



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

35094609



RSK
621.32

Ros

R-1

2009

FINAL PROJECT - RF 1483

THE SCHEME OF HYBRID ILLUMINATION SYSTEM IN ENGINEERING PHYSICS CLASS C- 122

LIFDIANA ROSITA
NRP 2406 100 608

ADVISOR LECTURER
Ir. Ali Musyafa', MSc.
Ir. Tutug Danardhono

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	17-2009
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	704

Department of Physics Engineering
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh November Institute of Technology

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a stylized figure, followed by the letters 'ITS' and the full name of the institution in Indonesian: 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember'.

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN SISTEM PENCAHAYAAN
HYBRID DI RUANG KELAS C-122 TEKNIK
FISIKA**

TUGAS AKHIR

OLEH:

Lifdiana Rosita
Nrp. 2406.100.608

Surabaya, 30 Januari 2009
Mengetahui/Menyetujui

Pembimbing I

Ir. Ali Musyafa', Msc

NIP. 131 652 210

Pembimbing II

Ir. Tutug Danardhono

NIP. 130 936 836

Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS

Dr. Bambang L. ST.MT.

NIP : 132 137 895




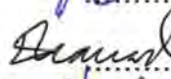
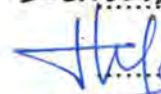

**PERANCANGAN SISTEM PENCAHAYAAN HYBRID DI
RUANG KELAS C-122 TEKNIK FISIKA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana
Pada
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
LIFDIANA ROSITA
NRP. 2406 100 608

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Ali Musyafa', MSc. .....(Pembimbing I)
2. Ir. Tutug Danardhono .....(PembimbingII)
3. Ir. Heri Justiono .....(Ketua Penguji)
4. Ir. Heru Setijono, MSc. .....(Tim Penguji)

SURABAYA
30 Januari 2009

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a stylized figure inside, followed by the letters 'ITS' and the text 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember' below it. The logos are arranged in a grid-like fashion across the entire page.

ABSTRAK

PERANCANGAN SISTEM PENCAHAYAAN HYBRID DI RUANG KELAS C-122 TEKNIK FISIKA

Nama Mahasiswa : LIFDIANA ROSITA
NRP : 2406.100.608
Jurusan : TEKNIK FISIKA
Dosen Pembimbing : Ir. Ali Musyafa' MSc.

Asbtrak

Pencahayaan diperlukan manusia untuk menjadi suatu objek secara visual. Pengenalan dan pemanfaatan pencahayaan alami dan buatan untuk memenuhi kebutuhan manusia akan pencahayaan yang optimal. Pada banyak industri pencahayaan mempunyai pengaruh terhadap kualitas produk. Kuat pencahayaan baik yang tinggi dan rendah maupun yang menyilaukan berpengaruh terhadap kelelahan mata maupun ketegangan syaraf.

Agar Ruang kelas C-122 tetap memenuhi standar SNI (Standar Nasional Indonesia), maka pencahayaan hybrid memanfaatkan cahaya alami di samping cahaya buatan. Cahaya buatan berperan ketika cuaca tidak memberikan cukup terang langit pagi hari, ataupun pemenuhan pencahayaan pada kelas sore hari. Cahaya alami menjaga kualitas pencahayaan yang sehat sedangkan cahaya buatan menjaga kuat pencahayaan tetap dalam kondisi optimum.

Dari hasil pengukuran dan perhitungan pencahayaan hybrid menunjukkan bahwa dalam kondisi langit perencanaan, ruang kelas C-122 membutuhkan kontribusi cahaya buatan sebesar 107,31 lux. Dimana dari hasil perancangan dapat diketahui jumlah alat pencahayaan yang dibutuhkan untuk memberikan kuat penerangan optimum sebesar 250 lux adalah 11 armatur.

Kata Kunci : *Sistem Pencahayaan hybrid, Kontribusi cahaya buatan, terang optimum.*

THE SCHEME OF HYBRID ILLUMINATION SYSTEM IN ENGINEERING PHYSICS CLASS C-122

Name : LIFDIANA ROSITA
NRP : 2406.100.608
Major : ENGINEERING PHYSICS
Counsellor : Ir. Ali Musyafa', MSc

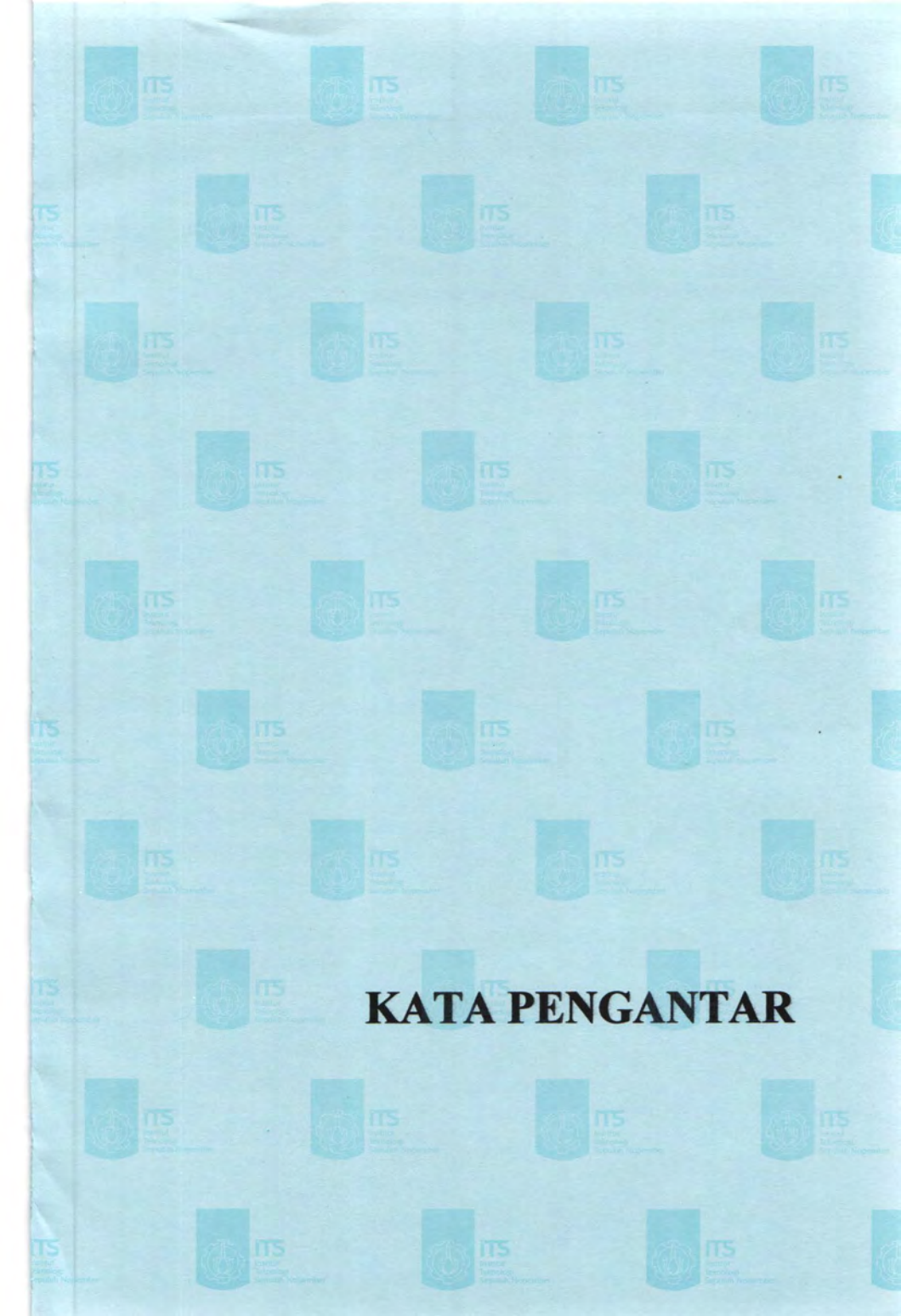
Abstract

Illuminations needed by human to be a visual object. Introducing and use natural and created illumination to fulfill our needed about optimal illumination. In many industrial, illumination have influence to the products quality. The power of illumination that high or low even dazzled causing the eye tired and neural strained.

In order to class C-122 still fulfilling SNI standard (Standar Nasional Indonesia), so hybrid illumination is used natural light rather than created light. Created light is used when the whether not giving enough light in the morning, or in the afternoon at class. Natural light keep the quality of healthy lighting while the created light keep the light at optimum condition of illumination.

From the result of measurement and calculation of hybrid illumination, show that in the planning condition of sky, class C122 need created light contribution equal to 107.31 lux. From the scheme result we would know amount of lamp that will be used to give optimum power illumination equal to 250 lux is 11 armature.

Key words: hybrid light system, created light contribution, optimum light.

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem on the left and the text 'ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember' on the right, all in a light blue color. The logos are arranged in a grid-like pattern across the entire page.

KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur senantiasa terpanjatkan kepada Allah SWT. Atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis mampu untuk melaksanakan dan menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

PERANCANGAN SISTEM PENCAHAYAAN HYBRID DI RUANG KELAS C-122 TEKNIK FISIKA

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan bagi seorang mahasiswa untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri.

Selama menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, atas Rahmat dan Hidayah-Nya.
2. Kedua Orangtua, Kakak dan adikku tercinta serta seluruh Keluarga Besar yang selalu memberikan do'a, motivasi dan dukungan sepenuhnya baik secara moril maupun materiil.
3. Bapak Dr. Bambang Lelono, ST.MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika ITS.
4. Bapak Ir. Ali Musyafa', MSc, selaku pembimbing I Tugas Akhir, yang telah membantu dan meluangkan waktu hingga terselesainya tugas akhir ini dan telah memberikan segenap bimbingan, kesabaran, nasehat serta ilmu yang tiada ternilai harganya.
5. Bapak Ir. Tutug Danardhono, selaku pembimbing II Tugas Akhir, yang telah membantu dan meluangkan waktu hingga terselesainya tugas akhir ini dan telah memberikan segenap bimbingan, kesabaran, nasehat serta ilmu yang tiada ternilai harganya
6. Bapak Ir. Wiratno. Selaku pembimbing akademik.

7. Bapak Ir. Yerri Susatio, MT, selaku kepala Laboratorium Akustik dan dosen mata kuliah dari penulis.
8. Teman-teman kos di keputih 3E/7A dan teman-teman seperjuangan di Workshop Instrumentasi , yang selalu setia memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.
9. Seluruh bapak dan ibu dosen serta karyawan Jurusan Teknik Fisika, FTI-ITS Surabaya.
10. Seluruh mahasiswa Teknik Fisika, serta para alumni Lintas Jalur dan Reguler yang pernah berinteraksi dengan penulis secara langsung. Terima kasih atas segala bantuannya.
11. Keluarga Besar PT. Anugrah Argon Medica yang memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan kuliah S1 di Teknik Fisika.
12. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Khususnya buat Kakak sekaligus teman yang selalu siap membantu dan selalu memberikan do'a, motivasi dan dukungan sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa terdapat kesalahan dan kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuatu yang lebih baik. Semoga laporan ini berguna bagi penulis pada khususnya serta bagi pihak yang berkepentingan dan kita semua dalam pengembangan ilmu pengetahuan. Semoga Allah meridhoi segala usaha kita semua, amin...

Surabaya, 30 Januari 2009

Penulis

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a stylized figure inside, followed by the letters 'ITS' and the full name of the institution in Indonesian: 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember'.

DAFTAR-DAFTAR

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Laporan	3
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Pencahayaan Alami	5
2.1.1 Standar Perancangan Pencahayaan Alami	5
2.1.2 Pencahayaan Alami Siang Hari Harus	5
2.1.3 Pemanfaatan Pencahayaan Alami Dalam	11
2.1.3.1 Rangka Konservasi Energi	11
2.2 Pencahayaan Buatan	12
2.2.1 Pencahayaan Tambahan	14
2.2.2 Pengendalian Pencahayaan	14
2.2.3 Pemilihan Sumber cahaya Buatan	15
2.2.4 Kualitas Pencahayaan	19
2.2.5 Penyilauan yang Menyebabkan	20
2.2.6 Ketidakmampuan Melihat	20
2.2.6.1 Penyilauan yang Menyebabkan	

	Ketidaknyamanan Melihat.....	21
2.3	Pengaturan Distribusi Cahaya	22
2.4	Metode Perancangan Pencahayaan.....	24
BAB III	PERANCANGAN DAN METODOLOGI.....	29
3.1	Tata Pencahayaan Hybrid dalam Ruang Kelas..	29
3.1.1	Pencahayaan Alami	29
3.1.2	Pencahayaan Buatan.....	30
3.2	Prosedur Perencanaan Sistem Pencahayaan	
	Hybrid.....	30
3.2.1	Metode Evaluasi Pencahayaan Alami	31
3.3.2	Prosedur Perencanaan Pencahayaan Buatan.....	31
BAB IV	ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	35
4.1	Analisa Data	35
4.1.1	Pengukuran Pencahayaan Siang Hari.....	
	Ruang C-122.....	35
4.1.2	Pengukuran Pencahayaan Siang Hari dengan....	
	Cahaya Alami dan Buatan	42
4.1.3	Pengukuran Pencahayaan Siang Hari dengan....	
	Sumber Cahaya Buatan	49
4.2	Perancangan Pencahayaan Buatan.....	56
4.2.1	Perhitungan Perancangan Pencahayaan Buatan	57
BAB V	PENUTUP	63
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran.....	64
	DAFTAR PUSTAKA	65
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tinggi dan Lebar Cahaya Efektif.....	6
Gambar 2.2 Penjelasan Mengenai Jarak d	8
Gambar 2.3 Tiga Komponen Cahaya Langit yang..... Sampai pada suatu titik di bidang kerja.....	10
Gambar 3.1 Diagram Blok Prosedur Perencanaan..... Teknis Sistem Pencahayaan Buatan	34
Gambar 4.1 Denah ruang C-122 Tampak atas	36
Gambar 4.2 Jarak TUU dan TUS.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tingkat Pencahayaan Minimum dan Temperatur warna yang d rekomendasikan.....	17
Tabel 2.2	Daya Listrik Maksimum untuk Pencahayaan Yang D iijinkan	19
Tabel 2.3	Besar Indeks Penyilauan.....	22
Tabel 4.1	Dimensi Ruang Kelas C-122	35
Tabel 4.2	Data Pengukuran Armatur	35
Tabel 4.3	Data Kuat Pencahayaan dengan Sumber	
	Cahaya Alami (Efektif 1)	38
Tabel 4.4	Data Kuat Pencahayaan dengan Sumber	
	Cahaya Alami (Efektif 2)	39
Tabel 4.5	fl rata-rata Bidang Lubang Cahaya Efektif 1.....	41
Tabel 4.6	fl rata-rata Bidang Lubang Cahaya Efektif 2.....	41
Tabel 4.7	Tambahan Pencahayaan Buatan yang dibutuhkan	42
Tabel 4.8	Data Kuat Pencahayaan dengan Sumber	
	Cahaya Alami dan Buatan	42
Tabel 4.9	Data Kuat Pencahayaan dengan Sumber	
	Cahaya Buatan.....	50

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a stylized figure inside, followed by the letters 'ITS' and the full name of the institution in Indonesian: 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember'. The logos are arranged in a grid-like pattern across the entire page.

BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak dimulainya peradaban hingga sekarang, manusia menciptakan cahaya hanya dari api, walaupun lebih banyak sumber panas daripada cahaya. Di abad ke 21 ini kita masih menggunakan prinsip yang sama dalam menghasilkan panas dan cahaya melalui lampu pijar. Hanya dalam beberapa dekade terakhir produk-produk penerangan menjadi lebih canggih dan beraneka ragam. Perkiraan menunjukkan bahwa pemakaian energi oleh penerangan adalah 20 - 45% untuk pemakaian energi total oleh bangunan komersial dan sekitar 3 - 10% untuk pemakaian energi total oleh *plant* industri. Hampir kebanyakan pengguna energi komersial dan industri peduli penghematan energi dalam sistim penerangan. Seringkali, penghematan energi yang cukup berarti dapat didapatkan dengan investasi yang minim dan masuk akal.

Mengganti lampu uap merkuri atau sumber lampu pijar dengan logam halida atau *sodium* bertekanan tinggi akan menghasilkan pengurangan biaya energi dan meningkatkan jarak penglihatan. Memasang dan menggunakan kontrol foto, pengaturan waktu penerangan, dan sistim manajemen energi juga dapat memperoleh penghematan yang luar biasa. Walau begitu, dalam beberapa kasus mungkin perlu mempertimbangkan modifikasi rancangan penerangan untuk mendapatkan penghematan energi yang dikehendaki. Penting untuk dimengerti bahwa lampu-lampu yang efisien, belum tentu merupakan sistim penerangan yang efisien.

Sebagai sarana akademik, ruang kelas C-122 Teknik Fisika digunakan untuk melakukan aktivitas belajar mengajar

sehingga memerlukan pencahayaan optimal, terutama pada bidang kerja yang diimbangi dengan penghematan energi.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang dihadapi dalam perancangan sistem pencahayaan hybrid di ruang kelas C-122 Teknik Fisika ini adalah :

1. Bagaimana menganalisa kuat pencahayaan dan besar konsumsi energi di ruang C-122 dan menentukan Lay-out dari lampu yang akan dipasang dari segi hubungan seri/parallel.
2. Dan bagaimana menentukan lampu yang memiliki efisiensi energi dan terang yang sama dengan lampu yang ada.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Menganalisa Kuat Pencahayaan dan besar konsumsi energi di ruang C-122.
2. Untuk merancang kembali sistem pencahayaan yang ada di dalam ruang kelas C-122 agar lebih hemat dan optimal.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mencapai tujuan diatas maka ditentukan batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Alat pencahayaan yang digunakan adalah lampu Flouresen.
2. Perancangan hanya dilakukan di dalam ruang kelas C-122 dan bisa diterapkan untuk kelas lain yang identik di Teknik Fisika.
3. Sistem pencahayaan hybrid akan diterapkan pada ruang C-122 tanpa merubah bentuk fisik bangunan.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Studi pustaka
Yaitu mempelajari dasar-dasar teori tentang sistem pencahayaan dan mempelajari spesifikasi alat pencahayaan yang memiliki sifat hemat energi serta meninjau kembali ruang kelas C-122.
2. Studi lapangan
Yaitu mengukur kuat pencahayaan dari sumber cahaya alami. Dan membuat rancangan lay-out pada ruang kelas C-122.
3. Pengambilan data
 - a) Mengukur kuat pencahayaan di ruang kelas C-122 .
 - b) Merancang pemasangan lampu di Ruang kelas C-122.
4. Analisa Data
Analisa data dilakukan untuk mengetahui hasil perancangan sistem pencahayaan hybrid yang ada di ruang kelas C-122 apakah sesuai apabila digunakan pada ruang kelas lain yang identik di jurusan Teknik Fisika dan mengetahui kontribusi pencahayaan buatan yang diperlukan pada saat langit tidak dapat memberikan terang yang mencukupi.
5. Menarik kesimpulan
Yaitu menarik kesimpulan apakah ruang kelas C-122 sudah memenuhi Standar Nasional Indonesia tentang perancangan sistem pencahayaan pada bangunan gedung.

1.6 Sistematika Laporan

Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman terhadap laporan tugas akhir ini, maka diberikan sistematika penulisan laporan tugas akhir sebagai berikut :

- **BAB I PENDAHULUAN**

Bab Pendahuluan ini terdiri dari latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan, metodologi dan sistematika laporan;

- **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini berisi teori yang menunjang pelaksanaan tugas akhir maupun perihal tentang tugas akhir;

- **BAB III METODOLOGI PERANCANGAN**

Bab ini berisi tentang rancangan dari pemodelan dari prediksi kondisi iklim yang telah dibuat serta bagaimana metode dan langkah-langkah yang digunakan untuk melaksanakan tugas akhir ini;

- **BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini diberikan data hasil simulasi untuk dianalisis lebih lanjut dan diberikan pembahasan-pembahasan didalamnya;

- **BAB V PENUTUP,**

Pada bab ini diberikan kesimpulan tentang tugas akhir yang telah dilakukan berdasarkan data-data yang didapatkan, serta diberikan saran sebagai penunjang maupun pengembangan tugas akhir ini untuk masa-masa yang akan datang.

The background of the page is a repeating pattern of the ITS logo, which consists of a circular emblem with a stylized figure inside, followed by the text 'ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember'.

BAB II DASAR TEORI

BAB II DASAR TEORI

Pencahayaan diperlukan manusia untuk menjadi suatu objek secara visual. Kita mengenal dan memanfaatkan pencahayaan alami dan buatan untuk memenuhi kebutuhan kita akan pencahayaan yang optimal. Pada banyak industri pencahayaan mempunyai pengaruh terhadap kualitas produk. Kuat pencahayaan baik yang tinggi dan rendah maupun yang menyilaukan berpengaruh terhadap kelelahan mata maupun ketegangan syaraf.

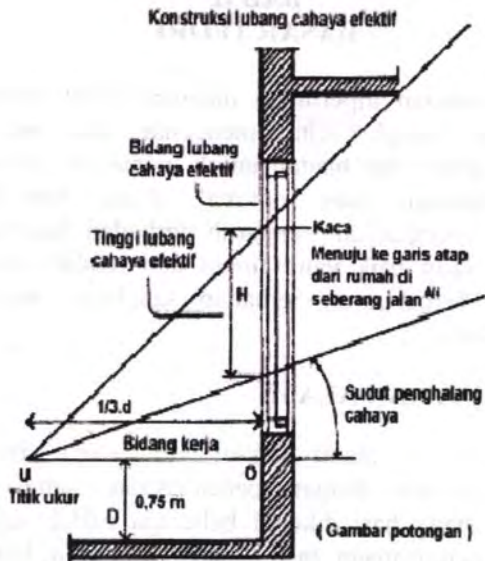
2.1 PENCAHAYAAN ALAMI

Pencahayaan alami berasal dari cahaya sinar matahari atau biasa dikenal dengan pencahayaan siang hari. Pada pencahayaan siang hari dikenal beberapa istilah seperti terang langit, langit perencanaan, factor langit, titik ukur, bidang lubang cahaya efektif, dan lubang cahaya efektif untuk titik ukur.

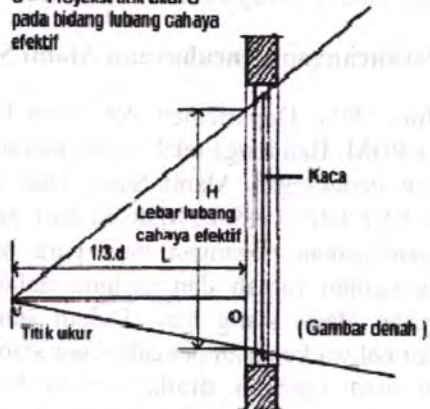
2.1.1 Standar Perancangan Pencahayaan Alami Siang Hari

Pada tahun 1993, Departemen Pekerjaan Umum (dalam hal ini Yayasan LPBM, Bandung) telah menerbitkan standar Tata Cara Perancangan Penerangan Alami Siang Hari untuk Rumah dan Gedung, SK SNI T-05-1989-F. Maksud dari standar tersebut adalah untuk memberikan pegangan bagi para perancang dan pelaksana pembangunan rumah dan gedung dalam merancang sistem pencahayaan alami siang hari. Dalam standar tersebut, perlu diperhatikan bahwa keadaan pencahayaan alami yang cukup memuaskan dari suatu ruangan, dinilai melalui besarnya faktor langit minimum di dua jenis Titik Ukur ialah Titik Ukur Utama dan Titik Ukur Samping pada bidang kerja yang letaknya telah didefinisikan.





O = Proyeksi titik ukur U pada bidang lubang cahaya efektif



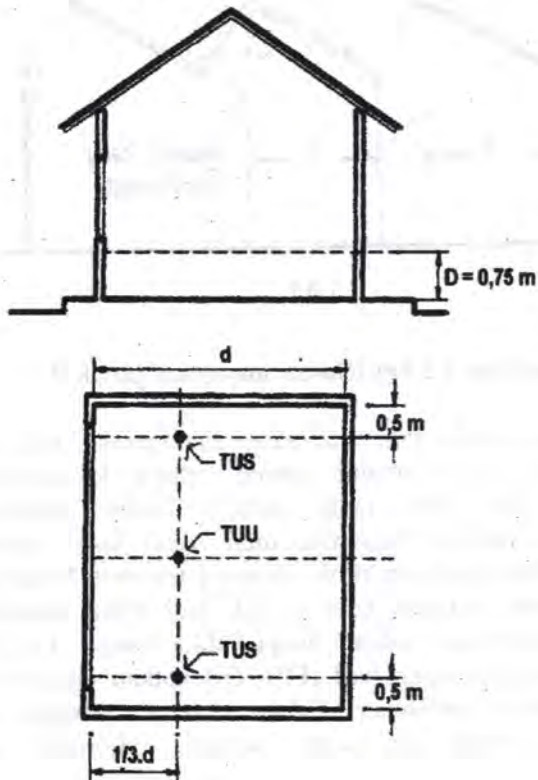
Gambar 2.: Tinggi dan Lebar cahaya efektif

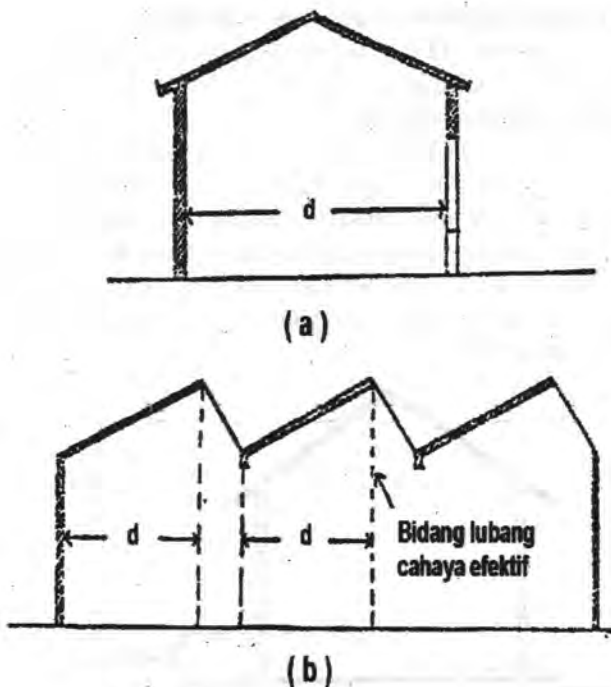
Gambar 2.1 Tinggi dan lebar Cahaya Efektif



Dalam perhitungan digunakan dua jenis titik ukur :

- 1) Titik ukur utama (TUU), diambil pada tengah-tengah antar kedua dinding samping, yang berada pada jarak $1/3d$ dari bidang lubang cahaya efektif.
- 2) Titik ukur samping (TUS), diambil pada jarak 0,50 meter dari dinding samping, yang juga berada pada jarak $1/3d$ dari bidang lubang cahaya efektif, dengan d adalah ukuran kedalaman ruangan, diukur dari mulai bidang lubang cahaya efektif hingga pada dinding seberangnya, atau hingga pada "bidang" batas dalam ruangan yang hendak dihitung pencahayaannya itu.





Gambar 2.2 Penjelasan mengenai jarak d

Letak kedua jenis titik ukur dipengaruhi oleh ukuran ruangan, ialah jarak bidang lubang cahaya ke dinding di seberangnya (d) dan jarak antara kedua dindingnya berseberangan lainnya. Besarnya nilai factor langit minimum yang disyaratkan dipengaruhi oleh harga d tersebut. Misalnya FL min TUU untuk ruangan kelas 0.35 d . Jadi dalam standar ini, ukuran yang digunakan adalah harga Faktor Langit (FL), bukan faktor pencahayaan siang hari (FP). Disebutkan dalam standar tersebut bahwa pemilihan Faktor Langit sebagai angka karakteristik untuk digunakan sebagai ukuran keadaan

pencahayaan alami siang hari adalah untuk memudahkan perhitungan karena FL merupakan komponen yang terbesar.

Faktor Langit (FL) memang merupakan komponen yang paling mudah dihitung, dimana telah tersedia tabel untuk menghitungnya. Tetapi FL tidak selalu merupakan komponen terbesar di banding kedua komponen lainnya. Hal tersebut berlaku :

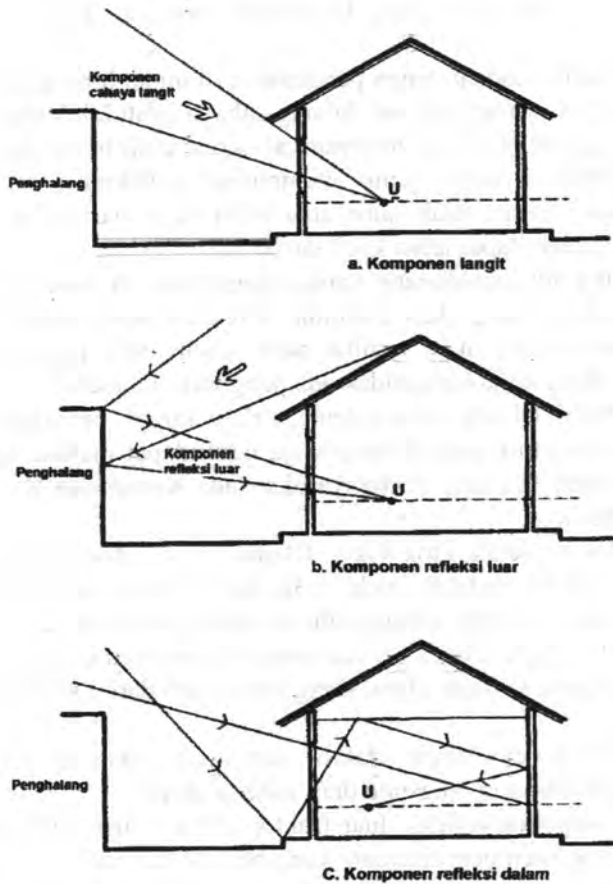
1. Untuk keadaan tanpa penghalang di muka lubang cahaya, di titik yang jauh dari lubang cahaya ialah lebih dari $0.5d$ maka KRD dapat mempunyai harga lebih besar dari KL. Untuk ruangan yang mempunyai reflektansi rata-rata yang besar, ialah sama atau lebih besar dari 55%, jarak tersebut dapat lebih kecil dari $0.5d$.
2. Jika ada penghalang yang cukup besar di muka lubang cahaya yang akan menutup sebagian besar langit yang seharusnya akan terlihat pada semua titik pada semua bidang kerja kalau tidak ada penghalang tersebut.
3. Posisi lubang cahaya yang terlalu tinggi, sehingga dari semua titik pada bidang kerja tidak dapat melihat langit. Untuk keadaan ini hanya akan ada Komponen Refleksi Dalam.

Karena letak Titik Ukur Utama (TUU) dan Titik Ukur Samping (TUS) terletak pada $1/3d$ dari lubang cahaya, atau tepatnya adalah bidang lubang cahaya efektif, maka di kedua titik ukur tersebut dapat terjadi FL merupakan komponen terbesar.

a) Faktor pencahayaan alami siang hari terdiri dari 3 komponen meliputi :

- 1) Komponen langit (faktor langit-fl) yakni komponen pencahayaan langsung dari cahaya langit.
- 2) Komponen refleksi luar (faktor refleksi luar - frl) yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi benda-benda yang berada di sekitar bangunan yang bersangkutan.
- 3) Komponen refleksi dalam (faktor refleksi dalam frd) yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi

permukaan-permukaan dalam ruangan, dari cahaya yang masuk ke dalam ruangan akibat refleksi benda-benda di luar ruangan maupun dari cahaya langit (lihat gambar 2.1).



Gambar 2.3 : Tiga Komponen cahaya langit yang sampai pada suatu titik di bidang kerja.

2.1.2 Pencahayaan Alami Siang Hari Harus Memenuhi Ketentuan Sebagai Berikut :

1. Cahaya alami siang hari harus dimanfaatkan sebaik-baiknya.
2. Dalam pemanfaatan cahaya alami, masuknya radiasi matahari langsung ke dalam bangunan harus dibuat seminimal mungkin. Cahaya langit harus diutamakan daripada cahaya matahari langsung.
3. Pencahayaan alami siang hari dalam bangunan gedung harus memenuhi ketentuan SNI 03-2396-1991 tentang “ Tata Cara Perancangan Pencahayaan Alami Siang Hari Untuk Rumah Dan Gedung ”

2.1.3 Pemanfaatan Pencahayaan Alami Dalam Rangka Konservasi Energi

Integrasi pencahayaan alami dengan pencahayaan buatan dapat juga diartikan mengurangi penggunaan pencahayaan buatan pada siang hari dengan memanfaatkan semaksimal mungkin pencahayaan alami. Konsep ini dalam pelaksanaannya adalah sama saja dengan pencahayaan tambahan dari pencahayaan buatan atau PSALI.

Daerah yang dekat dengan lubang cahaya atau daerah perimeter bangunan pada siang hari pada umumnya tidak memerlukan lagi tambahan pencahayaan, sedang daerah yang lebih dalam mungkin masih memerlukan penambahan pencahayaan dari sebagian lampu yang terpasang.

Perbedaan penggunaan energi dari seluruh lampu yang terpasang terhadap energi dari sebagian lampu yang digunakan pada siang hari inilah sebagai energi yang dapat dihemat pada siang hari karena pemanfaatan pencahayaan alami.

2.2 PENCAHAYAAN BUATAN

Pencahayaan yang dimaksud adalah pencahayaan yang berhubungan dengan sifat suatu cahaya antara lain : fluks cahaya (ϕ), kuat pencahayaan (E), intensitas cahaya (I), luminansi (L) dan beberapa factor lainnya.

Beberapa Sifat Cahaya

a) Fluks Cahaya (ϕ)

Fluks Cahaya adalah aliran rata-rata radiasi energi cahaya yang dapat memberikan rangsangan pada indera penglihatan. Merupakan jumlah total cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya setiap detik. Besarnya fluks cahaya dinyatakan dalam satuan lumens. Fluks cahaya dapat dinyatakan dalam persamaan dibawah ini :

$$\Phi = Q / t$$

Dimana : Φ = fluks cahaya (lumen)

Q = Energi Cahaya (lumen/detik)

t = waktu (detik)

b) Kuat pencahayaan (E)

Kuat pencahayaan adalah Kerapatan dari fluks cahaya yang jatuh pada bidang kerja. Jika sejumlah fluks mengenai suatu luasan, maka besarnya kuat pencahayaan pada suatu titik dapat dicapai sebagai berikut :

$$E = d \Phi / dA$$

Dimana : E = kuat pencahayaan (Lux atau fe)

Φ = fluks cahaya (lumen)

A = luas permukaan (m² atau ft²)

Bila luasan yang dikenai fluks cahaya tersebut dinyatakan dalam satuan m², maka kuat pencahayaannya dalam satuan lumen / m² atau LUX. Namun, bila luasan yang dikenai fluks

cahaya tersebut dinyatakan dalam satuan ft^2 , maka kuat pencahayaan dalam satuan lumen / ft^2 atau feet candle (fc).

c) Kuat Cahaya (I)

Kuat cahaya atau intensitas cahaya adalah aliran fluks cahaya pada arah tertentu, dan diemisikan oleh sumber cahaya. Bila fluks cahaya dinyatakan dalam satuan lumen sudut ruang dinyatakan dalam steradian, maka intensitas cahaya dalam bentuk satuan candela. Secara matematis dinyatakan dalam bentuk :

$$I = d\Phi / d\omega$$

Dimana : I = intensitas cahaya (Lumen / steradian = cd)

Φ = Fluks cahaya (Lumen)

ω = Sudut Ruang (Steradian)

untuk sumber cahaya yang uniform , maka sumber tersebut akan memancarkan fluks d yang secara uniform pula. Dari persamaan diatas diperoleh hubungan sebagai berikut :

$$d\Phi = I \cdot d\omega$$

sehingga persamaan fluks cahaya untuk sumber uniform adalah :

$$\int d\Phi = \int_0^{4\pi} I \cdot d\omega$$

$$\int d\Phi = I \cdot \int_0^{4\pi} d\omega$$

$$\Phi = 4\pi \cdot I$$

d) Luminansi (L)

Luminansi merupakan besaran pencahayaan yang kaitannya erat dengan kuat pencahayaan. Luminansi adalah pernyataan kuantitatif jumlah cahaya yang dipantulkan oleh permukaan pada satu arah. Luminansi suatu permukaan ditentukan oleh kuat pencahayaan dan kemampuan

memantulkan cahaya oleh permukaan. Kemampuan memantulkan cahaya oleh permukaan disebut factor refleksi atau reлектansi (ρ).

Luminansi didefinisikan sebagai intensitas cahaya dibagi dengan permukaan semu (A_s) bidang yang mendapatkan cahaya (cd/m^2). Satuan lain dari luminansi adalah candela/centimeter persegi ($\text{cd}/\text{cm}^2=\text{stilb}$) atau candela/feet persegi ($\text{cd}/\text{ft}^2=\text{lambert}$).

$$L = I / A_s$$

Dimana : L = Luminansi (cd/m^2)
 I = Intensitas Cahaya (cd)
 A_s = Permukaan semu (A_s)

Jika terdapat buku yang terbuka diatas meja, maka fluks cahaya yang sampai pada buku maupun meja adalah sama demikian pula kuat pencahayaannya. Namun luminansi (cahaya yang ditangkap mata) untuk buku lebih besar daripada luminansi meja karena reflektansi buku lebih besar dibanding reflektansi meja.

2.2.1 Pencahayaan Tambahan

Pencahayaan tambahan dari pencahayaan buatan yang diperlukan untuk menambah tingkat pencahayaan dari pencahayaan alami, sebaiknya diperoleh dari instalasi pencahayaan buatan untuk pencahayaan malam hari. Jadi tidak menggunakan instalasi khusus, sehingga akan menghemat biaya dan menyederhanakan instalasi.

Caranya adalah dengan menyalakan sebagian dari lampu yang terpasang untuk menaikkan tingkat pencahayaan di tempat yang diperlukan. Pencahayaan tambahan dari pencahayaan buatan, disebut sebagai *Permanent Supplementary Artificial Lighting of Interiors* atau PSALI.

2.2.2 Pengendalian Pencahayaan

Untuk menambah atau mengurangi tingkat pencahayaan gabungan, cahaya dari lampu perlu dikendalikan dengan alat pengendali dan sensor cahaya.

Alat pengendali dapat berupa tombol nyala-mati atau peredup (dimmer), yang dapat bekerja secara manual atau otomatis. Tombol nyala-mati dapat menambah atau mengurangi secara perlangkah (step control) sedang peredup adalah secara menerus. Alat pengendali otomatis akan dapat mengikuti dengan cepat perubahan dari pencahayaan alami, sehingga akan lebih efektif dalam usaha hemat energi.

Pengendalian biasanya dilakukan melalui penyala-matian atau peredupan dari baris-baris lampu yang sejajar dengan bidang lubang cahaya.

2.2.3 Pemilihan Sumber Cahaya Buatan

Gabungan pencahayaan alami dan buatan akan lebih memberikan kenyamanan visual jika tampak cahaya dari lampu yang digunakan mirip dengan tampak cahaya alami. Tampak cahaya alami memang tidak konstan, khususnya pada pagi dan sore hari dapat berbeda dengan siang hari. Tampak cahaya yang mirip dengan tampak cahaya alami pada siang hari ialah yang mempunyai temperature warna sekitar 4000K.

Pencahayaan buatan harus memenuhi :

- 1) Tingkat pencahayaan minimal yang direkomendasikan tidak boleh kurang dari tingkat pencahayaan pada table 2.1
- 2) Daya listrik maksimum per meter persegi tidak boleh melebihi nilai sebagaimana tercantum pada tabel kecuali :
 - Pencahayaan untuk bioskop, siaran TV, presentasi audio visual dan semua fasilitas hiburan yang memerlukan pencahayaan sebagai elemen teknologi utama dalam pelaksanaan fungsinya.
 - Pencahayaan khusus untuk bidang kedokteran.
 - Fasilitas olahraga dalam ruangan (indoor)

- Pencahayaan yang diperlukan untuk pameran digaleri, museum dan monumen.
 - Pencahayaan luar untuk monument
 - Pencahayaan khusus untuk penelitian di Laboratorium.
 - Pencahayaan darurat
 - Ruang yang mempunyai tingkat keamanan dengan resiko tinggi yang dinyatakan oleh peraturan atau oleh petugas keamanan dianggap memerlukan pencahayaan tambahan.
 - Ruang kelas dengan rancangan khusus untuk orang yang mempunyai penglihatan yang kurang, atau untuk orang lanjut usia.
 - Pencahayaan untuk lampu tanda arah dalam bangunan gedung;
 - Jendela peraga pada toko / etalase.
 - Kegiatan lain seperti agro industry (rumah kaca), fasilitas pemrosesan, dan lain-lain.
- 3) Penggunaan energi yang sehemat mungkin dengan mengurangi daya terpasang, melalui :
- Pemilihan lampu yang mempunyai efikasi lebih tinggi dan menghindari pemakaian lampu dengan efikasi rendah. Dianjurkan menggunakan lampu fluoresen dan lampu pelepasan gas lainnya.
 - Pemilihan armatur yang mempunyai karakteristik distribusi pencahayaan sesuai dengan penggunaannya, mempunyai efisiensi yang tinggi dan tidak mengakibatkan silau atau refleksi yang mengganggu
 - Pemanfaatan cahaya alami siang hari.

Tabel 2.1 Tingkat pencahayaan minimum dan temperature warna yang direkomendasikan

Fungsi/Jenis Ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Temperatur Warna		
		Warm White	Cool White	Daylight
Rumah Tinggal :				
Teras	60	◆	◆	
Ruang Tamu	120-250		◆	
Ruang Makan	120-250	◆		
Ruang Kerja	120-250		◆	◆
Kamar Tidur	120-250	◆	◆	
Kamar Mandi	250		◆	◆
Dapur	250	◆	◆	
Garasi	60		◆	◆
Perkantoran :				
Ruang Direktur	350		◆	◆
Ruang Kerja	350		◆	◆
Ruang Komputer	350		◆	◆
Ruang Rapat	300	◆	◆	
Ruang Gambar	750		◆	◆
Lembaga Pendidikan :				
Ruang Kelas	250		◆	◆
Perpustakaan	300		◆	◆
Laboratorium	500		◆	◆
Ruang Gambar	750		◆	◆
Kantin	200	◆	◆	
Hotel dan Restoran :				
Lobby, Koridor	100	◆	◆	

Fungsi/Jenis Ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Temperatur Warna		
		Warm White	Cool White	Daylight
Ballroom/ruang sidang	200	♦	♦	
Ruang Makan	250	♦	♦	
Cafetaria	250	♦	♦	
Kamar Tidur	150	♦		
Dapur	300	♦	♦	
Rumah Sakit/Balai Pengobatan :				
Ruang Rawat Inap	250		♦	♦
Ruang Operasi, ruang Bersalin	300		♦	♦
Laboratorium	500		♦	♦
Ruang rekreasi dan rehabilitasi	250	♦	♦	
Pertokoan :				
Barang antik / seni	500	♦	♦	♦
Toko Kue dan makanan	250	♦	♦	
Toko Bunga	250		♦	
Toko Buku dan alat tulis/gambar	300	♦	♦	♦
Toko Perhiasan, arloji	500	♦	♦	
Barang kulit dan sepatu	500	♦	♦	
Toko Pakaian	500	♦	♦	
Pasar Swalayan	500	♦	♦	
Toko Mainan	500	♦	♦	
Toko alat listrik	250	♦	♦	♦
Toko alat musik dan	250	♦	♦	♦

Fungsi/Jenis Ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Temperatur Warna		
		Warm White	Cool White	Daylight
olahraga				
Industri Umum				
Gudang	100		◆	◆
Pekerjaan Kasar	100-200		◆	◆
Pekerjaan Menengah	200-500		◆	◆
Pekerjaan halus	500-1000		◆	◆
Pekerjaan amat halus	1000-2000		◆	◆
Pemeriksaan warna	750		◆	◆
Rumah Ibadah :				
Masjid	200		◆	
Gereja	200		◆	
Vihara	200-500		◆	

Tabel 2.2 Daya Listrik Maksimum untuk Pencahayaan yang diijinkan

Jenis Ruangan Bangunan	Daya Pencahayaan maksimum W/m ²
Ruang kantor	15
Auditorium	25
Pasar Swalayan	20
Hotel :	
Kamar Tamu	17
Daerah umum	20
Rumah Sakit :	

Jenis Ruangan Bangunan	Daya Pencahayaan maksimum W/m²
Ruang Pasien	15
Gudang	5
Kafetaria	10
Garasi	2
Restoran	25
Lobby	10
Tangga	10
Ruang Parkir	5
Ruang Perkumpulan	20
Industri	20

2.2.4 Kualiatas Pencahayaan

Tujuan dari pencahayaan adalah disamping mendapatkan kuantitas cahaya yang cukup sehingga tugas visual mudah dilakukan, juga mendapatkan lingkungan visual yang menyenangkan atau mempunyai kualitas cahaya yang baik. Dalam pencahayaan alami, yang sangat mempengaruhi kualitas pencahayaan adalah terjadinya penyilauan.

Penyilauan adalah kondisi penglihatan dimana terdapat ketidaknyamanan atau pengurangan dalam kemampuan melihat suatu obyek, oleh luminansi obyek yang terlalu besar, distribusi luminansi yang tidak merata atau kontras yang berlebihan.

Ada dua jenis penyilauan, yaitu :

1. Penyilauan yang menyebabkan ketidakmampuan melihat suatu obyek (disability glare).
2. Penyilauan yang menyebabkan ketidaknyamanan melihat suatu obyek, tanpa perlu menimbulkan ketidakmampuan melihat (discomfort glare).

2.2.5 Penyilauan Yang Menyebabkan Ketidakmampuan Melihat

Penyilauan yang menyebabkan ketidakmampuan melihat, yang sering dialami dalam pencahayaan alami siang hari ialah pada keadaan dimana cahaya langsung dari matahari atau dari langit yang cerah sampai ke mata, dan pada keadaan dimana refleksi yang kuat dari cahaya langsung dari matahari atau dari langit yang cerah sampai ke mata.

Tingkat penyilauan yang terjadi adalah sebanding dengan E/θ^2 , dimana E adalah tingkat pencahayaan yang dihasilkan oleh sumber penyilauan pada mata, sedang θ adalah sudut dari garis pandangan ke sumber penyilauan. Jadi sumber penyilauan yang kecil dengan luminansi yang tinggi dapat memberikan tingkat penyilauan yang sama dengan sumber penyilauan yang besar dengan luminansi yang rendah, asal kedua sumber penyilauan itu memberikan tingkat pencahayaan yang sama pada mata. Sebagai contoh dari sumber penyilauan yang disebut terakhir dalam pencahayaan siang hari adalah sebuah jendela yang besar yang menghadap ke langit.

2.2.6 Penyilauan Yang Menyebabkan Ketidaknyamanan Melihat

Penyilauan yang menyebabkan ketidaknyamanan melihat pada pencahayaan siang hari tergantung dari faktor-faktor berikut :

1. Luminansi dari langit yang terlihat melalui lubang cahaya.
2. Luas langit yang terlihat dari titik pengamat dinyatakan dalam sudut ruang.
3. Posisi dari bagian langit yang terlihat terhadap arah pandangan.
4. Luminansi rata-rata dari ruangan.

Untuk pencahayaan buatan telah ada suatu rekomendasi untuk besarnya indeks penyilauan sebagai berikut :

Tabel. 2.3 Besar Indeks Penylilauan

Tingkat Ketidaknyamanan	Indeks Penylilauan
Tidak Terasa	0-10
Terasa	10-16
Dapat diterima	16-22
Tidak Nyaman	22-28
Sangat tidak nyaman	Lebih dari 28

Rekomendasi untuk pencahayaan buatan ini berlaku untuk pemasangan armature-armatur yang simetris. Untuk pencahayaan alami siang hari belum ada rekomendasi semacam itu, sehingga harga-harga indeks penylilauan tersebut di atas untuk pencahayaan alami siang hari hanya digunakan sebagai pembandingan saja.

Pada umumnya terjadinya penylilauan dapat dihindari dengan :

1. Pemilihan orientasi lubang cahaya, dimana lubang cahaya yang menghadap ke arah timur dan barat akan memberikan kemungkinan terjadinya penylilauan yang lebih besar daripada arah yang lain.
2. Pemilihan posisi jendela, dimana posisi jendela yang tinggi yang tidak dibatasi oleh peneduh horizontal yang lebar akan memungkinkan pandangan ke bagian langit yang lebih tinggi yang mempunyai luminansi yang lebih besar, sehingga kemungkinan terjadinya penylilauan juga lebih besar.
3. Peneduh horizontal yang lebar akan membatasi pandangan ke bagian langit yang lebih tinggi yang mempunyai luminansi yang lebih besar dan memperkecil luas sumber penylilauan. Untuk ini dapat juga digunakan alat pelindung, misalnya tirai yang dapat diatur naik turun. Tirai ini dapat juga digunakan untuk menghalangi cahaya matahari langsung.

4. Menaikkan faktor refleksi rata-rata di dalam ruangan sehingga luminansi rata-rata akan bertambah besar. Sehingga penyilauan akan berkurang, karena penyilauan sebanding dengan perbandingan luminansi langit yang terlihat terhadap luminansi rata-rata dalam ruangan. Tetapi perlu diperhatikan bahwa permukaan dalam dengan refleksi yang terlalu besardapat juga menimbulkan penyilauan.

2.3 Pengaturan Distribusi Cahaya

Distribusi cahaya suatu alat pencahayaan dapat diatur menggunakan armatur sebagai perangkat optis sedangkan kuantitas cahaya dapat diatur dengan rangkaian pengatur. Armatur berfungsi sebagai distributor, filter atau pentransfer cahaya yang dipancarkan oleh satu atau beberapa lampu dari suatu sumber cahaya, untuk memasang dan melindungi lampu termasuk untuk menyambungkan dengan sumber listrik. Ketentuan untuk armature :

1. Armatur pencahayaan di tempat lembab, basah, sangat panas, atau mengandung korosi, harus terbuat dari bahan yang memenuhi syarat bagi pemasangan ditempat itu dan harus sedemikian rupa sehingga air tidak dapat masuk atau berkumpul dalam jalur penghantar, fitting lampu, atau bagian listrik lainnya.
2. Armatur penerangan harus terisolasi dari bagian lampu dan fitting lampu yang bertegangan.

Pengaturan distribusi cahaya berkaitan dengan optic menggunakan armature dan untuk itu armature memungkinkan dilengkapi dengan perangkat optic : reflector, lensa, dan refraktor, diffuser, filter. Desain bentuk geometri reflektor dapat mempengaruhi distribusi cahaya sedangkan perangkat optic lainnya berpengaruh terhadap keluaran cahaya setelah melewati perangkat optic tersebut (kuantitas cahaya yang dihasilkan lampu tidak berubah).

Reflektor untuk kelengkapan armatur menentukan distribusi cahaya yang dihasilkan lampu didalamnya karena factor reflektansi bahan. Terdapat tiga macam pantulan yaitu : pantulan tertatur, pantulan difus atau baur, dan pantulan menyebar. Pada pantulan teratur sudut datang maupun sudut pergi sama besarnya, bahan teratur antara lain yaitu : kaca dilapisi perak, metal yang dipoles, lembar aluminium, dan stainless steel.

Pada prakteknya pantulan yang dihasilkan reflector suatu armature bias jadi perpaduan dari ke 3 macam pantulan yang telah disebutkan diatas. Keuntungan optic yang didapat dengan menggunakan reflector adalah bila tidak terdapat kerugian maka intensitas cahaya yang dipancarkan lampu ke reflector akan dipantulkan kembali pada lampu sehingga intensitas cahaya yang dihasilkan sumber cahaya 2 kali lipat intensitas lampu.

Pada armature yang dilengkapi penutup yang terbuat dari bahan kaca atau akrilik terjadi refraksi (pembelokan arah cahaya). Polistirin dan akrilik lazim digunakan untuk refraktor. Polistirin tergolong plastic yang lebih murah dibanding akrilik, cukup kuat tetapi seperti plastic lainnya yang sifatnya berubah karena UV. Karena itu refraktor polistirin tidak baik digunakan pada armature TL maupun pencahayaan di luar ruangan. Akrilik lebih tahan terhadap pengaruh UV walaupun kekuatannya hamper sama dengan polistirin.

Refraksi adalah pembelokan cahaya yang melewati suatu medium ke medium lainnya, misalnya : pembelokan cahaya dari sumber cahaya melewati gas didalam lampu kemudian melewati penutup armature. Lensa digunakan pada teknologi pencahayaan sebagai medium untuk menyebarkan atau memfokuskan cahaya. Posisi lampu terhadap fokus dan jenis lensa menentukan model pancaran cahaya yang dihasilkan sumber.

2.4 Metode Perancangan Pencahayaan

Perancangan system pencahayaan harus dirancang sedemikian rupa sehingga didapatkan lingkungan visual yang

nyaman, efektif dan fleksibel serta penggunaan daya listrik yang optimal. Untuk itu diperlukan beberapa faktor antara lain :

1. Kontras Ruang (Luminance Distribution) dan faktor refleksi sebagai berikut :
 - Plafon = 60%-80%
 - Dinding = 30%-50%
 - Meja = 20%-50%
 - Lantai = 15%-25%
2. Pemerataan distribusi cahaya (uniformity)
3. Sistem distribusi cahaya dari armature yang digunakan.
4. Intensitas pencahayaan yang konstan.
5. Menghindari kesilauan.

Dengan memperhitungkan factor refleksi yang tinggi serta menggunakan lampu dengan fluks luminous yang tinggi, maka hal tersebut diatas akan mengurangi pemakaian energy listrik untuk system pencahayaan, serta ikut mengurangi pembebanan termal dari system pengkondisian udara ruangan, yang ada pada akhirnya akan ikut mengurangi pemakaian energi listrik secara menyeluruh.

Tingkat pencahayaan rata-rata diukur pada bidang kerja dalam hal ini pada bidang vertical maupun pada bidang horizontal. Untuk bidang horizontal, pengukuran untuk bidang kerja biasanya dilakukan terhadap bidang pada ketinggian 75 cm diatas lantai.

Untuk besarnya kuat pencahayaan di dalam ruangan dipengaruhi oleh efisiensi fixture, penempatan lampu, geometri ruangan, koefisien pantulan permukaan, dan faktor kerugian cahaya sehingga persamaan kuat pencahayaan rata-rata adalah :

$$E = \frac{N \cdot Fa \cdot Kp \cdot Kd}{P \cdot L}$$

Dimana,

E	= Kuat Pencahayaan rata-rata (lux)
P	= Panjang Ruangan (m)
L	= Lebar Ruangan (m)
Fa	= Fluks Luminus/armature (lumen)
Kp	= Koefisien Penggunaan
Kd	= Koefisien Depresiasi
N	= Jumlah aramatur yang harus dipasang

Perbandingan antara banyaknya fluks luminous yang sampai pada bidang kerja terhadap fluks luminus yang dipancarkan oleh sumber data disebut koefisien penggunaan (Kp). Koefisien penggunaan menggambarkan efisiensi fixture, seberapa baik fixture yang ada mendukung fluks cahaya untuk sampai pada bidang kerja. Disamping itu, geometri ruangan dan koefisien pantulan permukaan juga sangat mempengaruhi besarnya koefisien penggunaan. Nilai Kp akan besar jika koefisien pantulan permukaannya besar. Koefisien pantulan permukaan meliputi koefisien refleksi lantai (ρ_f), koefisien refleksi dinding (ρ_w), koefisien refleksi langit-langit (ρ_c).

Untuk memperoleh koefisien penggunaan, terlebih dulu menentukan perbandingan ruang langit-langit, kamar, dan lantai dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$FCR = 5 \cdot h_{fc} \cdot (p+l) / (p \cdot l)$$

$$RCR = 5 \cdot h_{rc} \cdot (p+l) / (p \cdot l)$$

$$CCR = 5 \cdot h_{cc} \cdot (p+l) / (p \cdot l)$$

Dimana,

FCR	= Rasio perbandingan ruang lantai
RCR	= Rasio perbandingan ruang kamar
CCR	= Rasio perbandingan ruang langit-langit
h_{cc}	= tinggi ruang langit-langit

- h_{rc} = tinggi ruang kamar
 h_{fc} = tinggi ruang lantai

FCR dan CCR digunakan untuk mencari refleksi ruang lantai efektif (ρ_{fc}) dan refleksi ruang langit-langit efektif (ρ_{cc}). Setelah itu digunakan untuk mencari koefisien penggunaan. Untuk armature yang dipasang menempel pada langit-langit ρ_{cc} sama dengan nol.

Selain itu fluks luminus yang sampai pada bidang kerja masih dipengaruhi oleh kebersihan armature lampu dan permukaan di ruangan. Faktor ini disebut koefisien depresiasi (Kd), termasuk pula dalam faktor ini adalah berkurangnya cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya karena pengaruh umur dan penurunan tegangan listrik.

Untuk menentukan kebutuhan daya maupun jumlah lampu di dalam ruangan, yang perlu ditentukan adalah kuat pencahayaan yang dibutuhkan. Menurut standard Nasional Indonesia jumlah alat pencahayaan yang diperlukan (N) pada suatu ruangan dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$N = \frac{E \cdot P \cdot L}{Fa \cdot Kp \cdot Kd}$$

Dimana,

- E = Kuat Pencahayaan rata-rata (lux)
 P = Panjang Ruangan (m)
 L = Lebar Ruangan (m)
 Fa = Fluks Luminus/armature (lumen)
 Kp = Koefisien Penggunaan
 Kd = Koefisien Depresiasi
 N = Jumlah aramatur yang harus dipasang

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a stylized figure inside, followed by the letters 'ITS' and the full name 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember' in smaller text below it. The logos are arranged in a grid-like pattern across the entire page.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

BAB III

PERANCANGAN DAN METODOLOGI

3.1 Tata Pencahayaan Hybrid dalam Ruang Kelas

Ruang kelas dengan tata pencahayaan hybrid memanfaatkan cahaya alami di samping cahaya buatan. Cahaya buatan berperan ketika cuaca tidak memberikan cukup terang langit, pagi hari, ataupun pemenuhan pencahayaan pada kelas sore hari. Cahaya alami menjaga kualitas pencahayaan yang sehat sedangkan cahaya buatan menjaga kuat pencahayaan tetap dalam kondisi optimum.

3.1.1 Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami berdampak baik dalam proses belajar mengajar, namun penambahan jendela tidak dapat dilakukan tanpa perhitungan yang akurat. Ruang kelas dengan desain pencahayaan alami yang tidak berkualitas akan menghasilkan ketidaknyamanan visual, silau, peningkatan panas serta peningkatan beban pemakaian AC.

Oleh karena itu, pemanfaatan pencahayaan alami harus memperhitungkan corak iklim serta orientasi sinar matahari dimana gedung tersebut berada. Pertimbangan ini akan menghasilkan keseimbangan dan pemerataan cahaya yang bebas silau dengan tingkat cahaya cukup padat daerah kerja.

Sesuai dengan Standart Nasional Indonesia, ruang kelas dengan presentase nilai faktor langit minimal sebesar 0.35d dan 0.2d pada TUU dan TUS dengan terang langit sebesar 10.000 lux memiliki tingkat pencahayaan yang cukup pada daerah (75 cm dari lantai). d adalah ukuran kedalaman ruang yang diukur dari bidang lubang cahaya efektif hingga dinding seberangnya. Pemanfaatan cahaya alami yang benar akan menghemat energi listrik dan mengurangi biaya perawatan, meskipun pada geografis yang kurang mendapatkan sinar matahari.

3.1.2 Pencahayaan Buatan

Pada pencahayaan buatan, peningkatan kualitas pencahayaan dapat dicapai dengan penggunaan alat pencahayaan yang sesuai, pemilihan warna permukaan ruangan dengan daya pantul seimbang, baik dinding, langit-langit, dan lantai, serta melakukan pengendalian penyalaan alat pencahayaan. Permukaan ruangan dengan warna yang cerah menghasilkan distribusi pencahayaan alami yang merata, memberikan kenyamanan visual, serta menghasilkan kuat pencahayaan 55% lebih baik dengan kebutuhan energi yang sama atau menghemat 77% energi untuk hasil kuat pencahayaan yang sama.

Silau pada penggunaan cahaya buatan terjadi akibat pantulan cahaya dari permukaan yang mengkilap. Dapat dihindari dengan mengatur tata letak fixture, penggunaan louver dan reflector yang berwarna putih, dan jika menggunakan lampu T8, penggunaannya tidak boleh lebih dari 3 lampu pada tiap-tiap fixture.

Untuk ruang kelas, sebaiknya langit-langit memiliki pantulan sebesar 80%, pilihan dinding berwarna cerah dengan 40-60% pemantulan, dan pemantulan lantai sebesar 30-50%. Sebaiknya finishing dinding, langit-langit dan perabot rumah menggunakan bahan yang tidak mengkilap, namun juga tidak menyerap banyak cahaya.

3.2 Prosedur Perancangan Sistem Pencahayaan Hybrid

Sistem pencahayaan hybrid akan diterapkan pada ruang kelas C-122 tanpa mengubah bentuk fisik bangunan, sehingga pencahayaan alami bangunan tidak berubah dan redesain hanya dilakukan terhadap pencahayaan buatan. Langkah pertama perencanaan adalah mengukur dan melakukan evaluasi terhadap pencahayaan alami bangunan, dilanjutkan dengan mengukur dan melakukan evaluasi terhadap pencahayaan buatan yang sudah ada, kemudian dilanjutkan dengan perencanaan pencahayaan buatan. Hasil evaluasi pencahayaan alami digunakan untuk mengetahui kontribusi cahaya buatan yang dibutuhkan.

3.2.1 Metode Evaluasi Pencahayaan Alami

Untuk memeriksa kondisi pencahayaan alami siang hari, analisa dilakukan dengan mengukur atau memeriksa tingkat pencahayaan alami ruangan. Langkah pemeriksaan adalah sebagai berikut :

1. Mengukur tingkat pencahayaan di Titik Ukur Utama (TUU), Titik Ukur Samping (TUS), dan Titik diluar ruangan ditempat terbuka. Pengukuran dilakukan pada waktu bersamaan.
2. Menghitung factor langit di TUU dan TUS.

3.3.2 Prosedur Perancangan Pencahayaan Buatan

Prosedur perencanaan teknis pencahayaan buatan dapat dilihat pada gambar 3.1. Perencanaan sistem pencahayaan buatan dilakukan berdasarkan kuat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja sesuai dengan fungsi ruangan. Pada perencanaan ini kami menggunakan petunjuk teknis Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung untuk menentukan jumlah lampu yang dibutuhkan dalam memenuhi kuat pencahayaan yang diperlukan bidang kerja tersebut.

Untuk ruang kelas, Standart Nasional Indonesia menetapkan kuat pencahayaan rata-rata sebesar 250 lux pada bidang kerja, dengan temperature warna lampu cool white atau daylight. Perencanaan ini menggunakan lampu flouresen putih dingin (flourecent cool white) dengan output sebesar 1050 lumen. Untuk spesifikasi lampu dapat dilihat pada lampiran. Sedangkan untuk fixture, yang digunakan adalah fixture dengan reflector enamel porselin.

Koefisien pemakaian dapat diperbesar dengan penggunaan warna-warna cerah untuk dinding dan langit-langit. Pada perencanaan ini digunakan warna putih cerah untuk dinding dan langit-langit. Sedangkan nilai faktor perawatan instalasi luminair diperbesar dengan pemeliharaan kebersihan yang terjadwal untuk fixture dan ruang kelas.

Jumlah alat pencahayaan yang diperlukan di dalam ruang dapat diketahui dengan menggunakan persamaan :

$$N = \frac{E \cdot P \cdot L}{F_a \cdot K_p \cdot K_d}$$

Dimana,

- E = Kuat Pencahayaan rata-rata (lux)
- P = Panjang Ruangan (m)
- L = Lebar Ruangan (m)
- F_a = Fluks Luminus/armature (lumen)
- K_p = Koefisien Penggunaan
- K_d = Koefisien Depresiasi
- N = Jumlah aramatur yang harus dipasang

Untuk besarnya kuat pencahayaan di dalam ruangan dipengaruhi oleh efisiensi fixture, penempatan lampu, geometri ruangan, koefisien pantulan permukaan, dan faktor kerugian cahaya sehingga persamaan kuat pencahayaan rata-rata adalah :

$$E = \frac{N \cdot F_a \cdot K_p \cdot K_d}{P \cdot L}$$

Dimana,

- E = Kuat Pencahayaan rata-rata (lux)
- P = Panjang Ruangan (m)
- L = Lebar Ruangan (m)
- F_a = Fluks Luminus/armature (lumen)
- K_p = Koefisien Penggunaan
- K_d = Koefisien Depresiasi
- N = Jumlah aramatur yang harus dipasang

Menghitung jumlah daya yang terpasang dengan menggunakan persamaan :

$$W = N_T \cdot P_a$$

Dimana,

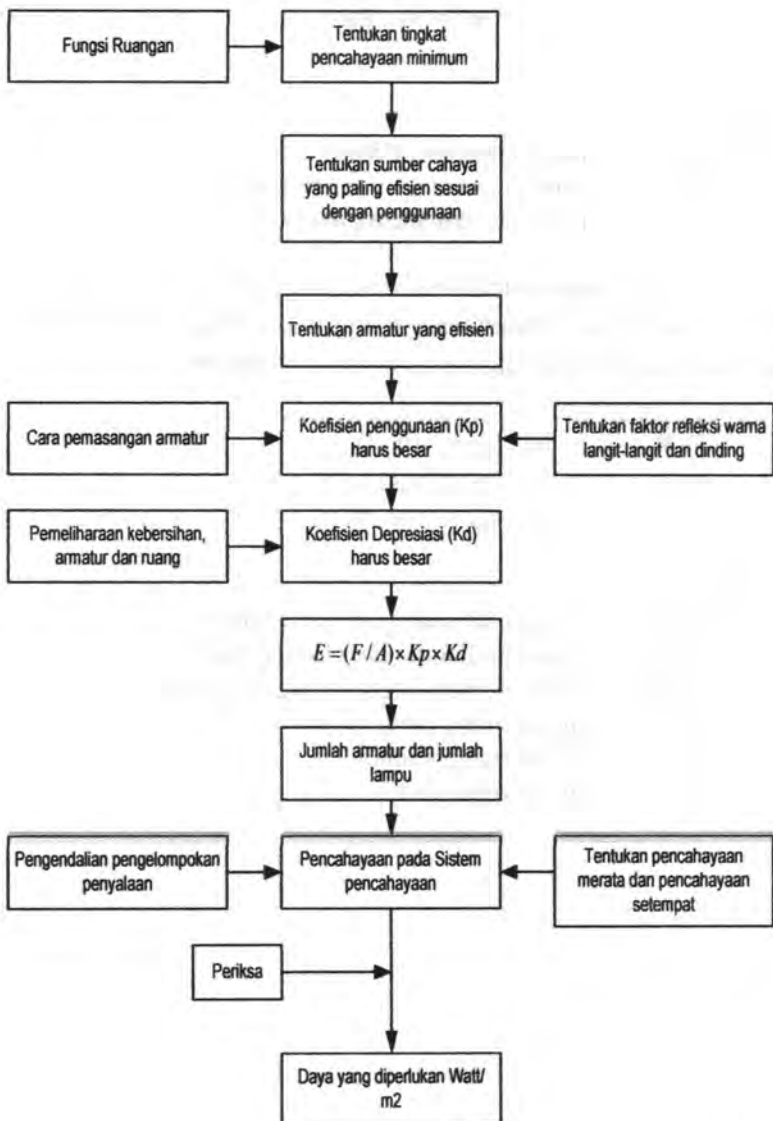
- W = Daya terpasang (Watt)
 N_T = Jumlah armature yang terpasang
 P_a = Daya per armature (Watt)

Untuk memperoleh koefisien penggunaan (K_p), terlebih dulu menentukan perbandingan ruang langit-langit, kamar, dan lantai dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

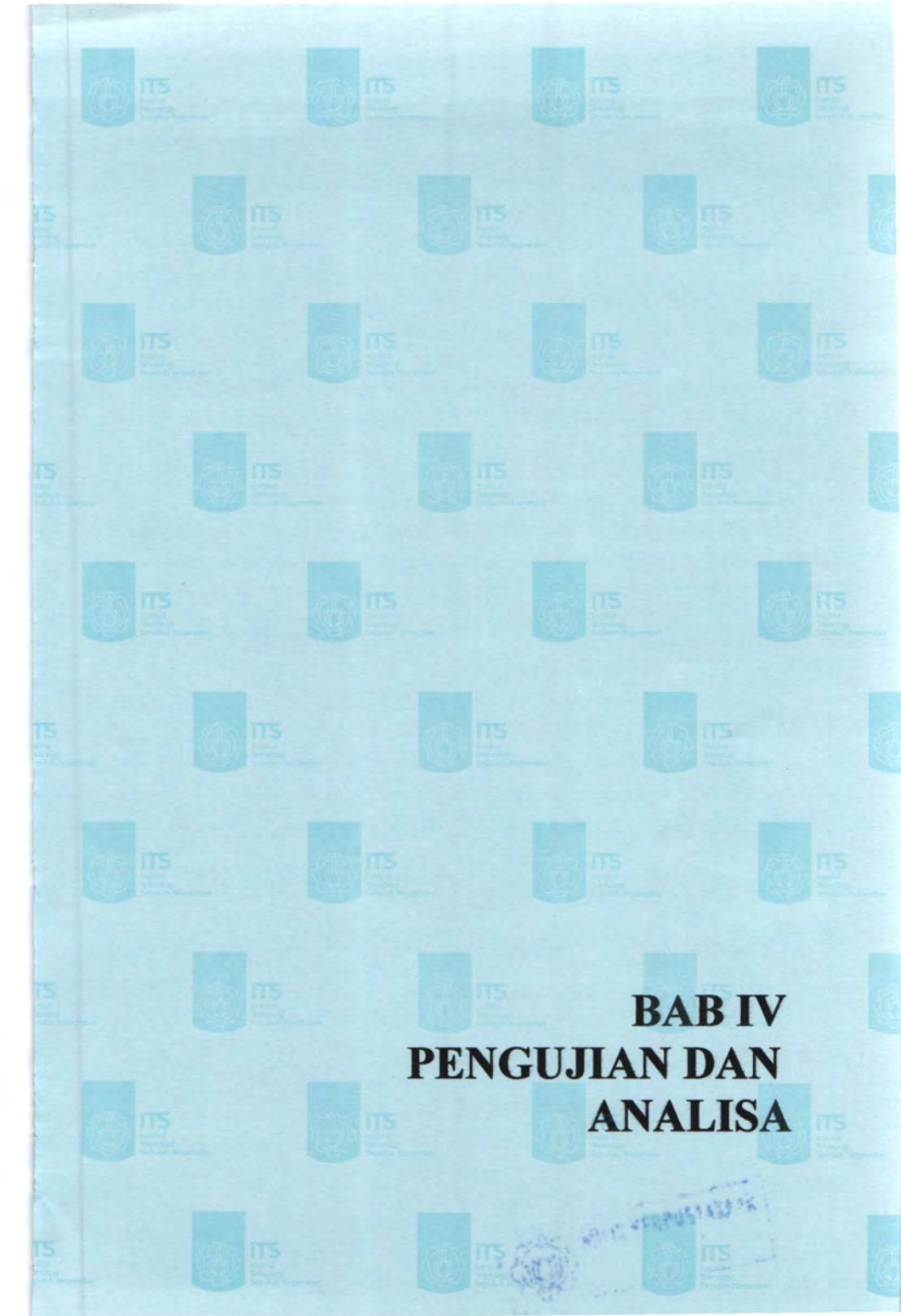
$$\begin{aligned} FCR &= 5 \cdot h_{fc} \cdot (p+1) / (p \cdot l) \\ RCR &= 5 \cdot h_{rc} \cdot (p+1) / (p \cdot l) \\ CCR &= 5 \cdot h_{cc} \cdot (p+1) / (p \cdot l) \end{aligned}$$

Dimana,

- FCR = Rasio perbandingan ruang lantai
 RCR = Rasio perbandingan ruang kamar
 CCR = Rasio perbandingan ruang langit-langit
 h_{cc} = tinggi ruang langit-langit
 h_{rc} = tinggi ruang kamar
 h_{fc} = tinggi ruang lantai



Gambar 3.1 Diagram Blok Prosedur Perencanaan Teknis Sistem Pencahayaan Buatan

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a stylized 'G' and 'S' inside, followed by the letters 'ITS' and the full name of the institution in Indonesian: 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember'.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

UNIVERSITAS SEPuluh Nopember
DIGITAL LIBRARY

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

Kontribusi pencahayaan buatan diperlukan pada saat langit tidak dapat memberikan terang yang mencukupi. Besarnya kontribusi pencahayaan diperhitungkan agar memberikan pencahayaan hybrid dalam ruang kelas C-122 tetap dalam kondisi terang optimum sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

4.1.1 Pengukuran Pencahayaan Siang Hari Ruang C-122

Untuk melakukan evaluasi pencahayaan siang hari dilakukan langkah-langkah pengerjaan pada sub-bab 3.2. Dimulai dengan mengukur dimensi ruang C-122, didapatkan data yang terlihat pada table 4.1 dibawah ini :

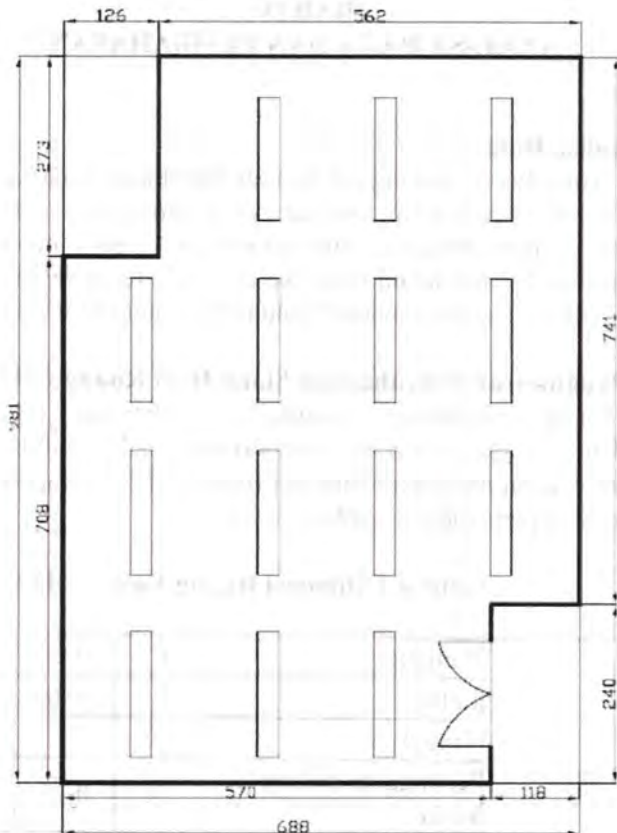
Tabel 4.1 Dimensi Ruang Kelas C-122

Data Ruang	Panjang	P	9,81	Meter
	Lebar	L	6.88	Meter
	Tinggi	T	3.77	Meter
	Ketinggian bidang kerja	Tk	0.75	Meter
	Jarak armatur ke bidang kerja	Tb	3.02	Meter

Tabel 4.2 Data Pengukuran Armatur

Armatur yang digunakan	Lampu Flouresen			
	Daya / armatur	Pa	36	Watt
	Fluks luminus / lampu	Fl	1050	Lumen
	Fluks luminus / armatur	Fa	2100	Lumen



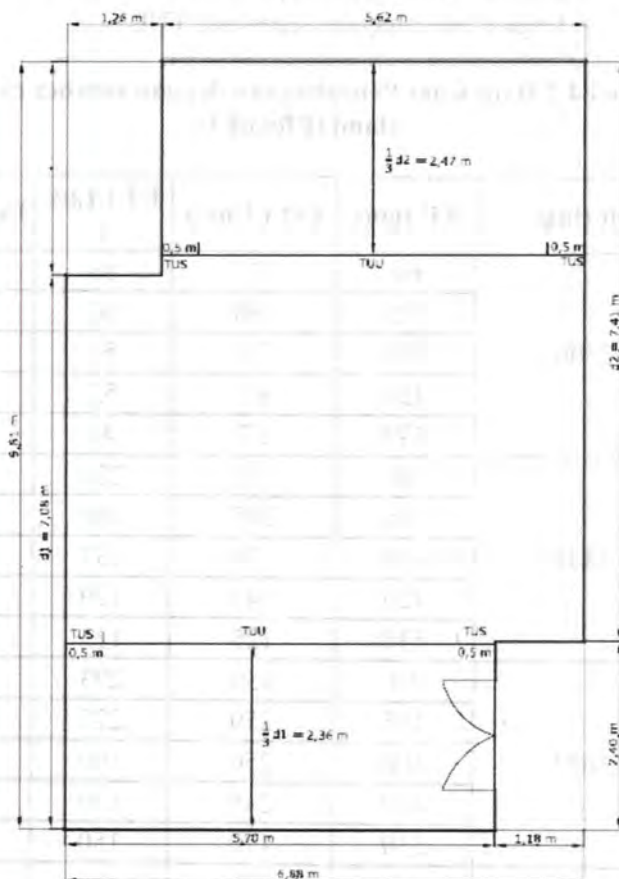


Gambar 4.1 Denah Ruang C-122 Tampak atas

Ruang kelas C-122 memiliki dua buah bidang lubang cahaya efektif. kedalaman bidang lubang cahaya efektif pertama (d_1) sama dengan 708 cm sedangkan kedalaman bidang lubang cahaya efektif kedua (d_2) sama dengan 240 cm, sehingga terdapat 2 (dua) buah TUU dan TUS, yaitu TUU-1 dan TUS-1 untuk bidang lubang cahaya efektif 1 dan TUU-2 dan TUS-2 untuk bidang lubang cahaya efektif 2.



TUU dan TUS terletak pada jarak $1/3 d$. Untuk $d1 = 2.36$ m, TUU dan TUS terletak pada jarak 2.47 m dari bidang lubang cahaya efektif 2. **Gambar 4.2** menunjukkan letak titik ukur kedua bidang lubang cahaya efektif. Pengukuran tingkat pencahayaan dilakukan pada bidang kerja sepanjang TUU dan TUS untuk mengetahui karakteristik faktor langit (fl) ruangan, disamping nilai fl pada TUU dan TUS kedua bidang lubang cahaya efektif.



Gambar 4.2 Jarak TUU dan TUS

Pengukuran dilakukan pada bulan November dengan selang waktu antara pukul 06.00 – 18.00 WIB. **Tabel 4.1** menunjukkan data hasil pengukuran untuk bidang lubang cahaya efektif 1 dan **Tabel 4.2** menunjukkan data hasil pengukuran untuk bidang lubang cahaya efektif 2.

- TU = Jarak Titik Ukur dari bidang lubang cahaya efektif
 Es1 = Tingkat pencahayaan sepanjang TUS kiri
 Es2 = Tingkat Pencahayaan sepanjang TUS kanan
 E_T = Tingkat pencahayaan sepanjang TUU

Tabel 4.3 Data Kuat Pencahayaan dengan sumber cahaya alami (Efektif 1)

Elt (lux)	TU (cm)	Es1 (Lux)	ET (Lux)	Es2 (Lux)
2500	60	321	86	94
	195	138	66	83
	300	72	54	70
	420	65	52	59
	530	57	44	58
3342	60	538	220	238
	195	285	160	199
	300	170	137	169
	420	142	129	143
	530	125	115	139
3604	60	150	293	294
	195	250	227	277
	300	250	190	207
	420	245	170	177
	530	170	150	167
1854	60	226	124	130
	195	206	95	117

Elt (lux)	TU (cm)	Es1 (Lux)	ET (Lux)	Es2 (Lux)
	300	109	79	92
	420	81	70	80
	530	70	63	69
1125	60	82	13	22
	195	17	10	17
	300	8	7	10
	420	5	7	8
	530	5	5	7

Tabel 4.4 Data Kuat Pencahayaan dengan sumber cahaya alami (Efektif 2)

Elt (lux)	TU (cm)	Es1 (Lux)	ET (Lux)	Es2 (Lux)
2500	60	224	270	215
	170	92	138	167
	283	83	88	110
	400	179	62	89
	520	92	55	71
	660	65	52	62
	800	56	48	60
3342	60	340	378	398
	170	198	322	328
	283	171	236	260
	400	344	178	213
	520	210	153	173
	660	156	137	146
	800	136	115	139

Elt (lux)	TU (cm)	Es1 (Lux)	ET (Lux)	Es2 (Lux)
3604	60	325	301	312
	170	310	330	335
	283	308	300	300
	400	298	280	280
	520	297	230	230
	660	220	188	188
	800	183	167	166
1854	60	322	655	425
	170	152	395	278
	283	134	130	172
	400	317	90	132
	520	144	82	98
	660	90	75	77
	800	73	62	69
1125	60	25	87	67
	170	10	27	43
	283	10	15	27
	400	37	8	17
	520	13	8	12
	660	7	7	8
	800	5	5	7

Setelah tingkat pencahayaan didalam dan diluar ruangan diketahui, nilai fl dapat dihitung dengan persamaan :

$$fl = E_{\text{dalam}} / E_{\text{lt}}$$

Dimana,

f_l = Faktor langit dalam

E_{dalam} = tingkat pencahayaan didalam ruangan

E_{lt} = tingkat pencahayaan lapangan terbuka

Pada tabel 4.5 dan 4.6 dapat dilihat nilai f_l rata-rata untuk setiap titik ukur.

Tabel 4.5 f_l rata-rata Bidang Lubang Cahaya Efektif 1

TU	$f_{l_{s1}}$	f_{l_T}	$f_{l_{s2}}$
60	0.2080	0.0592	0.0626
195	0.0801	0.0449	0.0558
300	0.0490	0.0376	0.0441
420	0.0396	0.0344	0.0376
530	0.0344	0.0303	0.0354

Tabel 4.6 f_l rata-rata Bidang Lubang Cahaya Efektif 2

TU	$f_{l_{s1}}$	f_{l_T}	$f_{l_{s2}}$
60	0.0995	0.1361	0.1140
170	0.0627	0.0975	0.0926
283	0.0568	0.0619	0.0699
400	0.0946	0.0497	0.0588
520	0.0608	0.0425	0.0470
660	0.0433	0.0369	0.0387
800	0.0365	0.0320	0.0355

Tabel 4.7 dibawah ini menunjukkan tingkat pencahayaan alami ruangan untuk terang langit yang berbeda-beda dan tambahan pencahayaan yang dibutuhkan.

Tabel 4.7 Tambahan Pencahayaan Buatan yang dibutuhkan

E_{ft}	E_{dalam}	Penambahan E
2500	98.2048	151.7952
3342	209.6095	40.3905
3604	239.3286	10.6714
1854	148.2714	101.7286
1125	18.0286	231.9714

Dari hasil perhitungan dapat diketahui nilai kuat pencahayaan siang hari di dalam ruang kelas C-122 memiliki range antara 18-239 lux, sehingga membutuhkan tambahan kuat pencahayaan dengan range antara 10-231 lux untuk kondisi waktu antara pukul 06.00-18.00 WIB.

4.1.2 Pengukuran Pencahayaan Siang Hari dengan Sumber Cahaya Alami dan Buatan

Untuk pengukuran pencahayaan siang hari dengan sumber cahaya alami dan buatan dilakukan pada bulan November dengan selang waktu antara pukul 06.00-18.00 WIB. Terdapat 32 titik pengukuran yang diambil secara acak. Dengan jumlah armatur yang ada sebesar 14 buah. Pada **Tabel 4.8** menunjukkan data hasil pengukuran untuk pencahayaan siang hari dengan sumber cahaya alami dan buatan.

Tabel 4.8 Data Kuat Pencahayaan dengan Sumber Cahaya Alami dan Buatan

Elt (lux)	2500	3342	3604	1854	1125	Erata-rata
Waktu	06.00-09.00	09.00-12.00	12.00-15.00	15.00-17.00	17.00-18.00	
TU	$E_{ruangan}$					
1	122	191	164	165	145	157

Elt (lux)	2500	3342	3604	1854	1125	
Waktu	06.00-09.00	09.00-12.00	12.00-15.00	15.00-17.00	17.00-18.00	Erata-rata
TU	Eruangan					
	105	192	165	164	145	
	107	204	166	161	145	
	111	206	168	164	145	
	103	200	167	166	146	
2	212	255	241	229	209	232
	209	259	248	229	208	
	216	258	248	229	209	
	215	260	252	230	212	
	213	261	249	231	213	
3	280	262	243	224	207	244
	281	258	247	225	209	
	278	260	250	225	209	
	278	262	250	224	210	
	281	260	249	225	207	
4	293	305	293	266	242	281
	294	308	292	267	243	
	294	307	292	267	243	
	294	308	292	267	243	
	294	307	292	268	243	
5	279	296	265	256	224	263
	275	293	269	255	227	
	277	292	269	252	227	
	276	291	269	254	227	
	276	285	268	254	227	
6	273	295	283	261	235	268
	271	290	280	262	236	

Elt (lux)	2500	3342	3604	1854	1125	Erata- rata
Waktu	06.00- 09.00	09.00- 12.00	12.00- 15.00	15.00- 17.00	17.00- 18.00	
TU	E_{ruangan}					
	270	292	279	265	236	
	271	293	278	264	237	
	271	293	278	263	235	
7	236	255	232	220	208	228
	234	252	232	220	205	
	234	251	231	220	204	
	234	250	230	220	204	
	235	249	229	220	204	
8	261	263	257	235	205	247
	272	262	262	238	208	
	268	263	262	239	207	
	258	263	263	238	208	
	268	264	264	240	206	
9	318	346	297	301	268	305
	317	347	298	289	264	
	319	346	297	297	265	
	319	344	297	295	266	
	320	345	296	303	263	
10	305	339	288	284	259	295
	306	342	288	282	258	
	309	338	290	286	245	
	310	341	288	284	246	
	311	336	288	290	262	
11	325	356	328	319	313	327
	330	357	319	313	317	
	332	358	317	311	319	

Elt (lux)	2500	3342	3604	1854	1125	
Waktu	06.00-09.00	09.00-12.00	12.00-15.00	15.00-17.00	17.00-18.00	Erata-rata
TU	Eruangan					
	332	348	318	316	319	
	329	356	314	315	319	
12	330	342	305	305	249	307
	327	347	309	308	244	
	324	345	309	308	240	
	325	345	307	310	249	
	333	344	308	305	258	
13	321	349	321	308	284	319
	332	346	318	310	284	
	334	352	317	310	283	
	334	351	321	311	285	
	335	352	317	309	283	
14	283	281	282	250	238	266
	278	284	285	245	241	
	277	286	287	244	241	
	277	286	284	244	240	
	277	281	288	240	238	
15	246	265	218	222	195	228
	246	264	227	221	192	
	247	263	219	220	191	
	247	262	217	222	191	
	247	259	217	223	189	
16	255	209	192	173	182	200
	256	197	191	171	181	
	257	202	191	171	181	
	258	204	190	170	180	

Elt (lux)	2500	3342	3604	1854	1125	Erata- rata
Waktu	06.00- 09.00	09.00- 12.00	12.00- 15.00	15.00- 17.00	17.00- 18.00	
TU	E_{ruangan}					
	257	206	187	165	179	
17	261	228	270	228	190	236
	266	224	263	228	197	
	268	220	263	231	198	
	267	220	264	236	197	
	267	220	269	232	195	
18	356	333	292	291	251	305
	355	327	290	286	252	
	356	334	294	290	252	
	355	336	290	290	254	
	361	335	291	292	256	
19	326	324	279	267	234	288
	318	338	274	269	234	
	328	328	279	273	233	
	323	324	281	272	246	
	325	329	281	269	240	
20	334	338	332	293	294	316
	334	330	330	293	292	
	334	332	331	292	291	
	338	331	329	294	289	
	336	331	326	294	290	
21	355	320	298	285	279	307
	357	317	301	283	278	
	354	314	301	281	278	
	362	315	300	282	278	
	357	313	299	282	277	

Elt (lux)	2500	3342	3604	1854	1125	Erata-rata
Waktu	06.00-09.00	09.00-12.00	12.00-15.00	15.00-17.00	17.00-18.00	
TU	Eruangan					
22	343	327	330	298	260	312
	350	323	332	297	256	
	355	323	332	295	257	
	351	325	331	296	257	
	358	327	331	296	255	
23	367	356	383	312	205	323
	358	365	385	311	201	
	355	363	387	310	195	
	351	359	390	310	200	
	351	365	390	310	196	
24	342	330	380	262	169	297
	352	329	386	259	168	
	338	335	373	260	167	
	344	326	373	268	165	
	349	331	378	265	165	
25	219	257	254	169	164	214
	220	262	251	174	167	
	221	260	249	173	166	
	221	259	247	173	167	
	221	257	248	171	167	
26	395	388	374	234	190	311
	391	396	360	234	183	
	281	394	380	234	183	
	388	394	374	234	185	
	393	391	371	232	187	
27	380	396	396	369	231	355

Elt (lux)	2500	3342	3604	1854	1125	Erata-rata
Waktu	06.00-09.00	09.00-12.00	12.00-15.00	15.00-17.00	17.00-18.00	
TU	E _{ruangan}					
	383	389	392	371	230	
	385	399	392	371	229	
	385	394	396	375	229	
	384	399	395	376	228	
28	384	387	384	307	276	336
	382	379	379	305	218	
	380	383	391	309	216	
	379	371	380	307	222	
	378	382	382	306	215	
29	376	397	400	312	237	343
	379	394	388	312	235	
	378	395	400	310	231	
	381	396	396	312	235	
	378	396	398	307	235	
30	378	354	385	306	226	334
	379	352	393	309	226	
	377	388	384	309	227	
	375	387	388	308	227	
	378	369	383	306	228	
31	380	397	394	311	206	337
	383	389	399	311	205	
	382	396	398	305	207	
	384	399	395	311	204	
	381	392	396	310	201	
32	240	271	325	218	171	242
	244	264	328	214	171	

Elt (lux)	2500	3342	3604	1854	1125	Erata-rata
Waktu	06.00-09.00	09.00-12.00	12.00-15.00	15.00-17.00	17.00-18.00	
TU	E _{ruangan}					Erata-rata
	242	262	328	208	172	
	244	245	325	204	170	
	245	260	324	206	173	
Erata-rata	305	313	303	265	225	282

Dari hasil pengukuran kuat pencahayaan siang hari dengan sumber cahaya alami dan buatan pada ruang kelas C-122 dengan 14 armatur dapat diketahui nilai kuat pencahayaan rata-rata adalah sebesar 282 lux. Sehingga dari nilai kuat pencahayaan rata-rata tersebut dapat dibandingkan dengan hasil perhitungan perancangan pencahayaan buatan.

4.1.3 Pengukuran Pencahayaan Siang Hari dengan Sumber Cahaya Buatan

Untuk pengukuran pencahayaan siang hari dengan sumber cahaya buatan dilakukan pada bulan November dengan selang waktu antara pukul 06.00-18.00 WIB. Terdapat 32 titik pengukuran yang diambil secara acak. Dengan jumlah armatur yang ada sebesar 14 buah. Pada Tabel 4.9 menunjukkan data hasil pengukuran untuk pencahayaan siang hari dengan sumber cahaya buatan.

**Tabel 4.9 Data Kuat Pencahayaan dengan Sumber Cahaya
Buatan**

Elt (lux)	2500	3342	3604	1854	1125	Erata- rata
Waktu	06.00- 09.00	09.00- 12.00	12.00- 15.00	15.00- 17.00	17.00- 18.00	
TU	E _{ruangan}					
1	115	191	155	149	138	149
	111	188	152	151	138	
	109	189	152	149	140	
	111	190	154	150	140	
	114	189	151	152	137	
2	199	240	234	218	199	219
	200	243	231	220	200	
	201	244	233	220	205	
	203	243	238	217	198	
	198	246	238	221	198	
3	264	246	235	208	199	229
	265	241	231	207	199	
	268	242	237	206	194	
	268	240	237	201	191	
	264	241	231	208	200	
4	279	288	279	250	227	263
	279	279	281	251	221	
	271	280	288	255	225	
	277	288	274	247	227	
	270	285	274	251	227	
5	263	279	251	242	208	249
	266	272	255	246	207	

Elt (lux)	2500	3342	3604	1854	1125	Erata- rata
Waktu	06.00- 09.00	09.00- 12.00	12.00- 15.00	15.00- 17.00	17.00- 18.00	
TU	Eruangan					
	265	272	251	244	210	
	263	276	253	243	206	
	261	275	254	243	208	
6	258	281	269	246	218	252
	249	279	265	243	211	
	250	277	261	244	209	
	251	281	271	246	218	
	260	281	272	241	217	
7	231	240	218	204	193	216
	232	239	217	200	194	
	229	241	220	207	192	
	227	240	212	201	192	
	221	240	215	204	190	
8	244	246	241	220	189	227
	247	240	239	222	187	
	244	239	239	220	190	
	241	241	237	224	191	
	245	240	240	221	188	
9	301	330	283	287	254	291
	300	332	280	287	255	
	305	329	283	290	245	
	303	330	285	281	257	
	305	330	281	289	254	
10	291	323	273	268	244	280
	289	330	273	265	247	

Elt (lux)	2500	3342	3604	1854	1125	Erata- rata
Waktu	06.00- 09.00	09.00- 12.00	12.00- 15.00	15.00- 17.00	17.00- 18.00	
TU	E _{ruangan}					
	295	328	276	270	240	
	295	329	271	261	242	
	290	323	273	266	242	
11	310	340	312	303	317	315
	315	340	313	303	314	
	317	339	310	300	300	
	312	342	312	305	311	
	310	340	311	308	298	
12	313	327	289	289	233	290
	312	330	288	287	231	
	309	327	289	288	245	
	309	327	290	288	235	
	310	324	292	288	231	
13	306	335	305	293	269	301
	308	336	302	293	270	
	301	335	298	294	267	
	303	340	300	295	264	
	306	335	300	290	270	
14	267	266	270	234	222	251
	259	262	271	235	221	
	265	268	270	231	224	
	259	268	272	232	222	
	259	268	273	236	225	
15	232	251	204	208	181	216
	233	255	204	210	180	

Elt (lux)	2500	3342	3604	1854	1125	Erata- rata
Waktu	06.00- 09.00	09.00- 12.00	12.00- 15.00	15.00- 17.00	17.00- 18.00	
TU	Eruangan					
	237	250	210	207	181	
	233	251	208	208	185	
	232	251	205	205	186	
16	240	194	180	158	167	188
	243	194	179	155	166	
	255	190	179	159	165	
	245	193	185	160	167	
	241	191	181	155	164	
17	245	213	255	213	175	222
	247	217	256	212	175	
	241	213	255	216	177	
	244	213	259	216	180	
	249	218	256	212	185	
18	340	317	276	270	235	289
	339	312	278	271	233	
	341	311	277	268	236	
	344	315	277	270	233	
	387	319	277	275	231	
19	312	315	263	251	220	273
	313	317	266	250	218	
	311	317	267	248	220	
	311	319	261	255	223	
	314	313	262	252	221	
20	325	322	316	280	278	303
	326	319	318	281	275	

Elt (lux)	2500	3342	3604	1854	1125	Erata- rata
Waktu	06.00- 09.00	09.00- 12.00	12.00- 15.00	15.00- 17.00	17.00- 18.00	
TU	E _{ruangan}					
	326	319	318	280	279	
	321	319	320	280	275	
	320	320	312	279	278	
21	339	304	282	269	262	290
	340	300	288	260	265	
	337	302	287	261	263	
	337	301	281	265	275	
	338	301	280	264	261	
22	329	313	316	284	246	298
	330	311	318	288	255	
	324	310	315	286	249	
	327	313	317	284	250	
	331	313	320	284	244	
23	351	340	367	296	189	307
	348	339	365	298	187	
	343	337	362	300	190	
	350	341	367	294	188	
	341	344	365	291	188	
24	327	314	363	247	154	282
	329	313	367	243	155	
	327	320	366	245	157	
	331	311	366	250	157	
	328	311	369	248	152	
25	210	243	240	155	150	201
	207	245	241	160	151	

Elt (lux)	2500	3342	3604	1854	1125	Erata- rata
Waktu	06.00- 09.00	09.00- 12.00	12.00- 15.00	15.00- 17.00	17.00- 18.00	
TU	E _{ruangan}					
	208	244	245	162	152	
	210	243	245	160	148	
	209	249	246	161	149	
26	207	267	195	130	190	201
	216	268	193	136	190	
	215	265	198	134	193	
	213	276	199	136	193	
	212	276	199	135	193	
27	254	291	314	254	228	266
	253	292	311	253	228	
	252	295	305	249	227	
	251	295	304	249	227	
	252	295	302	250	230	
28	273	297	300	238	239	269
	270	302	291	238	240	
	270	303	296	239	238	
	271	311	298	239	233	
	270	315	288	239	234	
29	275	294	296	262	242	276
	275	299	307	261	239	
	275	295	305	260	240	
	276	295	307	261	240	
	275	298	309	260	242	
30	279	321	297	245	225	268
	277	323	294	244	224	

Elt (lux)	2500	3342	3604	1854	1125	Erata-rata
Waktu	06.00-09.00	09.00-12.00	12.00-15.00	15.00-17.00	17.00-18.00	
TU	E _{ruangan}					
	274	288	293	244	227	
	275	288	292	245	226	
	273	288	293	243	221	
31	258	289	289	247	228	261
	264	281	282	246	224	
	270	279	283	246	224	
	261	282	290	247	226	
	262	283	289	247	227	
32	226	207	230	201	160	203
	228	206	227	200	158	
	228	206	225	202	154	
	228	206	218	200	159	
	228	207	218	200	162	
Erata-rata	271	281	268	238	215	255

Dari hasil pengukuran kuat pencahayaan siang hari dengan sumber cahaya buatan pada ruang kelas C-122 dengan 14 armatur dapat diketahui nilai kuat pencahayaan rata-rata adalah sebesar 255 lux. Sehingga dari nilai kuat pencahayaan rata-rata tersebut dapat dibandingkan dengan hasil perhitungan perancangan pencahayaan buatan.

4.2 Perancangan Pencahayaan Buatan

Dalam perencanaan pencahayaan buatan ini, tahapan perencanaan yang kami lakukan sesuai dengan prosedur perencanaan pada sub-bab 3.2 dan dapat dilihat pada gambar

3.1. Untuk ukuran dimensi ruang kelas C-122 dapat dilihat pada **tabel 4.1** dan **gambar 4.1**. Untuk bidang kerja terletak setinggi 0,75 m. Ruang dilengkapi dengan AC dan dalam keadaan bersih. Perencanaan menggunakan lampu flouresen dengan daya 18 Watt, lampu dalam keadaan bersih dan baru dengan lumen awal 2100 lumen.

- Tinggi ruang lantai (h_{fc}) = 0.75 m
- Tinggi ruang kamar (h_{rc}) = 2.77 m
- Tinggi ruang langit-langit (h_{cc}) = 0.25 m

Dalam perancangan sistem pencahayaan hybrid di ruang kelas C-122, koefisien pantulan permukaan (ρ) ruang kelas mengacu pada kriteria IES, dimana koefisien pantulan permukaan :

- Langit-langit (ρ_c) = 80%
- Dinding (ρ_w) = 50%
- Lantai (ρ_f) = 30%

4.2.1 Perhitungan Perancangan Pencahayaan Buatan

Jumlah alat pencahayaan yang dibutuhkan untuk memberikan kuat penerangan optimum sebesar 250 lux dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$N = \frac{E \cdot P \cdot L}{F_a \cdot K_p \cdot K_d}$$

Untuk memperoleh koefisien penggunaan (K_p) ruangan, refleksi ruang langit-langit efektif (ρ_{cc}) dan rasio perbandingan ruang kelas (RCR) harus diketahui. Sebelum mencari nilai ρ_{cc} , rasio perbandingan ruang langit-langit (CCR) dicari terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} \text{CCR} &= 5 \cdot h_{cc} \cdot \{ (p+l) / (p \cdot l) \} \\ &= 5 \cdot 0.25 \cdot \{ (16,69) / (45,9) \} \end{aligned}$$

$$= 1,25 \cdot 0,36$$

$$= 0,45$$

Setelah nilai CCR, ρ_{cs} , dan ρ_w diketahui, didapatkan nilai ρ_{cc} sebesar 0,732 atau 73,2%.

Sedangkan RCR dicari dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} \text{RCR} &= 5 \cdot h_{rc} \cdot \{ (p+l) / (p \cdot l) \} \\ &= 5 \cdot 2,77 \cdot \{ (16,69) / (45,9) \} \\ &= 13,85 \cdot 0,36 \\ &= 4,99 \end{aligned}$$

Setelah RCR, ρ_w , pf , dan pcc diketahui, nilai K_p dapat dicari dengan menggunakan tabel pada lampiran. Didapatkan nilai $K_p = 0.7$. Maka jumlah armatur yang dibutuhkan untuk menghasilkan terang yang optimum pada ruang kelas C-122 adalah :

$$N = \frac{250 \text{ lux} \cdot (45,9 \text{ m}^2)}{2100 \text{ lumen} \cdot 0,65 \cdot 0,8}$$

$$N = 10,5 \approx 11 \text{ armatur}$$

Sebaiknya jumlah armatur yang dipasang disesuaikan dengan pola ruangan / lampu berdasarkan N di atas, jadi jumlah armatur terpasang (N_T) = 11 buah.

Setelah itu dapat dihitung Kuat Pencahayaan yang di dapat dari perhitungan jumlah armatur dengan menggunakan persamaan :

$$E = \frac{N \cdot Fa \cdot K_p \cdot K_d}{P \cdot L}$$

Kuat Pencahayaan yang didapat adalah :

$$E = \frac{11 \cdot 2100 \cdot 0,65 \cdot 0,8}{45,9}$$

$$E = 262 \text{ lux}$$

Daya terpasang (termasuk rugi-rugi balast) :

$$\text{Tegangan (V)} = 220 \text{ Volt}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya (W)} &= N \cdot P_a \\ &= 11 \cdot 36 = 396 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Sehingga dapat diketahui daya per satuan luas dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Daya terpasang per satuan luas} = \frac{W}{P \cdot L} \text{ Watt}$$

Jadi dari persamaan diatas dapat diketahui besarnya daya terpasang per satuan luas adalah :

$$\begin{aligned} D/L &= \frac{396}{45,9} \\ &= 9 \text{ Watt/m}^2 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat dihitung Konsumsi Energi Rata-rata untuk perancangan di ruang kelas C-122 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi Energi Rata-rata per hari} &\text{ adalah :} \\ &= 396 \text{ (Watt)} \times 10 \text{ (jam)} = 3960 \text{ WH} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi Energi Rata-rata per bulan} &\text{ :} \\ &= 396 \text{ (Watt)} \times 10 \text{ (jam)} \times 21 \text{ (hari/bulan)} \\ &= 83160 \text{ WH/bl} \end{aligned}$$

Konsumsi Energi rata-rata per tahun :

$$\begin{aligned}
 &= 396 \text{ (Watt)} \times 10 \text{ (jam)} \times 21 \text{ (hari/bln)} \times 12 \text{ (bln/thn)} \\
 &= 997920 \text{ WH/thn} \\
 &= 997,92 \text{ KWH/thn}
 \end{aligned}$$

Intensitas Konsumsi Energi per tahun terhadap luas

$$\begin{aligned}
 &= 997,92 \text{ KWH/thn} : 45,9 \text{ m}^2 \\
 &= 21,74 \text{ KWH/m}^2 \cdot \text{th}
 \end{aligned}$$

Setelah itu dapat kita hitung Biaya Operasional per bulan untuk ruang kelas C-122 adalah sebagai berikut :

1. Biaya Beban $= 2,2\text{KVA} \times \text{Rp. } 29.000,- \times 12 \text{ (bulan)}$
 $= \text{Rp. } 765.600,-$
2. Biaya Pemakaian $= 997,92 \text{ KWH} \times \text{Rp. } 455,-$
 $= \text{Rp. } 454.054,-$

Total Biaya Operasional per tahun adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp. } 765.600,- + \text{Rp. } 454.054,- \\
 &= \text{Rp. } 1.219.654,-
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan perancangan sistem pencahayaan hybrid di ruang kelas C-122 diatas dapat dibandingkan dengan hasil perhitungan sistem pencahayaan yang sudah ada pada ruang kelas C-122 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Daya (W)} &= N \cdot Pa \\
 &= 14 \cdot 72 = 1008 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan besarnya daya terpasang per satuan luas adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{D/L} &= \frac{1008}{45,9} \\
 &= 22 \text{ Watt/m}^2
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat dihitung Konsumsi Energi Rata-rata untuk ruang kelas C-122 sebagai berikut :

Konsumsi Energi Rata-rata per hari adalah :

$$= 1008 \text{ (Watt)} \times 10 \text{ (jam)} = 10080 \text{ WH}$$

Konsumsi Energi Rata-rata per bulan :

$$= 1008 \text{ (Watt)} \times 10 \text{ (jam)} \times 21 \text{ (hari/bulan)}$$

$$= 211680 \text{ WH/bln}$$

Konsumsi Energi rata-rata per tahun :

$$= 1008 \text{ (Watt)} \times 10 \text{ (jam)} \times 21 \text{ (hari/bln)} \times 12 \text{ (bln/thn)}$$

$$= 2540160 \text{ WH/thn}$$

$$= 2540,16 \text{ KWH/thn}$$

Intensitas Konsumsi Energi per tahun terhadap luas

$$= 2540,16 \text{ KWH/thn} : 45,9 \text{ m}^2$$

$$= 55,34 \text{ KWH/m}^2 \cdot \text{th}$$

Setelah itu dapat kita hitung Biaya Operasional per bulan untuk ruang kelas C-122 adalah sebagai berikut :

1. Biaya Beban $= 2,2\text{KVA} \times \text{Rp. } 29.000,- \times 12 \text{ (bulan)}$
 $= \text{Rp. } 765.600,-$
2. Biaya Pemakaian $= 2540,16 \text{ KWH} \times \text{Rp. } 455,-$
 $= \text{Rp. } 1.155.773,-$

Total Biaya Operasional per tahun adalah :

$$= \text{Rp. } 765.600,- + \text{Rp. } 1.155.773,-$$

$$= \text{Rp. } 1.921.373,-$$

Dari hasil perhitungan antara hasil perancangan dan yang sudah ada terdapat penghematan daya sebesar 612 Watt, yang mana pada hasil perhitungan perancangan daya yang didapatkan adalah sebesar 396 Watt, sedangkan dari hasil perhitungan yang

sudah ada didapatkan nilai daya yang terpasang adalah 1008 Watt. Untuk hasil perhitungan total biaya operasional per tahun didapatkan nilai Rp. 1.219.654,- untuk hasil perancangan, sedangkan untuk rancangan yang sudah ada didapatkan nilai total biaya operasional sebesar Rp. 1.921.373,-. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil perancangan sistem pencahayaan hybrid pada ruang kelas C-122 Teknik Fisika lebih hemat daripada rancangan yang sudah ada, karena terjadi penghematan biaya operasional per tahun sebesar Rp. 701.719,-. Atau dengan kata lain terjadi penghematan sebesar 36,5 %.

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a stylized figure inside, followed by the letters 'ITS' and the text 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember' below it. The logos are arranged in a grid-like fashion across the entire page.

BAB V

PENUTUP

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

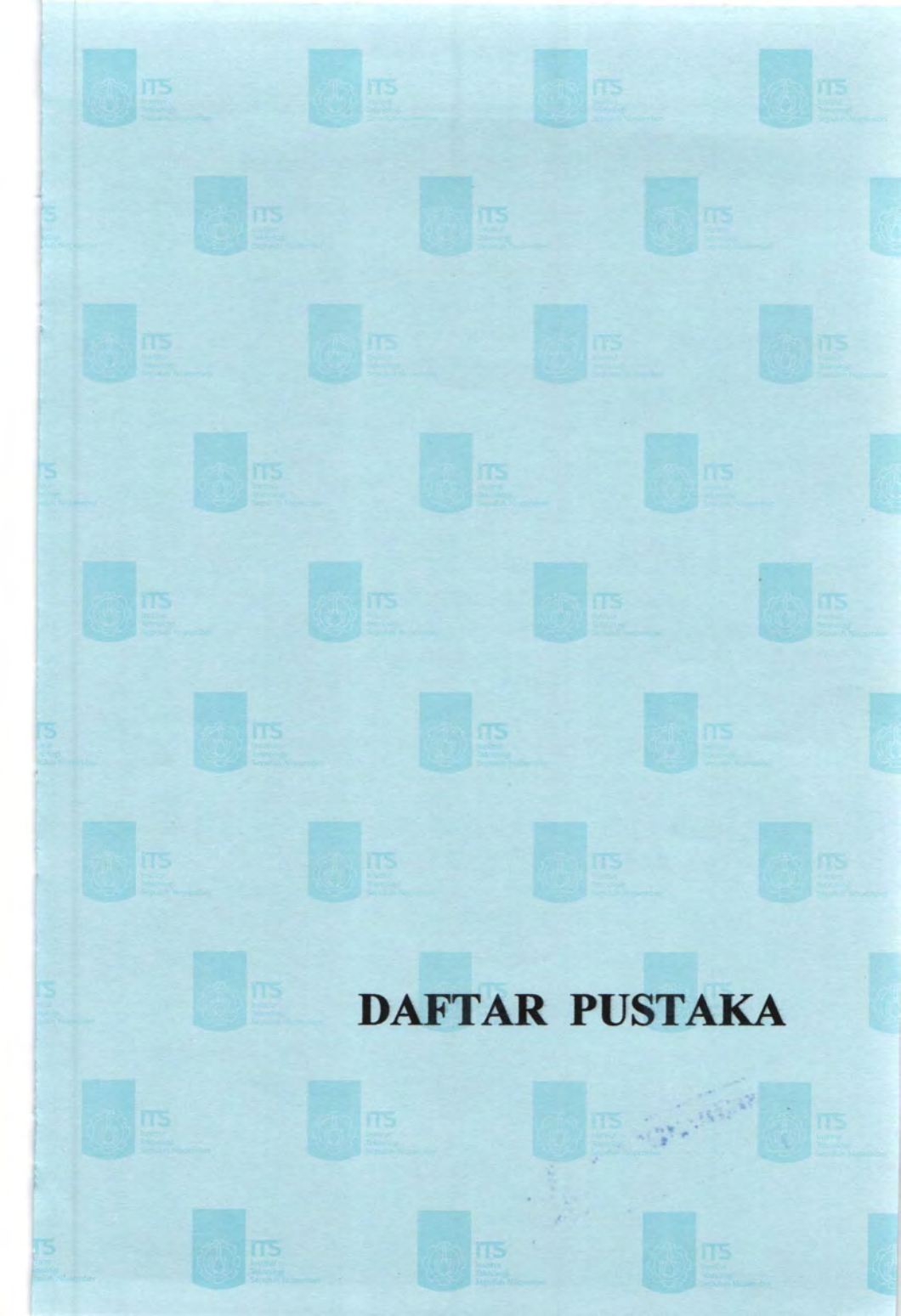
Dalam perancangan sistem pencahayaan hybrid pada ruang kelas C-122 Teknik Fisika dengan tujuan dalam pemanfaatan cahaya alami di samping cahaya buatan, di dapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Ruang kelas C-122 tidak memenuhi standar kelayakan pencahayaan siang hari, sehingga diperlukan pencahayaan buatan.
2. Ruang kelas C-122 memiliki dua buah bidang lubang cahaya efektif. kedalaman bidang lubang cahaya efektif pertama (d_1) sama dengan 708 cm sedangkan kedalaman bidang lubang cahaya efektif kedua (d_2) sama dengan 741 cm.
3. Dari hasil perhitungan dapat diketahui nilai kuat pencahayaan siang hari di dalam ruang kelas C-122 memiliki range antara 18-239 lux, sehingga membutuhkan tambahan kuat pencahayaan dengan range antara 10-231 lux untuk kondisi waktu pengukuran antara pukul 06.00-18.00 WIB.
4. Perancangan pencahayaan hybrid menggunakan 11 armatur dengan masing-masing 2 lampu flouresen cool white rapid start 18 Watt, tiap armatur. Menghasilkan kuat pencahayaan sebesar 261 lux dan daya per satuan luas 9 Watt/m².
5. Dari hasil perhitungan dapat diketahui nilai Konsumsi Energi rata-rata per tahun adalah 997,92KWH/thn dan Intensitas Konsumsi Energi per tahun terhadap luas adalah 21,74 KWH/m².thn. Sedangkan untuk hasil perhitungan rancangan yang sudah ada nilai Konsumsi Energi rata-rata per tahun adalah 2540,16 KWH/thn dan IKE adalah 55,34 KWH/m².thn.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan pencahayaan hybrid yang sehat dan memenuhi kriteria standar pada ruang kelas C-122 dapat dilakukan hal-hal berikut :

1. Pemanfaatan cahaya alami siang hari dioptimalkan dengan memanfaatkan terang langit yang masuk keruangan.
2. Untuk efisiensi pencahayaan, sebaiknya menggunakan cahaya buatan disamping cahaya alami.

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a stylized figure inside, followed by the letters 'ITS' and the full name of the institution in Indonesian: 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember'.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

1. Boast, Warren B, "ILLUMINATION ENGINEERING", McGraw-Hill, New York, 1953.
2. Soegijanto, "BANGUNAN DI INDONESIA DENGAN IKLIM TROPIS LEMBAB DITINJAU DARI ASPEK FISIKA BANGUNAN", Dirjen Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1998.
3. SNI 03-2396-2001, "TATA CARA PERANCANGAN SISTEM PENCAHAYAAN ALAMI PADA BANGUNAN GEDUNG", BSN, 2001.
4. Muhaimin, "TEKNOLOGI PENCAHAYAAN", Refika Aditama, Bandung, 2001
5. www.lighting.philips.com



LAMPIRAN

Tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung

1 Ruang lingkup.

1.1 Standar tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung ini dimaksudkan sebagai pedoman bagi para perancang dan pelaksana pembangunan gedung di dalam merancang sistem pencahayaan alami siang hari, dan bertujuan agar diperoleh sistem pencahayaan alami siang hari yang sesuai dengan syarat kesehatan, kenyamanan dan sesuai dengan ketentuan-ketentuan lain yang berlaku.

1.2 Standar ini mencakup persyaratan minimal sistem pencahayaan alami siang hari dalam bangunan gedung.

2 Acuan.

- a) SNI. No. 03-2396-1991 : Tata cara perancangan Penerangan alami siang hari untuk rumah dan gedung.
- b) Natuurkundige Grondslagen Voor Bouwvoorschriften, 1951, Deel 11, "Dagverlichting Van Woningen (NBG II 1951).
- c) Hopkinson (et.al), 1966, Daylighting, London.
- d) Adhiwiyogo. M.U, 1969 : Selection of the Design Sky for Indonesia based on the Illumination Climate of Bandung. Symposium of Environmental Physics as Applied to Building in the Tropics.

3 Istilah dan definisi.

3.1

bidang lubang cahaya efektif.

bidang vertikal sebelah dalam dari lubang cahaya.

3.2

faktor langit (f_l)

angka karakteristik yang digunakan sebagai ukuran keadaan pencahayaan alami siang hari diberbagai tempat dalam suatu ruangan.

3.3

langit perancangan

langit dalam keadaan yang ditetapkan dan dijadikan dasar untuk perhitungan.

3.4

lubang cahaya efektif untuk suatu titik ukur

bagian dari bidang lubang cahaya efektif lewat mana titik ukur itu melihat langit.

3.5 terang langit

sumber cahaya yang diambil sebagai dasar untuk penentuan syarat-syarat pencahayaan alami siang hari.

3.6 titik ukur

titik di dalam ruangan yang keadaan pencahayaannya dipilih sebagai indikator untuk keadaan pencahayaan seluruh ruangan.

4 Kriteria Perancangan

4.1 Ketentuan Dasar.

4.1.1 Pencahayaan Alami Siang Hari yang Baik

Pencahayaan alami siang hari dapat dikatakan baik apabila :

- a) pada siang hari antara jam 08.00 sampai dengan jam 16.00 waktu setempat, terdapat cukup banyak cahaya yang masuk ke dalam ruangan.
- b) distribusi cahaya di dalam ruangan cukup merata dan atau tidak menimbulkan kontras yang mengganggu.

4.1.2 Tingkat Pencahayaan Alami dalam Ruang.

Tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan ditentukan oleh tingkat pencahayaan langit pada bidang datar di lapangan terbuka pada waktu yang sama.

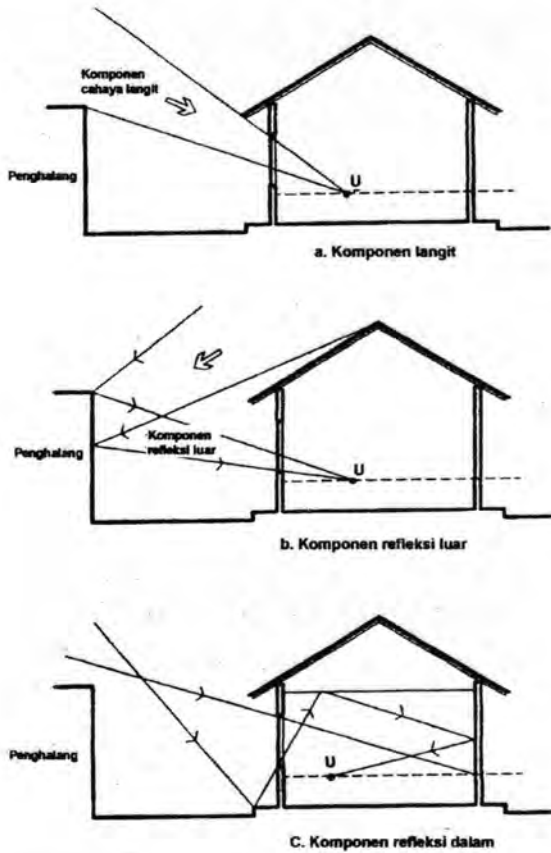
Perbandingan tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan dan pencahayaan alami pada bidang datar di lapangan terbuka ditentukan oleh :

- a) hubungan geometris antara titik ukur dan lubang cahaya.
- b) ukuran dan posisi lubang cahaya.
- c) distribusi terang langit.
- d) bagian langit yang dapat dilihat dari titik ukur.

4.1.3 Faktor Pencahayaan Alami Siang Hari.

Faktor pencahayaan alami siang hari adalah perbandingan tingkat pencahayaan pada suatu titik dari suatu bidang tertentu di dalam suatu ruangan terhadap tingkat pencahayaan bidang datar di lapangan terbuka yang merupakan ukuran kinerja lubang cahaya ruangan tersebut.

- a) Faktor pencahayaan alami siang hari terdiri dari 3 komponen meliputi :
 - 1) Komponen langit (faktor langit-fl) yakni komponen pencahayaan langsung dari cahaya langit.



Gambar 1 : Tiga Komponen cahaya langit yang sampai pada suatu titik di bidang kerja.

- 2) Komponen refleksi luar (faktor refleksi luar - fr_l) yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi benda-benda yang berada di sekitar bangunan yang bersangkutan.

- 3) Komponen refleksi dalam (faktor refleksi dalam frd) yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi permukaan-permukaan dalam ruangan. dari cahaya yang masuk ke dalam ruangan akibat refleksi benda-benda di luar ruangan maupun dari cahaya langit (lihat gambar 1).
- b) Persamaan-persamaan untuk menentukan faktor pencahayaan alami

Faktor pencahayaan alami siang hari ditentukan oleh persamaan-persamaan berikut ini

$$1) \quad fl = \frac{1}{2\pi} \left\{ \arctan \frac{L/D}{1} - \frac{1}{\sqrt{1+(H/D)^2}} \arctan \frac{L/D}{\sqrt{1+(H/D)^2}} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

keterangan :

L = lebar lubang cahaya efektif.

H = tinggi lubang cahaya efektif.

D = jarak titik ukur ke lubang cahaya

$$2) \quad frl = (fl)_p \times L_{\text{rata-rata}} \dots\dots\dots (2).$$

$$3) \quad frd = \frac{\tau_{\text{kaca}}}{A \cdot (1-R)} \times (C \cdot R_{fw} + 5 \cdot R_{cw}) \dots\dots\dots (3).$$

Keterangan :

$(fl)_p$ = faktor langit jika tidak ada penghalang.

$L_{\text{rata-rata}}$ = perbandingan antara luminansi penghalang dengan luminansi rata-rata langit.

τ_{kaca} = faktor transmisi cahaya dari kaca penutup lubang cahaya, besarnya tergantung pada jenis kaca yang nilainya dapat diperoleh dari katalog yang dikeluarkan oleh produsen kaca tersebut.

A = luas seluruh permukaan dalam ruangan

R = faktor refleksi rata-rata seluruh permukaan

W = luas lubang cahaya.

R_{cw} = faktor refleksi rata-rata dari langit-langit dan dinding bagian atas dimulai dari bidang yang melalui tengah-tengah lubang cahaya, tidak termasuk dinding dimana lubang cahaya terletak.

C = konstanta yang besarnya tergantung dari sudut penghalang.

R_{fw} = faktor refleksi rata-rata lantai dan dinding bagian bawah dimulai dari bidang yang melalui tengah-tengah lubang cahaya, tidak termasuk dinding dimana lubang cahaya terletak.

4.1.4 Langit Perancangan

- a) Dalam ketentuan ini sebagai terang langit diambil kekuatan terangnya langit yang dinyatakan dalam lux.
- b) Karena keadaan langit menunjukkan variabilitas yang besar, maka syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh keadaan langit untuk dipilih dan ditetapkan sebagai Langit Perancangan adalah :
 - 1) bahwa langit yang demikian sering dijumpai.
 - 2) memberikan tingkat pencahayaan pada bidang datar di lapangan terbuka, dengan nilai dekat minimum, sedemikian rendahnya hingga frekuensi kegagalan untuk mencapai nilai tingkat pencahayaan ini cukup rendah.
 - 3) nilai tingkat pencahayaan tersebut dalam butir 2) pasal ini tidak boleh terlampaui rendah sehingga persyaratan tekno konstruktif menjadi tertampau tinggi.
- c) Sebagai Langit Perancangan ditetapkan :
 - 1) langit biru tanpa awan atau
 - 2) langit yang seluruhnya tertutup awan abu-abu putih.
- d) Langit Perancangan ini memberikan tingkat pencahayaan pada titik-titik di bidang datar di lapangan terbuka sebesar 10.000 lux. Untuk perhitungan diambil ketentuan bahwa tingkat pencahayaan ini asalnya dari langit yang keadaannya dimana-mana merata terangnya (*uniform luminance distribution*).

4.1.5 Faktor Langit

Faktor langit (Π) suatu titik pada suatu bidang di dalam suatu ruangan adalah angka perbandingan tingkat pencahayaan langsung dari langit di titik tersebut dengan tingkat pencahayaan oleh Terang Langit pada bidang datar di lapangan terbuka.

Pengukuran kedua tingkat pencahayaan tersebut dilakukan dalam keadaan sebagai berikut :

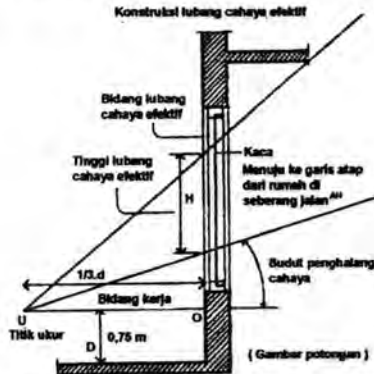
- a) Dilakukan pada saat yang sama.
- b) Keadaan langit adalah keadaan Langit Perancangan dengan distribusi terang yang merata di mana-mana.
- c) Semua jendela atau lubang cahaya diperhitungkan seolah-olah tidak ditutup dengan kaca.

Suatu titik pada suatu bidang tidak hanya menerima cahaya langsung dari langit tetapi juga cahaya langit yang direfleksikan oleh permukaan di luar dan di dalam ruangan.

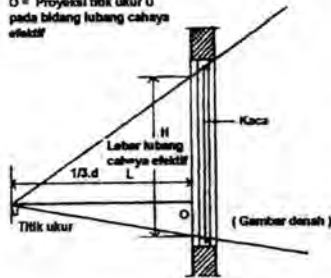
Perbandingan antara tingkat pencahayaan yang berasal dari cahaya langit baik yang langsung maupun karena refleksi, terhadap tingkat pencahayaan pada bidang datar di lapangan terbuka disebut faktor pencahayaan alami siang hari. Dengan demikian faktor langit adalah selalu lebih kecil dari faktor pencahayaan alami siang hari. Pemilihan faktor langit sebagai angka karakteristik untuk digunakan sebagai ukuran keadaan pencahayaan alami siang hari adalah untuk memudahkan perhitungan oleh karena f_l merupakan komponen yang terbesar pada titik ukur.

4.1.6 Titik Ukur

- a) Titik ukur diambil pada suatu bidang datar yang letaknya pada tinggi 0,75 meter di atas lantai. Bidang datar tersebut disebut bidang kerja (lihat gambar 2).

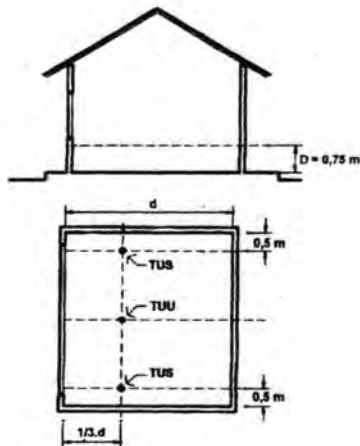


O = Proyeksi titik ukur U pada bidang lubang cahaya efektif

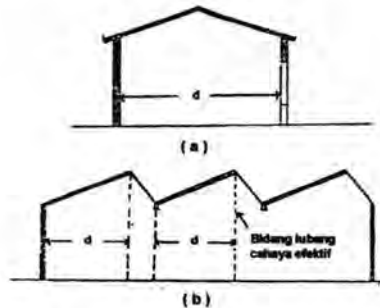


Gambar 2.: Tinggi dan Lebar cahaya efektif

- b) Untuk menjamin tercapainya suatu keadaan pencahayaan yang cukup memuaskan, maka Faktor Langit (f_l) titik ukur tersebut harus memenuhi suatu nilai minimum tertentu yang ditetapkan menurut fungsi dan ukuran ruangnya.
- c) Dalam perhitungan digunakan dua jenis titik ukur :
- 1) titik ukur utama (TUU), diambil pada tengah-tengah antar kedua dinding samping, yang berada pada jarak $\frac{1}{3}d$ dari bidang lubang cahaya efektif.
 - 2) titik ukur samping (TUS), diambil pada jarak 0,50 meter dari dinding samping, yang juga berada pada jarak $\frac{1}{3}d$ dari bidang lubang cahaya efektif, dengan d adalah ukuran kedalaman ruangan, diukur dari mulai bidang lubang cahaya efektif hingga pada dinding seberangnya, atau hingga pada "bidang" batas dalam ruangan yang hendak dihitung pencahayaannya itu (lihat gambar 3a dan 3b).



Gambar 3a.: Penjelasan mengenai jarak d

Gambar 3b.: Penjelasan mengenai jarak d

- d) Jarak " d " pada dinding tidak sejajar

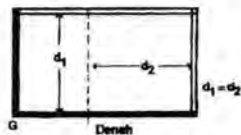
Apabila kedua dinding yang berhadapan tidak sejajar, maka untuk d diambil jarak di tengah antara kedua dinding samping tadi, atau diambil jarak rata-ratanya.

- e) Ketentuan jarak " $1/3 \cdot d$ " minimum

Untuk ruang dengan ukuran d sama dengan atau kurang daripada 6 meter, maka ketentuan jarak $1/3 \cdot d$ diganti dengan jarak minimum 2 meter.

4.1.7 Lubang Cahaya Efektif

Bila suatu ruangan mendapatkan pencahayaan dari langit melalui lubang-lubang cahaya di beberapa dinding, maka masing-masing dinding ini mempunyai bidang lubang cahaya efektifnya sendiri-sendiri (lihat gambar 4).

Gambar 4.: Penjelasan mengenai jarak d

Umumnya lubang cahaya efektif dapat berbentuk dan berukuran lain daripada lubang cahaya itu sendiri.

Hal ini, antara lain dapat disebabkan oleh :

- a) penghalangan cahaya oleh bangunan lain dan atau oleh pohon.
- b) Bagian-bagian dari bangunan itu sendiri yang karena menonjol menyempitkan pandangan ke luar, seperti balkon, konstruksi "sunbreakers" dan sebagainya.
- c) Pembatasan-pembatasan oleh letak bidang kerja terhadap bidang lubang cahaya.
- d) Bagian dari jendela yang dibuat dari bahan yang tidak tembus cahaya.

4.2 Persyaratan teknis.

4.2.1 Klasifikasi Berdasarkan Kualitas Pencahayaan.

- a) Kualitas pencahayaan yang harus dan layak disediakan, ditentukan oleh :
 - 1) penggunaan ruangan, khususnya ditinjau dari segi beratnya penglihatan oleh mata terhadap aktivitas yang harus dilakukan dalam ruangan itu.
 - 2) lamanya waktu aktivitas yang memerlukan daya penglihatan yang tinggi dan sifat aktivitasnya, sifat aktivitas dapat secara terus menerus memerlukan perhatian dan penglihatan yang tepat, atau dapat pula secara periodik dimana mata dapat beristirahat.
- b) Klasifikasi kualitas pencahayaan.

Klasifikasi kualitas pencahayaan adalah sebagai berikut :

- 1) Kualitas A : kerja halus sekali, pekerjaan secara cermat terus menerus, seperti menggambar detil, menggravir, menjahit kain warna gelap, dan sebagainya.
- 2) Kualitas B : kerja halus, pekerjaan cermat tidak secara intensif terus menerus, seperti menulis, membaca, membuat alat atau merakit komponen-komponen kecil, dan sebagainya.
- 3) Kualitas C : kerja sedang, pekerjaan tanpa konsentrasi yang besar dari si pelaku, seperti pekerjaan kayu, merakit suku cadang yang agak besar, dan sebagainya.
- 4) Kualitas D : kerja kasar, pekerjaan dimana hanya detil-detil yang besar harus dikenal, seperti pada gudang, lorong lalu lintas orang, dan sebagainya.

4.2.2 Persyaratan Faktor Langit Dalam Ruangan

- a) Nilai faktor langit (f_l) dari suatu titik ukur dalam ruangan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
 - 1) sekurang-kurangnya memenuhi nilai-nilai faktor langit minimum ($f_{l_{min}}$) yang tertera pada Tabel 1, 2 dan 3, dan dipilih menurut klasifikasi kualitas pencahayaan yang dikehendaki dan dirancang untuk bangunan tersebut.
 - 2) nilai $f_{l_{min}}$ dalam prosen untuk ruangan-ruangan dalam BANGUNAN UMUM untuk TUUnya, adalah seperti tertera pada tabel 1; dimana d adalah jarak antara

bidang lubang cahaya efektif ke dinding di seberangnya, dinyatakan dalam meter. Faktor langit minimum untuk TUS nilainya diambil 40% dari f_{\min} , untuk TUU dan tidak boleh kurang dari 0,10 d.

Tabel 1 : Nilai Faktor langit untuk bangunan umum

Klasifikasi pencahayaan	f_{\min} TUU
A	0,45.d
B	0,35.d
C	0,25.d
D	0,15.d

Tabel 2 : Nilai Faktor langit untuk bangunan sekolah.

JENIS RUANGAN	f_{\min} TUU	f_{\min} TUS
Ruang kelas biasa	0,35.d	0,20.d
Ruang kelas khusus	0,45.d	0,20.d
Laboratorium	0,35.d	0,20.d
Bengkel kayu/besi	0,25.d	0,20.d
Ruang olahraga	0,25.d	0,20.d
Kantor	0,35.d	0,15.d
Dapur	0,20.d	0,20.d

- 3) nilai dari f_{\min} dalam prosen untuk ruangan-ruangan dalam bangunan sekolah, adalah seperti pada tabel 2; Untuk ruangan-ruangan kelas biasa, kelas khusus dan laboratorium dimana dipergunakan papan tulis sebagai alat penjelasan, maka f_{\min} pada tempat $\frac{1}{3}$ d di papan tulis pada tinggi 1,20 m, ditetapkan sama dengan $f_{\min} = 50\%$ TUU.
- 4) nilai dari f_{\min} dalam prosentase untuk ruangan-ruangan dalam bangunan tempat tinggal seperti pada tabel 3;

Tabel 3 : Nilai Faktor langit Bangunan Tempat Tinggal

Jenis ruangan	f_{\min} TUU	f_{\min} TUS
Ruang tinggal	0,35.d	0,16.d
Ruang kerja	0,35.d	0,16.d
Kamar tidur	0,18.d	0,05.d
Dapur	0,20.d	0,20.d

- 5) untuk ruangan-ruangan lain yang tidak khusus disebut dalam tabel ini dapat dipertukarkan ketentuan-ketentuan dalam tabel 1.
- b) Ruang dengan pencahayaan langsung dari lubang cahaya di satu dinding nilai f_l ditentukan sebagai berikut :

- 1) dari setiap ruangan yang menerima pencahayaan langsung dari langit melalui lubang-lubang atau jendela-jendela di satu dinding saja, harus diteliti f_l dari satu TUU dan dua TUS.
- 2) Jarak antara dua titik ukur tidak boleh lebih besar dari 3 m. Misalnya untuk suatu ruangan yang panjangnya lebih dari 7 m, harus diperiksa (f_l) lebih dari tiga titik ukur (jumlah TUU ditambah).

- c) Ruangan dengan pencahayaan langsung dari lubang cahaya di dua dinding yang berhadapan.

Nilai faktor langit (f_l) untuk ruangan semacam ini harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- 1) bila suatu ruangan menerima pencahayaan langsung dari langit melalui lubang-lubang atau jendela-jendela di dua dinding yang berhadapan (sejajar), maka setiap bidang lubang cahaya efektif mempunyai kelompok titik ukurnya sendiri.
 - 2) untuk kelompok titik ukur yang pertama, yaitu dari bidang lubang cahaya efektif yang paling penting, berlaku ketentuan-ketentuan dari tabel 1, 2 dan 3.
 - 3) untuk kelompok titik ukur yang kedua ditetapkan syarat minimum sebesar 30% dari yang tercantum pada ketentuan-ketentuan dari tabel 1, 2 dan 3.
 - 4) dalam hal ini (f_l) untuk setiap titik ukur adalah jumlah faktor langit yang diperolehnya dari lubang-lubang cahaya di kedua dinding.
 - 5) ketentuan untuk kelompok titik ukur yang kedua ini seperti yang termaksud dalam ayat 3, tidak berlaku apabila jarak antara kedua bidang lubang cahaya efektif kurang dari 6 meter.
 - 6) bila jarak tersebut dalam butir 5) adalah lebih dari 4 meter dan kurang dari 9 meter dianggap telah dipenuhi apabila luas total lubang cahaya efektif kedua ini sekurang-kurangnya 40% dari luas lubang cahaya efektif pertama. Dalam hal yang belakangan ini, luas lubang cahaya efektif kedua adalah bagian dari bidang lubang cahaya yang letaknya di antara tinggi 1 meter dan tinggi 3 meter.
- d) Ruangan dengan pencahayaan langsung dari lubang cahaya di dua dinding yang saling memotong

Untuk kondisi ruangan seperti ini faktor langit ditentukan dengan memperhitungkan hal-hal sebagai berikut :

- 1) bila suatu ruangan menerima pencahayaan langsung dari langit melalui lubang-lubang atau jendela-jendela di dua dinding yang saling memotong kurang lebih tegak lurus, maka untuk dinding kedua, yang tidak begitu penting, hanya diperhitungkan satu Titik Ukur Utama tambahan saja.
- 2) syarat untuk titik ukur yang dimaksud dalam butir 1) pasal ini adalah 50% dari yang berlaku untuk titik ukur utama bidang lubang cahaya efektif yang pertama.
- 3) jarak titik ukur utama tambahan ini sampai pada bidang lubang cahaya efektif kedua diambil $\frac{1}{3}d$, dimana d adalah ukuran dalam menurut bidang lubang cahaya efektif pertama (lihat gambar 3).

- e) Ruang dengan lebih dari satu jenis penggunaan.

Apabila suatu ruangan digunakan sekaligus untuk dua jenis keperluan, maka untuk ruangan ini dibertakukan syarat-syarat yang terberat dari kedua jenis keperluan tersebut.

- f) Penerimaan cahaya pada kondor atau gang dalam bangunan rumah tinggal.

Setiap koridor atau gang dalam bangunan rumah tinggal harus dapat menerima cahaya melalui luas kaca sekurang-kurangnya $0,10 \text{ m}^2$ dengan ketentuan, bahwa untuk :

- 1) luas kaca dinding luar atau atap diperhitungkan 100 %;
- 2) luas kaca dinding dalam, yang dapat merupakan batas dengan kamar tidur, kamar tinggal, kamar kerja dan sebagainya, diperhitungkan 30 %;
- 3) luas kaca ruangan lainnya, seperti gudang, kamar mandi, dan sebagainya, diperhitungkan 0 %.

- g) Penerimaan cahaya siang hari pada koridor atau gang / lorong dalam bangunan.

Setiap gang atau lorong dalam bangunan umum harus sekurang-kurangnya dapat menerima cahaya siang hari melalui luas kaca minimal $0,30 \text{ m}^2$.

Untuk setiap 5 meter panjang gang atau lorong, dengan ketentuan, bahwa untuk :

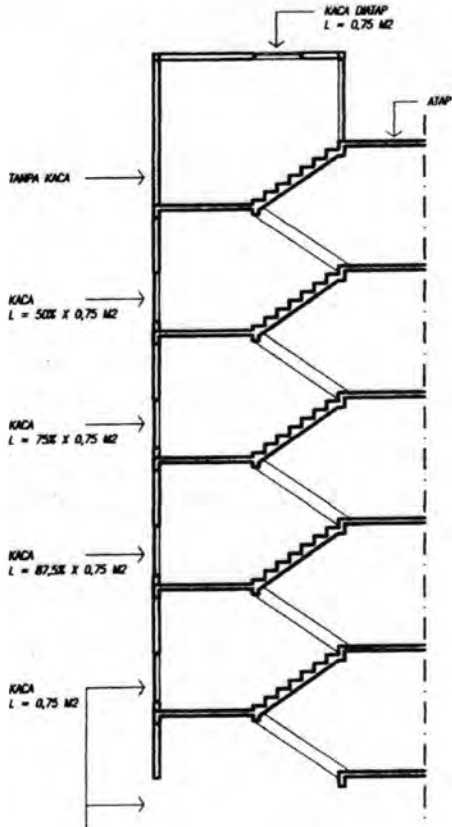
- 1) luas kaca dinding luar atau atap, diperhitungkan 100 %;
- 2) luas kaca dinding dalam yang merupakan batas dengan ruangan dengan kualitas pencahayaan A dan B, diperhitungkan 20 %;
- 3) luas kaca untuk perbatasan dengan ruangan dengan pencahayaan kualitas C, diperhitungkan 10 %;
- 4) luas kaca ruangan lainnya, diperhitungkan 0 %.

- h) Penerimaan cahaya siang hari pada ruang tangga umum.

Ruang tangga umum harus dapat menerima cahaya siang hari melalui luas kaca sekurang-kurangnya $0,75 \text{ m}^2$. (Lihat gambar 5).

Untuk setiap setengah tinggi lantai dengan ketentuan :

- 1) lubang cahaya dinding luar, diperhitungkan 100 %;
- 2) apabila terdapat kaca di atap maka cahaya di :



Gambar 5 : Potongan ruang tangga.

- | | |
|--------------------------------|--------|
| - tingkat yang paling atas | 100 % |
| - tingkat pertama di bawahnya | 50 % |
| - tingkat kedua di bawahnya | 25 % |
| - tingkat ketiga di bawahnya | 12,5 % |
| - tingkat di bawah selanjutnya | 0 % |

i). Sudut penghalang cahaya.

Sudut penghalang cahaya hendaknya tidak melebihi 60° ditinjau dari sudut tata letak bangunan-bangunan sesuai dengan perencanaan tata ruang kota, bila hal tersebut tidak dapat dipenuhi, maka pencahayaan tambahan yang diperlukan diperoleh dari pencahayaan buatan.

j). Faktor langit dalam ruangan yang menerima pencahayaan tidak langsung.

Untuk lubang cahaya efektif dari suatu ruangan yang menerima cahaya siang hari tidak langsung dari langit akan tetapi melalui kaca atau lubang cahaya dari ruangan lain, misalnya lewat teras yang beratap, maka f_l dari titik ukur dalam ruangan ini dihitung melalui ketentuan-ketentuan dalam persyaratan teknis ini, hanya boleh diambil maksimal 10 % dari faktor langit dalam keadaan dimana titik ukur langsung menghadap langit.

4.2.3 Penetapan Faktor Langit

a). Dasar penetapan nilai faktor langit.

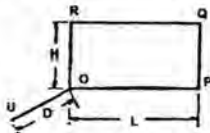
Penetapan Nilai Faktor Langit, didasarkan atas keadaan langit yang terangnya merata atau kriteria Langit Perancangan untuk Indonesia yang memberikan kekuatan pencahayaan pada titik dibidang datar di lapangan terbuka sebesar 10.000 lux.

b). Perhitungan faktor langit.

Perhitungan besarnya faktor langit untuk titik ukur pada bidang kerja di dalam ruangan dilakukan dengan menggunakan metoda analitis di mana nilai f_l dinyatakan sebagai fungsi dari H/D dan L/D seperti tercantum dalam tabel 4 dengan penjelasan :

Tabel 4 : Faktor langit sebagai fungsi H/D dan L/D

Posisi titik ukur U, yang jauhnya D dari lubang cahaya efektif berbentuk persegi panjang OPQR (tinggi H dan lebar L) sebagaimana dilukiskan di bawah ini :



Ukuran H dihitung dari O ke atas,

Ukuran L dihitung dari O ke kanan, atau dari P ke kiri sama saja.

H adalah tinggi lubang cahaya efektif

L adalah lebar lubang cahaya efektif

D adalah jarak titik ukur ke bidang lubang cahaya efektif.

Nilai Faktor Langit dinyatakan dalam %.

L/D \ H/D	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,1	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10
0,2	0,06	0,12	0,17	0,22	0,27	0,30	0,33	0,36	0,38	0,40
0,3	0,13	0,26	0,37	0,48	0,57	0,65	0,72	0,77	0,82	0,86
0,4	0,22	0,43	0,62	0,80	0,96	1,09	1,20	1,30	1,38	1,44
0,5	0,32	0,62	0,91	1,17	1,39	1,59	1,76	1,90	2,02	2,11
0,6	0,42	0,82	1,20	1,55	1,85	2,12	2,34	2,53	2,69	2,83
0,7	0,52	1,02	1,50	1,93	2,31	2,64	2,93	3,18	3,38	3,55
0,8	0,62	1,22	1,78	2,29	2,75	3,26	3,50	3,80	4,05	4,26
0,9	0,71	1,40	2,04	2,64	3,17	3,63	4,04	4,39	4,69	4,94
1,0	0,79	1,56	2,29	2,95	3,56	4,09	4,55	4,95	5,29	5,57
1,5	1,10	2,17	4,13	4,13	4,99	5,77	6,45	7,05	7,58	8,03
2,0	1,27	2,51	4,80	4,80	5,81	6,74	7,56	8,29	8,94	9,51
2,5	1,37	2,70	3,98	3,98	6,29	7,31	8,22	9,03	9,76	10,40
3,0	1,43	2,82	4,16	4,16	6,59	7,66	8,62	9,49	10,27	10,96
3,5	1,47	2,90	4,28	4,28	6,78	7,89	8,89	9,79	10,60	11,33
4,0	1,49	2,96	4,36	4,36	6,91	8,04	9,07	10,00	10,83	11,58
4,5	1,51	2,99	4,41	4,41	7,01	8,15	9,20	10,15	11,00	11,76
5,0	1,53	3,02	4,46	4,46	7,07	8,24	9,29	10,25	12,12	11,90
6,0	1,54	3,06	4,51	4,51	7,17	8,34	9,42	10,40	11,28	11,07

L/D \ H/D	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0
0,1	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
0,2	0,45	0,47	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,49
0,3	0,97	1,01	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,05
0,4	1,63	1,71	1,74	1,76	1,77	1,78	1,78	1,78	1,78
0,5	2,40	2,52	2,57	2,60	2,61	2,63	2,63	2,63	2,63
0,6	3,22	3,39	3,46	3,50	3,52	3,54	3,54	3,54	3,55
0,7	4,07	4,29	4,39	4,4	4,47	4,48	4,50	4,50	4,51
0,8	4,90	5,18	5,31	5,37	5,41	5,43	5,45	5,45	5,46
0,9	5,71	6,04	6,04	6,20	6,28	6,33	6,36	6,39	6,40
1,0	6,47	6,87	7,06	7,16	7,22	7,25	7,28	7,28	7,30
1,5	9,52	10,23	10,59	10,79	10,90	10,97	11,05	11,05	11,08
2,0	11,44	12,43	12,96	13,26	13,44	13,55	13,62	13,67	13,73
2,5	12,64	13,85	14,52	14,92	15,16	15,32	15,42	15,49	15,58
3,0	13,41	14,78	15,58	16,06	16,36	16,56	16,70	16,79	16,91
3,5	13,93	15,42	16,31	16,87	17,22	17,46	17,64	17,74	17,89
4,0	14,30	15,88	16,84	17,45	17,85	18,13	18,32	18,46	18,63
4,5	14,56	16,21	17,23	17,89	18,33	18,63	18,85	19,01	19,21
5,0	14,75	16,45	17,52	18,22	18,69	19,03	19,26	19,44	19,67
6,0	15,01	16,79	17,92	18,66	19,20	19,58	19,85	20,06	20,33

c). **Tingkat pencahayaan optimal.**

Untuk memperoleh tingkat pencahayaan yang optimal harus diperhatikan :

- 1). bagian dari jendela yang tidak tembus cahaya perlu diadakan koreksi;
- 2). perhitungan secara global dilakukan menurut ratio luas bagian yang tidak dapat ditembus cahaya terhadap luas bagian seluruh lubang cahaya efektif.

d). **Perhitungan faktor langit dengan cara lain.**

Cara perhitungan faktor langit dalam perancangan dapat dilakukan dengan metoda lain secara keilmuan/keahlian selama hasilnya tidak berbeda dengan hasil dari metoda analitis yang dimuat dalam pedoman ini.

4.2.4 Ketentuan Khusus.a). **Sudut penghalang cahaya lebih besar dari 35° .**

Apabila sudut penghalang cahaya lebih besar dari 35° ($\text{tangens } 35^\circ = 0,7 = H/D$), maka pada perhitungan faktor langit dapat diambil sudut penghalang sebesar 35° , dengan ketentuan bahwa garis bawah dari kaca seluruhnya terletak tidak lebih tinggi dari tinggi bidang kerja.

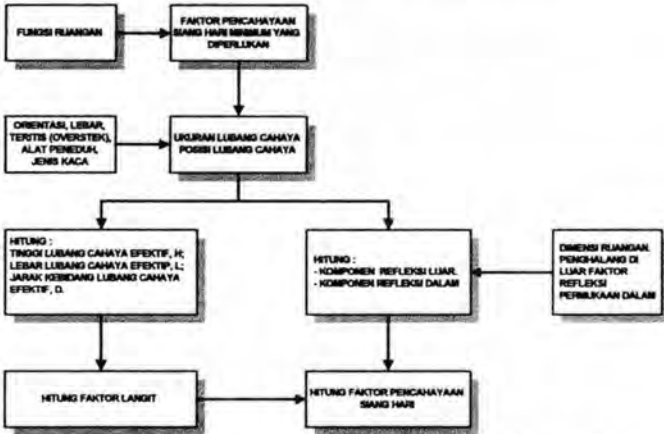
b). **Pembebasan dari persyaratan yang ditentukan pada butir 4.2.2 hanya diberikan apabila untuk hal-hal khusus dapat dibuktikan bahwa persyaratan tersebut tidak dapat dipenuhi.**c). **Jika ketentuan pada butir b) diatas digunakan, maka syarat minimal untuk pembebasan adalah sebagai berikut :**

- 1). untuk ketentuan nilai faktor langit pada tabel 1, tabel 2, dan tabel 3, lubang cahaya efektif diatas 0,75 meter dari lantai dibuat seluas mungkin.
- 2). untuk ruangan dengan pencahayaan alami langsung dari 2 lubang cahaya di dua dinding berhadapan atau saling memotong, nilai prosen yang ditetapkan diambil dari tabel 1, tabel 2, dan tabel 3 atau 50 % dari yang berlaku untuk titik ukur utama dari bidang cahaya efektif yang pertama.
- 3). untuk penerimaan cahaya pada koridor atau gang/lorong dan ruang tangga umum, harus diberi pencahayaan buatan sehingga pada siang hari dengan instalasi ini keadaan pencahayaan dapat memenuhi syarat.
- 4). Khusus dalam hal ruangan untuk keperluan umum, setiap penyimpangan dari syarat-syarat di dalam petunjuk teknis ini, hanya dapat disetujui apabila dapat diajukan rancangan sistem pencahayaan buatan sebagai tambahan atau sebagai penggantian yang memenuhi syarat sesuai dengan sifat dan penggunaan ruangan itu.

5 Cara perancangan pencahayaan alami siang hari.

5.1 Prosedur Perancangan Pencahayaan Alami Siang Hari.

Prosedur Perancangan Pencahayaan Alami Siang Hari dilaksanakan dengan mengikuti bagan di bawah ini :



Gambar 6 : Prosedure perancangan sistem pencahayaan alami siang hari.

5.2 Pencahayaan Alami dan Luas Lubang Cahaya

- a) Untuk memperoleh kualitas pencahayaan yang diinginkan maka di dalam perancangan perlu diperhatikan hal-hal yang mempengaruhi kualitas pencahayaan tersebut.

Kualitas pencahayaan alami siang hari dalam ruangan ditentukan oleh :

- 1). perbandingan luas lubang cahaya dan luas lantai.
- 2). bentuk dan letak lubang cahaya.
- 3). faktor refleksi cahaya dari permukaan di dalam ruangan.

- b) Kedudukan Lubang Cahaya

Disamping ketiga faktor tersebut pada 5.2, perlu diperhatikan kedudukan lubang cahaya terhadap bagian lain dari bangunan dan keadaan lingkungan sekitarnya yang dapat merupakan penghalang bagi masuknya cahaya kedalam ruangan.

5.3 Letak dan Bentuk Lubang Cahaya

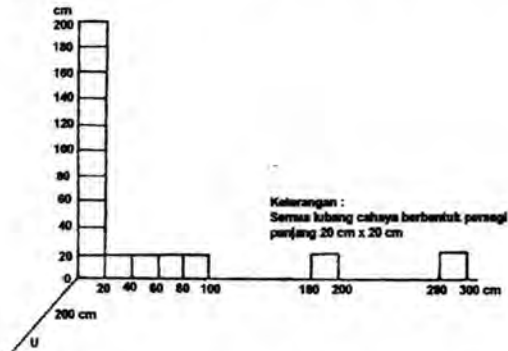
a). Letak atau posisi lubang cahaya berpengaruh kepada nilai faktor langit serta distribusi cahaya ke dalam ruang sebagai berikut :

- 1). lubang cahaya yang sama besarnya, mempunyai nilai f_l yang lebih besar untuk kedudukan yang lebih tinggi. Hingga suatu ketinggian tertentu nilai f_l akan menurun lagi. (lihat tabel 5).
- 2). dalam tabel berikut ini telah dihitung nilai faktor langit untuk titik ukur yang terletak 2m dari bidang lubang cahaya efektif. Titik ukur tersebut memperoleh pencahayaan dari lubang cahaya efektif yang berbentuk bujur sangkar dengan sisi 20 cm dengan letak tinggi yang berbeda-beda.

Tabel 5 : Hubungan antara tinggi tempat lubang cahaya dengan nilai faktor langit relatif.

Tinggi tempat lubang cahaya (cm)	Nilai Faktor langit relatif
0 ~ 20	1
20 ~ 40	2
40 ~ 60	3,5
60 ~ 80	4
80 ~ 100	5
100 ~ 120	5
120 ~ 140	5
140 ~ 160	5
160 ~ 180	4,5
180 ~ 200	4

Salah satu sisi dari lubang cahaya efektif berimpit dengan garis potong bidang vertikal yang melalui titik ukur Proyeksi titik ukur pada bidang lubang cahaya efektif disebut titik O (lihat gambar 7). Nilai faktor langit diambil terhadap tempat yang terendah.



Gambar 7. : Pengaruh kedudukan lubang cahaya atas besarnya faktor langit.

- 3). lubang cahaya efektif yang sama besarnya apabila kedudukannya lebih ke samping dari bidang vertikal yang lewat titik ukur dan tegak lurus pada bidang lubang cahaya efektif, akan memberikan nilai faktor langit pada titik ukur yang lebih kecil. Faktor langit dengan sisi 20 cm dan garis bawahnya berimpitan dengan ketinggian bidang kerja (titik ukur), diambil sebagai dasar satuan.

Tabel 6 : Hubungan antara jarak kesamping dengan Nilai Faktor Langit Relatif

Jarak kesamping (cm)	Nilai Faktor langit relatif
0 ~ 20	1
20 ~ 40	0,5
40 ~ 60	1
60 ~ 80	0,5
80 ~ 100	0,5
180 ~ 200	0
280 ~ 300	0

- 4). nilai faktor langit untuk lubang cahaya efektif yang letaknya sentral dan tinggi terhadap titik ukur, lebih efektif dibandingkan lubang cahaya yang letaknya ke samping dan rendah.
- 5). bagian-bagian dari lubang cahaya efektif yang letaknya tinggi akan lebih efektif dalam distribusi cahaya ke bagian-bagian dari ruangan yang letaknya lebih dalam dari pada ke samping.
- b). Bentuk lubang cahaya memberikan pengaruh terhadap distribusi cahaya sebagai berikut :
- 1). lubang cahaya yang melebar akan berguna untuk mendistribusikan cahaya lebih merata dalam arah lebar ruangan.
 - 2). lubang cahaya efektif yang ukuran tingginya lebih besar dari ukuran lebarnya memberikan penetrasi ke dalam yang lebih baik.
- c). Penghalang cahaya
- 1). Unsur unsur dari jendela (kusen, palang palang dan lainnya) yang terbuat dari bahan yang tidak tembus cahaya akan merubah luas ukuran lubang cahaya efektif.
 - 2). Pengurangan ukuran lubang cahaya efektif tidak hanya disebabkan unsur-unsur yang terletak pada bidang lubang cahaya efektif atau bidang yang sejajar, tetapi juga oleh bidang yang tegak lurus pada bidang ini.
 - 3). Perhitungan faktor langit suatu titik ukur tertentu dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :
 - (a). pertama menetapkan ukuran utama lubang cahaya efektif, sehingga H/D dan L/D dapat ditetapkan.
 - (b). kemudian dihitung berapa prosen bagian-bagian yang dilihat dari titik ukur itu yang tidak tembus cahaya.

- (c). Faktor langit yang dapat dikalikan dengan $(100 - a)$ % dimana a adalah bagian yang tidak tembus cahaya. Harga tersebut merupakan harga faktor langit yang telah dikoreksi untuk bagian-bagian yang tidak tembus cahaya.
- d) Penghalang cahaya lainnya yang berupa bagian dari bangunan itu sendiri seperti :
- 1) tebal dinding atau bagian bangunan yang menonjol.
 - 2) bagian atas lubang cahaya efektif yang dibatasi oleh teritisan dan lain-lain.
- e) Bangunan lain yang berada di hadapan lubang cahaya umumnya akan membatasi bagian bawah dari lubang cahaya efektif. Apabila pada saat perancangan bangunan belum ada bangunan lain di sekitarnya, sedangkan dalam rencana kota akan dibangun bangunan lain maka hal ini harus dipertimbangkan pada saat perancangan bangunan.
- f) Tanaman dapat merupakan penghalang cahaya karena hal ini sukar sekali untuk diperkirakan maka pengaruhnya sering tidak diperhitungkan. Untuk memperhitungkan hal ini dianjurkan dalam perancangan diambil nilai faktor langit 10% sampai 20% lebih tinggi dari persyaratan yang diberikan. Juga dianjurkan pohon-pohon yang tinggi dan rindang jangan ditanam tertampau dekat pada bangunan.
- g) Distribusi cahaya dalam ruangan
- Kualitas pencahayaan alami siang hari dalam suatu ruangan dapat dikatakan baik apabila :
- 1) tingkat pencahayaan yang minimal dibutuhkan selalu dapat dicapai atau dilampaui tidak hanya pada daerah-daerah di dekat jendela atau lubang cahaya tetapi untuk ruangan secara keseluruhan.
 - 2) tidak terjadi kontras antara bagian yang terang dan gelap yang terlalu tinggi (40:1) sehingga dapat mengganggu penglihatan
- h). Untuk meningkatkan kualitas pencahayaan alami siang hari di dalam ruangan perlu diperhatikan petunjuk-petunjuk di bawah ini :
- 1). apabila kondisi bangunan memungkinkan, hendaknya ruangan dapat menerima cahaya lebih dari satu arah. Hal ini akan membantu meratakan distribusi cahaya dan mengurangi kontras yang mungkin terjadi.
 - 2). untuk memanfaatkan sebaik-baiknya pemasukan cahaya alami ke dalam ruangan, hendaknya permukaan ruangan bagian dalam menggunakan warna yang cerah.
 - 3). vitrase (gorden transparan) dapat membantu membaurkan cahaya, tetapi juga mengurangi cahaya yang masuk. Pengurangan cahaya dapat mencapai 50% atau lebih, tergantung pada bahan yang digunakan.
 - 4). kasa nyamuk dapat mengurangi banyaknya arus cahaya yang masuk sekurang-kurangnya 15%.

- 5). penggunaan kaca khusus untuk mengurangi radiasi termal sebaiknya tidak mengurangi cahaya yang masuk.

6 Pengujian dan pemeliharaan.

6.1 Pengujian.

Pengujian pencahayaan alami siang hari dimaksudkan menguji dan atau menilai/ memeriksa kondisi pencahayaan alami siang hari pada bab 4. Pengujian dilakukan dengan mengukur atau memeriksa :

- a). Tingkat pencahayaan.
- b). Indeks kesilauan.

6.1.1 Tingkat Pencahayaan.

- a). Ukur tingkat pencahayaan di Titik Ukur Utama (TUU), Titik Ukur Samping (TUS), Titik di luar ruangan di tempat terbuka dan pengukuran dilakukan pada waktu yang bersamaan.
- b). Hitung faktor langit di TUU dan TUS.
- c). Bandingkan hasil perhitungan pada butir b dengan ketentuan pada bab 4.

6.1.2 Indeks Kesilauan.

Silau terjadi diakibatkan oleh masuknya cahaya matahari langsung atau adanya pantulan dari benda-benda reflektif. Faktor-faktor yang mempengaruhi silau adalah luminansi sumber cahaya, posisi sumber cahaya terhadap penglihatan pengamat dan adanya kontras pada permukaan bidang kerja.

Nilai Indeks Kesilauan maksimum yang direkomendasikan untuk berbagai tugas visual diberikan pada tabel 7. Nilai Indeks Kesilauan dapat dihitung dengan rumus-rumus yang ada pada *CIBSE Publication TM 10*.

(CIBSE = Chartered Institution of Building Services Engineering)

**Tabel 7.: Nilai Indeks Kesilauan Maksimum
Untuk Berbagai Tugas Visual dan Interior**

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

6.2 Pemeliharaan.

Pada pencahayaan alami siang hari sebagai sumber masuknya cahaya ke dalam ruangan adalah lubang cahaya. Pemeliharaan yang perlu dilakukan adalah menghindarkan adanya penghalang yang dapat mengurangi terang langit yang masuk ke dalam ruangan dan membersihkan kaca-kaca.

Apendiks

A1 Perhitungan pencahayaan alami siang hari.

A1.1 Contoh Perhitungan Faktor Langit

Perhitungan faktor langit berdasarkan Tabel 4 hubungan faktor langit sebagai fungsi H/D dan L/D sebagai berikut :

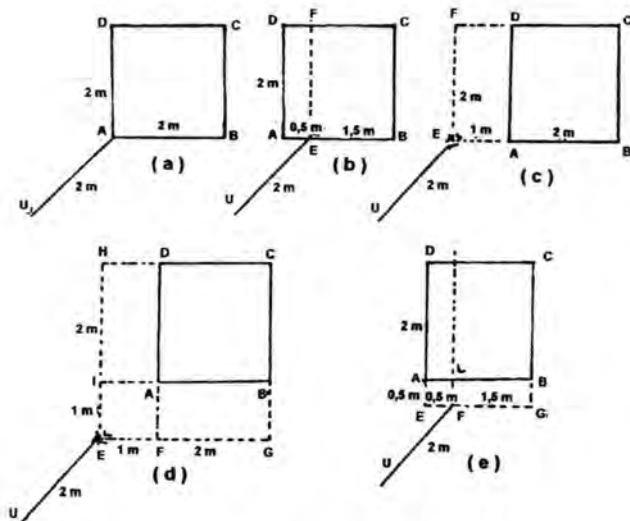
- 1) lubang ABCD : Lebar 2 m, tinggi 2 m
 titik ukur U : 2 meter ke dalam, posisi lihat gambar 8 (a)
 didapat : (1) lubang cahaya ABCD,
 $D = 2 \text{ m}, H = 2 \text{ m}, L = 2 \text{ m}$
 (2) $H/D = 1, L/D = 1$
 (3) menurut Tabel 4, faktor langit untuk U adalah 5,57%.
- 2) lubang ABCD : Lebar 2 m, tinggi 2 m
 titik ukur U : 2 m ke dalam, posisi lihat gambar 8 (b)
 didapat : (1) lubang cahaya dianggap terdiri atas lubang-lubang
 $AEFD$ dengan $H/D = 1$ dan $L/D = 0,25$
 $ABCF$ dengan $H/D = 1$ dan $L/D = 0,75$
 (2) menurut Tabel 4, faktor langit untuk U adalah :
 $AEFD = 1,93\%$
 $EBCF = 4,75\%$
 $\quad\quad\quad +$
 $ABCD = 6,68\%$
 =====

Untuk memperoleh angka-angka faktor langit dilakukan interpolasi.

- 3) lubang ABCD : Lebar 2 m, tinggi 2 m
 titik ukur U : 2 m ke dalam, posisi lihat gambar 8 (c)
 didapat : (1) Lubang cahaya dianggap terdiri atas lubang-lubang :
 $EBCF$ dengan $H/D = 1,0$ dan $L/D = 1,15$ dikurangi
 $EADF$ dengan $H/D = 1,0$ dan $L/D = 0,5$

(2) menurut tabel 4, faktor langit untuk U adalah :

$$\begin{aligned} \text{EBCF} &= 6,47\% \\ \text{EADF} &= 3,56\% \\ &+ \\ \text{ABCD} &= 2,91\% \end{aligned}$$



Gambar 8 : Posisi titik ukur.

- 4) lubang ABCD : Lebar 2 m, tinggi 2 m
titik ukur U : 2 m ke dalam, posisi lihat gambar 8 (d)
didapat : (1) Lubang cahaya dianggap terdiri atas lubang-lubang :
- EGCH dengan $H/D = 1,5$ dan $L/D = 1,5$ dikurangi
 - EFDH dengan $H/D = 1,5$ dan $L/D = 0,5$ dikurangi
 - EGBI dengan $H/D = 0,5$ dan $L/D = 1,5$ ditambah
 - EFAI dengan $H/D = 0,5$ dan $L/D = 0,5$

(2) menurut Tabel 4, faktor langit untuk U adalah :

EGCH	= 9,52 %
EFDH	= 4,99 %
<hr/>	
	= 4,53 %
EGBI	= 2,40 %
<hr/>	
	= 2,13 %
EFAI	= 1,39 %
<hr/>	
ABCD	= 3,52 %
<hr/>	
=====	

- 5) lubang ABCD : Lebar 2 m, tinggi 2 m
titik ukur U : 2 m ke dalam, posisi lihat gambar 8 (e)
didapat : (1) Lubang cahaya dianggap terdiri atas lubang-lubang :

FGCI dengan H/D = 1,25 dan L/D = 0,75 ditambah

FEDI dengan H/D = 1,25 dan L/D = 0,25 dikurangi

FGBH dengan H/D = 0,25 dan L/D = 0,75 dikurangi

FEAH dengan H/D = 0,25 dan L/D = 0,25

(2) menurut Tabel 4, faktor langit untuk U adalah :

FGCI	= 5,75 %
FEDI	= 2,30 %
<hr/>	
	= 8,05 %
FGBH	= 0,55 %
<hr/>	
	= 7,50 %
FEAH	= 0,23 %
<hr/>	
ABCD	= 7,27 %
<hr/>	
=====	

A1.2 Contoh Perhitungan Untuk Perencanaan.

Perhitungan untuk perancangan pencahayaan alami siang hari dari suatu sudut ruangan sebagai berikut :

- 1). Ukuran ruang duduk : panjang 6 m, lebar 5 m

Titik-titik ukur utama pada 2 m.

Persyaratan berdasarkan bab 5 :

fi untuk TUU : $0,35 d = 1,75\%$

fi untuk TUS : $0,16 d = 0,80\%$

Koreksi dari kusen jendela = 30%

fi di TUU menjadi 2,5%

fi di TUS menjadi 1,15%

Karena letak jendela simetris ke arah melebar (ke kiri dan ke kanan), maka :

fi di masing-masing TUU = 1,25%

fi di TUS = 1,15%

- 2). harga faktor langit tersebut dapat diperoleh dengan ukuran jendela dengan kombinasi sebagaimana tercantum pada tabel 8.

Tabel 8 : Harga Faktor Langit berdasarkan ukuran jendela

H/D	L/D	Lubang cahaya atau jendela		
		Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (m ²)
1,9	0,1	0,40	3,80	1,52
0,82	0,2	0,80	1,64	1,31
0,62	0,3	1,20	1,24	1,49
0,52	0,4	1,60	1,04	1,6
0,47	0,5	2,00	0,94	2,98

- 3). bila diperhatikan adanya penghalang cahaya oleh bangunan-bangunan di seberang jalan. Dimisalkan jarak antara titik ukur dan titik-titik dari bangunan di seberang jalan rata-rata 30 m dan lingginya di atas bidang kerja = 9 m, maka ini berarti bahwa bagian lubang sampai H/D = 0,3 tidak memberikan jalan kepada cahaya langsung dari langit.

Dalam hal ini hasilnya akan sebagaimana tercantum pada tabel 9.

Tabel 9 : Harga Faktor Langit berdasarkan ukuran jendela

H/D	L/D	Lubang cahaya atau jendela		
		Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (m ²)
2,58	0,1	0,40	5,16	2,06
0,97	0,2	0,80	1,94	1,55
0,74	0,3	1,20	1,48	1,78
0,65	0,4	1,60	1,30	2,08
0,59	0,5	2,00	1,18	2,36

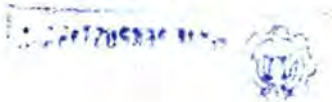
- 4). Untuk memenuhi ketentuan yang berlaku untuk Titik Ukur Samping, hanya dibutuhkan kurang lebih untuk masing-masing jendela di samping seluas 50% dari yang di tengah. Hal ini berlaku, apabila pengaruh dari jendela tengah untuk Titik-titik Ukur Samping sama sekali tidak diperhitungkan.
- 5). Untuk memenuhi sekaligus kedua ketentuan menurut perhitungan dapat diambil satu jendela simetris terhadap Titik Ukur Utama dengan ukuran :

Lebar 4,00 m, tinggi 1,10 m, luas 4,40 m² atau Lebar 3,50 m, tinggi 1,20 m, Luas 4,20 m² atau Lebar 3,00 m, tinggi 1,40 m, Luas 4,20 m².

Kemungkinan di atas hanya sebagai contoh saja, karena masih banyak kombinasi-kombinasi lain yang mungkin. Dalam perhitungan-perhitungan ini, selalu diambil sebagai bagian terendah dari jendela adalah tinggi bidang kerja (0,75 m dari lantai).

Bibliografi

- a). SNI. No. 03-2396-1991 : Tata cara perancangan Penerangan alami siang hari untuk rumah dan gedung.
- b). Natuurkundige Grondslagen Voor Bouwvoorschriften, 1951, Deel 11, "Dagverlichting Van Woningen (NBG II 1951).
- c). Hopkinson (et.al), 1966, Daylighting, London.
- d). Adhiwiyogo. M.U, 1969 ; Selection of the Design Sky for Indonesia based on the Illumination Climate of Bandung. Symposium of Enviromental Physics as Applied to Building in the Tropics.





Philips Energy Advantage
T8 25W Extra Long
Life Lamps featuring
ALTO II™ Technology

*Ideal for applications
where energy savings and
longer relamp cycles would
be beneficial*

T8 COLLECTION

Alto II™ 

**ALTO II™ means 50%
less mercury than the
original ALTO T8 lamps!**

† Original Z, F and P T8 lamps featuring ALTO™
Lamp Technology had 3.5mg of mercury. New Z, F
and P T8 lamps featuring ALTO II™ Technology
have 1.8mg of mercury.

Energy savings, extra long life, extra low mercury

Philips Energy Advantage T8 25W Extra Long Life lamps
are an industry first. These lamps offer high energy savings,
are environmentally responsible and have extra long life.

Outstanding energy savings

- Save 7 watts per lamp instantly when compared to a 32W T8 lamp
- Save \$28 in energy costs over the rated average life of the lamp*
- Operates on any Instant Start and Programmed Start Ballast†

Extra long life

- Significantly reduce maintenance and recycling costs by extending the relamping cycle
- Up to 67% longer life than an industry standard T8 lamp*
- Warranty period: 48 months

Better for the environment

- Only 1.7mg of mercury with ALTO II™ Technology
- Reduced impact on the environment without sacrificing performance

* See back of page for footnotes.

PHILIPS
sense and simplicity

Philips Energy Advantage T8 25W Extra Long Life Lamps featuring ALTO II™ Technology

Ordering, Electrical and Technical Data

Product Number	Ordering Code	Watts	Peak Qty.	Color Temp. (Kelvin)	Nom. Length (In.)	Rated Average Life (Hrs) ¹		Approx. Initial Lumens ²	Design Lumens ³	CRI	Lumen Maint.
						12 hr on / 12 hr off	3 hr on / 3 hr off				
15206-4	F32T8/ADVB830XLL/ALTO	25	25	3000	48	40,000	46,000	2400	2330	85	97%
15207-4	F32T8/ADVB835XLL/ALTO	25	25	3500	48	40,000	46,000	2400	2330	85	97%
15208-2	F32T8/ADVB410XLL/ALTO	25	25	4100	48	40,000	46,000	2400	2330	85	97%
15209-0	F32T8/ADVB850XLL/ALTO	25	25	5000	48	40,000	46,000	2350	2280	85	97%

1) Average life under engineering data with lamps turned off and restarted once every 12 operating hours.

2) Approximate initial lumens. The lamp lumen output is based upon lamp performance after 100 hours of operating life, when the output is measured during operation on a reference ballast under standard laboratory conditions. For specified lamp lumen output, commercial ballast manufacturers can advise the appropriate ballast factor for each of their ballasts when they are informed of the designated lamp. The ballast factor is a multiplier applied to the designated lamp lumen output.

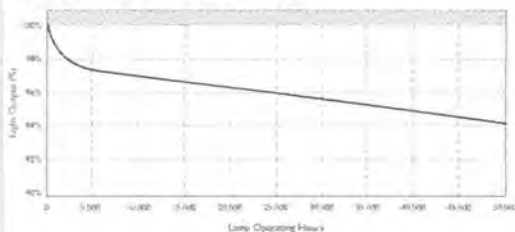
3) Design lumens are the approximate lamp lumen output at 40% of the lamp's rated average life. This output is based upon measurements obtained during lamp operation on a reference ballast under standard laboratory conditions.

4) Lamp meets US Federal Premium Efficiency Standards.

5) This lamp is better for the environment because of its reduced mercury content. All Philips ALTO II™ lamps give you end-of-life options which can simplify and reduce your lamp disposal costs depending on your state and local regulations.

97% Lumen Maintenance

Philips Energy Advantage T8 25W XLL Lamps



Rated Average Life

Philips Energy Advantage T8 25W XLL Lamps

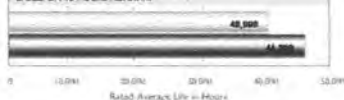
Instant Start Ballast

Programmed Start Ballast

BASED ON 3 HOURS PER START¹



BASED ON 12 HOURS PER START¹



1) Average life under specified test conditions with lamps turned off and restarted no more frequently than once every 12 operating hours. Lamp life is appreciably longer if lamps are started less frequently.

Footnotes from page:

* Based on wattage savings (7w) vs rated average life (10,000 hours) vs kWh rate (\$.10).

† Starting voltage should be equal to or greater than 202V. These lamps are not recommended for use where the temperature is below 0°C. Situations may occur where air movement is present in fixture. For best operation, use ballast with anti-rotation capability.

‡ When compared to an industry standard 4' T8 30W lamp with 20,000 hours rated average life (12 hours per start on an instant start ballast) with 2800 lumens and 75 CRI.



Specifications are subject to change without notice.
© 2007 Philips Lighting Company. All rights reserved.
Printed in USA 06/07

P-5793-B

www.philips.com

Philips Lighting Company
200 Franklin Square Drive
P.O. Box 6800
Somerset, NJ 08875-6800
1-800-555-0050

A Division of Philips Electronics North America Corporation

Philips Lighting
281 Hillmount Road
Markham, Ontario
Canada L6C 2S3
1-800-555-0050

A Division of Philips Electronics Ltd.

Printed on chlorine free paper from 100% Fibre Paper mills, who are accredited with FSC's environmental certification. Soap chems that the pulp used in the manufacture of Magna Dull paper is derived from environmentally certified forests.



Philips Energy Advantage
T8 Lamps featuring
ALTO II™ Technology

*Ideal for applications
requiring maximum
energy savings*

T8 COLLECTION

ALTO II™



**ALTO II™ means 50%
less mercury than the
original ALTO T8 lamps!**

† Original T8 and T10 lamps featuring ALTO™ Lamp Technology had 3.5mg of mercury. New T8 and T10 lamps featuring ALTO II™ Technology have 1.7mg of mercury.

Energy savings, extra low mercury

Philips Energy Advantage T8 lamps offer high energy savings in an environmentally responsible lamp.

Outstanding energy savings

- Save 7 watts per lamp instantly when compared to a 32W T8 lamp
- Save \$21 in energy costs over the rated average life of the lamp*
- Operates on any Instant Start and Programmed Start Ballast[†]

Extended life

- Reduce maintenance costs by extending the relamping cycle
- Warranty period: 30 months

Better for the environment

- Only 1.7mg of mercury with ALTO II™ Technology
- Reduced impact on the environment without sacrificing performance

(*). See back of page for footnotes

PHILIPS
sense and simplicity

Philips Energy Advantage T8 Lamps featuring ALTO II™ Technology

Ordering, Electrical and Technical Data

Product Number	Ordering Code	Watts	Peak Qty	Color Temp. (Kelvin)	Nom. Length (in.)	Rated Average Life (hrs) ¹	Approx. Initial Lumens ²	Design Lumens ³	CRI	Lumen Maint. ⁴	
● 13781-0	F32T8/ADVB30/XEW/ALTO	25	25	3000	48	30,000	36,000	2500	2425	85	97%
● 13782-8	F32T8/ADVB35/XEW/ALTO	25	25	3500	48	30,000	36,000	3500	2425	85	97%
● 13783-4	F32T8/ADVB41/XEW/ALTO	25	25	4100	48	30,000	36,000	3500	2425	85	97%
● 13784-4	F32T8/ADVB50/XEW/ALTO	25	25	5000	48	30,000	36,000	2400	2330	85	97%
● 14732-2	F32T8/ADVB30/EW/ALTO	28	25	3000	48	30,000	36,000	2725	2645	85	97%
● 14733-0	F32T8/ADVB35/EW/ALTO	28	25	3500	48	30,000	36,000	2725	2645	85	97%
● 14734-8	F32T8/ADVB41/EW/ALTO	28	25	4100	48	30,000	36,000	2725	2645	85	97%
● 14735-5	F32T8/ADVB50/EW/ALTO	28	25	5000	48	30,000	36,000	2675	2595	85	97%
● 14771-0	F32T8/ADVB30/EW/ALTO	30	25	3000	48	30,000	36,000	2850	2765	85	97%
● 14772-8	F32T8/ADVB35/EW/ALTO	30	25	3500	48	30,000	36,000	2850	2765	85	97%
● 14773-6	F32T8/ADVB41/EW/ALTO	30	25	4100	48	30,000	36,000	2850	2765	85	97%
● 14774-4	F32T8/ADVB50/EW/ALTO	30	25	5000	48	30,000	36,000	2800	2715	85	97%

1) Power up, fire, trade, engineering data with lamps turned off and restarted once every 11 operating hours.

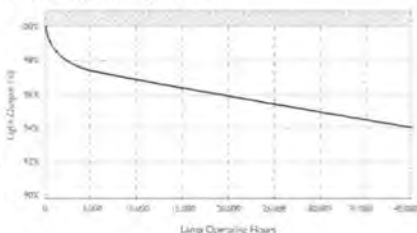
2) Approximate initial lumens. The lamp lumen output is based upon lamp performance after 100 hours of operating life when the output is measured during operation on a reference ballast under standard laboratory conditions for expected lamp lumen output, commercial ballast manufacturers can achieve the appropriate ballast factor for each of their ballasts when they are intended of the designated lamp. The ballast factor is a multiplier applied to the designated lamp lumen output.

3) Design lumens are the approximate lamp lumen output at 40% of the lamp's rated average life. The output is based upon measurements obtained during lamp operation on a reference ballast under standard laboratory conditions.

4) Lamp meets US Federal Minimum Efficiency Standards.

● This lamp is better for the environment because of its reduced mercury content. All Philips ALTO II lamps give you end-of-life options which can simplify and reduce your lamp disposal costs depending on your state and local regulations.

97% Lumen Maintenance Philips Energy Advantage T8 Lamps



Rated Average Life Philips Energy Advantage T8 Lamps



1) Average life under specified test conditions with lamps turned off and restarted no more frequently than once every 3 operating hours. Lamp life is appreciably longer if lamps are started less frequently.

Footnotes from this page:

* Based on wattage savings (7%) at rated average life (30,000 hours) at 4W/ft rate (5.40).

† Starting voltage should be equal to or greater than 50VAC. These lamps are not recommended for use where the temperature is below or below 40°F. Situations may occur where air movement is present in fixture. For best operation, use ballast with anti-rotation circuitry.



Specifications are subject to change without notice.
© 2007 Philips Lighting Company. All rights reserved.
Printed in USA 06/07

P-5782-B

www.philips.com

Philips Lighting Company
200 Franklin Square Drive
P.O. Box 6800
Somerset, NJ 08875-6800
1-800-555-0050

A Division of Philips Electronics North America Corporation

Philips Lighting
281 Hillmount Road
Markham, Ontario
Canada L3C 2S3
1-800-555-0050

A Division of Philips Electronics Ltd.

Printed on chlorine-free paper from 100% Post Consumer Waste, which are accredited with EMAS environmental certification. Sappi claims that the pulp used in the manufacture of Magna Dull paper is derived from environmentally certified forests.



Philips T8 Lamps featuring
ALTO II™ Technology

*Ideal for applications
requiring maximum
maintained light output*

T8 COLLECTION

Alto II™ 

**ALTO II™ means 50%
less mercury than the
original ALTO T8 lamps†**

† Original 2, 3 and 4" T8 lamps featuring ALTO™
Lamp Technology had 3.5mg of mercury. New 2, 3
and 4" T8 lamps featuring ALTO II™ Technology
have 1.7mg of mercury.

Extra low mercury

Philips T8 lamps are environmentally responsible.

Extended life

- Reduce maintenance costs by extending the relamping cycle
- Warranty period: 30 months

Outstanding lumen performance

- 95% lumen maintenance and reduced lamp-end blackening

Better for the environment

- Only 1.7mg of mercury with ALTO II™ Technology
- Reduced impact on the environment without sacrificing performance

PHILIPS
sense and simplicity

Philips T8 Lamps featuring ALTO II™ Technology

Ordering, Electrical and Technical Data

Product Number	Ordering Code	Watts	Pack Qty	Color Temp. (Kc-Inv)	Nom. Length (In.)	Rated Average Life (hrs) ¹⁾ [3-hr on / 1-min off]	Approx. Initial Lumens ²⁾ [3-hr on / 1-min off]	Design Lumens ³⁾	CRI	Lumen Maint.	
36787-0	F1778/TL830/ALTO	17	25	3000	24	30,000	34,000	1400	1330	85	95%
36791-2	F1778/TL835/ALTO	17	25	3500	24	30,000	36,000	1400	1330	85	95%
36793-8	F1778/TL841/ALTO	17	25	4100	24	30,000	36,000	1400	1330	85	95%
14123-4	F1778/TL850/ALTO	17	25	5000	24	30,000	36,000	1325	1260	82	95%
36807-6	F1778/TL730/ALTO	17	25	3000	24	30,000	36,000	1325	1260	78	95%
36808-4	F1778/TL735/ALTO	17	25	3500	24	30,000	36,000	1325	1260	78	95%
36812-6	F1778/TL741/ALTO	17	25	4100	24	30,000	36,000	1325	1260	78	95%
36813-4	F2578/TL830/ALTO	25	25	3000	36	30,000	36,000	2225	2115	85	95%
36814-2	F2578/TL835/ALTO	25	25	3500	36	30,000	36,000	2225	2115	85	95%
36825-8	F2578/TL841/ALTO	25	25	4100	36	30,000	36,000	2225	2115	85	95%
14124-2	F2578/TL850/ALTO	25	25	5000	36	30,000	36,000	2150	2040	82	95%
36826-6	F2578/TL730/ALTO	25	25	3000	36	30,000	36,000	2125	2020	78	95%
36828-2	F2578/TL735/ALTO	25	25	3500	36	30,000	36,000	2125	2020	78	95%
36829-0	F2578/TL741/ALTO	25	25	4100	36	30,000	36,000	2125	2020	78	95%
24667-8	F3278/TL830/ALTO	32	25	3000	48	30,000	36,000	2950	2800	85	95%
24670-2	F3278/TL835/ALTO	32	25	3500	48	30,000	36,000	2950	2800	85	95%
24671-0	F3278/TL841/ALTO	32	25	4100	48	30,000	36,000	2950	2800	85	95%
27229-4	F3278/TL850/ALTO	32	25	5000	48	30,000	36,000	2850	2700	82	95%
27252-6	F3278/TL730/ALTO	32	25	3000	48	30,000	36,000	2800	2660	78	95%
27249-2	F3278/TL735/ALTO	32	25	3500	48	30,000	36,000	2800	2660	78	95%
27246-4	F3278/TL741/ALTO	32	25	4100	48	30,000	36,000	2800	2660	78	95%
38351-3	F3278/TL741/ALTO	32	10	4100	48	30,000	36,000	2800	2660	78	95%
27268-2	F3278/TL750/ALTO	32	25	5000	48	30,000	36,000	2700	2545	78	95%

1) Average life under engineering data with lamps turned off and restarted once every 12 operating hours.

2) Approximate initial lumens. The lamp lumen output is based upon lamp performance after 100 hours of operating life, when the output is measured during operation on a reference ballast under standard laboratory conditions. For expected lamp lumen output, commercial ballast manufacturers can advise the appropriate ballast factor for each of their ballasts when they are informed of the designated lamp. The ballast factor is a multiplier applied to the designated lamp lumen output.

3) Design lumens are the approximate lamp lumen output at 80% of the lamp's rated average life. This output is based upon measurements obtained during lamp operation on a reference ballast under standard laboratory conditions.

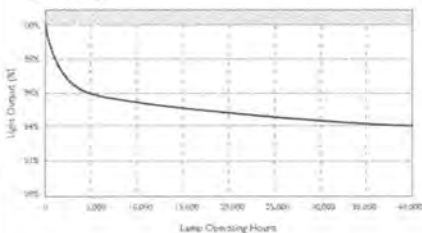
* IS anticipated first lamp will be available 1 Quarter 1, 2008.

Ø lamp meets IES Initial Minimum Efficiency Standard.

● This lamp is better for the environment because of its reduced mercury content. All Philips ALTO II lamps give you energy-efficient options which can simplify and reduce your lamp disposal costs depending on your state and local regulations.

95% Lumen Maintenance

Philips T8 Lamps



Rated Average Life

Philips T8 Lamps

Instant Start Ballast Programmed Start Ballast



Rated Average Life in Hours

*) Average life under specified test conditions with lamps turned off and restarted no more frequently than once every 12 operating hours. Lamp life is appreciably longer if lamps are started less frequently.



Specifications are subject to change without notice.
© 2007 Philips Lighting Company. All rights reserved.
Printed in USA 06/07

P-5338-G

www.philips.com

Philips Lighting Company
200 Franklin Square Drive
P.O. Box 6800
Somerset, NJ 08875-6800
1-800-555-0050

A Division of Philips Electronics North America Corporation

Philips Lighting
281 Hillmount Road
Markham, Ontario
Canada L6C 2S3
1-800-555-0050

A Division of Philips Electronics Ltd.

Printed on chlorine free paper from Super Fine Paper mills, who are accredited with EMAS environmental certification. Super claims this pulp used in the manufacture of Philips Dull paper is derived from environmentally certified forests.

GE - Olympic Worldwide Partner

GE Lighting

Commercial Products & Solutions

[SITE SEARCH](#)

[HOME](#)

[PRODUCTS](#)

[EDUCATION / RESOURCES](#)

[LIGHTING APPLICATIONS](#)

[Where to Buy](#) | [FAQs](#) | [Contact Us](#) | [EliteNet](#)



GE
Lighting

WORLDWIDE PARTNER

Commercial Products & Solutions

[SITE SEARCH](#)

[HOME](#)

[PRODUCTS](#)

[EDUCATION / RESOURCES](#)

[LIGHTING APPLICATIONS](#)

[Where to Buy](#) | [FAQs](#) | [Contact Us](#) | [EliteNet](#)

[Products](#) > [Linear Fluorescent](#) > [Straight Linear](#) > [T8](#)

Products 1-10 of 232

[1](#) [2](#) [3](#) [4](#) [5](#)

232 products match your selections

Sort By: [Select](#)

Narrow Your Results

COMPARE

up to 4 items **Product**

Bulb Base Watts Details

Our Brands

[Ecolux®](#)
[UltraMax™](#)
[Watt-Miser®](#)
[covRguard®](#)

[GE Cool White Starcoat® T8](#)
PC: [10098](#)
Desc: [F13T8/CW](#)

T8 Medium Bi-Pin (G13) 13

Initial Lumens 565
Mean Lumens 480
Rated Life 7500 hrs
Nominal length 12 in (304.8 mm)
Color Temperature 4100 K
Color Rendering Index (CRI) 60

[View larger](#)

Applications

[Appliance](#)
[Blacklight Blue](#)
[Blacklight](#)
[Cold Temperature](#)
[Colored Lamp](#)
[Freshwater](#)
[Aquarium](#)
[Germicidal](#)
[Gold UV Blocking](#)
[Kitchen & Bath](#)
[Plant](#)
[See more options](#)

[GE Cool White covRguard® T8 - Shatter-Resistant](#)

T8 Medium Bi-Pin (G13) 13

Initial Lumens 545
Rated Life 7500 hrs
Nominal length 12 in (304.8 mm)
Color Temperature 4100 K
Color Rendering Index (CRI) 60

PC: [41109](#)
Desc: [F13T8/CW/CSVG](#)

[View larger](#)

Energy-Saving

[Yes](#)
[No](#)

Base

[Medium Bi-Pin \(G13\)](#)
[Medium Bi-Pin](#)

(G23)
 Recessed Double
 Contact (R17d)
 Single Pin (Fa8)

Nominal Overall Length

- [12.0](#)
- [14.0](#)
- [15.0](#)
- [18.0](#)
- [22.0](#)
- [24.0](#)
- [28.0](#)
- [30.0](#)
- [36.0](#)
- [48.0](#)

[See more options](#)

Wattage

- [11 - 20](#)
- [21 - 30](#)
- [31 - 40](#)
- [41 - 60](#)
- [61 - 100](#)

Color Rendering Index (CRI)

- [31 - 60](#)
- [61 - 70](#)
- [71 - 80](#)
- [81 - 90](#)
- [91 & above](#)

Color Temperature

- [0 - 3000](#)
- [3001 - 4000](#)
- [4001 - 6000](#)
- [6001 and above](#)


[START A NEW SEARCH](#)

<p>View larger</p> <p>[LFL]</p>	<p>GE T8 - Freshwater Aquarium PC: 41373 Desc: F14T8/AR/FR 6PK</p>	<p>T8 Medium 14 Bi-Pin (G13)</p> <p>Initial Lumens 425 Rated Life 7500 hrs Color Temperature 4000 K Color 92 Rendering Index (CRI)</p>
<p>View larger</p> <p>[LFL]</p>	<p>GE T8 - Saltwater Aquarium, Freshwater Aquarium PC: 40903 Desc: F14T8/AR /FS/6PK</p>	<p>T8 Medium 14 Bi-Pin (G13)</p> <p>Initial Lumens 550 Rated Life 7500 hrs Color Temperature 9325 K Color 64 Rendering Index (CRI)</p>
<p>View larger</p> <p>[LFL]</p>	<p>GE T8 - Saltwater Aquarium PC: 41375 Desc: F14T8/AR/SA 6PK</p>	<p>T8 Medium 14 Bi-Pin (G13)</p> <p>Initial Lumens 190 Rated Life 7500 hrs Color Temperature 10000 K Color 62 Rendering Index (CRI)</p>
<p>View larger</p> <p>[LFL]</p>	<p>GE Cool White Starcoat® T8 PC: 10104 Desc: F14T8/CW</p>	<p>T8 Medium 14 Bi-Pin (G13)</p> <p>Initial Lumens 685 Mean Lumens 580 Voltage 45 Rated Life 7500 hrs Nominal length 15 in (381 mm) Color Temperature 4100 K Color 60 Rendering Index (CRI) ANSI Code 2006-1</p>
<p>View larger</p> <p>[LFL]</p>	<p>GE T8 - Terrarium PC: 41377 Desc: F14T8/SR 6PK</p>	<p>T8 Medium 14 Bi-Pin (G13)</p> <p>Initial Lumens 565 Rated Life 7500 hrs Color Temperature 5000 K Color 90 Rendering Index (CRI)</p>
<p>View larger</p>	<p>GE T8 - Freshwater Aquarium PC: 22907 Desc: F15T8/AR/FR 6PK</p>	<p>T8 Medium 15 Bi-Pin (G13)</p> <p>Initial Lumens 425 Voltage 55 Rated Life 7500 hrs Color Temperature 4000 K</p>

[LFL]				Color Rendering Index (CRI)	92
View larger	GE T8 - Saltwater Aquarium, Freshwater Aquarium PC: 22910 Desc: F15T8/AR/FS 6PK	T8	Medium Bi-Pin (G13)	15	Initial Lumens 675 Voltage 55 Rated Life 7500 hrs Color Temperature 9325 K Color Rendering Index (CRI) 64

[LFL]				Color Rendering Index (CRI)	62
View larger	GE T8 - Saltwater Aquarium PC: 22920 Desc: F15T8/AR/SA 6PK	T8	Medium Bi-Pin (G13)	15	Initial Lumens 210 Voltage 55 Rated Life 7500 hrs Color Temperature 10000 K Color Rendering Index (CRI) 62

- [\[INC\]](#) INCANDESCENT | [\[HAL\]](#) HALOGEN | [\[CFL\]](#) COMPACT FLUORESCENT
[\[LFL\]](#) FLUORESCENT | [\[MIN\]](#) MINIATURE | [\[HID\]](#) HIGH INTENSITY DISCHARGE
[\[SB\]](#) SEALED BEAM

 COMPARE
 up to 4 items

Products 1-10 of 232
[1](#) [2](#) [3](#) [4](#) [5](#)
[Return To Top](#)

[Home](#) | [Products](#) | [EliteNet](#) | [Education/Resources](#) | [Lighting Applications](#) | [Where to Buy](#) | [FAQs](#) | [Contact Us](#) | [Site Map](#)

[Products for Your Home](#) | [Press Room](#) | [Corporate](#) | [Investor Information](#) | [Privacy Policy](#) | [Accessibility Statement](#) | [Terms of Use](#)

Copyright General Electric Company 1997-2009

[Home](#) | [Products](#) | [EliteNet](#) | [Education/Resources](#) | [Lighting Applications](#) | [Where to Buy](#) | [FAQs](#) | [Contact Us](#) | [Site Map](#)

[Products for Your Home](#) | [Press Room](#) | [Corporate](#) | [Investor Information](#) | [Privacy Policy](#) | [Accessibility Statement](#) | [Terms of Use](#)

Copyright General Electric Company 1997-2009