan bahwa cahaya merupakan suatu materi yang terpancar atau merambat dengan memenuhi bidang elektrik dan magnetik dalam satu berkas gelombang cahaya (hukum elektromagnetik). Demikian pula *Illuminating Engineering Society (IES)* merumuskan definisi cahaya sebagai pancaran energi radiatif yang terlihat oleh mata manusia. Dan pancaran dengan gelombang yang berbeda ini akan memberikan variasi warna berbeda yang ditangkap oleh mata (gambar 2-1).



Gambar. 2-1. Refleksi warna yang dihasilkan oleh gelombang elektromagnetik yang berbeda
 (sumber *IES Handbook*)

Pencahayaan pada bangunan meliputi dua jenis yaitu pencahayaan alami dan pencahayaan buatan. Pencahayaan alami merupakan jenis pencahayaan yang mengandalkan sumber cahaya alamiah, seperti terang langit pada siang hari dan matahari. Sedangkan pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang berasal dari sumber penerangan buatan manusia, seperti lampu, api dan lilin. Jenis pencahayaan ini pada umumnya diperlukan apabila tidak terpenuhinya penerangan dari sumber alami (matahari) yang masuk dalam suatu ruangan, termasuk pada waktu malam hari. Dengan adanya dukungan pencahayaan buatan, dapat membantu kelancaran pada dalam melakukan aktifitas tertentu sekalipun pada malam hari saat matahari tidak bersinar.

II.2 TEORI PENCAHAYAAN BUATAN

Terdapat beberapa istilah dan definisi dalam sistem pencahayaan buatan, antara lain :

Pencahayaan Buatan

Pencahayaan Buatan (*Artificial Light*) merupakan bentuk pencahayaan yang bersumber dari alat yang diciptakan oleh manusia, seperti lilin; senter; lampu. Pencahayaan buatan sering diartikan atau diasosikan dengan lampu (*Satwiko, 2008*).

Pencahayaan Langsung (direct lighting)

Pencahayaan yang langsung mengarah pada bidang kerja atau objek (*Sangkertadi, 2006*)

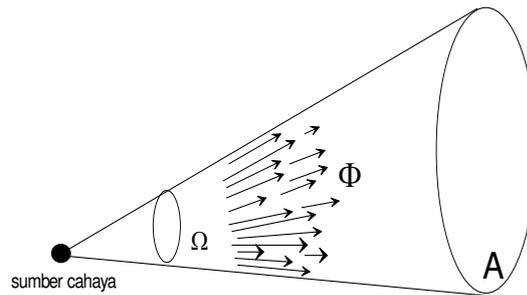
Pencahayaan tidak Langsung (indirect lighting)

Pencahayaan yang sinarnya dipantulkan terlebih dahulu oleh suatu bidang sehingga menimbulkan efek suasana lembut.

Intensitas Cahaya (Luminous

Intensity)

Kuat cahaya yang berasal dari sumber cahaya pada satu arah tertentu dengan satuan Candela (gambar 2-2)



Gambar 2-2. Flux cahaya yang terpancar dalam sudut ruang
 (sumber : Sangkertadi, 2006)

Jika ada sumber cahaya yang memiliki intensitas cahaya 1 candela dan diletakan dalam titik pusat sebuah bola dengan jari-jari 1 m, maka arus cahaya yang ditangkap oleh 1 m² permukaan bola tersebut sebesar 1 lumen. Lumen merupakan satuan *flux cahaya*, yaitu, jumlah energi cahaya yang dipancarkan dengan luasan tertentu (Sangkertadi,2006).

Kuat Penerangan (Illumination)

Kuat penerangan menunjukkan suatu nilai cahaya yang jatuh pada suatu bidang permukaan memiliki satuan

lux, dimana 1 lux = 1 lumen/m² dan dirumuskan (Sangkertadi, 2006) :

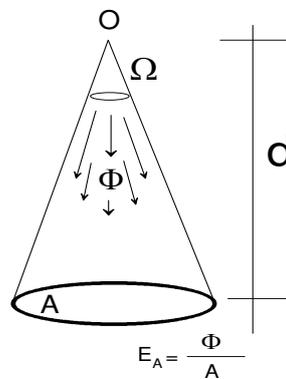
$$E = \frac{\Phi}{A} \dots\dots\dots(1 - 1)$$

Dimana :

E = Kuat penerangan, dengan satuan lux

Φ = Flux cahaya, dengan satuan lumen

A= Luas bidang permukaan, satuannya m²



Gambar 2-3. Berkas cahaya yang jatuh secara tegak lurus bidang A
 (sumber : Sangkertadi, 2006)

Karakteristik pencahayaan buatan akan mempengaruhi pola dan bentuk cahaya yang dihasilkan. Untuk dapat merencanakan kebutuhan pencahayaan yang sesuai dengan kondisi ruangan, perlu diketahui mengenai karakteristik pencahayaan buatan. Pencahayaan buatan secara garis besar terdiri dari sumber cahaya (lampu) dan pengarah cahaya. Hasil

dari kerja sama sumber cahaya dan pengarah cahaya dapat menghasilkan beberapa variasi cahaya.

a. Jenis sumber cahaya

Sumber cahaya dibagi dalam tiga golongan (Satwiko, 2004), sebagai berikut :

- 1) Lampu Pijar

Cahaya pada lampu pijar dihasilkan oleh filamen dari bahan tungsten yang berpijar pada saat menerima suhu tinggi. Terdapat beberapa

karakteristik output lumen dari beberapa klasifikasi daya lampu pijar yang digunakan sebagai sumber cahaya (tabel 2-1).

Tabel 2-1. Kisaran *output lumen* dan lumen/watt untuk tipe lampu pijar (sumber: Sangkertadi,2006)

Watt	Lumen	Lumen per Watt
10	70 - 80	7 - 8
25	200 - 250	8 - 10
40	350 - 450	8,5 - 11,2
60	600 - 800	10 - 12,5
100	1200 - 1600	12 - 16
150	2200 - 2500	14,7 - 16,7
200	2800 - 3500	14 - 17,5

Warna cahaya lampu-lampu pijar mendekati warna sinar matahari antara setengah

sampai satu jam sesudah terbit.



Gambar 2-4. Berbagai jenis lampu (dari berbagai sumber)

2) Lampu *Fluorescent*

Pada jenis lampu ini cahaya dihasilkan oleh pendaran bubuk fosfor yang melapisi bagian dalam tabung lampu. Campuran dalam bubuk fosfor ini juga yang menentukan

warna cahaya yang dihasilkan. Lampu tipe ini berbentuk tabung lurus atau lebih dikenal dengan lampu TL (*tube lamp*) atau tabung melingkar (*circline fluorescent lamp*) dan bentuk spiral (SL).

Tabel 2-2. Kisaran *output lumen* dan lumen/watt untuk tipe lampu fluorescent

Daya Lampu Fluorescent (TL)	Kisaran Lumen output
Fluorescent: 18 Watt	1150 Lumen
Fluorescent: 30 Watt	2400 Lumen
Fluorescent: 36 Watt	3300 Lumen

(sumber: Sangkertadi,2006)

3) Lampu HID (*high-intensity discharge*)

Cahaya yang dihasilkan oleh jenis lampu ini berasal dari lecutan listrik melalui uap zat

logam. Yang termasuk dalam jenis lampu ini adalah lampu merkuri, metal halida dan sodium. Lampu merkuri memiliki tingkat efektifitas

sekitar 80 – 100 lumen/W.
 Lampu sodium ada yang

berjenis SOX, SON dan HPSL
 (*high pressure sodium lamp*).

Tabel 2-3. Kisaran *output lumen* dan lumen/watt untuk tipe lampu sodium

Daya Lampu Sodium	Kisaran Lumen output
Sodium 100 W	8000 Lumen
Sodium 150 W	14000 Lumen
Sodium 200 W	19000 Lumen
Sodium 250 W	24000 Lumen
Sodium 400 W	45000 Lumen
Sodium 1000 W	114000 Lumen

(sumber: Sangkertadi,2006)

Tabel 2-4. Kisaran *output lumen* dan lumen/watt untuk tipe lampu merkuri

Daya Lampu Mercury	Kisaran Lumen output
Mercury 100 W	4000 Lumen
Mercury 175 W	7400 Lumen
Mercury 250 W	10500 Lumen

(sumber: Sangkertadi,2006)

Masing-masing jenis lampu ini
 memiliki kelebihan tersendiri.
 Berbagai perbandingan potensi

cahaya jenis lampu dapat dilihat
 pada tabel 2-5.

Tabel 2-5. Karakteristik Kinerja sumber cahaya

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

(sumber: Loe, 1997 yang di ungkapkan oleh Dyah Nurwidyaningrum,2010)

b. Pengaruh Cahaya

1) Bentuk dan posisi sumber cahaya

Bentuk sumber cahaya dapat mempengaruhi arah penyebaran cahaya, misalnya pada lampu *fluorescent* yang memanjang akan menghasilkan pencahayaan optimum yang panjang. Sedangkan untuk sumber cahaya (lumener) yang berbentuk bidang menghasilkan cahaya yang berbentuk luasan. Sebuah titik lumener dalam iluminasinya adalah berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya sehingga apabila jarak lumener menjadi dua kali lipat maka pengurangan intensitas cahaya akan menjadi 25 % dari sebelumnya sebagai contoh

lumener titik adalah lampu pijar (*incandescent*). Sementara itu untuk lumener berbentuk garis, iluminasinya berbanding terbalik dengan jarak lumener sehingga apabila jarak menjadi dua kali lipat, maka intensitas cahaya berkurang menjadi 50 %, contohnya pada lampu TL (*Lechner, 2007*).

2) Distribusi cahaya

Photometri atau pola distribusi cahaya dari sebuah lumener, menggambarkan jangkauan cahaya yang dihasilkan dan pola pancaraannya. Dengan adanya pola ini dapat digunakan untuk pemilihan lumener yang dibutuhkan (gambar 2-5).

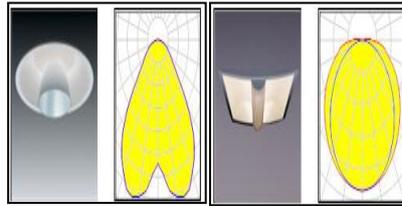
Luminaire Description	Luminous Intensity Distribution	Horizontal Illuminance	Vertical Illuminance	Visual Effect (Luminaire in Center of Ceiling)	Visual Effect (Luminaire at Edge of Ceiling)
Surface-mounted luminaire with reflector and two T-12 fluorescent lamps.					
Strip luminaire with two T-12 high output (HO) fluorescent lamps.					
High-bay luminaire with 400-W metal halide lamp.					
Low-bay luminaire with 400-W metal halide lamp.					

Gambar 2-5. Pengaruh sumber cahaya terhadap distribusi cahaya (sumber: *IESNA, 2000*)

3) Perangkat cahaya

Untuk mengatasi masalah silau atau menciptakan kontras yang tepat pada ruang berkaitan dengan metode pengontrolan distribusi cahaya dari sumber

cahaya. Proses ini dilakukan dengan memberi tambahan material di sekitar sumber cahaya sehingga cahaya yang keluar dapat membentuk pola (gambar 2-6).



Gambar 2-6. Pengaruh perangkat cahaya terhadap distribusi cahaya
(sumber: *Dialux 4.1*)

II.3 STANDAR PERENCANAAN PENCAHAYAAN BUATAN DALAM BANGUNAN

- a. Standar Kuat Pencahayaan Minimum
Dalam perencanaan sistem pencahayaan, diharapkan memenuhi standar kuat pencahayaan minimum yang diatur dalam peraturan. Untuk Indonesia, standar kuat penerangan untuk berbagai tempat yang disesuaikan dengan kebutuhan aktivitas sudah diatur dalam SNI 03-6375-2000 (tabel 2-6). Untuk kuat penerangan pada ruangan kelas, direkomendasikan sebesar 250 lux.

-. Kuat Penerangan yang Merata
(*Uniformity of Illuminance*)

Kuat Penerangan yang merata sangatlah penting dikarenakan tiga hal (pendapat *Cayless & Marsden-1966* yang diungkapkan *Luciana Kristanto-2004*), yaitu dapat mengurangi variasi kuat penerangan dalam ruang dengan aktivitas sejenis; kepadatan cahaya dapat mempengaruhi kinerja dan kenyamanan visual; pencahayaan yang tidak merata tidak memuaskan secara subjektif.

Tabel 2-6. Standar Penerangan Ruang (sumber: SNI BSN 03-6375-2000)

Kegiatan / Ruangan	Minimum*)	Direkomendasikan*)
Kelas / Ruang Kuliah :		
Penerangan di meja belajar	150	300
Penerangan di meja guru	200	400
Penerangan di papan tulis	300	600
Ruang Praktek Desain :		
Ruang Gambar	500	700
Ruang Desain Produk	500	700
Laboratorium Sekolah	200	500
Hall / Lobby Siswa	100	200
Ruang Olah Raga (gymnasium)	150	300
Ruang Praktek / Perbengkelan :		
Peralatan kasar/ Pekerjaan kasar	150	200
Pekerjaan agak halus	200	300
Pekerjaan sangat halus	500	700
Koridor / Gang dalam Gedung	50	70
Perkantoran :		
Ruang Direktur / Direksi	300	400
Ruang Staf	300	400
Ruang pegawai (ruang bersama)	200	300
Ruang rapat	200	300
Ruang tamu	100	200
Ruang Komputer	400	600
Dapur, Ruang Makan	200	300
Toilet, Kamar mandi/ WC	50	100
Garasi, parkir kendaraan	50	100
Supermarket / Pertokoan :		
Etalase	700	1000
Ruang Belanja	300	400
Sirkulasi luar bangunan	20	50

Untuk pencahayaan yang sepenuhnya merata, pada prakteknya memang tidak mungkin akan tetapi standard yang dapat diterima adalah kuat penerangan minimum serendah-rendahnya 80% dari rata-rata kuat penerangan rata-rata ruang.

Dimisalkan, bila suatu ruang memiliki kuat penerangan rata-rata 100 lux, maka kuat penerangan dari semua titik ukur harus lebih besar atau sama dengan 80 lux (pendapat *Pritchard* yang di ungkapkan *Dyah Nurwidyaningrum,2010*).

Tabel 2- 7. Kebutuhan Illuminasi berdasarkan aktivitas visual

Kerja Visual	Illuminasi
Penglihatan Biasa	100
Kerja kasar dengan detail besar	200
Kerja umum dengan detail wajar	400
Kerja yang lumayan dengan detail kecil (studio, gambar, menjahit)	600
Kerja keras, lama, detail kecil (perakitan bahan halus, menjahit tangan)	900
Kerja sangat keras, lama, detail sangat kecil (pek. Batu mulia)	1300 - 2000
Kerja luar biasa keras, detail sangat kecil (pemb. Arloji)	2000 - 3000

(sumber: *IES Handbook*)

-.

Reflektansi (*Reflectance*)

Dalam *IES Lighting Handbook* (1984) dikatakan bahwa setiap objek akan memantulkan sebagian cahaya yang mengenainya dan skala reflektansi cahaya adalah antara 0 – 100% dari warna hitam ke putih. Reflektansi didefinisikan sebagai rasio cahaya yang dipantulkan oleh suatu permukaan terhadap cahaya yang mengenainya, bisa *specular*, *diffuse* ataupun kombinasi dari keduanya. (*Bradshaw,1993*). Untuk angka reflektansi pada tempat pendidikan, direkomendasikan sebagai berikut (*Stein & Reynolds, 1992*):

- Angka reflektansi dinding : 50 – 70%
- Angka reflektansi lantai : 20 – 40%
- Angka reflektansi langit-langit : 70 – 90%
- Angka reflektansi perabot : 25 – 40%
- Angka reflektansi papan tulis : > 20 %

- Hubungan Kuat Penerangan dengan Reflektansi

Menurut *IES Lighting Handbook* (1984), untuk menghemat energi dan mendistribusikan cahaya secara merata, dinding dan langit-langit yang terang, baik yang netral maupun berwarna sangat lebih efisien dibandingkan dengan dinding yang gelap. Dengan kata lain, warna terang memantulkan lebih banyak cahaya daripada warna gelap (pendapat *Birren-1982* yang diungkapkan *Luciana Kristanto-2004*). Nilai *coefficient of utilization* (CU) bergantung pada reflektansi permukaan, bila angka reflektansi permukaan dinaikkan maka nilai CU juga akan lebih tinggi, sehingga kuat penerangan juga meningkat (pendapat *Sorcar-1987* yang diungkapkan *Luciana Kristanto-2004*).

b. Optimisasi Pencahayaan

Tujuan optimisasi pencahayaan pada ruang pendidikan adalah agar pelajar dan pengajar dapat melakukan aktivitas dengan baik dalam ruangan, efisiensi dalam penggunaan energi listrik serta kenyamanan pada penglihatan. Desain instalasi pencahayaan pada ruang pendidikan

disesuaikan dengan kebutuhan penggunaan ruangan seperti untuk perpustakaan, laboratorium, bengkel atau ruang kuliah. Setiap ruangan mempunyai kebutuhan intensitas pencahayaan yang berbeda-beda (pendapat *Harten P. Van Setiawan E-1985* yang diungkapkan *Chairul Irianto-2006*).

Tabel 2-8. Klasifikasi intensi pencahayaan untuk ruang pendidikan

Nama Ruangan	Pencahayaan (Lux)
Ruang kelas, aula, ruang masuk	250
Laboratorium, prakarya, perpustakaan, ruang kesehatan,	500

(sumber: *Harten P. V Setiawan E, 1985* yang diungkapkan oleh *Chairul Irianto-2006*)

c. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Penglihatan

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi penglihatan (pendapat *Dyer & Morris-1990* yang diungkapkan *Padmanaba-2006*), yaitu :

- Faktor usia
 Dengan bertambahnya usia mengakibatkan lensa mata berangsur-angsur kehilangan elastisitasnya dan akan kesulitan untuk melihat pada jarak dekat. Sehingga akan menyebabkan ketidaknyaman pada saat melihat sesuatu pada jarak dekat.
- Faktor penerangan
 Jumlah sumber cahaya yang tersedia mempengaruhi kepekaan mata untuk melihat warna tertentu. Tingkat illuminasi juga mempengaruhi kemampuan mata melihat objek gambar pada usia tua sehingga diperlukan intensitas penerangan lebih besar untuk melihat suatu objek gambar. Semakin besar illuminasi dari sebuah objek maka rincian detail objek yang dapat dilihat juga semakin bertambah.
- Faktor silau

Silau adalah suatu proses adaptasi yang berlebihan pada mata akibat dari retina yang terkena sinar berlebihan (pendapat *Grandjean-1988* yang diungkapkan *Padmanaba-2006*).

- Faktor ukuran pupil
 Pada saat menerima sinar cahaya, otot iris akan mengatur ukuran pupil agar sinar yang masuk melalui retina sesuai. lubang pupil akan mengecil ketika lensa mata melihat fokus pada objek yang dekat, begitu juga sebaliknya.
- Faktor sudut dan ketajaman penglihatan
 Sudut penglihatan (*visual angle*) merupakan sudut yang berhadapan dengan objek pada mata, sedangkan ketajaman penglihatan (*visus*) adalah sudut penglihatan minimum ketika mata masih dapat melihat sebuah objek dengan jelas.

Apabila penglihatan difokuskan pada suatu objek dengan penerangan yang tidak memadai akan mengakibatkan otot iris akan mengatur pupil sesuai dengan intensitas penerangan yang ada, sehingga mengakibatkan kelelahan mata (pendapat *Sutjana-1989* diungkapkan *Padmanaba-*

2006). Adanya ketidaknyaman dapat menimbulkan beban visual pada penglihatan seperti mata merah, iritasi mata, pandangan yang mengabur dan kesulitan membaca objek gambar.

d. Standar Kenyamanan Pencahayaan (*Light and visual comfort*)

Kenyamanan terhadap pencahayaan akan terpenuhi apabila :

- Kenyamanan berkat kecukupan kuat penerangan yang dapat membantu memperlancar kegiatan,
- Kenyamanan karena tidak merasa silau yang bisa mengganggu,
- Kenyamanan terhadap kesesuaian warna permukaan disekelilingnya.

Sehingga nyaman pencahayaan bergantung pada angka kuat penerangan, posisi dan kedudukan sumber cahaya dan aspek pewarnaan. Beberapa hal yang harus dihindari untuk mencapai standar kenyamanan visual (*IES Handbook*), adalah sebagai berikut :

- Silau (*Glare*)
Silau dibedakan menjadi dua bagian yaitu, silau yang mengganggu (*disability glare*) dan silau yang tidak menyenangkan (*discomfort glare*). *Disability glare* merupakan silau yang menyebabkan mata tidak mampu melihat apapun akibat pancaran sinar yang besar ke arah mata, contohnya saat melihat ke arah matahari langsung. Sedangkan *discomfort glare* merupakan silau yang diakibatkan karena adanya pantulan sinar pada bidang kerja atau unsur-unsur disekitarnya yang mengenai mata. Sumber-sumber *glare* antara lain : lampu-lampu tanpa pelindung yang dipasang terlalu rendah; jendela-jendela besar pada permukaan tepat didepan mata; lampu atau

cahaya dengan terang yang berlebihan dan pantulan dari permukaan terang suatu dinding.

- Bayangan (*shadow*)
Pembayangan terjadi akibat pancaran sinar cahaya ke bidang kerja tertutupi oleh suatu objek. Hal ini bisa juga terjadi akibat pancaran sinar yang terlalu kuat sementara tidak ada sumber cahaya lain yang mengurangi efek pembayangan tersebut. Hal termudah yang bisa dilakukan adalah meletakkan sumber cahaya dari arah yang tidak tertutupi oleh obyek baik dari tetap ataupun bergerak.
- Cahaya Kejut (*flicker*)
Cahaya kejut adalah ketidakstabilan suplai cahaya yang dihasilkan oleh sumber cahaya sehingga menyebabkan perubahan intensitas cahaya dengan cepat. Akibat dari itu, mata harus beradaptasi dengan cepat sehingga muncul ketidaknyamanan. Untuk meminimalisir terjadinya *flicker* dengan memilih sumber cahaya yang memiliki resiko kecil, seperti lampu CFL.

Sementara itu, untuk hal-hal yang perlu diperhatikan, antara lain :

- Kontras warna (*color contrast*)
Dalam *Guidelines for making effective color choices that work for nearly everyone* (pendapat *Arditi-2009* yang diungkapkan *Dyah Nurwidyaningrum, 2010*) memberikan penjelasan bagaimana pentingnya paduan warna, tingkat terang dan ketajaman warna dalam membantu kejelasan penglihatan manusia. Pada kontras warna yang baik, mata akan mampu dengan mudah membaca objek yang ada.

- Kontras terang (*brightness contrast*)
 Kontras terang adalah perbandingan tingkat iluminasi antara bidang kerja dengan daerah di sekelilingnya. Pengendalian kontras yang tepat dapat mengurangi silau dan kelelahan pada mata. Kontra terang yang baik dapat menghasilkan suasana warna (*color ambiance*) yang berkualitas. Secara umum tingkat kontras area kurang lebih sepertiga dari pencahayaan bidang kerja (pendapat

Fordergemeinschaft Gutes Licht-2008 yang diungkapkan Dyah Nurwidyaningrum-2010).

- Reflektansi Ruang (*room reflectance*)
 Reflektansi ruang adalah pengaruh pembatas ruang sebagai pemantul cahaya yang mengarahkan cahaya kearah bidang kerja maupun bagian ruangan lainnya yang mempengaruhi kondisi pencahayaan dalam ruang. Reflektansi ruang sangat dipengaruhi oleh jenis dan warna material pembatas (tabel 2-9).

Tabel 2-9. Reflektansi material pembatas

Peflektansi untuk penyelesaian / pelapisan bahan.			
Material	Reflektansi (%)	Material	Feflektansi (%)
Logam		Kaca	
Aluminium, brushed	55-58	Clear or tinted	5-10
Aluminium, etched	70-85	Reflective	20-80
Aluminium, polished	60-70	Penutup tanah	
Stainless steel	50-60	Asphalt	5-10
Tin	67-72	Concrete	40
		Grass and other vegetation	5-30
		Snow	80-75
Bata		Cat	
Brick, dark buff	35-40	White	70-90
Brick, light buff	40-45	White porcelain enamen	60-83
Brick, red	10-20	Kayu	
Cement, gray	20-30	Light birch	35-50
Granite	20-25	Mahogany	6-12
Limestone	35-60	Oak, dark	10-15
Marble, polished	30-70	Oak, light	25-35
Plaster, white	90-92	Walnut	5-10
Sandstone	20-40		
Terra-cotta, white	65-80		

(sumber: Suptandar, 2006 yang diungkapkan Dyah Nurwidyaningrum-2010)

- Kombinasi pencahayaan (*combined illumination*)
 Kombinasi pencahayaan berasal dari beberapa luminer yang disusun sedemikian rupa dan bekerjasama dalam menghasilkan pencahayaan dan membantu mengatasi masalah silau.

melakukan suatu kegiatan tertentu guna mencapai tujuan kenyamanan. Yang termasuk dalam proses perancangan yaitu strategi desain untuk menata letak lampu dan jenis lampu di bagian plafond sehingga sesuai dengan standar kuat penerangan dalam ruang dan tidak menimbulkan silau. Untuk penerangan buatan, tidak hanya untuk dalam ruangan saja namun termasuk untuk lingkungan sekitar bangunan, seperti lampu taman dan jalan. Untuk perhitungan penerangan buatan dalam ruangan

II.4 PERHITUNGAN KUAT PENERANGAN BUATAN

- Perhitungan dengan menggunakan metode penerangan merata
 Penerangan Buatan dilakukan sebagai upaya untuk memenuhi kebutuhan pencahayaan guna

menggunakan metode penerangan secara merata dengan langkah-langkah sebagai berikut (Sangkertadi, 2006) :

- 1) Perhitungan RCR (*Room Cavity Ratio*), CCR

(*Ceiling Cavity Ratio*) dan FCR (*Floor Cavity Ratio*)
 Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui nilai RCR, CCR dan FCR



Gambar 2-7. Posisi perhitungan RCR, CCR dan FCR dalam suatu ruangan

Dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$CCR = \frac{5 h_c (l + w)}{(l \times w)} \dots (2-2)$$

$$FCR = \frac{5 h_f (l + w)}{(l \times w)} \dots (2-3)$$

$$RCR = \frac{5 h_r (l + w)}{(l \times w)} \dots (2-4)$$

Dimana :

- h_c : tinggi langit-langit terhadap posisi lampu (m)
- h_r : tinggi posisi lampu terhadap bidang kerja (m)
- h_f : tinggi bidang kerja terhadap lantai (m)
- l : panjang ruangan (m)
- w : lebar ruangan (m)

Tabel 2-10. Kisaran angka koefisien pantulan (refleksi) cahaya dari beberapa jenis permukaan

Jenis material	ρ
Rumput	0,18 – 0,25
Semak kering	0,28 – 0,32
Sajju (baru turun)	0,80 – 0,90
Plesteran Beton / Semen	0,30 – 0,55
Makadam	0,18
Aluminium mengkilap	0,80 – 0,85
Genteng merah	0,10 – 0,15
Kayu	0,05 – 0,30
Kaca cermin	0,80 – 0,90
Batu Granit	0,20 – 0,30
Plesteran cat dinding warna putih	0,70 – 0,80
Plesteran cat dinding warna biru muda	0,50 – 0,70
Plesteran cat dinding warna kuning muda	0,60 – 0,80

(sumber : Sangkertadi, 2006)

- 2) Menentukan angka dan prosentasi reflektansi (pemantulan) dari permukaan dalam ruang. Untuk koefisien pemantulan permukaan terdiri atas pemantulan yang terjadi pada plafond, lantai dan dinding. Hal ini tergantung dari jenis dan warna permukaan dari bahan tersebut (tabel 11).
- 3) Menentukan angka UF (*utilization factor*) dan MF (*maintenance factor*)

Untuk nilai UF disesuaikan dengan jenis armature lampu yang dihubungkan dengan ukuran ruangan serta sifat pemantulan permukaan dinding pada ruangan. Setiap tipe armatur memiliki nilai UF yang berbeda (tabel 2-12). Sementara itu untuk nilai MF dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF \dots\dots\dots (2-5)$$

Dimana :

- LLMF = *Lamp Lumen Maintenance Factor*
- LSF = *Lamp Survival Factor*
- LMF = *Luminaire Maintenance Factor*
- RSMF = *Room Surface Maintenance Factor*

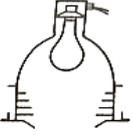
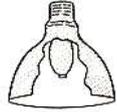
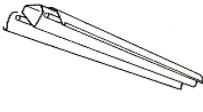
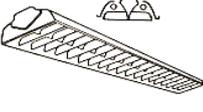
Nilai masing-masing parameter diatas dapat dilihat pada tabel 2-11.

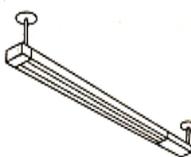
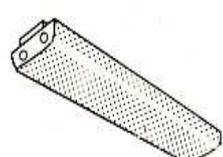
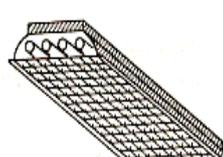
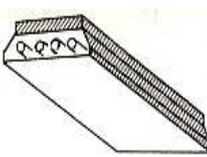
Tabel 2-11. Angka % Koreksi terhadap Koefisien Pemantulan Dinding atau Plafond (menjadi Koefisien Efektif Pemantulan Dinding atau Plafond)

Koefisien rata-rata pemantulan Plafond (%)		90				80				70			50			30				30		
Koefisien rata-rata Pemantulan Dinding (%)		90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
Nilai CCR atau FCR	0	90	90	90	90	80	80	80	80	70	70	70	50	50	50	30	30	30	30	10	10	10
	0.1	90	89	88	87	79	79	78	78	69	69	68	59	49	48	30	30	29	29	10	10	10
	0.2	89	88	86	85	79	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	9
	0.3	89	87	85	83	78	77	75	74	68	66	64	49	47	46	30	29	28	27	10	10	9
	0.4	88	86	83	81	78	76	74	72	67	65	63	48	46	45	30	29	27	26	11	10	9
	0.5	88	85	81	78	77	75	73	70	66	64	61	48	46	44	29	28	27	25	11	10	9
	0.6	88	84	80	76	77	75	71	68	65	62	59	47	45	43	29	28	26	25	11	10	9
	0.7	88	83	78	74	76	74	70	66	65	61	58	47	44	42	29	28	26	24	11	10	8
	0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	43	41	29	27	25	23	11	10	8
	0.9	87	81	76	71	75	72	68	63	63	59	55	46	43	40	29	27	25	22	11	9	8
	1	86	80	74	69	74	71	66	61	63	58	53	46	42	39	29	27	24	22	11	9	8
	1.1	86	79	73	67	74	71	65	60	62	57	52	46	41	38	29	26	24	21	11	9	8
	1.2	86	78	72	65	73	70	64	58	61	56	50	45	41	37	29	26	23	20	12	9	7
	1.3	85	78	70	64	73	69	63	57	61	55	49	45	40	36	29	26	23	20	12	9	7
	1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	54	48	45	40	35	28	26	22	19	12	9	7
	1.5	85	76	68	61	72	68	61	54	59	53	47	44	39	34	28	25	22	18	12	9	7
	1.6	85	75	66	59	71	67	60	53	59	52	45	44	39	33	28	25	21	18	12	9	7
	1.7	84	74	65	58	71	66	59	52	58	51	44	44	38	32	28	25	21	17	12	9	7
	1.8	84	73	64	56	70	65	58	50	57	50	43	43	37	32	28	25	21	17	12	9	6
	1.9	84	73	63	55	70	65	57	49	57	49	42	43	37	31	28	25	20	16	12	9	6
2	83	72	62	53	69	64	56	48	56	48	41	43	37	30	28	24	20	16	12	9	6	

Kofisien rata-rata pemantulan Plafond (%)	90				80				70			50			30				30			
	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10	
Nilai CCR atau FCR	2.1	83	71	61	52	69	63	55	47	56	47	40	43	36	29	28	24	20	16	13	9	6
	2.2	83	70	60	51	68	63	54	45	55	46	39	42	36	29	28	24	19	15	13	9	6
	2.3	83	69	59	50	68	62	53	44	54	46	38	42	35	28	28	24	19	15	13	9	6
	2.4	82	68	58	48	67	61	52	43	54	45	37	42	35	27	28	24	19	14	13	9	6
	2.5	82	68	57	47	67	61	51	42	53	44	36	41	34	27	27	23	18	14	13	9	6
	2.6	82	67	56	46	66	60	50	41	53	43	35	41	34	26	27	23	18	13	13	9	5
	2.7	82	66	55	45	66	60	49	40	52	43	34	41	33	26	27	23	18	13	13	9	5
	2.8	81	66	54	44	66	59	48	39	52	42	33	41	33	25	27	23	18	13	13	9	5
	2.9	81	65	53	43	65	58	48	38	51	41	33	40	33	25	27	23	17	12	13	9	5
	3	81	64	52	42	65	58	47	38	51	40	32	40	32	24	27	22	17	12	13	8	5
	3.1	80	64	51	41	64	57	46	37	50	40	31	40	32	24	27	22	17	12	13	8	5
	3.2	80	63	50	40	64	57	45	36	50	39	30	40	31	23	27	22	16	11	13	8	5
	3.3	80	62	49	39	64	56	44	35	49	39	30	39	31	23	27	22	16	11	13	8	5
	3.4	80	62	48	38	63	56	44	34	49	38	29	39	31	22	27	22	16	11	13	8	5
	3.5	79	61	48	37	63	55	43	33	48	38	29	39	30	22	26	22	16	11	13	8	5
	3.6	79	60	47	36	62	54	42	33	48	37	28	39	30	21	26	21	15	10	13	8	5
	3.7	79	60	46	35	62	54	42	32	48	37	27	38	30	21	26	21	15	10	13	8	4
	3.8	79	59	45	35	62	53	41	31	47	36	27	38	29	21	26	21	15	10	13	8	4
	3.9	78	59	45	34	61	53	40	30	47	36	26	38	29	20	26	21	15	10	13	8	4
	4	78	58	44	33	61	52	40	30	46	35	26	38	29	20	26	21	15	9	13	8	4
	4.1	78	57	43	32	60	52	39	29	46	35	25	37	28	20	26	21	14	9	13	8	4
4.2	78	57	43	32	60	51	39	29	46	34	25	37	28	19	26	20	14	9	13	8	4	
4.3	78	56	42	31	60	51	38	28	45	34	25	37	28	19	26	20	14	9	13	8	4	
4.4	77	56	41	30	59	51	38	28	45	34	24	37	27	19	26	20	14	8	13	8	4	
4.5	77	55	41	30	59	50	37	27	45	33	24	37	27	19	25	20	14	8	14	8	4	
4.6	77	55	40	29	59	50	37	26	44	33	24	36	27	18	25	20	14	8	14	8	4	
4.7	77	54	40	29	58	49	36	26	44	33	23	36	26	18	25	20	13	8	14	8	4	
4.8	76	54	39	28	58	49	36	25	44	32	23	36	26	18	25	19	13	8	14	8	4	
4.9	76	53	38	28	58	49	35	25	44	32	23	36	26	18	25	19	13	7	14	8	4	
5	76	53	38	27	57	48	35	25	43	32	22	36	26	17	25	19	13	7	14	8	4	

Tabel 2-12. Nilai UF dari beberapa jenis lampu (sumber: Sangkertadi,2006)

Tipe Lampu dan armatur	$\rho_{cc} \rightarrow$	80			70			50			30			10			0
	$\rho_w \rightarrow$	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
	RCR ↓	Koefisien Utilisasi untuk FCR = 20%															
	0	0.87	0.87	0.87	0.81	0.81	0.81	0.69	0.69	0.69	0.59	0.59	0.59	0.49	0.49	0.49	0.44
	1	0.71	0.67	0.63	0.66	0.62	0.59	0.56	0.53	0.50	0.47	0.45	0.43	0.39	0.37	0.35	0.31
	2	0.61	0.54	0.49	0.56	0.50	0.46	0.47	0.43	0.39	0.39	0.36	0.33	0.32	0.29	0.27	0.23
	3	0.52	0.45	0.39	0.48	0.42	0.37	0.41	0.36	0.31	0.34	0.30	0.26	0.27	0.24	0.22	0.18
	4	0.46	0.38	0.33	0.42	0.36	0.30	0.36	0.30	0.26	0.30	0.26	0.22	0.24	0.21	0.18	0.15
	5	0.40	0.33	0.27	0.37	0.30	0.25	0.32	0.26	0.22	0.26	0.22	0.19	0.21	0.18	0.15	0.12
	6	0.36	0.28	0.23	0.33	0.26	0.21	0.28	0.23	0.19	0.23	0.19	0.16	0.19	0.15	0.13	0.10
	7	0.32	0.25	0.20	0.29	0.23	0.18	0.25	0.20	0.16	0.21	0.16	0.13	0.17	0.13	0.11	0.09
	8	0.29	0.22	0.17	0.27	0.20	0.16	0.23	0.17	0.14	0.19	0.15	0.12	0.15	0.12	0.09	0.07
	9	0.26	0.19	0.15	0.24	0.18	0.14	0.20	0.15	0.12	0.17	0.13	0.10	0.14	0.11	0.08	0.06
	10	0.23	0.17	0.13	0.22	0.16	0.12	0.19	0.14	0.10	0.16	0.12	0.09	0.13	0.09	0.07	0.05
	0	0.99	0.99	0.99	0.97	0.97	0.97	0.92	0.92	0.92	0.88	0.88	0.88	0.85	0.85	0.85	0.83
	1	0.88	0.85	0.82	0.86	0.83	0.81	0.83	0.80	0.78	0.79	0.78	0.76	0.77	0.75	0.73	0.72
	2	0.78	0.73	0.68	0.76	0.72	0.67	0.73	0.69	0.66	0.71	0.67	0.64	0.68	0.65	0.63	0.61
	3	0.69	0.62	0.57	0.67	0.61	0.57	0.65	0.60	0.56	0.63	0.58	0.55	0.61	0.57	0.54	0.52
	4	0.61	0.54	0.49	0.60	0.53	0.48	0.58	0.52	0.48	0.56	0.51	0.47	0.54	0.50	0.46	0.45
	5	0.54	0.47	0.41	0.53	0.46	0.41	0.51	0.45	0.41	0.50	0.44	0.40	0.48	0.43	0.40	0.38
	6	0.48	0.41	0.35	0.47	0.40	0.35	0.46	0.39	0.35	0.44	0.39	0.34	0.43	0.38	0.34	0.32
	7	0.43	0.35	0.30	0.42	0.35	0.30	0.41	0.34	0.30	0.39	0.34	0.30	0.38	0.33	0.29	0.28
	8	0.38	0.31	0.26	0.38	0.31	0.26	0.37	0.30	0.26	0.36	0.30	0.26	0.35	0.30	0.26	0.24
	9	0.35	0.28	0.23	0.34	0.27	0.23	0.33	0.27	0.23	0.32	0.27	0.23	0.31	0.26	0.22	0.21
	10	0.31	0.25	0.20	0.31	0.24	0.20	0.30	0.24	0.20	0.29	0.24	0.20	0.29	0.23	0.20	0.18
	0	0.53	0.53	0.53	0.52	0.52	0.52	0.49	0.49	0.49	0.47	0.47	0.47	0.45	0.45	0.45	0.44
	1	0.51	0.50	0.49	0.50	0.49	0.48	0.48	0.47	0.47	0.46	0.46	0.45	0.45	0.44	0.44	0.43
	2	0.48	0.47	0.46	0.48	0.46	0.45	0.46	0.45	0.44	0.45	0.44	0.44	0.44	0.43	0.43	0.42
	3	0.47	0.45	0.44	0.46	0.45	0.43	0.45	0.44	0.43	0.44	0.43	0.42	0.43	0.42	0.41	0.41
	4	0.45	0.43	0.42	0.44	0.43	0.42	0.43	0.42	0.41	0.43	0.41	0.41	0.42	0.41	0.40	0.40
	5	0.43	0.41	0.40	0.43	0.41	0.40	0.42	0.40	0.39	0.41	0.40	0.39	0.41	0.40	0.39	0.38
	6	0.42	0.40	0.39	0.41	0.40	0.38	0.41	0.39	0.38	0.40	0.39	0.38	0.40	0.39	0.38	0.37
	7	0.40	0.38	0.37	0.40	0.38	0.37	0.39	0.38	0.37	0.39	0.38	0.37	0.38	0.37	0.36	0.36
	8	0.39	0.37	0.36	0.38	0.37	0.36	0.38	0.37	0.35	0.38	0.36	0.35	0.37	0.36	0.35	0.35
	9	0.37	0.36	0.34	0.37	0.35	0.34	0.37	0.35	0.34	0.36	0.35	0.34	0.36	0.35	0.34	0.33
	10	0.36	0.34	0.33	0.36	0.34	0.33	0.36	0.34	0.33	0.35	0.34	0.33	0.35	0.34	0.33	0.32
	0	0.92	0.92	0.92	0.90	0.90	0.79	0.86	0.86	0.86	0.82	0.82	0.82	0.79	0.79	0.79	0.77
	1	0.85	0.82	0.80	0.83	0.81	0.79	0.79	0.78	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74	0.72	0.71	0.70
	2	0.77	0.73	0.70	0.75	0.72	0.69	0.73	0.70	0.67	0.70	0.68	0.66	0.69	0.66	0.64	0.63
	3	0.70	0.65	0.61	0.68	0.64	0.60	0.66	0.62	0.59	0.64	0.61	0.58	0.62	0.59	0.57	0.56
	4	0.63	0.58	0.53	0.62	0.57	0.53	0.60	0.56	0.52	0.58	0.55	0.52	0.57	0.54	0.51	0.49
	5	0.57	0.51	0.47	0.56	0.51	0.47	0.55	0.50	0.46	0.53	0.49	0.46	0.52	0.48	0.45	0.44
	6	0.51	0.45	0.41	0.51	0.45	0.41	0.49	0.44	0.40	0.48	0.43	0.40	0.47	0.43	0.40	0.38
	7	0.46	0.40	0.35	0.45	0.39	0.35	0.44	0.39	0.35	0.43	0.38	0.35	0.42	0.38	0.34	0.33
	8	0.41	0.35	0.31	0.41	0.35	0.31	0.40	0.34	0.31	0.39	0.34	0.30	0.38	0.33	0.30	0.29
	9	0.37	0.31	0.27	0.37	0.31	0.27	0.36	0.30	0.27	0.35	0.30	0.27	0.34	0.30	0.26	0.25
	10	0.33	0.27	0.24	0.33	0.27	0.23	0.32	0.27	0.23	0.31	0.27	0.23	0.31	0.26	0.23	0.22
	0	0.94	0.94	0.94	0.90	0.90	0.90	0.82	0.82	0.82	0.75	0.75	0.75	0.69	0.69	0.69	0.66
	1	0.85	0.82	0.80	0.82	0.79	0.79	0.75	0.73	0.72	0.69	0.68	0.66	0.64	0.63	0.62	0.59
	2	0.76	0.72	0.68	0.74	0.70	0.66	0.68	0.65	0.62	0.63	0.61	0.58	0.58	0.56	0.55	0.52
	3	0.69	0.63	0.59	0.66	0.61	0.57	0.62	0.58	0.54	0.57	0.54	0.51	0.53	0.51	0.48	0.46
	4	0.62	0.56	0.51	0.60	0.54	0.50	0.56	0.51	0.47	0.52	0.48	0.45	0.48	0.45	0.43	0.41
	5	0.55	0.49	0.44	0.53	0.48	0.43	0.50	0.45	0.41	0.47	0.43	0.39	0.44	0.40	0.38	0.36
	6	0.50	0.43	0.39	0.48	0.42	0.38	0.45	0.40	0.36	0.42	0.38	0.35	0.40	0.36	0.33	0.31
	7	0.45	0.38	0.34	0.43	0.37	0.33	0.41	0.36	0.32	0.38	0.34	0.30	0.36	0.32	0.29	0.27
	8	0.40	0.34	0.29	0.39	0.33	0.29	0.37	0.31	0.28	0.34	0.30	0.26	0.32	0.28	0.25	0.24
	9	0.36	0.30	0.25	0.35	0.29	0.25	0.33	0.28	0.24	0.31	0.26	0.23	0.29	0.25	0.22	0.20
	10	0.33	0.26	0.22	0.32	0.26	0.22	0.30	0.25	0.21	0.28	0.23	0.20	0.26	0.22	0.19	0.18
	0	0.83	0.83	0.83	0.79	0.79	0.79	0.71	0.71	0.71	0.65	0.65	0.65	0.59	0.59	0.59	0.56
	1	0.75	0.72	0.70	0.72	0.69	0.68	0.65	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58	0.55	0.54	0.53	0.50
	2	0.67	0.63	0.60	0.65	0.61	0.58	0.59	0.57	0.54	0.55	0.53	0.51	0.50	0.49	0.47	0.45
	3	0.61	0.56	0.52	0.58	0.54	0.51	0.54	0.50	0.48	0.50	0.47	0.45	0.46	0.44	0.42	0.40
	4	0.55	0.49	0.45	0.53	0.48	0.44	0.49	0.45	0.42	0.45	0.42	0.40	0.42	0.39	0.37	0.36
	5	0.49	0.44	0.40	0.47	0.42	0.39	0.44	0.40	0.37	0.41	0.38	0.35	0.38	0.35	0.33	0.31
	6	0.45	0.39	0.35	0.43	0.38	0.34	0.40	0.36	0.33	0.37	0.34	0.31	0.35	0.32	0.30	0.28
	7	0.40	0.35	0.31	0.39	0.34	0.30	0.36	0.32	0.29	0.34	0.30	0.27	0.32	0.29	0.26	0.25
	8	0.36	0.31	0.27	0.35	0.30	0.26	0.33	0.28	0.25	0.31	0.27	0.24	0.29	0.25	0.23	0.21
	9	0.33	0.27	0.23	0.32	0.26	0.23	0.29	0.25	0.22	0.28	0.24	0.21	0.26	0.22	0.20	0.19
	10	0.30	0.24	0.20	0.29	0.24	0.20	0.27	0.22	0.19	0.25	0.21	0.19	0.23	0.20	0.18	0.16

Tipe Lampu dan armatur	$\rho_{cc} \rightarrow$	80			70			50			30			10			0
	$\rho_w \rightarrow$	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
	RCR ↓	Koefisien Utilisasi untuk FCR = 20%															
	0	0.77	0.77	0.77	0.67	0.67	0.67	0.49	0.49	0.49	0.33	0.33	0.33	0.18	0.18	0.18	0.11
	1	0.67	0.64	0.62	0.59	0.57	0.54	0.44	0.42	0.41	0.30	0.29	0.28	0.17	0.16	0.16	0.10
	2	0.59	0.54	0.50	0.51	0.48	0.45	0.38	0.36	0.34	0.26	0.25	0.23	0.15	0.14	0.13	0.09
	3	0.51	0.46	0.42	0.45	0.41	0.37	0.34	0.31	0.28	0.23	0.21	0.20	0.13	0.12	0.12	0.07
	4	0.45	0.40	0.35	0.40	0.35	0.31	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.17	0.12	0.11	0.10	0.06
	5	0.40	0.34	0.30	0.35	0.30	0.27	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.10	0.09	0.08	0.05
	6	0.36	0.30	0.26	0.32	0.27	0.23	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.12	0.09	0.08	0.07	0.05
	7	0.32	0.26	0.22	0.28	0.23	0.20	0.21	0.18	0.15	0.15	0.12	0.11	0.08	0.07	0.06	0.04
	8	0.29	0.23	0.19	0.25	0.21	0.17	0.19	0.16	0.13	0.13	0.11	0.09	0.08	0.06	0.06	0.03
	9	0.26	0.20	0.17	0.23	0.18	0.15	0.17	0.14	0.12	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.03
	10	0.24	0.18	0.15	0.21	0.16	0.13	0.16	0.12	0.10	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03
	0	0.80	0.80	0.80	0.77	0.77	0.77	0.71	0.71	0.71	0.66	0.66	0.66	0.60	0.60	0.60	0.58
	1	0.71	0.69	0.66	0.69	0.66	0.64	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58	0.56	0.55	0.54	0.53	0.50
	2	0.64	0.59	0.56	0.61	0.58	0.54	0.57	0.54	0.51	0.53	0.51	0.49	0.49	0.48	0.46	0.44
	3	0.57	0.52	0.48	0.55	0.50	0.47	0.51	0.48	0.45	0.48	0.45	0.42	0.45	0.42	0.40	0.38
	4	0.51	0.46	0.41	0.49	0.44	0.40	0.46	0.42	0.39	0.43	0.40	0.37	0.41	0.38	0.35	0.34
	5	0.46	0.40	0.36	0.44	0.39	0.35	0.41	0.37	0.34	0.39	0.35	0.32	0.37	0.33	0.31	0.29
	6	0.41	0.35	0.31	0.40	0.35	0.31	0.38	0.33	0.30	0.35	0.31	0.28	0.33	0.30	0.27	0.26
	7	0.37	0.31	0.27	0.36	0.31	0.27	0.34	0.29	0.26	0.32	0.28	0.25	0.30	0.27	0.24	0.23
	8	0.33	0.28	0.24	0.32	0.27	0.23	0.30	0.26	0.22	0.29	0.25	0.22	0.27	0.24	0.21	0.19
	9	0.30	0.24	0.20	0.29	0.24	0.20	0.27	0.23	0.19	0.26	0.22	0.19	0.24	0.21	0.18	0.17
	10	0.27	0.22	0.18	0.26	0.21	0.18	0.25	0.20	0.17	0.23	0.19	0.16	0.22	0.18	0.16	0.15
	0	0.59	0.59	0.59	0.58	0.58	0.58	0.55	0.55	0.55	0.53	0.53	0.53	0.51	0.51	0.51	0.50
	1	0.54	0.52	0.50	0.52	0.51	0.49	0.50	0.49	0.48	0.48	0.47	0.46	0.47	0.46	0.45	0.44
	2	0.48	0.45	0.43	0.47	0.44	0.42	0.45	0.43	0.41	0.44	0.42	0.40	0.42	0.41	0.39	0.39
	3	0.43	0.40	0.37	0.42	0.39	0.37	0.41	0.38	0.36	0.40	0.37	0.36	0.39	0.37	0.35	0.34
	4	0.39	0.35	0.32	0.38	0.35	0.32	0.37	0.34	0.32	0.36	0.33	0.31	0.35	0.33	0.31	0.30
	5	0.35	0.31	0.28	0.35	0.31	0.28	0.34	0.30	0.28	0.33	0.30	0.28	0.32	0.29	0.27	0.26
	6	0.32	0.28	0.25	0.32	0.28	0.25	0.31	0.27	0.25	0.30	0.27	0.25	0.29	0.26	0.24	0.23
	7	0.29	0.25	0.22	0.29	0.25	0.22	0.28	0.25	0.22	0.27	0.24	0.22	0.27	0.24	0.22	0.21
	8	0.26	0.22	0.20	0.26	0.22	0.20	0.25	0.22	0.20	0.25	0.22	0.19	0.24	0.21	0.19	0.18
	9	0.24	0.20	0.17	0.24	0.20	0.17	0.23	0.20	0.17	0.23	0.19	0.17	0.22	0.19	0.17	0.16
	10	0.22	0.18	0.16	0.22	0.18	0.16	0.21	0.18	0.16	0.21	0.18	0.15	0.20	0.17	0.15	0.15
	0	0.73	0.73	0.73	0.72	0.72	0.72	0.68	0.68	0.68	0.66	0.66	0.66	0.63	0.63	0.63	0.62
	1	0.66	0.64	0.62	0.65	0.63	0.61	0.62	0.60	0.59	0.60	0.58	0.57	0.57	0.56	0.55	0.54
	2	0.59	0.55	0.52	0.58	0.54	0.52	0.56	0.53	0.50	0.54	0.51	0.49	0.52	0.50	0.48	0.47
	3	0.53	0.48	0.45	0.52	0.48	0.44	0.50	0.46	0.44	0.48	0.45	0.43	0.47	0.44	0.42	0.41
	4	0.47	0.42	0.39	0.46	0.42	0.38	0.45	0.41	0.38	0.43	0.40	0.37	0.42	0.39	0.37	0.36
	5	0.42	0.37	0.33	0.41	0.37	0.33	0.40	0.36	0.33	0.39	0.35	0.32	0.38	0.35	0.32	0.31
	6	0.38	0.33	0.29	0.37	0.32	0.29	0.36	0.32	0.29	0.35	0.31	0.28	0.34	0.31	0.28	0.27
	7	0.34	0.29	0.25	0.33	0.29	0.25	0.33	0.28	0.25	0.32	0.28	0.25	0.31	0.27	0.25	0.23
	8	0.30	0.25	0.22	0.30	0.25	0.22	0.29	0.25	0.22	0.28	0.24	0.21	0.28	0.24	0.21	0.20
	9	0.27	0.22	0.19	0.27	0.22	0.19	0.26	0.22	0.19	0.25	0.21	0.19	0.25	0.21	0.18	0.17
	10	0.25	0.20	0.17	0.24	0.20	0.16	0.24	0.19	0.16	0.23	0.19	0.16	0.23	0.19	0.16	0.15

- 4) Kuat Penerangan Merata dapat menggunakan Untuk menghitung kuat rumus berikut ini penerangan merata, (*Sangkertadi,2006*):

$$E = \frac{\Phi_r}{A} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\Phi_r = E \times A \dots\dots\dots (2-7)$$

$$\Phi_r = \Phi_D \times UF \times MF \dots\dots\dots (2-8)$$

$$N = \frac{\Phi_D}{\Phi_L} \dots\dots\dots (2-9)$$

Dimana :

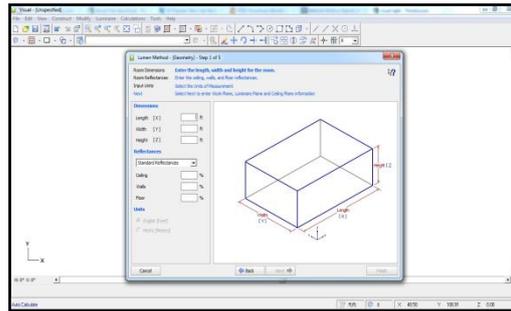
- E = kuat penerangan (lux)
- ϕ_r = flux cahaya yang seharusnya diterima bidang kerja (lumen)
- ϕ_d = flux cahaya dari desain atau rencana lampu (lumen)
- ϕ_L = flux per amatur (lumen)
- N = jumlah amatur yang diperlukan (titik lampu)

- 5) Untuk tahapan selanjutnya, dilakukan pemeriksaan kembali kesesuaian hasil perhitungan dengan standar penerangan buatan yang ada. dilakukan dengan cara *trial and error* sampai menemukan satu kondisi yang memenuhi standard.
- 6) Apabila belum terdapat kesesuaian kondisi ruangan dengan standard ada, maka perlu dilakukan perbaikan berupa penggantian jenis lampu sehingga mencapai angka kuat penerangan yang diinginkan. Untuk perencanaan ini
- b. Perhitungan dengan menggunakan *lighting planning design software*
 Terdapat berbagai macam jenis *software* yang bisa digunakan untuk mendesain dan merencanakan suatu sistem penerangan buatan, antara lain :
- . DIALux *Light Building Software*



Gambar 2-8 Tampilan *software DIALux*

- . *Visual Lighting Design*



Gambar 2-9 Tampilan *sotware Visual*

c. Alat Ukur Kuat Penerangan

Light Meter

Lightmeter adalah salah satu alat pengukuran kuat penerangan yang bisa digunakan untuk mengukur nilai lux pada suatu titik bidang

kerja. Dengan kemampuan mengukur kuat penerangan hingga 20.000 lux. Sebagai contoh *lightmeter digital* seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2.10 Lightmeter Meterman LM631

1. **KESIMPULAN**

Sistem pencahayaan bagi bangunan yang difungsikan untuk sarana pendidikan merupakan salah satu faktor utama yang memberikan pengaruh bagi para pengguna ruangan tersebut untuk melakukan aktivitas perkuliahan. Untuk memenuhi kebutuhan penerangan untuk malam hari tanpa bantuan cahaya langit,

maka perlu adanya bantuan pencahayaan buatan dengan menggunakan jenis lampu yang sesuai dengan kebutuhan ruangan.

Nilai kuat penerangan yang direkomendasikan untuk ruang perkuliahan yaitu 250 lux. Dengan adanya patokan ini diharapkan bahwa setiap perencanaan sistem penerangan untuk ruang kelas bisa dilakukan

dengan baik sebelum digunakan sepenuhnya, mengingat kenyamanan visual masing-masing orang berbeda. Jadi diharapkan dengan perencanaan yang memenuhi standar bisa memenuhi kriteria kenyamanan manusia pada umumnya.

Untuk ruang kuliah UTSU yang memiliki ukuran 13.5m x 4.00m dengan sistem penerangan 4 titik lampu yang digunakan saat ini memenuhi kenyamanan visual para pengguna, dikarenakan tidak ada responden yang mengeluhkan mengenai kurang terangnya pencahayaan yang ada. Namun, jika dilihat dari hasil pengukuran yang memiliki nilai rata-rata kuat penerangan 74.375 lux, seharusnya sistem penerangan diruangan ini dihitung kembali agar sesuai dengan ketentuan standar.

Berdasarkan hasil perhitungan kuat penerangan, jumlah titik lampu yang dibutuhkan ruangan ini adalah sebanyak 6 titik dengan 12 buah lampu jenis TL-36W (sebagai referensi menggunakan merek Philips). Penempatan titik lampu yang sesuai akan memberikan penyebaran kuat penerangan merata untuk semua bidang kerja yang ada pada ruangan tersebut.

Ada beberapa kelemahan yang terjadi dalam proses penelitian. Kenyamanan visual yang didapatkan berdasarkan hasil kuisioner dinilai sudah tidak subjektif lagi karena para mahasiswa yang menjadi sumber informasi dinilai sudah terbiasa

dengan penerangan yang ada sehingga penglihatan mereka mungkin sudah beradaptasi dengan keadaan tersebut. Selain itu, faktor pembayangan yang terjadi pada saat pembacaan nilai lux pada alat ukur dan kesalahan pembacaan oleh responden. Hal ini bisa saja terjadi karena pengukuran dengan alat ukur hanya dilakukan sekali sehingga kesalahan tidak bisa di minimalisir dan ini menjadi bagian dari kelemahan penelitian ini.

2. SARAN

- a. Perlu adanya penambahan jumlah lampu pada ruangan ini sesuai dengan perhitungan kuat penerangan yang ada, sehingga memenuhi standar dan bisa memenuhi kebutuhan visual dari para pengguna ruangan baik yang masih baru maupun yang sudah sering menggunakan ruangan tersebut.
- b. Perlu memperhatikan letak posisi lampu yang disesuaikan dengan lay out ruang kelas sehingga meminimalisir terjadinya pembayangan yang dapat mengganggu aktivitas yang dilakukan.
- c. Agar lebih meminimalisir kesalahan pada saat penelitian, perlu dilakukan pengukuran lebih dari sekali untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.