

Fisika 1 **Bangunan**

Pencahayaan Alami & Pencahayaan Buatan

PROF. DR. IR. ERNI SETYOWATI, MT

2022

BUKU AJAR

FISIKA BANGUNAN 1

PROGRAM STUDI S1 ARSITEKTUR
DEPARTEMEN ARSITEKTUR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO

Pencahayaannya Alami & Pencahayaannya Buatan

ERNI SETYOWATI

APRIL, 2022
ISBN: 978-623-88048-1-8 (PDF)

PENGANTAR DARI DEKAN

Puji syukur kami panjatkan ke Hadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayahnya kepada para akademisi, peneliti, dosen, mahasiswa dalam melaksanakan kegiatan perkuliahan di Perguruan Tinggi. Sebagai Pimpinan Fakultas Teknik, kami selalu mendorong para dosen untuk terus meningkatkan mutu akademik dan riset.

Pendidikan Tinggi sebagai bagian dari sistem Pendidikan Nasional disamping kewajiban Tri Dharma lainnya yaitu penelitian dan pengabdian kepada masyarakat. Salah satu luaran bidang penelitian yang menunjang kegiatan akademik adalah penulisan buku teks maupun buku ajar.

Buku ini merupakan rekam jejak penulis dalam melaksanakan tugas mengajar pada Mata Kuliah Fisika Bangunan I dan aktif melakukan penelitian dengan topik yang sama. Dengan terbitnya buku ajar berjudul: “***Pencapaian Alami dan Pencapaian Buatan***” ini, maka diharapkan perkembangan ilmu Fisika Bangunan sebagai pendukung mata kuliah Perancangan Arsitektur akan semakin berkualitas.

Sekali lagi, kami selalu bersyukur jika kualitas pendidikan didorong menjadi semakin baik, semakin berkembang. Akhir kata, semoga buku ini bermanfaat serta memberikan api semangat bagi dosen dan peneliti di Perguruan Tinggi untuk terus berkarya dan menulis, meneliti dan mengembangkan keilmuan.

April, 2022
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro

Prof.Ir. M. Agung Wibowo, M,MSc,PhD

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis menyelesaikan Buku Ajar Fisika Bangunan I ini. Buku ini berisi tentang pencahayaan alami dan pencahayaan buatan. Materi pencahayaan alami disusun mengacu pada materi SNI 03-2396-2001 tentang Tatacara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung. Untuk memperjelas materi pencahayaan alami pada bangunan, maka bagian ini membahas berturut-turut pengertian sinar dan cahaya, diagram matahari dan jam matahari, penentuan letak orientasi bangunan, pembayangan dan disain bukaan jendela pada bangunan. Pemahaman tentang masing-masing sub bahasan diukur dengan test formatif untuk menakar tingkat kompetensi mahasiswa tentang hal-hal yang dibicarakan dalam pokok bahasan.

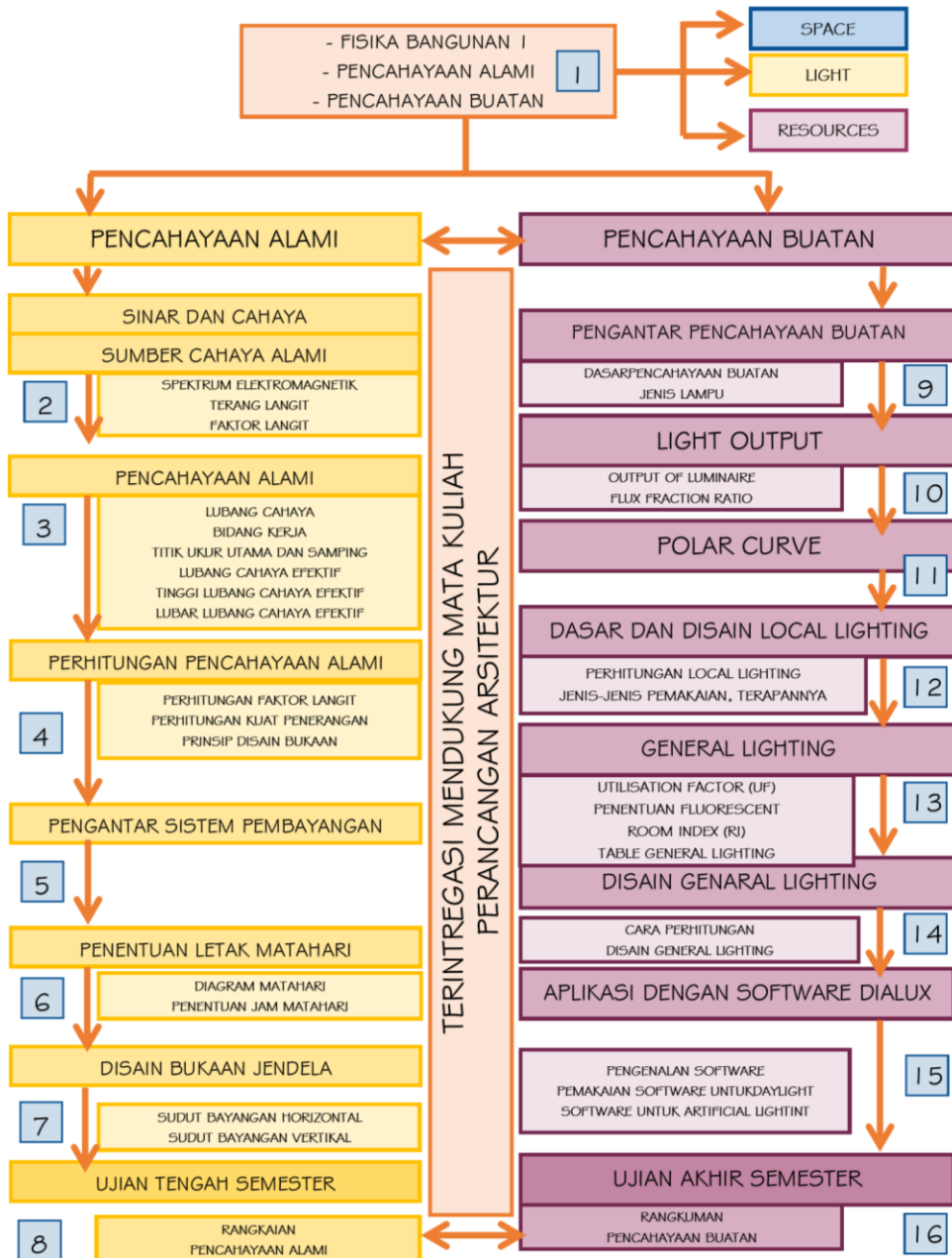
Di dalam materi *pencahayaan buatan*, penulis mengawali dengan pengantar pencahayaan buatan dimana dalam pokok bahasan ini, penulis juga membicarakan mengenai jenis-jenis lampu yang lazim dipergunakan dalam perencanaan bangunan sesuai dengan SNI 03-6575-2001. Berikutnya penulis membahas mengenai 'Light output' yang di dalamnya berisi tentang 'Output of Luminaire' dan 'Flux Fraction Ratio'. Adapun Local lighting dan general lighting dibicarakan pada bagian selanjutnya. Untuk menutup pembahasan mengenai pencahayaan buatan dan karena mata kuliah Fisika Bangunan I ini sifatnya mendukung mata kuliah Perancangan Arsitektur, maka bagian ini ditutup dengan pembahasan mengenai Disain Pencahayaan Buatan dalam bangunan.

Kami sangat berterimakasih kepada para teman sejawat di Departemen Arsitektur Fakultas Teknik UNDIP, khususnya dosen-dosen Laboratorium Teknologi Bangunan atas semua dukungan yang diberikan serta saran, kritik membangun dan dorongan demi sempurnanya buku ajar ini. Akhir kata, semoga buku ini bermanfaat bagi yang membutuhkan: masyarakat, peneliti, mahasiswa terutama mahasiswa-mahasiswa Arsitektur yang sedang menempuh MK Fisika Bangunan I, Perancangan Arsitektur, MK Seminar yang berkaitan dengan Akustik, serta mahasiswa program studi S2 yang mengambil topik penelitian alur kuantitatif bertema Arsitektur Tropis, Arsitektur Hijau, *Thermal*, Akustik dan Arsitektur Berkelanjutan.

Semarang, April 2022
Penulis,

Prof. Dr. Ir. Erni Setyowati, MT

MAPPING PEMBELAJARAN



DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	i
KATA PENGANTAR.....	iii
ANALISIS INSTRUKSIONAL	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
GLOSSARY	xiii

MATERI I TINJAUAN MATA KULIAH 1

I. Deskripsi Singkat	1
II. Relevansi	1
III. Capaian Pembelajaran.....	2
1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	2
2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK).....	2
3. Indikator	2
IV. Rencana Pembelajaran Semester (RPS).....	3
V. DAFTAR PUSTAKA	5

MATERI II SINAR DAN CAHAYA 7

I. Deskripsi Singkat	7
II. Relevansi	7
III. CAPAIAN PEMBELAJARAN.....	7
1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	7
2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK).....	7
3. Indikator	8
IV. SUMBER CAHAYA ALAMI	8
1. Spektrum Elektromagnetik	8
2. Terang Langit	9
3. Faktor Langit	9
V. LATIHAN DAN TUGAS	9
VI. UMPAN BALIK	9
VII. DAFTAR PUSTAKA	9
VIII. SENARAI	11

MATERI III PENCAHAYAAN ALAMI	12
I. Deskripsi Singkat	12
II. Relevansi	12
III. CAPAIAN PEMBELAJARAN.....	12
1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	12
2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub – CPMK).....	12
3. Indikator	13
IV. VARIABEL PENCAHAYAAN ALAMI DALAM ARSITEKTUR.....	13
A. Lubang Cahaya	13
B. Bidang Kerja.....	14
C. <i>Titik Ukur Utama</i>	14
D. <i>Titik Ukur Samping</i>	14
E. <i>Lubang Cahaya Efektif</i>	15
F. Tinggi Lubang cahaya Efektif	15
G. <i>Lebar Lubang Cahaya Efektif</i>	16
V. LATIHAN DAN TEST FORMATIF	16
VI. UMPAN BALIK	17
VII. DAFTAR PUSTAKA	17
VIII. SENARAI	17

MATERI IV PERHITUNGAN PENCAHAYAAN ALAMI	18
I. Deskripsi Singkat	18
II. Relevansi	18
III. CAPAIAN PEMBELAJARAN.....	18
1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	18
2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK).....	18
3. Indikator	18
IV. PERHITUNGAN PENCAHAYAAN ALAMI	19
1. Kualitas Pencahayaan Alami	
2. Persyaratan Faktor Langit.....	
3. Perhitungan Faktor Langit	20
4. Perhitungan Kuat Penerangan	22
5. Prinsip bukaan dan pengaruhnya pada penerangan alami	24
V. LATIHAN DAN TEST FORMATIF	24
VI. UMPAN BALIK	24
VII. DAFTAR PUSTAKA	24
VIII. SENARAI	25

MATERI V PENGANTAR SISTEM PEMBAYANGAN	26
I. Deskripsi Singkat	26
II. Relevansi	26

III.	CAPAIAN PEMBELAJARAN.....	26
1.	Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	26
2.	Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK).....	26
3.	Indikator	27
IV.	MAKSUD DAN TUJUAN SISTEM PEMBAYANGAN	27
V.	SUDUT ALTITUDE, AZIMUTH DAN DIAGRAM MATAHARI	27
VI.	CARA MENENTUKAN JAM RIIL MATAHARI DAERAH.....	30
VII.	LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	34
VIII.	UMPAN BALIK	35
IX.	DAFTAR PUSTAKA	35
X.	SENARAI	35

MATERI VI DIAGRAM MATAHARI DAN ORIENTASI BANGUNAN. 37

I.	Deskripsi Singkat	37
II.	Relevansi	37
III.	CAPAIAN PEMBELAJARAN.....	37
1.	Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	37
2.	Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK).....	37
3.	Indikator	38
IV.	PROSEDUR MENENTUKAN SBH DAN SBV	38
V.	PROSEDUR MENENTUKAN DISAIN SHADING SYSTEM PADA FAÇADE BANGUNAN	39
VI.	LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	40
VII.	UMPAN BALIK	40
VIII.	DAFTAR PUSTAKA	41
IX.	SENARAI	41

MATERI VII DISAIN BUKAAN/ JENDELA..... 43

I.	Deskripsi Singkat	43
II.	Relevansi	43
III.	CAPAIAN PEMBELAJARAN.....	43
1.	Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	43
2.	Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)	43
3.	Indikator	44
IV.	DISAIN BUKAAN PADA BANGUNAN.....	44
V.	LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	49
VI.	UMPAN BALIK	49
VII.	DAFTAR PUSTAKA	49
VIII.	SENARAI	49

MATERI VIII MID – SEMESTER (RANGKUMAN PENCAHAYAAN ALAMI)	51
I. RINGKASAN MATERI PENCAHAYAAN ALAMI.....	51
II. DAFTAR PUSTAKA	53
III. SENARAI	53
MATERI IX PENGANTAR PENCAHAYAAN BUATAN.....	55
I. Deskripsi Singkat	55
II. Relevansi	
III. CAPAIAN PEMBELAJARAN.....	55
1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	55
2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK).....	55
3. Indikator	56
IV. DASAR PENCAHAYAAN BUATAN DAN JENIS- JENIS LAMPU.....	56
1. Incandescent Lamp.....	59
2. Sodium Lamp	60
3. Mercury Lamp.....	61
4. Florescent Lamp	61
V. LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	61
VI. UMPAN BALIK	61
VII. DAFTAR PUSTAKA	61
VIII. SENARAI	62
MATERI X LIGHT OUTPUT.....	63
I. Deskripsi Singkat	63
II. Relevansi	
III. CAPAIAN PEMBELAJARAN.....	63
1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	63
2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK).....	63
3. Indikator	64
IV. LIGHT OUTPUT	64
A. Output of Luminaire	64
B. Flux Fraction Ratio (FFR)	65
V. UMPAN BALIK	67
VI. DAFTAR PUSTAKA	67
VII. SENARAI	68
MATERI XI POLAR CURVES.....	69
I. Deskripsi Singkat	69

II.	Relevansi	
III.	CAPAIAN PEMBELAJARAN.....	69
1.	Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	69
2.	Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK).....	69
3.	Indikator	70
IV.	JENIS DAN MACAM POLAR CURVES	70
V.	PERHITUNGAN POLAR CURVES.....	72
VI.	LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	74
VII.	UMPAN BALIK	74
VIII.	DAFTAR PUSTAKA	74
IX.	SENARAI	74

MATERI XII LOCAL LIGHTING..... 76

I.	Deskripsi Singkat	76
II.	Relevansi	76
III.	CAPAIAN PEMBELAJARAN.....	76
1.	Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	76
2.	Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK).....	76
3.	Indikator	76
IV.	MACAM PERHITUNGAN LOCAL LIGHTING.....	77
A.	Sudut Tegak Lurus	77
B.	Perhitungan Variable Local Lighting	77
V.	LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	79
VI.	UMPAN BALIK	79
VII.	DAFTAR PUSTAKA.....	79
VIII.	SENARAI.....	80

MATERI XIII DISAIN LOCAL LIGHTING 81

I.	Deskripsi Singkat	81
II.	Relevansi	81
III.	CAPAIAN PEMBELAJARAN.....	81
1.	Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	81
2.	Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK).....	81
3.	Indikator	81
IV.	PROSEDUR DISAIN LOCAL LIGHTING	82
A.	Cara Perhitungan Local Lighting.....	82
B.	Disain Local Lighting Dalam Arsitektur	82
V.	LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	83
VI.	UMPAN BALIK	83
VII.	DAFTAR PUSTAKA	83
VIII.	SENARAI	84

MATERI XIV GENERAL LIGHTING	86
I. Deskripsi Singkat	86
II. Relevansi	86
III. CAPAIAN PEMBELAJARAN.....	86
1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	86
2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK).....	87
3. Indikator	87
IV. PERHITUNGAN GENERAL LIGHTING	87
A. Utilisation Factor (UF)	88
B. Iluminasi rata-rata.....	89
C. Maintenance Factor (MF).....	89
D. Room Index (RI).....	89
E. Contoh Perhitungan General Lighting.....	89
V. LATIHAN DAN TEST FORMATIF	95
VI. UMPAN BALIK	95
VII. DAFTAR PUSTAKA	95
VIII. SENARAI	95
 MATERI XV DISAIN GENERAL LIGHTING.....	 97
I. Deskripsi Singkat	97
II. Relevansi	97
III. CAPAIAN PEMBELAJARAN.....	97
1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	97
2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK).....	98
3. Indikator	98
IV. DISAIN PENCAHAYAAN BUATAN	98
V. LATIHAN DAN TES FROMATIF	101
VI. UMPAN BALIK	102
VII. DAFTAR PUSTAKA	102
VIII. SENARAI	102
 MATERI XVI UJIAN AKHIR SEMESTER	
(LATIHAN SOAL PENCAHAYAAN BUATAN).....	104
I. RINGKASAN MATERI PENCAHAYAAN BUATAN	104
II. DAFTAR PUSTAKA	105
 BIODATA RINGKAS PENULIS	 107

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 01 :	Spektrum elektromagnetik penuh dan segmen	8
Gambar 3. 01 :	Lubang cahaya pada bangunan dan potongannya.....	13
Gambar 3. 02 :	Cahaya yang masuk ke bangunan jatuh pada bidang	14
Gambar 3. 03 :	Perletakan titik ukur utama (TUU) dan TUS pada ruang	15
Gambar 3. 04 :	Lubang cahaya Efektif	15
Gambar 3. 05 :	Tinggi lubang cahaya efektif	16
Gambar 3. 06 :	Lebar lubang cahaya efektif.....	16
Gambar 4. 01 :	Prosedur perancangan Pencahayaan alami	22
Gambar 5. 01 :	Lintasan matahari, azimuth dan altitude	28
Gambar 5. 02 :	Diagram lintasan matahari dengan bagian-bagiannya	29
Gambar 5. 03 :	Basis Pengukur Sudut Bayangan	29
Gambar 5. 04 :	Peta meridian waktu dunia dan Indonesia.....	31
Gambar 5. 05 :	Sketsa Azimuth dan altitude Kota Baturetno.....	32
Gambar 5. 06 :	Sketsa penentuan SBH dan SBV Kota Baturetno.....	32
Gambar 5. 07 :	Sketsa Pembayangan pada façade bangunan di Kota	32
Gambar 6. 01 :	Prosedur pengukuran SBH dan SBV dengan basis sudut	38
Gambar 6. 02 :	Prosedur menentukan shading pada façade bangunan	39
Gambar 7. 01 :	Penentuan Orientasi Bangunan.....	44
Gambar 7. 02 :	Disain bukaan	44
Gambar 7. 03 :	Penentuan SBH dan SBV.....	45
Gambar 7. 04 :	Disain Rumah Tinggal matakuliah PA 1	45
Gambar 7. 05 :	Contoh Penentuan Orientasi, SBH dan SBV	46
Gambar 7. 06 :	Model Jendela 1	47
Gambar 7. 07 :	Model Jendela 2.....	48
Gambar 8. 01 :	Penentuan Sudut bayangan Horisontal.....	46
Gambar 8. 02 :	Disain Jendela pada Rumah Tinggal	46
Gambar 9. 01 :	Contoh Local lighting	57
Gambar 9. 02 :	Contoh General Lighting di ruang kelas/ conference room..	58
Gambar 9. 03 :	General lighting pada fungsi bangunan perkantoran.....	59
Gambar 9. 04 :	Lampu pijar dan bagian-bagian bola lampu pijar	60
Gambar 9. 05 :	Lampu merkuri 160 W.....	61
Gambar 10.01 :	Luminer diffuser-lamp dan luminer open through-lamp	67
Gambar 11.01 :	Karakteristik luminer: polar curve	71
Gambar 11.02 :	Luminer diffuser-lamp dan luminer open through-lamp	73
Gambar 12.01 :	Sudut Tegak Lurus pada Lampu Sorot	77
Gambar 12.02 :	Empat situasi praktis dalam Local Lighting	78

Gambar 13.01 :	Disain Local lighting pada Rumah Tinggal	83
Gambar 14.01 :	Prinsip luminer dalam General lighting	87
Gambar 14.02 :	Lay out dan Disain General Lighting.....	89

DAFTAR TABEL

Tabel IV. 01 :	Fungsi H/D dan L/D.....	20
Tabel V. 01 :	Penentuan jam riil setempat Kota Baturetno.....	31
Tabel X. 01 :	Jenis luminer dan fraksi fluks nya	65
Tabel XIV.01 :	Pencahayaannya buatan yang direkomendasikan dan batas	81
Tabel XIV.02 :	Faktor pemanfaatan luminer tipikal	83
Tabel XIV.03 :	Lighting Design Data	84
Tabel XIV.04 :	Faktor koreksi	85

MATERI I

TINJAUAN MATA KULIAH

I. DESKRIPSI SINGKAT

Matakuliah Fisika Bangunan-1 mempelajari Pencahayaan alami dan Pencahayaan Buatan. Dalam Mapping Kurikulum, mata kuliah Fisika Bangunan ini harus mendukung dan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap Matakuliah Perancangan Arsitektur, Seminar, Green Building (Bangunan Hijau), Utilitas, Tata Ruang Dalam (Interior) dan Tugas Akhir. Oleh karena itu, dalam pembahasan tentang Pencahayaan Alami dan Pencahayaan Buatan, diskusi tentang bagaimana merancang sistem Pencahayaan dalam Bangunan diutamakan.

Pokok bahasan pencahayaan alami diawali dengan pemahaman tentang spektrum cahaya dan perbedaan antara sinar dan cahaya matahari. Sebagaimana kita ketahui bahwa Indonesia adalah negara beriklim tropis lembab dengan letak geografis di sekitar garis katulistiwa. Pada zona ini, matahari pada posisi relatif tegak lurus, sehingga radiasi yang terjadi cukup tinggi. Selain radiasi yang terhambur bersama sinar matahari, terdapat unsur cahaya yang sangat dibutuhkan oleh bangunan agar tidak terjadi pemborosan energi karena harus menggunakan pencahayaan buatan di siang hari. Diskusi selanjutnya adalah berturut-turut tentang perhitungan pencahayaan alami, sistem pembayangan, penentuan posisi matahari dan orientasi bangunan serta disain bukaan jendela pada bangunan. Semua pembahasan tersebut harus diintegrasikan dengan Matakuliah Perancangan Arsitektur mulai semester 3 (Perancangan Arsitektur/

Tugas-tugas dan contoh soal akan dijabarkan ke dalam masing-masing sub pokok bahasan disertai dengan jawaban kunci untuk mempermudah pemahaman.

II. RELEVANSI

Dalam sistem teknologi lingkungan, dimana manusia dan bangunan serta lingkungan tidak dapat dipisahkan satu sama lain, maka posisisistem pencahayaan alami dan pencahayaan buatan merupakan sebagian dari sistem keseluruhan yang terdiri dari: ruang (*space*), cahaya (*light*), panas (*thermal*), suara (*acoustic*), dan sumber daya (*resources*)[1].

Pencahayaan alami merupakan substansi yang sangat penting dalam sistem teknologi bangunan dan lingkungan karena memiliki konsekuensi cukup besar dalam penggunaan energi ketika bangunan harus menggunakan energi listrik untuk menghidupkan lampu (pencahayaan buatan) pada siang hari.

Sedangkan dalam pembahasan mengenai pencahayaan buatan, mahasiswa diharapkan dapat menerapkan dan mendisain pencahayaan buatan dalam gedung sesuai dengan standar, regulasi dan referensi penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Dalam

buku ini, diskusi tentang pencahayaan buatan akan berujung pada disain pencahayaan buatan baik local lighting maupun *general lighting*. *Local lighting* dibutuhkan dalam industri-industri komersial seperti shopping mall, museum, pameran (gedung opera), dan showroom produk komersial sampai dengan perancangan lingkungan urban. Sementara disain sistem general lighting diperlukan untuk pencahayaan buatan umum seperti ruang kelas, kampus, perkantoran, tempat ibadah dan fungsi-fungsi lain yang sejenis[1]–[3].

III. CAPAIAN PEMBELAJARAN

1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Dengan diberikannya Mapping Kurikulum Mata kuliah Fisika Bangunan 1 (satu) tentang Pencahayaan Alami dan Pencahayaan Buatan, maka mahasiswa dapat menyebutkan dengan jelas (C-2), mampu menerapkan (C-3) dan mendisain (C-5) pada bangunan yang menjadi obyek pada Matakuliah Perancangan Arsitektur dengan benar.

2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

Dengan dikuasainya kreatifitas disain, dasar-dasar fisika gelombang cahaya, penghitungan pencahayaan alami dan diberikannya denah, tampak, potongan suatu bangunan, setelah mengikuti proses perkuliahan ini, diharapkan mahasiswa semester 3 Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro akan dapat merancang sistem pencahayaan alami dan sistem pencahayaan buatan pada suatu ruang atau suatu bangunan dengan 80% sesuai standar dan kaidah arsitektur.

Pada akhir perkuliahan Fisika Bangunan 1 mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan (C-2), menerapkan (C-3) dan pada akhirnya mendisain (C-5) pencahayaan alami dan pencahayaan buatan terintegrasi dengan obyek disain pada Matakuliah Perancangan Arsitektur 1 semester 3 yang dijelaskan dalam Mapping Kurikulum.

3. Indikator

Kemampuan mahasiswa semester 3 Departemen Arsitektur dalam menjelaskan kembali serta menerapkan konsep dasar sub sistem pencahayaan alami dan pencahayaan buatan pada bangunan dengan indikator kemampuannya dalam :

- a. Menyebutkan (C-1 dan C-2) dengan benar semua prinsip-prinsip pencahayaan alami dan pencahayaan buatan pada bangunan dengan benar
- b. Menyebutkan definisi-definisi pada pencahayaan alami dan buatan dengan benar

- c. Memahami keterkaitan sistem pencahayaan alami dan pencahayaan buatan pada Matakuliah Perancangan Arsitektur mulai semester 3 di Program Studi S1 Departemen Arsitektur FT UNDIP.

IV. RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)

KONTRAK PEMBELAJARAN	
Nama Mata Kuliah	: Fisika Bangunan 1 (<i>Pencahayaan alami dan Pencahayaan buatan</i>)
Kode Mata Kuliah/ SKS	: TAR 11230/ PTAR6301/ 2 SKS
Semester	: 3 (tiga)
Tempat Pertemuan	: Ruang Kuliah Gedung Prof. Ir. Eko Budihardjo 101/102 Departemen Arsitektur FT UNDIP
1. Deskripsi Pembelajaran	
Matakuliah Fisika Bangunan-1 mempelajari a) dasar-dasar pencahayaan alami, b) pencahayaan buatan, serta c) sistem pembayangan suatu ruangan atau bagian bangunan gedung, berdasarkan SNI 03-2396-2001[4] dan SNI 03-6575-2001[5] sebagai dasar dalam perancangan arsitektur, mencakup: a) radiasi matahari langsung dan difus, lubang cahaya, bidang kerja, titik ukur, lubang cahaya efektif, kalkulasi sederhana intensitas cahaya alami dengan metoda faktor langit; b) istilah dan satuan pencahayaan buatan, sistem pencahayaan, distribusi intensitas cahaya, contoh penerapan rumus iluminasi; c) lintasan semu matahari, skala azimut, sudut bayangan vertikal (SBV) dan sudut bayangan horizontal (SBH) untuk menentukan perangkat pembayang, Hal ini sesuai kebutuhan kriteria dalam desain pasif sebagai salah satu metode perancangan bangunan hemat energi.	
2. MANFAAT PEMBELAJARAN	
Mahasiswa memahami bangunan secara sistem memenuhi persyaratan pencahayaan alami dan pencahayaan buatan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia SNI 03-2396-2001 dan SNI 03-6575-2001. Mahasiswa arsitektur diharapkan mampu memahami substansi matakuliah ini agar memiliki capaian pembelajaran mampu mengimplementasikan desain pasif pencahayaan alami dan disain aktif pencahayaan buatan	
3. Kompetensi Pembelajaran	
Capaian Pembelajaran (CP) Matakuliah Pada akhir perkuliahan Sistem Pembayangan mahasiswa diharapkan mampu mensintesis (C5) dan mensimulasikan prinsip-prinsip dasar pembayangan, ke dalam aspek kontekstual, paling tidak mulai dari Perancangan Arsitektur-1 semester 3 (tiga).	

Pada akhir perkuliahan Fisika Bangunan-1 mahasiswa diharapkan mampu mensintesis prinsip-prinsip dasar pencahayaan alami, pencahayaan buatan, dan sistem pembayangan, sebagai pemahaman dasar bangunan hemat energi setidaknya dapat menerapkannya pada bangunan sederhana mulai dari matakuliah Perancangan Arsitektur-1 semester 3.

Kompetensi Dasar (KD):

Pada akhir perkuliahan mata kuliah Fisika Bangunan-1 mahasiswa diharapkan mampu

- a. menganalisis (C4) posisi lubang cahaya yang paling efisien pencahayaan alaminya;
- b. menganalisis (C4) penempatan, penerapan armatur, dan penentuan jenis sumber cahaya buatan (lampu);
- c. menganalisis (C4) orientasi bangunan, perangkat pembayang, berkaitan dengan SBV dan SBH, menggunakan *solar-chart*.
- d. Memahami jenis-jenis lampu
- e. Menghitung local lighting dan general lighting
- f. Mendisain local lighting dan general lighting

ke dalam aspek kontekstual dan aspek kinerja pada perancangan arsitektur, mulai dari Perancangan Arsitektur-1 semester 3 (tiga).

4. Strategi Pembelajaran

Strategi pembelajaran mata kuliah Fisika Bangunan-1 semester 3 ini, setiap tatap muka dibagi dalam tiga bagian, yaitu:

a. Pendahuluan (43%)

Pada tahap pendahuluan ini bersifat instruksional, mahasiswa diberi ceramah untuk menjelaskan materi pokok bahasan dan pokok bahasan dengan contoh-contohnya, sebagai bekal wawasan ilmu dan pengetahuan mahasiswa agar dapat dikembangkan dalam diskusi, baik secara umum, diskusi dalam kelompok maupun diskusi antar kelompok.

b. Penyajian (47%)

Pada tahap ini mahasiswa wajib aktif membahas, mengerjakan tugas yang telah diarahkan pada saat ceramah, dan mendiskusikan, baik diskusi antar mahasiswa secara umum, didalam kelompok, maupun diskusi antar kelompok. Dalam tahap ini juga mahasiswa berlatih untuk presentasi. Dosen hanya berfungsi sebagai fasilitator dan nara sumber.

c. Penutup. (10%)

Merupakan tahap untuk menyimpulkan hasil diskusi, melakukan klarifikasi masalah yang ditemui, dan juga dijelaskan materi pembelajaran untuk tatap muka berikutnya.

Dalam tahap ini pula, pada pertemuan ke: 4, 9, dan 14, dibahas dan didiskusikan tentang tugas yang harus dikerjakan mahasiswa (*take home task*), yang *out-line*-nya didiskusikan pada pertemuan berikutnya, dan dilanjutkan sebagai *take home task*.

5. Tugas

Untuk lebih memahami dan mendalami materi pembelajaran, maka untuk melatih pemahaman masasiwa, diberikan tugas dengan materi pembelajaran sebagai berikut:

1. Kualitas Pencahayaan Alami, diberikan pada pertemuan ke-4, out-line didiskusikan pada pertemuan ke-5, penyelesaian selanjutnya sebagai *teke home task*. (kelompok maksimal 10 mahasiswa)
2. Simulasi Sistem Pembayaran, diberikan pada pertemuan ke-5-6, out-line didiskusikan pada pertemuan ke-7, penyelesaian selanjutnya sebagai *take home task*. (kelompok maksimal 10 mahasiswa)
3. Kualitas Pencahayaan Buatan, diberikan pada pertemuan ke-9-12, out-line didiskusikan pada pertemuan ke-14, penyelesaian selanjutnya sebagai *teke home task*. (kelompok maksimal 10 mahasiswa)

5.Kriteria Penilaian

Dalam menentukan nilai akhir akan digunakan pembobotan terhadap komponen nilai sebagai berikut :

- | | |
|--|-------------|
| 1. Kehadiran perkuliahan (min 75%) | Persyaratan |
| 2. Diagram Matahari & Orientasi Bangunan | 20% |
| 3. Disain Bukaakn (UTS) | 30% |
| 4. Disain Pencahayaan Buatan | 20% |
| 5. UAS | 30% |

6. .Referensi Utama

- [1] S. V. Szokolay, *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*, Second edi., vol. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- [2] C. Cuttle, *Lighting Design a perception - based approach*, 1st edition. New York: Routledge, 2015.
- [3] Mohamed Boubekri, *Daylighting, Architecture and Health - Building Design Strategies*, First Edit. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- [4] Badan Standardisasi Nasional, *Tata cara perancangan sistem pencahayaan Alami pada bangunan gedung SNI 03-2396-2001*. Indonesia, 2001, pp. 1–28.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, *Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung*. 2001, pp. 1–28.

7. Jadwal Pembelajaran

Minggu ke	Topik Bahasan	Referensi
1.	Lingkup Fisika Bangunan-1	P1, P2, P3, P4, P5
2.	Sumber Cahaya Alami	P2, P3,P4

3.	Pencahayaan Alami	P2, P3,P4
4.	Perhitungan Pencahayaan Alami	P2, P3,P4
5.	Pengantar Sistem Pembayangan pada Bangunan	P2, P3,P4
6.	Diagram Matahari dan Orientasi Bangunan	P2, P3,P5
7.	Disain Bukaan pada Bangunan	P2, P3,P5
8.	Rangkuman Pencahayaan Alami (Ujian Tengah Semester)	P2, P3,P5
9.	Pengantar Pencahayaan Buatan	P2, P3,P5
10.	Light Output	P2, P3,P5
11.	Polar Curves	P1, P2, P3
12.	Local Lighting – Dasar dan Disain	P1, P2, P3
13.	General Lighting	P1, P2, P3
14.	Disain General Lighting pada Bangunan	P1, P2, P3
15.	Disain Pencahayaan dengan Software	P1, P2, P3
16.	Rangkuman Pencahayaan Buatan (Ujian Akhir Semester)	

MATERI II

SINAR DAN CAHAYA

I. DESKRIPSI SINGKAT

Cahaya adalah elemen desain yang sangat penting dalam perencanaan arsitektur. Pencapaian alami ataupun buatan menerangi ruang arsitektural secara keseluruhan ataupun terfokus, menciptakan suasana atmosfer dan memungkinkan penggunaan ruang secara optimal berdasarkan cakupan cahaya yang diterima. Tuntutan untuk perencanaan pencapaian sangat beragam seperti harapan dan kebutuhan pengguna. Namun demikian, matahari sebagai sumber cahaya, juga memancarkan sinar yang mengandung energi panas dan sedapat mungkin diminimalkan dalam perencanaan bangunan[1]–[3]. Sementara cahaya matahari yang bermanfaat untuk penerangan alami di siang hari harus dioptimalkan agar intensitas cahaya di dalam ruang dapat memenuhi standar yang ditentukan sesuai fungsi bangunan. Terang langit sebagai sumber cahaya di siang hari masuk melalui lubang cahaya di dalam bangunan, dan pada materi ini, akan dijelaskan tentang bagian dari lubang cahaya dimana terang langit dapat masuk ke bidang kerja dalam bangunan.

II. RELEVANSI

Pencapaian alami merupakan aspek fisika bangunan yang memiliki peran penting dalam mewujudkan bangunan yang hemat energi. Disain jendela bangunan harus memperhatikan persyaratan pencapaian alami yang dibutuhkan untuk fungsi tertentu. Pemahaman mengenai spektrum cahaya, terang langit, faktor langit diberikan pada materi kedua ini, agar mahasiswa mendapatkan filosofi sumber pencapaian alami pada bangunan.

III. CAPAIAN PEMBELAJARAN

1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Dengan diberikannya materi tentang sinar dan cahaya, maka setelah mengikuti proses perkuliahan Fisika Bangunan materi minggu kedua, diharapkan mahasiswa semester 3 Prodi S1 Arsitektur Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro akan dapat membedakan dan mengidentifikasi (C3) perbedaan cahaya dan sinar serta menerapkannya (C4) pada bangunan dengan 80% sesuai standar dan kaidah arsitektur

2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub – CPMK)

Dengan diberikannya materi tentang sinar dan cahaya, maka mahasiswa semester 3 prodi S1 Arsitektur:

- a. Mampu mengenal (C1) spektrum cahaya secara makro.
- b. Mampu memahami (C2) perbedaan sinar dan cahaya dalam penerapannya pada disain bangunan.
- c. Mampu mengidentifikasi (C3) perbedaan sinar dan cahaya dalam penerapannya pada disain bangunan.
- d. Mampu mengidentifikasi (C3) dimensi tinggi dan lebar Lubang Cahaya Efektif

3. Indikator

Kemampuan mahasiswa semester 3 prodi S1 Arsitektur dalam materi sinar dan cahaya dengan indikator kemampuannya dalam :

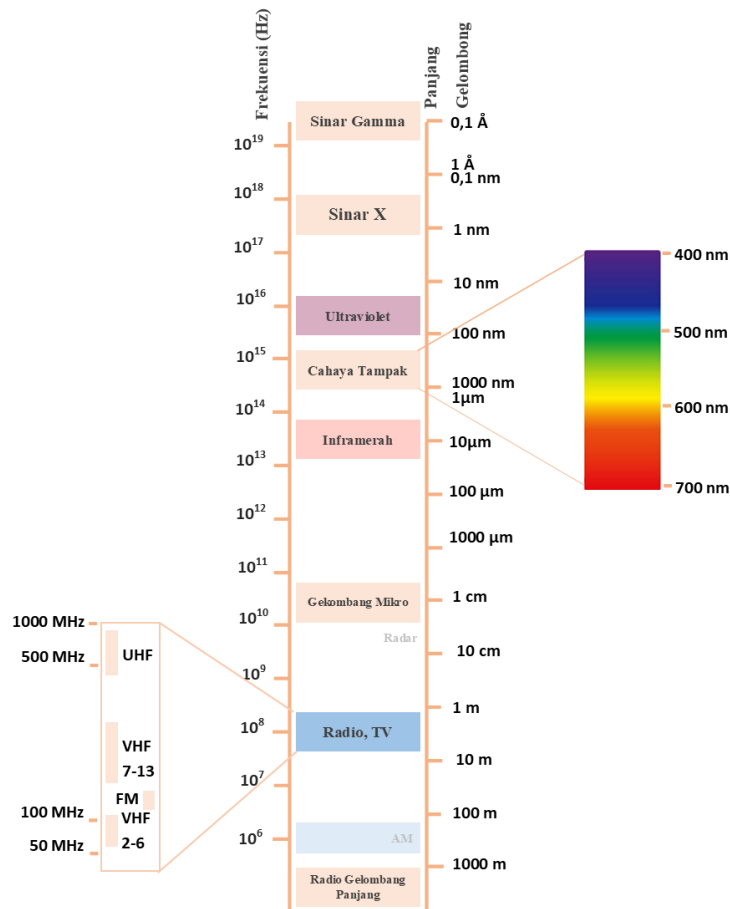
- a. Memahami sumber cahaya, sinar radiasi serta spektrum cahaya.
- b. Mengenal dan memahami Panjang gelombang cahaya yang dapat dilihat oleh mata manusia
- c. Memahami terang langit sebagai sumber cahaya alami.
- d. Membedakan dan mengidentifikasi antara cahaya dan sinar
- e. Memahami terminology: terang langit, faktor langit dan lubang cahaya.
- f. Mengidentifikasi lubang cahaya efektif (LCE) serta dimensi tinggi dan lebar LCE

IV. SUMBER CAHAYA ALAMI

1. Spektrum Elektromagnetik

Radiasi dari tubuh dengan permukaan yang lebih hangat ke yang lain yang lebih dingin. Rentang Panjang gelombang cahaya memiliki variasi yang cukup lebar, dari Panjang gelombang yang sangat kecil dan pendek sampai dengan rentang Panjang gelombang yang cukup panjang dan cukup banyak jenis cahaya yang tidak dapat dilihat oleh mata manusia serta adapula jenis gelombang cahaya yang memancarkan panas radiasi seperti halnya cahaya matahari.

Radiasi termal adalah pita panjang gelombang radiasi elektromagnetik, biasanya diambil sebagai 700-10000nm, 'inframerah pendek' dalam 700–2300nm dan 'inframerah panjang': 2,3–10nm. Matahari dengan permukaan 6000 °C memancarkan inframerah pendek (serta terlihat dan ultraviolet/UV), benda-benda pada suhu terestrial (100 ° C) memancarkan radiasi inframerah panjang[4]–[6].



Gambar 2.01. Spektrum elektromagnetik penuh dan segmen mataharinya

Gambar 2.01. menunjukkan pita-pita frekuensi dalam kaitannya dengan spektrum elektromagnetik, mulai dari radio gelombang panjang, gelombang radio dan televisi, gelombang mikro, infra merah, ultra ungu, sinar X dan sinar Gamma. Gelombang elektromagnetik tersebut tidak semuanya dapat dilihat oleh mata manusia. Sementara cahaya yang dapat dilihat oleh mata manusia[4], [7]

2. Terang Langit

Terang langit adalah sumber cahaya yang diambil sebagai dasar untuk penentuan syarat-syarat pencahayaan alami siang hari. Sementara langit perencanaan adalah langit dalam keadaan yang ditetapkan dan dijadikan dasar untuk perhitungan[8].

3. Faktor Langit

Faktor langit adalah angka karakteristik yang digunakan sebagai ukuran keadaan pencahayaan alami siang hari diberbagai tempat dalam suatu ruangan[9]. Penetapan Nilai Faktor Langit, didasarkan atas keadaan langit yang terangnya merata atau krieda Langit Perancangan untuk Indonesia yang memberikan kekuatan pencahayaan pada titik dibidang atar di lapangan terbuka sebesar 10.000 lux (SNI)[8].

V. LATIHAN DAN TUGAS

Identifikasi lubang cahaya di rumahmu, serta tentukan terang langit dari kondisi luar dari lubang jendela yang dimaksud. Bandingkan dengan lubang jendela lain dengan orientasi berbeda. Apakah jendela yang lain tersebut memiliki kondisi terang langit yang berbeda. Bandingkan kedua jendela tersebut dan tentukan jendela manakah yang menurutmu lebih terang dan jendela manakah yang lebih nyaman?

Jawab: Orientasi bangunan memberikan dampak yang berbeda dalam perolehan panas/ thermal dan pencahayaan alami. Oleh karena itu, berbeda orientasi suatu jendela/ bidang transparan, maka berbeda pula terang langit dan intensitas pencahayaannya

VI. UMPAN BALIK

Untuk dapat melanjutkan ke materi berikutnya, mahasiswa harus mampu menjawab semua pertanyaan paling tidak 75% benar. Selamat bagi anda yang telah lolos ke materi berikutnya

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] N.V. Baker, *Passive solar and low energy building design for Tropical Island Climates*. London: Commonwealth Science Council, 1987.
- [2] Mohamed Boubekri, *Daylighting, Architecture and Health - Building Design Strategies*, First Edition. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- [3] A. Ahmad *et al.*, “Dynamic analysis of daylight factor, thermal comfort and energy performance under clear sky conditions for building: An experimental validation,” *Mater. Sci. Energy Technol.*, vol. 5, pp. 52–65, 2022, doi: 10.1016/j.mset.2021.11.003.
- [4] S. V. Szokolay, *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*, Second edi., vol. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- [5] S.V. Szokolay, *Environmental Science Handbook for Architects and Builders*. Lancaster: The Construction Press, 1980.
- [6] C. Cuttle, *Lighting Design a perception - based approach*, 1st edition. New York: Routledge, 2015.

- [7] R. Skowranek, *Building Services Lighting Design*. Birkhauser.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, *Tata cara perancangan sistem pencahayaan Alami pada bangunan gedung SNI 03-2396-2001*. Indonesia, 2001, pp. 1–28.
- [9] G. Lippsmeier, *Bangunan Tropis*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1994.

VIII. SENARAI

<i>Spektrum cahaya</i>	:	Rentang panjang gelombang cahaya
<i>Terang langit</i>	:	sumber cahaya yang diambil sebagai dasar untuk penentuan syarat-syarat pencahayaan alami siang hari
<i>Faktor langit</i>	:	angka karakteristik yang digunakan sebagai ukuran keadaan pencahayaan alami siang hari diberbagai tempat dalarn suatu ruangan

MATERI III

PENCAHAYAAN ALAMI

I. DESKRIPSI SINGKAT

Pendukung pencahayaan alami terutama berfokus pada potensi penghematan energi dalam upaya mempopulerkan penggunaannya. Karena inovasi teknis selama bertahun-tahun, peralatan penerangan listrik menjadi lebih hemat energi dan penerangan standar energi telah mencerminkan hal ini. Meskipun kemajuan ini, namun, pencahayaan tetap menjadi konsumen energi utama di sebagian besar bangunan[1]–[3]. Menurut Riset Tenaga Listrik AS Institute, di sektor komersial Amerika Serikat rata-rata dari 37% listrik yang digunakan dikonsumsi oleh penerangan listrik (Administrasi Informasi Energi, 1998). Pencahayaan memiliki potensi tidak hanya untuk mengurangi jumlah energi listrik digunakan untuk penerangan tetapi juga untuk menurunkan permintaan puncak dan mengurangi beban pendinginan yang disebabkan oleh panas yang dilepaskan ke dalam ruang oleh perlengkapan pencahayaan. Terlepas dari manfaat substansial ini, pencahayaan alami bukanlah fitur arsitektur utama di mayoritas bangunan. Beberapa pendukungnya menyarankan bahwa argumen untuk pencahayaan alami tidak lagi didasarkan pada energi penghematan karena pendekatan tersebut belum terbukti efektif; bukan, argumen harus fokus pada manfaat pencahayaan alami untuk kesehatan dan kesejahteraan[4].

II. RELEVANSI

Pencahayaan alami merupakan aspek fisika bangunan yang memiliki peran penting dalam mewujudkan bangunan yang hemat energi. Disain jendela bangunan harus memperhatikan persyaratan pencahayaan alami yang dibutuhkan untuk fungsi tertentu. Pemahaman mengenai spektrum cahaya, terang langit, faktor langit diberikan pada materi kedua ini, agar mahasiswa mendapatkan filosofi sumber pencahayaan alami pada bangunan.

III. CAPAIAN PEMBELAJARAN

1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Pada akhir kuliah mahasiswa diharapkan akan mampu menghitung (C3) dengan benar intensitas pencahayaan alami dalam bangunan serta menerapkan (C4) prinsip pencahayaan alami pada disain Perancangan Arsitektur 1 (TAR11233/ PTAR6304) semester 3.

2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub – CPMK)

Dengan diberikannya dasar dan strategi pencahayaan alami pada bangunan, maka mahasiswa akan memiliki capaian pembelajaran:

- a. mampu menghitung (C3) intensitas pencahayaan alami pada disain bangunan dalam mata kuliah Perancangan Arsitektur 1 dengan benar.
- b. Mampu menerapkan (C4) prinsip penghitungan intensitas pencahayaan alami pada disain bangunan dalam mata kuliah Perancangan Arsitektur 1

3. Indikator

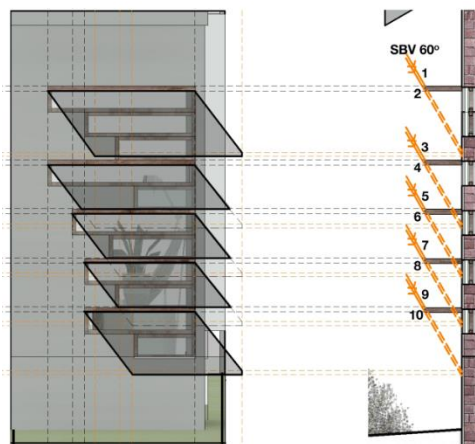
Kemampuan mahasiswa semester 3 Prodi S1 Arsitektur dalam mempelajari Pencahayaan alami pada bangunan dengan indikasi sebagai berikut:

- a. Memahami (C1, C2) peran Bidang Kerja, Titik Ukur, Lubang Cahaya Efektif dalam strategi perencanaan bangunan dengan pencahayaan alami
- b. Memahami (C2) bagian dimensi lubang cahaya efektif dalam kaitannya dengan pencahayaan alami dalam ruang bangunan
- c. mengidentifikasi pemahaman lubang cahaya (C3) prinsip-prinsip pencahayaan alami ke dalam disain bangunan dalam mata kuliah Perancangan Arsitektur.

IV. VARIABEL PENCAHAYAAN ALAMI DALAM ARSITEKTUR

A. Lubang Cahaya

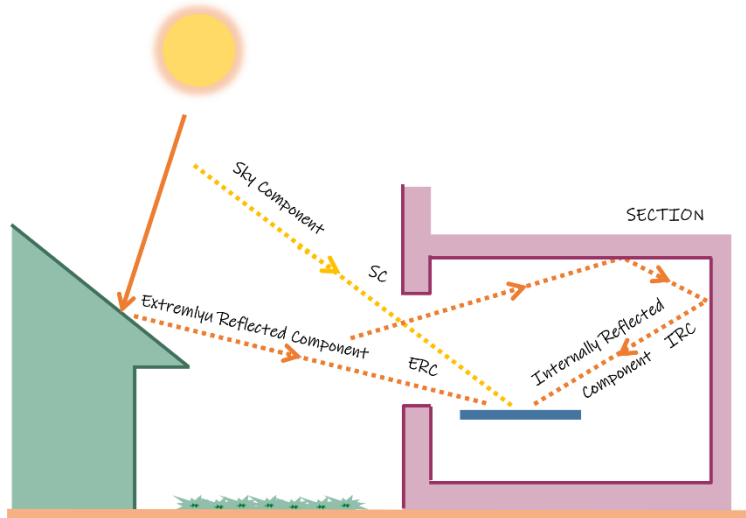
Lubang cahaya adalah bidang pembatas ruang yang tembus cahaya, bidang dimana cahaya matahari masuk ke dalam ruangan sebagai performa pencahayaan alami yang memungkinkan manusia melakukan aktivitas nya sehari-hari.



Gambar 3.01. Lubang cahaya pada bangunan dan potongannya

B. Bidang Kerja

Bidang kerja adalah Bidang imajiner tempat dilakukannya kegiatan yang berkaitan dengan kemampuan penglihatan mata.



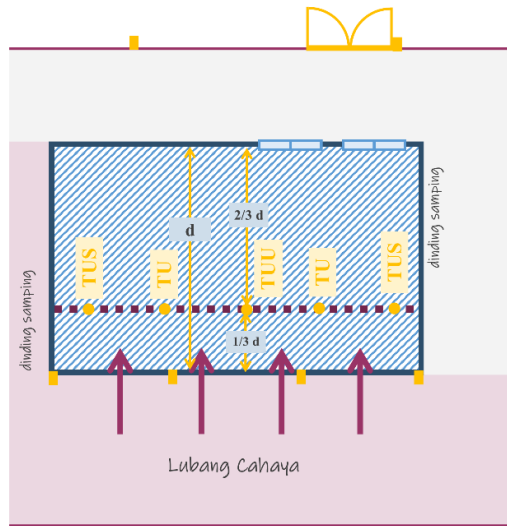
Gambar 3.02. Cahaya yang masuk ke bangunan jatuh pada bidang kerja[1]

C. Titik Ukur Utama

Titik ukur adalah titik di dalam ruangan yang keadaan penerangannya dipilih sebagai Indikator untuk keadaan penerangan seluruh ruangan. Titik ukur ini akan selalu terletak pada bidang tempat dilakukannya Kegiatan (bidang kerja) yang dilihat oleh mata[5]. Titik ukur dalam ruang memungkinkan berjumlah banyak tergantung pada dimensi Panjang dan lebar ruang. Titik Ukur Utama (TUU) adalah titik ukur yang terletak ditengah-tengah kedua dinding samping, berjarak $1/3d$ (min 2 m) dari lubang cahaya.

D. Titik Ukur Samping

Sementara itu, titik ukur samping (TUS) adalah titik ukur yang terletak 0,5 m dari dinding samping, berjarak $1/3d$ (min 2 m) dari lubang cahaya. Jarak antara titik ukur satu dengan yang lain baik TUU maupun TUS adalah maksimal 2 meter. Jika jarak antara 2 Titik Ukur lebih dari 2 meter, maka perlu adanya titik ukur tambahan (TU) yang diletakkan sedemikian rupa sehingga membuat jarak antar titik ukur tidak lebih dari 2 m.



Gambar 3.03. Perletakan titik ukur utama (TUU) dan TUS pada ruang bangunan

E. Lubang Cahaya Efektif

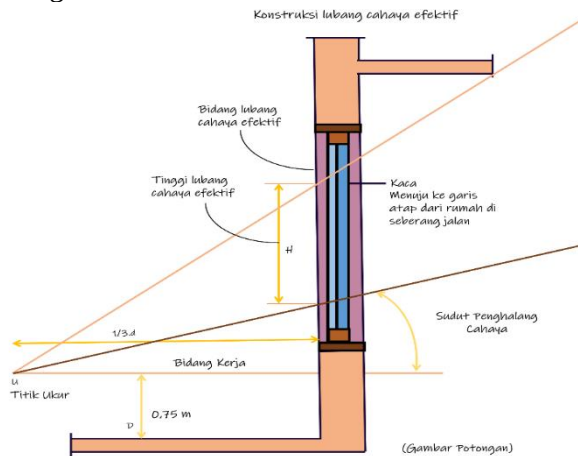
Lubang cahaya efektif adalah bagian dari lubang cahaya dari titik ukur untuk dapat melihat langit



Gambar 3.04. Lubang cahaya Efektif

F. Tinggi Lubang Cahaya Efektif

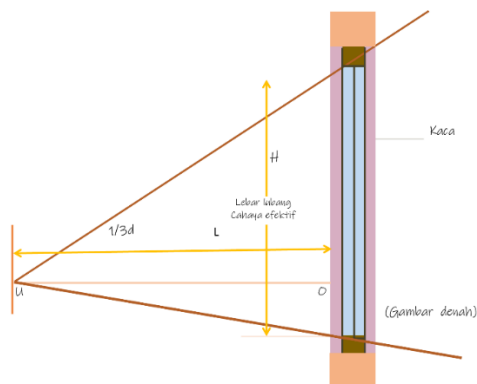
Tinggi lubang cahaya efektif adalah dimensi tinggi dari lubang cahaya dari titik ukur untuk dapat melihat langit



Gambar 3.05. Tinggi lubang cahaya efektif

G. Lebar Lubang Cahaya Efektif

Lebar lubang cahaya efektif adalah dimensi lebar dari lubang cahaya dari titik ukur untuk dapat melihat langit



Gambar 3.06. Lebar lubang cahaya efektif[5]

V. LATIHAN DAN TEST FORMATIF

Jawablah pertanyaan di bawah ini:

- a. Apakah yang disebut dengan langit perencanaan?
- b. Apakah yang disebut dengan bidang kerja dalam terminology pencahayaan alami?
- c. Apakah Titik Ukur Utama (TUU) dan Titik Ukur Samping (TUS)?
- d. Bagaimana cara kita menentukan TUU dan TUS dalam sebuah ruangan?
- e. Apakah yang disebut dengan Bidang lubang cahaya efektif?
- f. Jelaskan secara singkat bagian dimensi dari Lubang Cahaya Efektif!

Jawaban:

- a. Langit perencanaan adalah langit dalam keadaan yang ditetapkan dan dijadikan dasar untuk perhitungan
- b. Bidang kerja adalah Bidang imajiner tempat dilakukannya kegiatan yang berkaitan dengan kemampuan penglihatan mata.
- c. Titik Ukur Utama adalah Titik ukur yang diambil pada suatu bidang datar yang letaknya pada tinggi 0,75 meter di atas lantai. Titik ukur utama (TUU) adalah titik yang diambil pada jarak $\frac{1}{3} d$ dari bidang lubang cahaya efektif. 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. Dan 'd' adalah lebar ruangan
- d. Titik ukur utama (TUU) diambil pada jarak $\frac{1}{3} d$ dari bidang lubang cahaya efektif, dengan 'd' adalah lebar ruangan. Sementara, titik ukur samping (TUS), diambil pada jarak 0,50 meter dari dinding samping segaris dengan TUU
- e. Bidang lubang cahaya efektif adalah bidang vertikal sebelah dalam dari lubang cahaya.
- f. Dimensi bidang lubang cahaya efektif (LCE) adalah Tinggi LCE dan lebar LCE

VI. UMPAN BALIK

Untuk dapat melanjutkan ke materi berikutnya, mahasiswa harus mampu menjawab semua pertanyaan paling tidak 75% benar. Selamat bagi anda yang telah lolos ke materi berikutnya.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] N.V. Baker, *Passive solar and low energy building design for Tropical Island Climates*. London: Commonwealth Science Council, 1987.
- [2] S. Mammola, M. Isaia, D. Demonte, P. Triolo, and M. Nervo, "Artificial lighting triggers the presence of urban spiders and their webs on historical buildings," *Landsc. Urban Plan.*, vol. 180, no. May, pp. 187–194, 2018, doi: 10.1016/j.landurbplan.2018.09.003.
- [3] B. L. Ahn, C. Y. Jang, S. B. Leigh, and H. Jeong, "Analysis of the effect of artificial lighting on heating and cooling energy in commercial buildings," *Energy Procedia*, vol. 61, pp. 928–932, 2014, doi: 10.1016/j.egypro.2014.11.997.
- [4] Mohamed Boubekri, *Daylighting, Architecture and Health - Building Design*

- Strategies*, First Edit. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, *Tata cara perancangan sistem pencahayaan Alami pada bangunan gedung SNI 03-2396-2001*. Indonesia, 2001, pp. 1–28.

VIII. SENARAI

<i>Bidang Kerja</i>	:	Bidang imajiner tempat dilakukannya kegiatan yang berkaitan dengan kemampuan penglihatan mata
<i>Lubang Cahaya</i>	:	Dinding transparan pada bangunan
<i>Lubang cahaya Efektif (LCE)</i>	:	bagian dari lubang cahaya dari titik ukur untuk dapat melihat langit
<i>Tinggi LCE</i>	:	dimensi tinggi dari lubang cahaya dari titik ukur untuk dapat melihat langit
<i>Lebar LCE</i>	:	dimensi lebar dari lubang cahaya dari titik ukur untuk dapat melihat langit.

MATERI IV

PERHITUNGAN PENCAHAYAAN ALAMI

I. DESKRIPSI SINGKAT

Intensitas pencahayaan alami di dalam ruang dipengaruhi oleh besarnya factor langit pada satu titik ukur tertentu yang dianggap mewakili besar nya intensitas pencahayaan alami dalam suatu ruang[1]–[4]. 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 .

Posisi dan dimensi bukaan atau jendela pada selubung bangunan merupakan aspek penting dalam menentukan kuat penerangan dan intensitas pencahayaan alami pada bangunan. SNI 03-2396-2001 merupakan pedoman yang dijadikan acuan dalam mengembangkan materi ke empat ini, sekaligus 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[5]

II. RELEVANSI

Pencahayaan alami merupakan aspek fisika bangunan yang memiliki peran penting dalam mewujudkan bangunan yang hemat energi. Disain jendela bangunan harus memperhatikan persyaratan pencahayaan alami yang dibutuhkan untuk fungsi tertentu. Pemahaman mengenai spektrum cahaya, terang langit, faktor langit diberikan pada materi lanjutan ketiga ini, agar mahasiswa mendapatkan filosofi sumber pencahayaan alami pada bangunan

III. CAPAIAN PEMBELAJARAN

1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Pada akhir kuliah mahasiswa diharapkan akan mampu menghitung (C3) dengan benar intensitas pencahayaan alami dalam ruang bangunan serta menerapkan (C4) prinsip pencahayaan alami pada disain Perancangan Arsitektur 1 (TAR11233/PTAR6304) semester 3.

2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub- CPMK)

Dengan diberikannya dasar dan strategi pencahayaan alami pada bangunan, maka mahasiswa:

- a. Mampu mengidentifikasi (C3) faktor penghalang lubang cahaya efektif
- b. Mampu menghitung (C3) intensitas pencahayaan alami pada disain ruang bangunan dalam mata kuliah Perancangan Arsitektur 1
- c. Mampu mengimplementasikan (C4) prinsip-prinsip perhitungan intensitas cahaya alami di dalam ruang pada disain bangunan

3. Indikator

Kemampuan mahasiswa semester 3 Prodi S1 Arsitektur dalam mempelajari Pencahayaan alami pada bangunan dengan indikasi sebagai berikut:

- a. Memahami (C1, C2) peran Bidang Kerja, Titik Ukur, Lubang Cahaya Efektif pada perencanaan bangunan dengan pencahayaan alami
- b. Menghitung (C3) intensitas pencahayaan alami dalam ruang bangunan
- c. Menerapkan (C4) prinsip-prinsip pencahayaan alami ke dalam disain bangunan dalam mata kuliah Perancangan Arsitektur.

IV. PERHITUNGAN PENCAHAYAAN ALAMI

Faktor langit (f_l) 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. Selain faktor langit, kualitas pencahayaan alami dalam ruang dipertimbangkan dari dua hal penting, yaitu fungsi ruang dan lama aktivitas yang dilakukan dalam ruang tersebut [5].

1. Klasifikasi Kualitas Pencahayaan

Klasifikasi kualitas pencahayaan adalah sebagai berikut [5]:

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

2. Persyaratan Faktor Langit

Sementara itu, nilai faktor langit dalam suatu ruangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

Memenuhi semua ketentuan Faktor langit minimum ($fl_{\min}$) sebagaimana tercantum dalam persyaratan $fl_{\min}$ bangunan umum (Tabel IV.01), $fl_{\min}$ bangunan sekolah (Tabel IV.02) dan $fl_{\min}$ untuk bangunan rumah tinggal (Tabel IV.03).

Dalam persyaratan nilai $fl_{\min}$ tersebut, 'd' pada persyaratan TUU adalah jarak antara bidang lubang cahaya efektif (LCE) dengan dinding di seberangnya. Sementara nilai TUS adalah 0,4 dari nilai TUU dan sekurang-kurangnya 0,1d.

Tabel IV.01. Nilai Faktor Langit untuk Bangunan Umum [5]

Klasifikasi Pencahayaan	$fl_{\min}$ TUU
A	0,45 d
B	0,35 d
C	0,25 d
D	0,15 d

Tabel IV.02. Nilai Faktor Langit untuk Bangunan Sekolah [5]

Jenis ruangan	$fl_{\min}$ TUU	$fl_{\min}$ 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 Olah raga	0,25 d	0,20 d
Kantor	0,35 d	0,15 d
Dapur	0,20 d	0,20 d

Untuk ruangan-ruangan kelas biasa, kelas khusus dan laboratorium dimana dipergunakan papan tulis sebagai alat penjelasan, maka $fl_{\min}$ pada tempat 1/3 d di papan tulis pada tinggi 1,20 m, ditetapkan sama dengan $fl_{\min} = 50\%$ TUU[5].

Tabel IV.03. Nilai Faktor Langit untuk bangunan rumah tinggal[5]

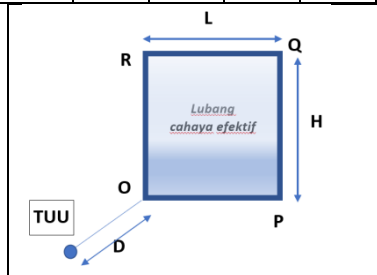
Jenis ruangan	$fl_{\min}$ TUU	$fl_{\min}$ TUS
Ruang tinggal	0,35 d	0,16 d
Ruang kerja	0,35 d	0,16 d
Kamar Tidur	0,18 d	0,05 d
Dapur	0,20 d	0,20 d

3. 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:

Tabel IV.1 Fungsi H/D dan L/D

L/D H/D	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0
0,1	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
0,2	0,06	0,12	0,17	0,22	0,27	0,30	0,33	0,36	0,38	0,40	0,45	0,47	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,49
0,3	0,13	0,26	0,37	0,48	0,57	0,65	0,72	0,77	0,82	0,86	0,97	1,01	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,05
0,4	0,22	0,43	0,62	0,80	0,96	1,09	1,20	1,30	1,38	1,44	1,63	1,71	1,74	1,76	1,77	1,78	1,78	1,78	1,78
0,5	0,32	0,62	0,91	1,17	1,39	1,59	1,76	1,90	2,02	2,11	2,40	2,52	2,57	2,60	2,61	2,63	2,63	2,63	2,63
0,6	0,42	0,82	1,20	1,55	1,85	2,12	2,34	2,53	2,69	2,83	3,22	3,39	3,46	3,50	3,52	3,54	3,54	3,54	3,55
0,7	0,52	1,02	1,50	1,93	2,31	2,64	2,93	3,18	3,38	3,55	4,07	4,129	4,39	4,4	4,47	4,48	4,50	4,50	4,51
0,8	0,62	1,122	1,78	2,29	2,75	3,26	3,50	3,80	4,05	4,26	4,90	5,118	5,31	5,37	5,41	5,43	5,45	5,45	5,146
0,9	0,71	1,40	2,04	2,64	3,17	3,63	4,04	4,39	4,69	4,94	5,71	6,04	6,04	6,20	6,28	6,33	6,36	6,39	6,40
1,0	0,79	1,56	2,29	2,95	3,56	4,09	4,55	4,95	5,29	5,57	6,47	6,87	7,06	7,16	7,22	7,25	7,28	7,28	7,30
1,5	1,10	2,17	4,13	4,13	4,99	5,77	6,45	7,05	7,58	8,03	9,52	10,23	10,59	10,79	10,90	10,97	11,05	11,05	11,08
2,0	1,27	2,51	4,80	4,80	5,81	6,74	7,56	8,29	8,94	9,51	11,44	12,43	12,96	13,26	13,44	13,55	13,62	13,67	13,73
2,5	1,37	2,70	3,98	3,98	6,29	7,31	8,22	9,03	9,76	10,40	12,64	13,85	14,52	14,92	15,16	15,32	15,42	15,49	15,58
3,0	1,43	2,82	4,16	4,16	6,59	7,66	8,62	9,49	10,27	10,96	13,41	14,78	15,58	16,06	16,36	16,56	16,70	16,79	16,91
3,5	1,47	2,90	4,28	4,28	6,78	7,89	8,89	9,79	10,60	11,33	13,93	15,42	16,31	16,87	17,22	17,46	17,64	17,74	17,89
4,0	1,49	2,96	4,36	4,36	6,91	8,04	9,07	10,00	10,83	11,58	14,30	15,88	16,84	17,45	17,85	18,13	18,32	18,46	18,63
4,5	1,51	2,99	4,41	4,41	7,01	8,15	9,20	10,15	11,00	11,76	14,56	16,21	17,23	17,89	18,3	18,63	18,85	19,01	19,21
5,0	1,53	3,02	4,46	4,46	7,07	8,24	9,29	10,25	12,12	11,90	14,75	16,45	17,52	18,22	18,69	19,03	19,26	19,44	19,67
6,0	1,54	3,06	4,51	4,51	7,17	8,34	9,42	10,40	11,28	11,07	15,01	16,79	17,92	18,68	19,20	19,58	19,85	20,06	20,33



Posisi titik ukur TUU, yang jauhnya D dari lubang cahaya efektif berbentuk persegi panjang OPQR (tinggi H dan lebar L) sebagaimana dilukiskan pada gambar disamping.

Ukuran H dihitung dari 0 ke atas,

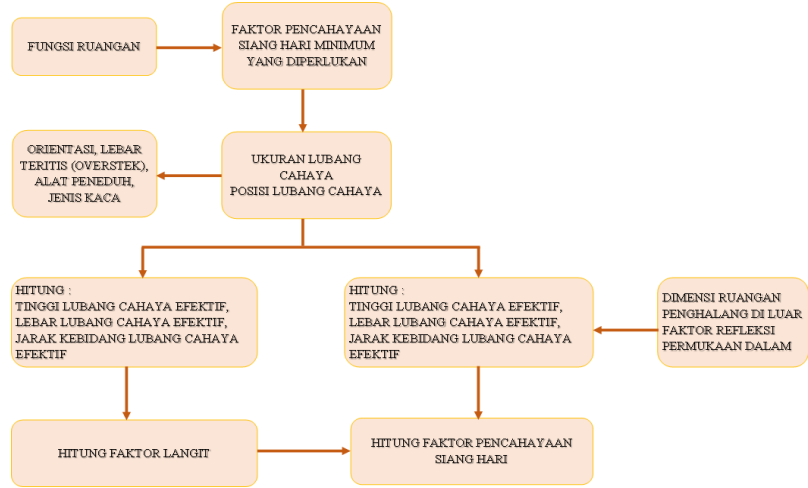
Ukuran L dihitung dari 0 ke kanan, atau dari P ke kiri sama saja.

H adalah tinggi lubang cahaya efektif

L adalah lebar lubang cahaya efektif

D adalah jarak titik ukur ke bidang lubang cahaya efektif

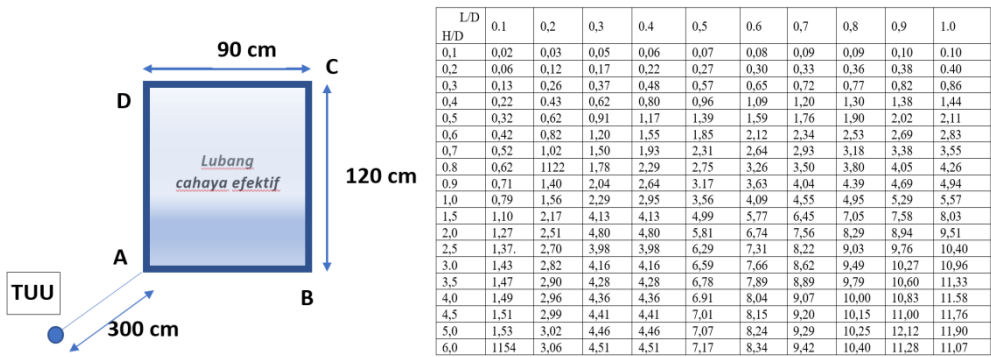
Prosedur Perancangan Pencahayaan Alami Siang Hari dilakukan sebagaimana diagram di bawah ini:



Gambar 4.01. Prosedur perancangan Pencahayaan alami[5]

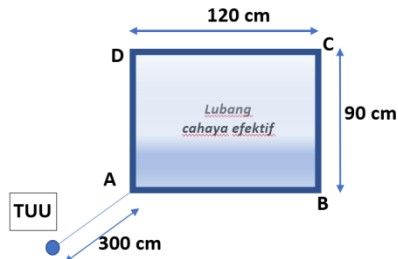
4. Perhitungan Kuat Penerangan

Kuat penerangan dapat dihitung dari faktor langit masing-masing bidang lubang cahaya efektif. Untuk perhitungan lubang cahaya efektif berikut, maka prosedur perhitungan faktor langit dan kuat penerangan adalah sebagaimana dijelaskan sebagai berikut:



$$\frac{H}{D} = \frac{120}{300} = 0,4 \text{ sementara } \frac{L}{D} = \frac{90}{300} = 0,3 \text{ sehingga berdasarkan tabel } \frac{H}{D} \text{ dan } \frac{L}{D}$$

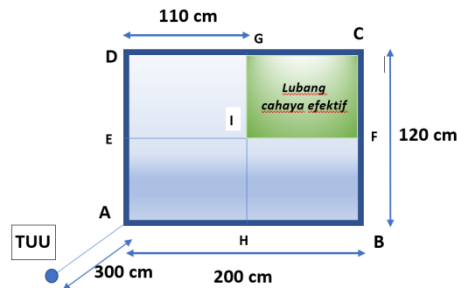
Faktor langit (FI) lubang cahaya efektif dari TUU adalah = 0,62 %. Jika ditentukan langit perencanaan di lapangan terbuka adalah 10.000 lux, maka kuat penerangan dari TUU untuk lubang cahaya efektif tersebut adalah = 0,62% x 10.000 lux = 62 lux



L/D	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
H/D	0.1	0.02	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	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	1.122	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

$$\frac{H}{D} = \frac{90}{300} = 0,3 \text{ sementara } \frac{L}{D} = \frac{120}{300} = 0,4 \text{ sehingga berdasarkan tabel } \frac{H}{D} \text{ dan } \frac{L}{D}$$

Faktor langit (FI) lubang cahaya efektif dari TUU adalah = 0,48 %. Jika ditentukan langit perencanaan di lapangan terbuka adalah 10.000 lux, maka kuat penerangan dari TUU untuk lubang cahaya efektif tersebut adalah = 0,48% x 10.000 lux = 48 lux



L/D	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
H/D	0.1	0.02	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	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	1.122	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

Untuk persegi Panjang ABCD,

$$\frac{H}{D} = \frac{120}{300} = 0,40 \text{ dan } \frac{L}{D} = \frac{200}{300} = 0,67 \text{ sehingga } fl_{(ABCD)} = 1,0977\%$$

Untuk persegi Panjang ABFE,

$$\frac{H}{D} = \frac{60}{300} = 0,20 \text{ dan } \frac{L}{D} = \frac{200}{300} = 0,67 \text{ sehingga } fl_{(ABCD)} = 0,3021\%$$

$$\text{dikurangkan} = 0,7956\%$$

Untuk persegi Panjang AHGD,

$$\frac{H}{D} = \frac{120}{300} = 0,40 \text{ dan } \frac{L}{D} = \frac{110}{300} = 0,37 \text{ sehingga } fl_{(ABCD)} = 0,6326\%$$

$$\text{dikurangkan lagi} = 0,1630\%$$

Untuk persegi Panjang AHIE,

$$\frac{H}{D} = \frac{60}{300} = 0,20 \text{ dan } \frac{L}{D} = \frac{110}{300} = 0,37 \text{ sehingga } fl_{(ABCD)} = 0,1735\%$$

karena AHIE dikurangkan dua kali, maka kali ini harus ditambahkan menjadi = 0,3365%

Sehingga Faktor langit FL (lubang cahaya efektif IFCG = 0,3365%, jika langit perencanaan diketahui 10000 lux, maka kuat penerangan Lubang cahaya efektif IFCG = 33,65 lux

5. Prinsip bukaan dan pengaruhnya pada penerangan alami

Semakin luas lubang cahaya efektif, semakin semakin besar intensitas cahaya alami. semakin tinggi lubang cahaya efektif, cahaya alami semakin efektif dan efisien

IV. LATIHAN DAN TEST FORMATIF

Untuk dapat mengukur pemahaman mahasiswa, maka diberikan beberapa soal sebagai berikut:

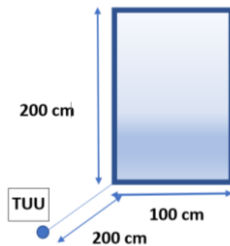
- Jika diketahui suatu lubang cahaya efektif memiliki H= 3m; L= 2m dan jarak nya terhadap TUU adalah D= 2m, maka berapa faktor langit dan besar kuat penerangannya, jika ditentukan langit perencanaan adalah 10.000 lux?
- Jika diketahui suatu lubang cahaya efektif memiliki H= 2m; L= 3m dan jarak nya terhadap TUU adalah D= 2m, maka berapa faktor langit dan besar kuat penerangannya, jika ditentukan langit perencanaan adalah 10.000 lux?
- Pada kedua soal di atas, dimensi lubang cahaya efektif adalah sama, namun posisi nya berbeda (yang pertama posisi '*potrait*' dan yang kedua posisi '*landscape*'), namun faktor langit dan kuat penerangannya berbeda. Apa yang bisa kalian simpulkan dari dua kasus di atas?

Jawaban:

- lubang cahaya efektif memiliki H= 2m; L= 1m dan jarak nya terhadap TUU adalah D= 2m, langit perencanaan 10.000 lux
$$\frac{H}{D} = \frac{200}{200} = 1,0 \text{ sementara } \frac{L}{D} = \frac{100}{200} = 0,5 \text{ sehingga berdasarkan tabel } \frac{H}{D} \text{ dan } \frac{L}{D}$$

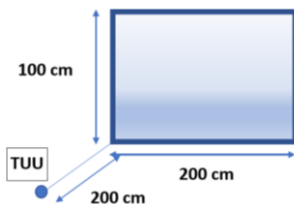
Faktor langit (Fl) lubang cahaya efektif dari TUU adalah = 3,56 %. Jika ditentukan langit perencanaan di lapangan terbuka adalah 10.000 lux, maka kuat

penerangan dari TUU untuk lubang cahaya efektif tersebut adalah = $3,56\% \times 10000 \text{ lux} = 356 \text{ lux}$



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	1,122	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	11,12	11,90
6,0	1,54	3,06	4,51	4,51	7,17	8,34	9,42	10,40	11,28	11,07

- b. lubang cahaya efektif memiliki $H = 1\text{ m}$; $L = 2\text{ m}$ dan jarak nya terhadap TUU adalah $D = 2\text{ m}$, langit perencanaan 10.000 lux



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	1,122	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	11,12	11,90
6,0	1,54	3,06	4,51	4,51	7,17	8,34	9,42	10,40	11,28	11,07

$$\frac{H}{D} = \frac{100}{200} = 0,5 \text{ sementara } \frac{L}{D} = \frac{200}{200} = 1,0 \text{ sehingga berdasarkan tabel } \frac{H}{D} \text{ dan } \frac{L}{D}$$

Faktor langit (FI) lubang cahaya efektif dari TUU adalah = $2,11\%$ (berdasarkan hasil interpolasi nilai table H/D dan L/D). Jika ditentukan langit perencanaan di lapangan terbuka adalah 10.000 lux , maka kuat penerangan dari TUU untuk lubang cahaya efektif tersebut adalah = $2,11\% \times 10000 \text{ lux} = 211 \text{ lux}$

- c. Kesimpulan: Semakin luas lubang cahaya efektif, semakin semakin besar intensitas cahaya alami. semakin tinggi lubang cahaya efektif, cahaya alami semakin efektif dan efisien.

I. UMPAN BALIK

Untuk dapat melanjutkan ke materi berikutnya, mahasiswa harus mampu menjawab semua pertanyaan paling tidak 75% benar. Selamat bagi anda yang telah lolos ke materi berikutnya.

II. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. V. Szokolay, *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*, Second edi., vol. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- [2] A. Ahmad *et al.*, “Dynamic analysis of daylight factor, thermal comfort and energy performance under clear sky conditions for building: An experimental validation,” *Mater. Sci. Energy Technol.*, vol. 5, pp. 52–65, 2022, doi: 10.1016/j.mset.2021.11.003.
- [3] N.V. Baker, *Passive solar and low energy building design for Tropical Island Climates*. London: Commonwealth Science Council, 1987.
- [4] G. Lippsmeier, *Bangunan Tropis*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1994.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, *Tata cara perancangan sistem pencahayaan Alami pada bangunan gedung SNI 03-2396-2001*. Indonesia, 2001, pp. 1–28.

III. SENARAI

<i>Langit perancangan</i>	:	langit dalam keadaan yang ditetapkan dan dijadikan dasar untuk perhitungan.
<i>Faktor Langit</i>	:	angka karakteristik yang digunakan sebagai ukuran keadaan pencahayaan alami siang hari diberbagai tempat dalam suatu ruangan
<i>Kuat Penerangan</i>	:	Intensitas penerangan alami dalam ruang yang diukur dari Titik Ukur
<i>Titik Ukur</i>	:	titik di dalam ruangan yang keadaan pencahayaannya dipilih sebagai indikator untuk keadaan pencahayaan seluruh ruangan

<i>Titik Ukur Utama</i>	:	Titik yang diambil pada tengah-tengah antar kedua dinding samping, yang berada pada jarak $\frac{1}{3} d$ dari bidang lubang cahaya efektif
<i>Titik Ukur Samping</i>	:	Titik yang diambil pada jarak 0,50-meter dari dinding samping yang juga berada pada jarak $\frac{1}{3} d$ dari bidang lubang cahaya efektif
<i>H</i>	:	Tinggi lubang cahaya efektif
<i>L</i>	:	Lebar lubang cahaya efektif
<i>D</i>	:	jarak titik ukur ke bidang lubang cahaya efektif

MATERI V

PENGANTAR SISTEM PEMBAYANGAN

I. DESKRIPSI SINGKAT

Bangunan di daerah tropis seyogyanya dapat mengantisipasi iklim tropis dengan baik[1]–[3]. Bangunan dengan sistem pasif disain perlu direncanakan sedemikian rupa agar radiasi matahari tidak masuk ke dalam bangunan. Salah satu strategi agar radiasi tidak masuk ke dalam bangunan, akan tetapi kita tetap memperoleh pencahayaan alami yang optimal adalah dengan mendisain system pembayangan pada selubung bangunan[3]–[5]. Beberapa definisi terkait dengan system pembayangan pasif pada façade bangunan dengan dasar diagram lintasan matahari akan dipelajari pada materi ke V ini seperti: azimuth, altitude, sun path diagram, Sudut bayangan horizontal (SBH), Sudut bayangan vertical (SBV), serta jam riil setempat.

II. RELEVANSI

Terang langit masuk ke dalam bangunan melalui lubang cahaya pada disain selubung bangunan. Oleh karenanya, disain lubang cahaya harus mampu meneruskan cahaya yang diperlukan oleh mata manusia untuk bekerja dan beraktivitas sesuai dengan fungsi bangunan. Akan tetapi yang perlu dicermati dalam disain adalah bagaimana disain lubang cahaya yang baik, agar cahaya masuk secara optimal namun panas atau radiasi dapat dihalangi semaksimal mungkin.

III. CAPAIAN PEMEBLAJARAN

1. Capaian Pembelajaran Matakuliah (CPMK)

Dengan dikuasainya metode penentuan jam matahari setempat, pengukuran sudut bayangan serta proyeksi SBH dan SBH pada façade bangunan, maka setelah mengikuti proses perkuliahan ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami (C2) dan menghitung (C3) serta mengaplikasikan (C4) system bayangan pada façade bangunan mulai mata kuliah Perancangan Arsitektur semester 3.

2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

Dengan diberikannya pemahaman mengenai system pembayangan pada bangunan, serta definisi-definisi istilah penting dalam prosedur system pembayangan, maka mahasiswa semester 3 prodi S1 Arsitektur akan dapat:

- a. memahami (C1) dengan benar definisi-definisi istilah terkait dengan system pembayangan pada bangunan.
- b. Menyebutkan (C2) dengan benar definisi-definisi istilah terkait dengan system pembayangan pada bangunan
- c. Menentukan dan menghitung (C3) Sudut Bayangan Horisontal, Sudut Bayangan Vertikal.
- d. Menghitung (C3) Jam riil setempat, Azimuth, dan Altitudenya

3. Indikator

Kemampuan mahasiswa semester 3 prodi S1 Arsitektur dalam memahami pentingnya system pembayangan pada disain façade bangunan dengan indicator-indikator kompetensi sebagai berikut:

- a. Menyebutkan (C2) definisi sudut-sudut Altitude dan Azimuth yang dipergunakan dalam prosedur menentukan system pembayangan pada façade bangunan
- b. Menyebutkan dan memahami (C2) bagian-bagian dari diagram matahari, fungsi dan kegunaannya serta aplikasinya dalam menentukan system pembayangan pada façade bangunan.
- c. Menyebutkan dan memahami (C2) bagian-bagian dari diagram matahari, fungsi dan kegunaannya serta aplikasinya dalam menentukan system pembayangan pada façade bangunan.

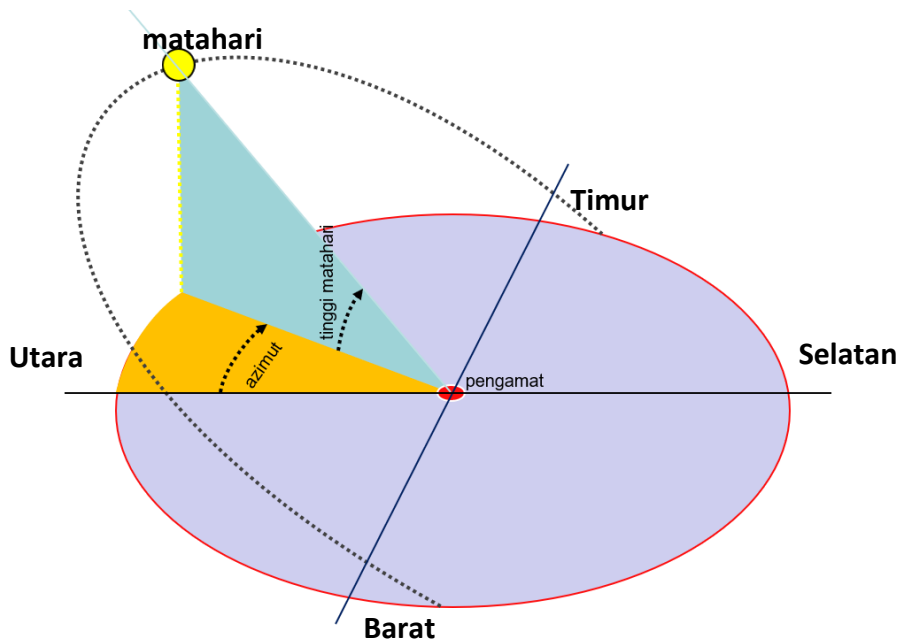
IV. MAKSUD DAN TUJUAN SISTEM PEMBAYANGAN PADA BANGUNAN

Sistem pembayangan pada façade bangunan didisain dengan beberapa maksud sebagai berikut:

- a. Mengantisipasi radiasi yang masuk ke dalam bangunan
- b. Menghindari kesilauan pada bangunan
- c. Mencapai optimasi pencahayaan alami pada bangunan
- d. Menciptakan bangunan yang hemat energi

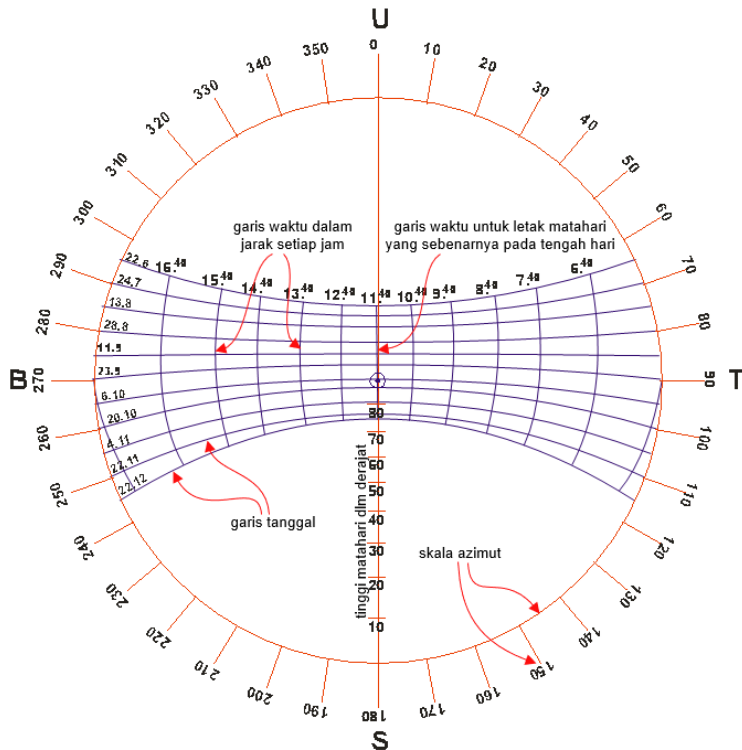
V. SUDUT ALTITUDE, AZIMUTH DAN DIAGRAM MATAHARI

Altitude atau tinggi matahari adalah Sudut antara horizon dan matahari dan dicantumkan dalam skala sudut 0^0 - 90^0 . Sementara, Azimuth adalah deklinasi matahari dari utara, diukur dengan derajat dari Utara searah jarum jam.



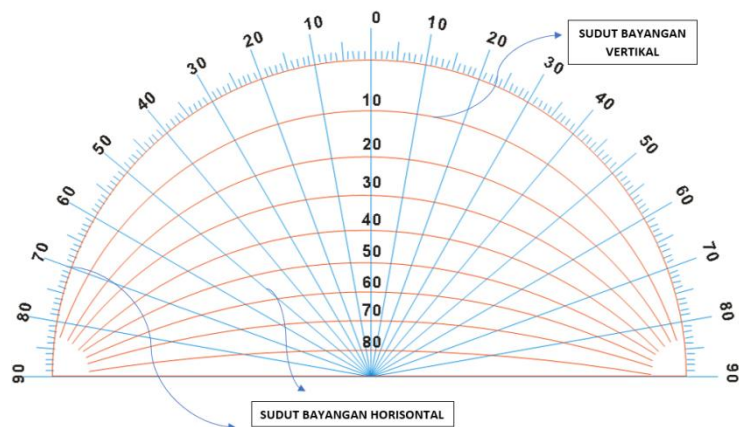
Gambar 5.01. Lintasan matahari, azimuth dan altitude[1]

Gambar memperlihatkan bahwa pada ketinggian tertentu matahari, maka sudut antara horizon dan matahari dikenal sebagai altitude (lihat arsir biru tosca pada gambar yang mengindikasikan sudut altitude posisi matahari). Sementara sudut azimuth pada bagian yang diarsir orange adalah sudut antara arah utara searah dengan jarum jam ke arah posisi matahari berada, besar sudut azimuth dalam derajat selalu dimulai dari arah utara atau 0^0 . Pemahaman berikutnya adalah pemahaman terkait dengan Diagram Lintasan Matahari (Sun-path Diagram).



Gambar 5.02. Diagram lintasan matahari dengan bagian-bagiannya[1].

Basis Façade Pengukur Sudut Bayangan



Gambar 5.03. Basis Pengukur Sudut Bayangan[1]

Garis tanggal adalah digambarkan dalam arah T - B dan merupakan representasi jalan matahari dari matahari terbit sampai matahari terbenam, pada hari yang bersangkutan. Dari posisi pengamat, yang selalu berada di pusat lingkaran, matahari terlihat bergerak pergi dan kembali sekali setahun antara garis-garis tanggal untuk 22.6 dan 22.12.

Garis jam adalah adalah garis yang terietak vertikal terhadap garis tanggal, masing-masing dalam jarak satu jam. Garis yang bersamaan dengan sumbu U - S menunjukkan waktu tengah hari setempat yang sebenarnya, artinya waktu di mana tinggi matahari terbesar dan azimuth tepat 180° atau 360° (tergantung pada tempat dan musim).

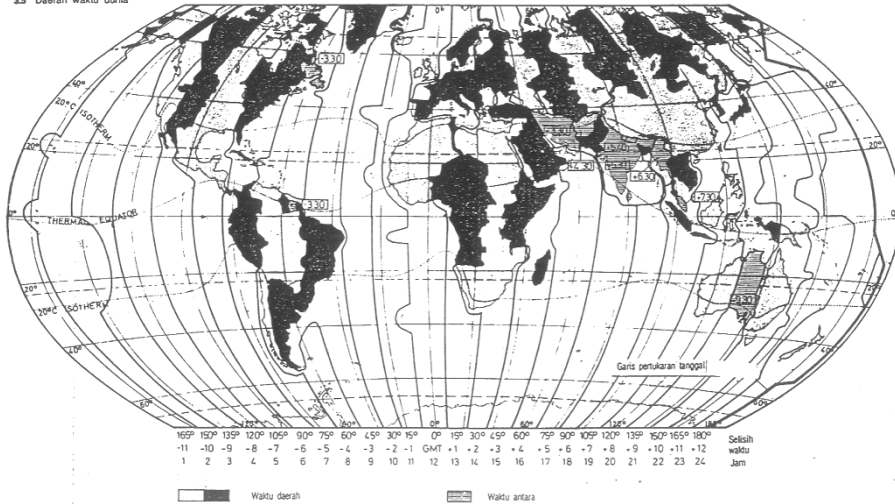
Titik pengamat: berada pada pusat lingkaran diagram sun path diagram dengan indicator lingkaran kecil tempat dimana posisi pengamat berada

Garis waktu jam matahari tengah hari terletak di tengah skala garis jam pada sun-path diagram, sementara

Skala altitude pada Sun-path diagram ditunjukkan pada angka di bawah titik pengamat pada pusat lingkaran sun-path diagram secara vertical ke bawah dengan prosedur proyeksi busur berpusat pada titik pengamat.

VI. CARA MENENTUKAN JAM RIIL MATAHARI DAERAH SETEMPAT DAN HUBUNGANNYA DENGAN PEMBAYANGAN

Kondisi lintasan matahari ini berbeda-beda tergantung pada perbedaan letak geografis dari masing-masing tempat atau lokasi. Pada dasarnya setiap pergeseran 1 derajat busur maka terjadi perbedaan waktu 4 menit, atau setiap perbedaan 15 derajat busur maka terjadi perbedaan waktu 1 jam. Penentuan jam riil matahari setempat akan berkaitan dengan penentuan Sudut Bayangan Horisontal (SBH) dan Sudut Bayangan Vertikal (SBV) yang dipergunakan untuk mendisain sun-shading pada façade bangunan. Pembayangan yang optimal menyebabkan terjadinya pencahayaan alami yang optimal dan tercapainya upaya konservasi energi pada bangunan yang optimal pula. Penentuan jam riil matahari daerah setempat akan bergantung pada letak geografis lokasi tempat bangunan berada dan meridian waktu yang berlaku.



Gambar 5.04. Peta meridian waktu dunia dan Indonesia[1]

Dalam menghitung jam riil matahari setempat, berlaku prosedur sebagaimana contoh berikut:

Kota Baturetno (Jawa Tengah) mempunyai posisi $110^{\circ} 55''$ BT 8° LS

Untuk tanggal 22 Juni. Perhitungan jam riil Baturetno pada jam 12.00 jam matahari (matahari di tengah-tengah) adalah ;

$$= 12 + (105^{\circ} - 110^{\circ}55') \times 4 \text{ menit}$$

$$= 12 + (105 - 110,92) \times 4 \text{ menit}$$

$$= 12 + (- 5,92) \times 4 \text{ menit}$$

$$= 12 - 23,68 \text{ menit}$$

$$= 11,36 \text{ WIB}$$

$$\text{Sudut Altitude posisi matahari} = 60^{\circ}$$

$$\text{Sudut Azimuth posisi matahari} = 0^{\circ}$$

$$\text{Jam riil matahari terbit kota Baturetno} = 5.52 \text{ WIB (hasil interpolasi)}$$

$$\text{Sudut azimuth posisi matahari} = 66^{\circ}22'$$

$$\text{Sudut altitude posisi matahari} = 0^{\circ}$$

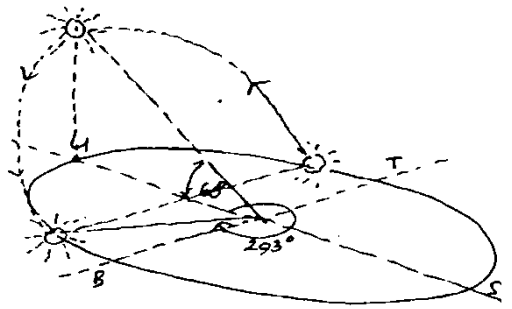
$$\text{Jam riil matahari tenggelam kota Baturetno} = 17.17 \text{ WIB (hasil interpolasi)}$$

$$\text{Sudut azimuth posisi matahari} = 293^{\circ}$$

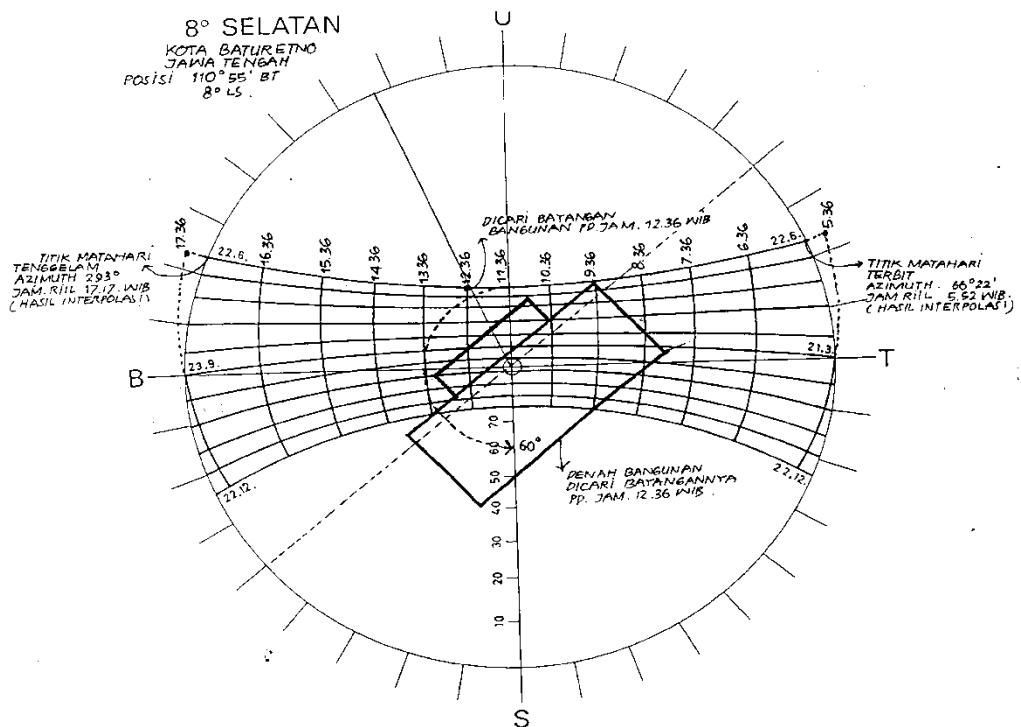
$$\text{Sudut altitude posisi matahari} = 0^{\circ}$$

Tabel V.01: Penentuan jam riil setempat Kota Baturetno

KOTA	Terbit		Tengah		Tenggelam	
	AZ	AL	AZ	AL	AZ	AL
Baturetno	66°22	0°	0°	60°	293°	0°
Jam	5.52		11.36		17.17	



Gambar 5.05. Sketsa Azimuth dan altitude Kota Baturetno jam tengah hari

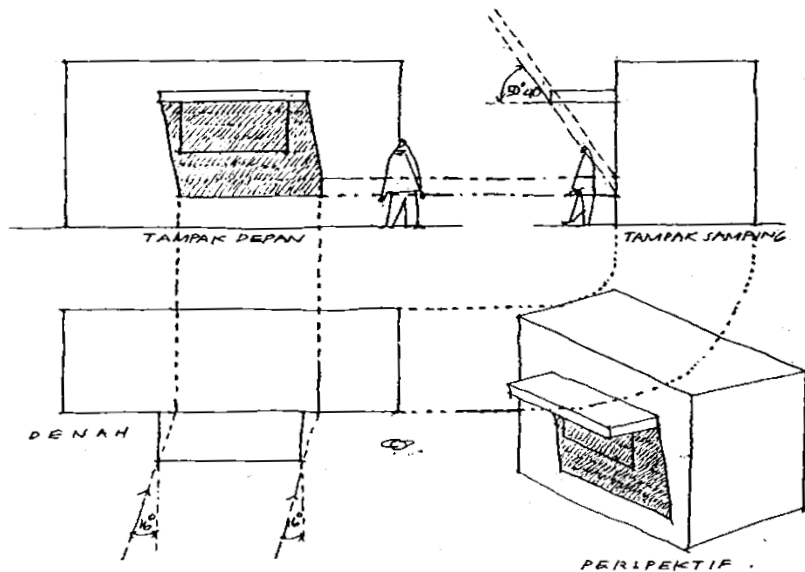


Gambar 5.06. Sketsa penentuan SBH dan SBV Kota Baturetno tanggal 22 Juni

110°55' BT 8° LS maka akan diketemukan sudut bayangan vertikal dan horisontal dengan menggunakan pengukur sudut bayangan. Besarnya sudut bayangan horisontal dan vertikal pada kota Baturetno Jawa Tengah, pada tanggal 22 Juni jam : 12.36 WIB adalah :

Sudut horisontal : 16°

Sudut vertikal : 50° 40'



Gambar 5.07. Sketsa Pembayangan pada façade bangunan di Kota Baturetno

VII. LATIHAN DAN TEST FORMATIF

Latihan dan Test formatif

Siapkan tugas Perancangan Arsitektur yang sedang dikerjakan pada semester ini (boleh progress pra rencana). Perletakkan posisi bangunan sedemikian rupa, cari orientasi terbaik apabila dikaitkan dengan system pembayangan

Coba hitungan azimuth, altitude dan jam riil matahari setempat untuk tanggal 22 Juni kota-kota di bawah ini:

- Kota Ternate 4°LU dan 129°BT
- Kota Bima – NTB, 8°LS dan 119°BT

- c. Kota Batam, 2° LU dan 106° BT
- d. Kota Yogyakarta, 8° LS dan 111° BT
- e. Kota Tarakan, 4° LU, dan 117° BT

Jawaban:

Dengan prosedur sebagaimana teori yang telah diberikan maka didapat:

Tabel V.02. Altitude, Azimuth dan Jam riil

Kota	Letak Geografis	Tengah hari waktu setempat		
		Azimuth	Altitude	Jam
Ternate	4° LU dan 129° BT	0°	62°	11.42
Bima	8° LS dan 119° BT	0°	63°	11.38
Batam	2° LU dan 106° BT	0°	64°	11.37
Yogyakarta	8° LS dan 111° BT	0°	65°	11.48
Tarakan	4° LU, dan 117° BT	0°	66°	11.52

VIII. UMPAN BALIK

Mahasiswa yang sudah mampu menghitung nilai Konduksi thermal pada disain bangunan MK Perancangan Arsitektur mereka dan dinilai 75% benar, akan dapat melanjutkan ke materi berikutnya.

IX. DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Lippsmeier, *Bangunan Tropis*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1994.
- [2] N.V. Baker, *Passive solar and low energy building design for Tropical Island Climates*. London: Commonwealth Science Council, 1987.
- [3] S.V. Szokolay, *Environmental Science Handbook for Architects and Builders*. Lancaster: The Construction Press, 1980.
- [4] Mohamed Boubekri, *Daylighting, Architecture and Health - Building Design Strategies*, First Edit. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- [5] R. Skowranek, *Building Services Lighting Design*. Birkhauser.

X. SENARAI

Azimuth : Sudut antara dua garis, sudut orientasi dan konfigurasi
Altitude : $\pi = 22/7 = 3,14$
Garis tanggal : digambarkan dalam arah T-B dan merupakan representasi jalan matahari dari matahari terbit sampai matahari terbenam, pada hari yang bersangkutan. Dari posisi pengamat, yang selalu berada di pusat lingkaran, matahari

- terlihat bergerak pergi dan kembali sekali setahun antara garis-garis tanggal untuk 22.6 dan 22.12.
- Garis jam* : adalah garis yang terietak vertikal terhadap garis tanggal, masing-masing dalam jarak satu jam. Garis yang bersamaan dengan sumbu U-S menunjukkan waktu tengah hari setempat yang sebenarnya, artinya waktu di mana tinggi matahari terbesar dan azimut tepat 180° atau 360° (tergantung pada tempat dan musim).
- SBV* : Sudut Bayangan Vertikal
- SBH* : Sudut Bayangan Horisontal
- Tropis : Daerah belahan bumi bagian tengah yang berada di antara $23^\circ 27'$ LU dan $23^\circ 27'$ LS. Daerah ini meliputi 40% dari luas seluruh permukaan bumi.
- Tropis- lembab : Iklim tropis lembab dimiliki oleh daerah tropis yang memiliki angin musim dan hutan hujan tropis. Ciri khas iklim tropis lembab adalah: rendahnya perbedaan temperature harian dan tahunan, kelembaban udara yang tinggi dan temperatur yang hampir sama sepanjang tahun, namun perbedaan temperatur harian dapat mencapai 8°C .
- Tropis-kering : Iklim yang dimiliki oleh daerah belahan bumi sekitar garis lintang 15° - 30° utara dan selatan. Iklim ini memiliki ciri khas: sangat kering, pantulan cahaya sangat kuat, erosi angin sangat kuat.

MATERI VI

DIAGRAM MATAHARI DAN ORIENTASI BANGUNAN

I. DESKRIPSI SINGKAT

Bangunan di daerah tropis seyogyanya dapat mengantisipasi iklim tropis dengan baik[1]–[3]. Bangunan dengan sistem pasif disain perlu direncanakan sedemikian rupa agar radiasi matahari tidak masuk ke dalam bangunan. Salah satu strategi agar radiasi tidak masuk ke dalam bangunan, akan tetapi kita tetap memperoleh pencahayaan alami yang optimal adalah dengan mendisain system pembayangan pada selubung bangunan[3]–[5]. Beberapa definisi terkait dengan system pembayangan pasif pada façade bangunan dengan dasar diagram lintasan matahari akan dipelajari pada materi ke V ini seperti: azimuth, altitude, sun path diagram, Sudut bayangan horizontal (SBH), Sudut bayangan vertical (SBV), serta jam riil setempat.

II. RELEVANSI

Terang langit masuk ke dalam bangunan melalui lubang cahaya pada disain selubung bangunan. Oleh karenanya, disain lubang cahaya harus mampu meneruskan cahaya yang diperlukan oleh mata manusia untuk bekerja dan beraktivitas sesuai dengan fungsi bangunan. Akan tetapi yang perlu dicermati dalam disain adalah bagaimana disain lubang cahaya yang baik, agar cahaya masuk secara optimal namun panas atau radiasi dapat dihalangi semaksimal mungkin.

III. CAPAIAN PEMBELAJARAN

1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Dengan dikuasainya metode penentuan jam matahari setempat, pengukuran sudut bayangan serta proyeksi SBH dan SBH pada façade bangunan, maka setelah mengikuti proses perkuliahan ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami (C2) dan menghitung (C3) serta mengaplikasikan (C4) system bayangan pada façade bangunan mulai mata kuliah Perancangan Arsitektur semester 3.

2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

Dengan diberikannya pemahaman mengenai system pembayangan pada bangunan, serta definisi-definisi istilah penting dalam prosedur system pembayangan, maka mahasiswa semester 3 prodi S1 Arsitektur akan dapat:

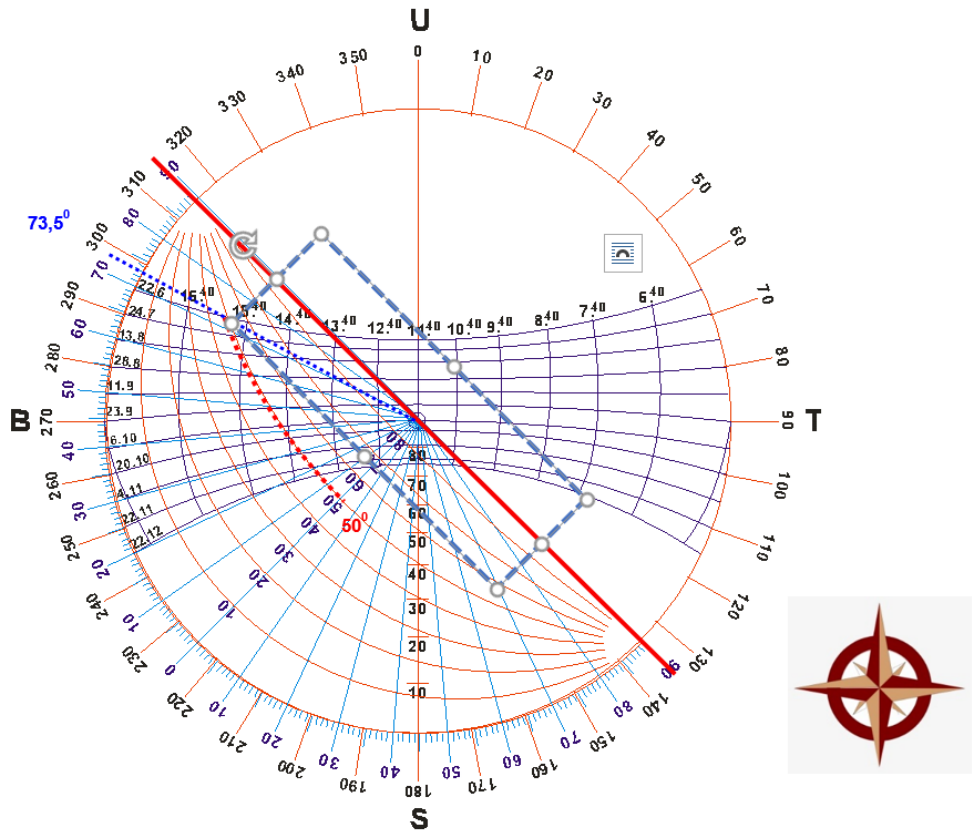
- a. memahami (C1) dengan benar definisi-definisi istilah terkait dengan system pembayangan pada bangunan.
- b. Menyebutkan (C2) dengan benar definisi-definisi istilah terkait dengan system pembayangan pada bangunan
- c. Menentukan dan menghitung (C3) Sudut Bayangan Horisontal, Sudut Bayangan Vertikal.
- d. Menghitung (C3) Jam riil setempat, Azimuth, dan Altitudenya

3.Indikator

- a. Kemampuan mahasiswa semester 3 prodi S1 Arsitektur dalam memahami pentingnya system pembayangan pada disain façade bangunan dengan indicator-indikator kompetensi sebagai berikut:
- b. Menyebutkan (C2) definisi sudut-sudut Altitude dan Azimuth yang dipergunakan dalam prosedur menentukan system pembayangan pada façade bangunan
- c. Menyebutkan dan memahami (C2) bagian-bagian dari diagram matahari, fungsi dan kegunaannya serta aplikasinya dalam menentukan system pembayangan pada façade bangunan.

IV. PROSEDUR MENENTUKAN SBH DAN SBV

Contoh Bangunan dengan orientasi 315°

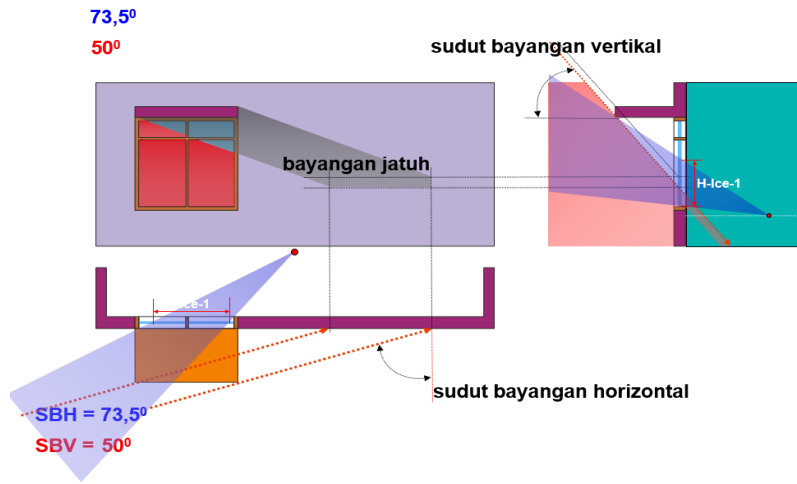


Gambar 6.01. Prosedur pengukuran SBH dan SBV menggunakan basis sudut bayangan[1]

Pada orientasi bangunan dengan sudut 315, maka diketemukan sudut bayangan horizontal (SBH) sebesar $73,5^{\circ}$ dan sudut bayangan vertical (SBV) sebesar 50° .

V. PROSEDUR MENENTUKAN DISAIN SHADING SYSTEM PADA FAÇADE BANGUNAN

Selanjutnya menentukan elemen shading pada façade bangunan



Gambar 6.02. Prosedur menentukan shading pada façade bangunan[1]

Pada gambar terlihat bahwa tidak semua bagian permukaan jendela ternaungi oleh pembayangan, maka perlu simulasi Kembali arah orientasi bangunan yang tepat agar seluruh bagian jendela ternaungi oleh pembayangan.

VI. LATIHAN DAN TEST FORMATIF

Latihan dan Test formatif

Penentuan sudut bayangan Horisontal dan Vertikal akan dilanjutkan dengan disain shading system pada façade bangunan.

Tentukan SBH dan SBV dari jendela bangunan Perancangan Arsitektur yang telah kalian buat dengan menggunakan alat Sun-path diagram dan Basis Pengukur Sudut Bayangan sesuai prosedur.

Jawaban: Mahasiswa membuat disain bukaan sesuai dengan bangunan rumah tinggal PA 1 (TAR11233/PTAR6304), sebagaimana dicontohkan pada materi berikutnya.

VII. UMPAN BALIK

Mahasiswa yang sudah mampu menghitung Sudut Bayangan Horisontal dan Sudut Bayangan Vertikal pada disain jendela bangunan MK Perancangan Arsitektur mereka dan dinilai 75% benar, akan dapat melanjutkan ke materi berikutnya.

VIII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Lippsmeier, *Bangunan Tropis*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1994.
- [2] N.V. Baker, *Passive solar and low energy building design for Tropical Island Climates*. London: Commonwealth Science Council, 1987.
- [3] S.V. Szokolay, *Environmental Science Handbook for Architects and Builders*. Lancaster: The Construction Press, 1980.
- [4] Mohamed Boubekri, *Daylighting, Architecture and Health - Building Design Strategies*, First Edit. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- [5] R. Skowranek, *Building Services Lighting Design*. Birkhauser.

IX. SENARAI

<i>Azimuth</i>	:	Sudut antara dua garis, sudut orientasi dan konfigurasi
<i>Altitude</i>	:	$\pi = 22/7 = 3,14$
<i>Garis tanggal</i>	:	digambarkan dalam arah T-B dan merupakan representasi jalan matahari dari matahari terbit sampai matahari terbenam, pada hari yang bersangkutan. Dari posisi pengamat, yang selalu berada di pusat lingkaran, matahari terlihat bergerak pergi dan kembali sekali setahun antara garis-garis tanggal untuk 22.6 dan 22.12.
<i>Garis jam</i>	:	adalah garis yang terietak vertikal terhadap garis tanggal, masing-masing dalam jarak satu jam. Garis yang bersamaan dengan sumbu U-S menunjukkan waktu tengah hari setempat yang sebenarnya, artinya waktu di mana tinggi matahari terbesar dan azimuth tepat 180° atau 360° (tergantung pada tempat dan musim).
<i>SBV</i>	:	Sudut Bayangan Vertikal
<i>SBH</i>	:	Sudut Bayangan Horisontal
<i>Tropis</i>	:	Daerah belahan bumi bagian tengah yang berada di antara 23°27' LU dan 23°27' LS. Daerah ini meliputi 40% dari luas seluruh permukaan bumi.
<i>Tropis- lembab</i>	:	Iklim tropis lembab dimiliki oleh daerah tropis yang memiliki angin musim dan hutan hujan tropis. Ciri khas iklim tropis lembab adalah: rendahnya perbedaan temperature harian dan tahunan, kelembaban udara yang tinggi dan temperatur yang hampir sama sepanjang tahun, namun perbedaan temperatur harian dapat mencapai 8° C.

MATERI VII

DISAIN BUKAAN DAN JENDELA

I. DESKRIPSI SINGKAT

Bangunan di daerah tropis seyogyanya dapat mengantisipasi iklim tropis dengan baik. Bangunan dengan sistem pasif disain perlu direncanakan sedemikian rupa agar radiasi matahari tidak masuk ke dalam bangunan[1]–[3]. Salah satu strategi agar radiasi tidak masuk ke dalam bangunan, akan tetapi kita tetap memperoleh pencahayaan alami yang optimal adalah dengan mendisain system pembayangan pada selubung bangunan[3]–[5]. Beberapa definisi terkait dengan system pembayangan pasif pada façade bangunan dengan dasar diagram lintasan matahari akan dipelajari pada materi ke V ini seperti: azimuth, altitude, sun path diagram, Sudut bayangan horizontal (SBH), Sudut bayangan vertical (SBV), serta jam riil setempat.

II. RELEVANSI

Terang langit masuk ke dalam bangunan melalui lubang cahaya pada disain selubung bangunan. Oleh karenanya, disain lubang cahaya harus mampu meneruskan cahaya yang diperlukan oleh mata manusia untuk bekerja dan beraktivitas sesuai dengan fungsi bangunan. Akan tetapi yang perlu dicermati dalam disain adalah bagaimana disain lubang cahaya yang baik, agar cahaya masuk secara optimal namun panas atau radiasi dapat dihalangi semaksimal mungkin.

III. CAPAIAN PEMBELAJARAN

1. Capaian Pembelajaran Matakuliah (CPMK)

Dengan dikuasainya metode penentuan jam matahari setempat, pengukuran sudut bayangan serta proyeksi SBH dan SBH pada façade bangunan, maka setelah mengikuti proses perkuliahan ini, mahasiswa diharapkan dapat mengaplikasikan system bayangan pada façade bangunan mulai mata kuliah Perancangan Arsitektur semester 3.

2. Sub Capaian Pembelajaran Matakuliah (Sub – CPMK)

Dengan diberikannya pemahaman mengenai system pembayangan pada bangunan, serta definisi-definisi istilah penting dalam prosedur system pembayangan, maka mahasiswa semester 3 prodi S1 Arsitektur:

- a. akan dapat memahami (C1) dengan benar definisi-definisi istilah terkait dengan system pembayangan pada bangunan.
- b. akan dapat menyebutkan dengan benar (C2) dengan benar definisi-definisi istilah terkait dengan system pembayangan pada bangunan
- c. menentukan dan menghitung (C3) Sudut bayangan horizontal (SBH) dan Sudut Bayangan Vertikal (SBV) pada selubung bangunan
- d. Mengimplementasikan (C4) SBH dan SBV pada disain bukaan/ jendela bangunan agar intensitas cahaya alami dalam bangunan menjadi optimal.

3. Indikator

Kemampuan mahasiswa semester 3 prodi S1 Arsitektur dalam memahami pentingnya system pembayangan pada disain façade bangunan dengan indikator-indikator kompetensi sebagai berikut:

- a. Menyebutkan (C2) definisi sudut-sudut Altitude dan Azimuth yang dipergunakan dalam prosedur menentukan system pembayangan pada façade bangunan
- b. Menyebutkan dan memahami (C2) bagian-bagian dari diagram matahari, fungsi dan kegunaannya serta aplikasinya dalam menentukan system pembayangan pada façade bangunan.
- c. Menentukan (C3) Sudut Bayangan Horisontal (SBH) dan Sudut Bayangan Vertikal (SBV) pada façade bangunan
- d. Mengimplementasikan (C4) dan mendisain (C5) elemen shading pada bukaan bangunan

IV. DISAIN BUKAAN PADA BANGUNAN

Untuk dapat memahami materi disain bukaan/ jendela pada bangunan, maka dibuatlah tugas yang mengukur bagaimana kompetensi mahasiswa dalam memahami Sudut Bayangan Horisontal dan Sudut Bayangan Vertikal:

1. Contoh Disain Bukaannya



Gambar di samping merupakan lokasi tapak rumah Perancangan Arsitektur 1. (**8°LS dan 109°BT**, tanggal **22 Juni**.) Berdasarkan kondisi tapak yang berbatasan dengan kavling lain di sisi timur, maka letak bukaan jendela dapat berada pada tiga sisi, yaitu sisi utara, barat, dan selatan. Namun, dikarenakan sisi barat dapat berpotensi memasukkan radiasi yang tinggi ke dalam rumah, oleh karenanya **bukaan utama berada pada sisi utara dan selatan**.

Pada simulasi ini, **digunakan sisi utara sebagai contoh studi**. Berikut merupakan ilustrasi jendela yang digunakan:

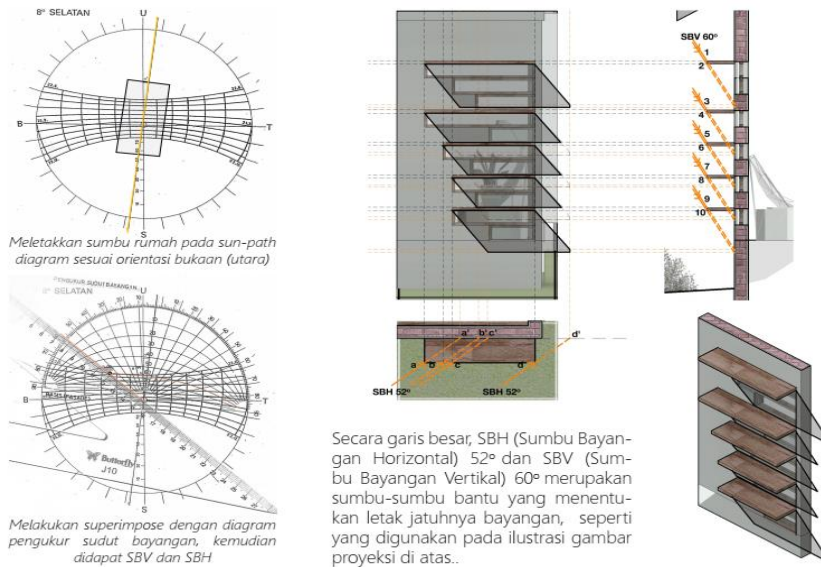
Gambar 7.01. Penentuan Orientasi Bangunan



Gambar 7.02. Disain bukaan

Penentuan orientasi bangunan sangat berpengaruh pada kualitas dan kuantitas pencahayaan alami. Oleh karena itu, orientasi bangunan harus ditentukan di awal perencanaan agar disain lubang cahaya bangunan

memberikan intensitas pencahayaan alami yang optimal (lihat gambar 7.01 dan 7.02)



Gambar 7.03. Penentuan SBH dan SBV

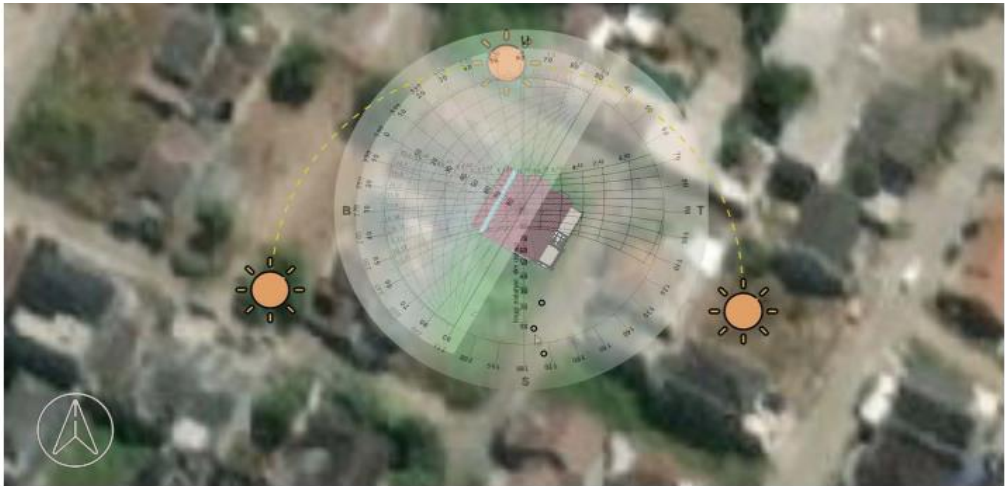
Gambar 7.03 memperlihatkan bahwa tahapan awal perencanaan adalah menentukan orientasi bangunan yang tepat, agar lubang cahaya dan perolehan intensitas cahaya alami menjadi optimal. Tahap selanjutnya adalah menentukan Sudut Bayangan Horisontal (SBH) dan Sudut Bayangan Vertikal (SBV) untuk menentukan disain sunshading yang tepat.

2. Contoh Disain Bukaan 2

Berikutnya adalah contoh lain dari prosedur penentuan disain bukaan sebagai berikut



Gambar 7.04. Disain Rumah Tinggal matakuliah PA 1



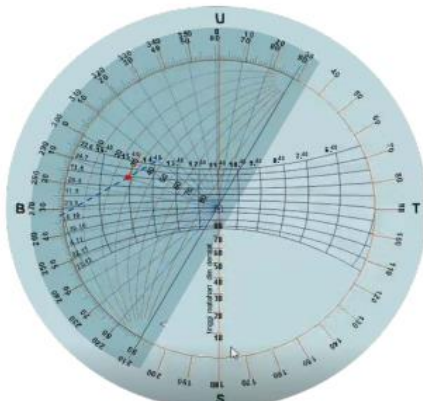
Location : Komplek Taman Cilegon Indah, Cluster Amarylis
Coordinate : 6 , 0'' , 54' LS dan 106 , 04' , 45'' BT
Orientasi Muka Bangunan: Timur Laut (mengikuti lingkungan)

Perhitungan Tengah Hari :

$12 + (105 - 106^{\circ} 04' 49'') \times 4 \text{ menit}$
 $12 + (105 - 106,08) \times 4 \text{ menit}$
 $12 + (-1,08) \times 4 \text{ menit}$
 $12 + (-4,32) \text{ menit}$
 11.55 WIB

*Pada kasus ini mengambil jam 13.55 WIB

*Sun Path Diagram di samping harusnya dimulai tengah hari pada pukul 11.55 dan akan menerus (11.55 , 12.55 , 13.55, 14.55, Sampai dengan seterusnya)



SBV : 70

SBH : 60

Azimuth :

Terbit : 100

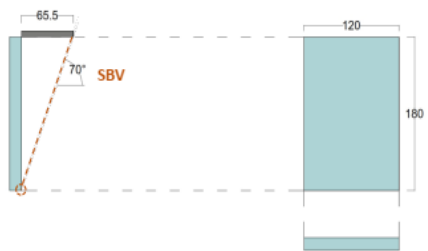
Tengah Hari : 86

Tenggelam : 260

Langkah – Langkah Pengerjaan :

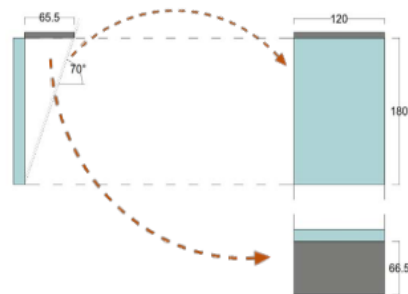
1. Menentukan jam tengah Matahari
2. Menentukan SBV & SBH
3. Memproyeksikan jatuh bayangan.

Gambar 7.05. Contoh Penentuan Orientasi, SBH dan SBV



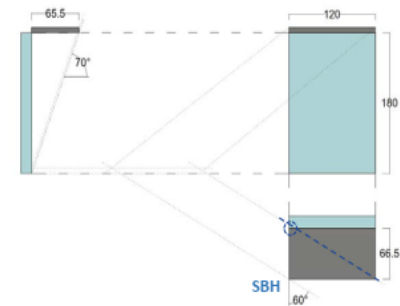
1. Memasukan SBV (hasil perhitungan dari *Sun Diagram Path*) pada bagian jendela tampak samping.

*Garis proyeksi diletakkan paling ujung jendela agar mendapatkan hasil *sun shading* semaksimal mungkin.



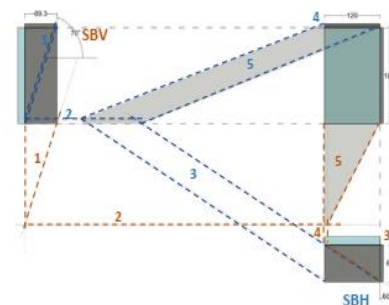
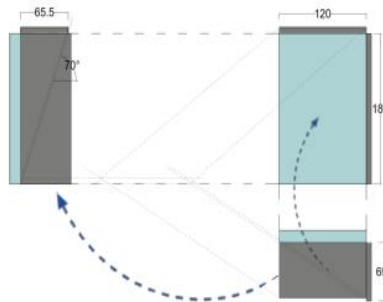
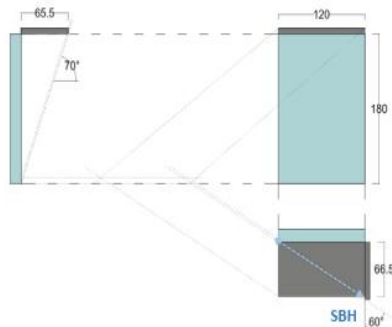
2. Memberikan *Sun Shiding* pada tampak atas dan tampak depan jendela.

*Pada tampak atas, dapat dilakukan dengan cara me – rotate hasil *sun shading* tampak samping dan menyesuaikan panjang sesuai dengan dimensi panjang jendela. Sedangkan pada tampak depan dapat menempelkan hasil *sun shading* pada tampak samping dan menyesuaikan panjang sesuai dengan dimensi panjang jendela.

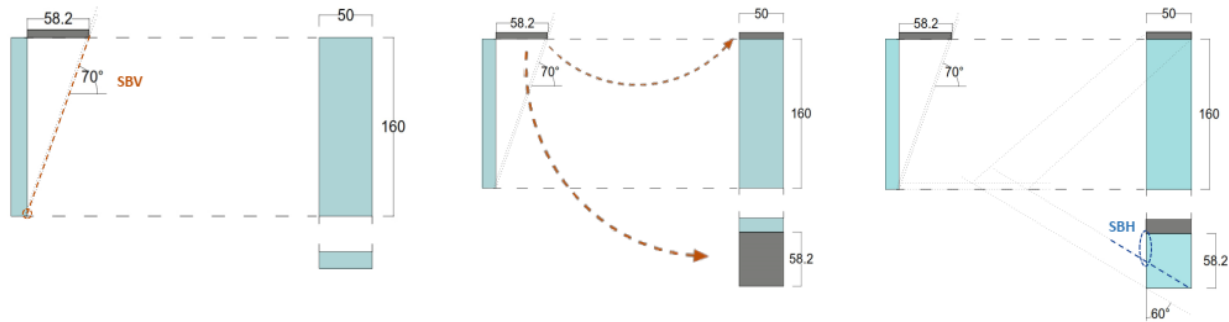


3. Memasukan SBH (hasil perhitungan dari *Sun Diagram Path*) pada bagian jendela tampak atas
4. Memberikan garis proyeksi bayangan pada jendela tampak depan .

*lingkaran biru menunjukan masih terdapat sisa jendela yang terkena paparan sinar matahari. Maka dari itu dibutuhkan parapet.



Gambar 7.06. Model Jendela 1



1. Memasukan SBV (hasil perhitungan dari *sun Diagram Path*) pada bagian jendela tampak samping

2. Memberikan *Sun Shiding* pada tampak atas dan tampak depan jendela.

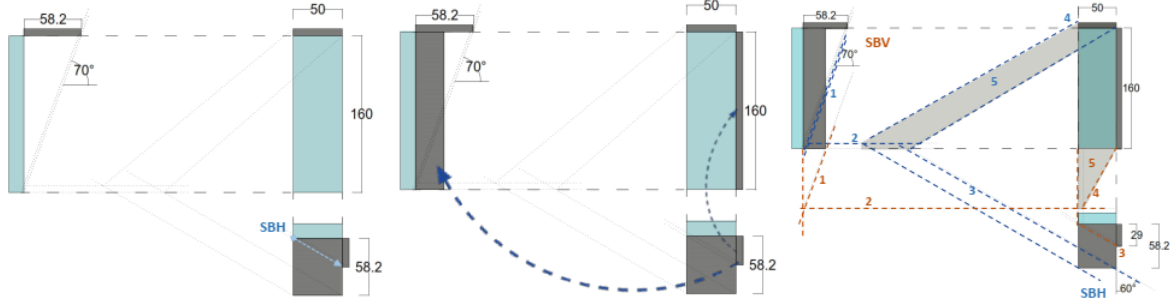
3. Memasukan SBH (hasil perhitungan dari *Sun Diagram Path*) pada bagian jendela tampak atas

4. Memberikan garis proyeksi bayangan pada jendela tampak depan.

*Garis proyeksi diletakkan paling ujung jendela agar mendapatkan hasil *sun shiding* semaksimal mungkin.

*Pada tampak atas, dapat dilakukan dengan cara me – rotate hasil *sun shiding* tampak samping dan menyesuaikan panjang sesuai dengan dimensi panjang jendela. Sedangkan pada tampak depan dapat menempelkan hasil *sun shiding* pada tampak samping dan menyesuaikan panjang sesuai dengan dimensi panjang jendela.

*lingkaran merah menunjukkan masih terdapat sisa jendela yang terkena paparan sinar matahari. Maka dari itu dibutuhkan parapet.



Gambar 7.07. Model Jendela 2

V. LATIHAN DAN TEST FORMATIF

Latihan dan Test formatif

Buatlah disain shading system façade pada bangunan mata kuliah Perancangan Arsitektur 1, kemudian analisis dengan menggunakan bantuan sun-path diagram. (TAR11233/PTAR6304)

Jawaban: Aktivitas kelas, mahasiswa membuat disain bukaan/jendela pada disain rumah tinggal yang mereka kerjakan pada mata kuliah PA 1, sebagaimana dicontohkan pada materi ini.

VI. UMPAN BALIK

Mahasiswa yang sudah mampu menghitung (C3) nilai OTTV pada disain bangunan MK Perancangan Arsitektur mereka dan dinilai 75% benar, akan dapat melanjutkan ke materi berikutnya.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Lippsmeier, *Bangunan Tropis*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1994.
- [2] N.V. Baker, *Passive solar and low energy building design for Tropical Island Climates*. London: Commonwealth Science Council, 1987.
- [3] S.V. Szokolay, *Environmental Science Handbook for Architects and Builders*. Lancaster: The Construction Press, 1980.
- [4] Mohamed Boubekri, *Daylighting, Architecture and Health - Building Design Strategies*, First Edit. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- [5] R. Skowranek, *Building Services Lighting Design*. Birkhauser.

VIII. SENARAI

<i>Azimuth</i>	:	Sudut antara dua garis, sudut orientasi dan konfigurasi
<i>Altitude</i>	:	$\pi = 22/7 = 3,14$
<i>Garis tanggal</i>	:	digambarkan dalam arah T-B dan merupakan representasi jalan matahari dari matahari terbit sampai matahari terbenam, pada hari yang bersangkutan. Dari posisi pengamat, yang selalu berada di pusat lingkaran, matahari terlihat bergerak pergi dan kembali sekali setahun antara garis-garis tanggal untuk 22.6 dan 22.12.

- Garis jam* : adalah garis yang terietak vertikal terhadap garis tanggal, masing-masing dalam jarak satu jam. Garis yang bersamaan dengan sumbu U-S menunjukkan waktu tengah hari setempat yang sebenarnya, artinya waktu di mana tinggi matahari terbesar dan azimut tepat 180° atau 360° (tergantung pada tempat dan musim).
- SBV* : Sudut Bayangan Vertikal
- SBH* : Sudut Bayangan Horisontal
- Tropis : Daerah belahan bumi bagian tengah yang berada di antara $23^\circ 27'$ LU dan $23^\circ 27'$ LS. Daerah ini meliputi 40% dari luas seluruh permukaan bumi.
- Tropis- lembab : Iklim tropis lembab dimiliki oleh daerah tropis yang memiliki angin musim dan hutan hujan tropis. Ciri khas iklim tropis lembab adalah: rendahnya perbedaan temperature harian dan tahunan, kelembaban udara yang tinggi dan temperatur yang hampir sama sepanjang tahun, namun perbedaan temperatur harian dapat mencapai 8°C .
- Tropis-kering : Iklim yang dimiliki oleh daerah belahan bumi sekitar garis lintang 15° - 30° utara dan selatan. Iklim ini memiliki ciri khas: sangat kering, pantulan cahaya sangat kuat, erosi angin sangat kuat.

MATERI VIII

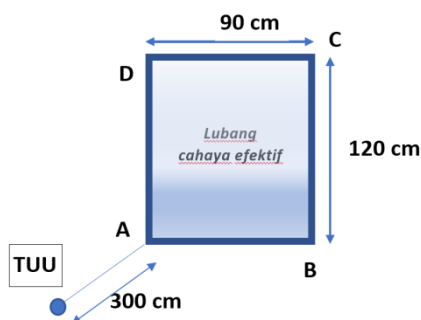
UJIAN TENGAH SEMESTER (MID- TEST)

RANGKUMAN PENCAHAYAAN ALAMI

MID – SEMESTER (LATIHAN SOAL PENCAHAYAAN ALAMI)

I. Ringkasan Materi pencahayaan alami

- A. Bidang kerja adalah Bidang imajiner tempat dilakukannya kegiatan yang berkaitan dengan kemampuan penglihatan mata[1]–[3].
- B. Titik ukur adalah titik di dalam ruangan yang keadaan penerangannya dipilih sebagai Indikator untuk keadaan penerangan seluruh ruangan[4], [5]. Titik ukur ini akan selalu terletak pada bidang tempat dilakukannya Kegiatan (bidang kerja) yang dilihat oleh mata.
- C. Titik Ukur Utama (TUU) adalah titik ukur yang terletak ditengah-tengah kedua dinding samping, berjarak $1/3d$ (min 2 m) dari lubang cahaya.
- D. Titik ukur samping (TUS) adalah titik ukur yang terletak 0,5 m dari dinding samping, berjarak $1/3d$ (min 2 m) dari lubang cahaya.
- E. Lubang cahaya efektif adalah bagian dari lubang cahaya dari titik ukur untuk dapat melihat langit[6]–[8]
- F. Kuat penerangan dapat dihitung dari faktor langit masing-masing bidang lubang cahaya efektif.

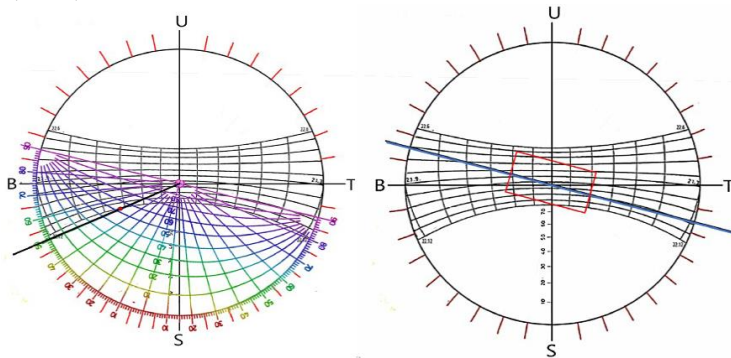


L/D	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
H/D	0,1	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10
0,2	0,06	0,12	0,17	0,22	0,27	0,30	0,33	0,36	0,38	0,40
0,3	0,13	0,26	0,37	0,48	0,57	0,65	0,72	0,77	0,82	0,86
0,4	0,22	0,43	0,62	0,80	0,96	1,09	1,20	1,30	1,38	1,44
0,5	0,32	0,62	0,91	1,17	1,39	1,59	1,76	1,90	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	1,12	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	11,12	11,90
6,0	1,54	3,06	4,51	4,51	7,17	8,34	9,42	10,40	11,28	12,07

$$\frac{H}{D} = \frac{120}{300} = 0,4 \text{ sementara } \frac{L}{D} = \frac{90}{300} = 0,3 \text{ sehingga berdasarkan tabel } \frac{H}{D} \text{ dan } \frac{L}{D}$$

Faktor langit (FI) lubang cahaya efektif dari TUU adalah = 0,62 %. Jika ditentukan langit perencanaan di lapangan terbuka adalah 10.000 lux, maka kuat penerangan dari TUU untuk lubang cahaya efektif tersebut adalah = 0,62% x 10.000 lux = 62 lux.

G. Prosedur penentuan Sudut Bayangan Horisontal (SBH) dan Sudut Bayangan Vertikal (SBV)



Berdasarkan hasil pengukuran dari letak geografis dan penentuan jam 15.00 maka di dapat

Azimut = 289°

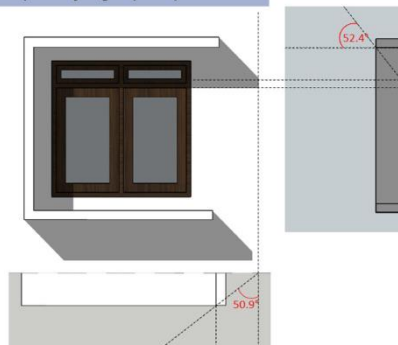
SBV = 52.4°

SBH = 50.9°

Gambar 8.01 Penentuan Sudut bayangan Horisontal & Sudut bayangan vertikal

H. Contoh Disain bukaan jendela bangunan rumah tinggal:

Proyeksi pembayangan pada pukul 15.00



Gambar 8.02 Disain Jendela pada Rumah Tinggal

II. CONTOH SOAL UTS

1. Diketahui Lubang Cahaya Efektif seperti tergambar di bawah ini (gambar arsir), Jika diketahui Faktor terang langit di ruang terbuka adalah 20.000 lux, maka berapa lux pencahayaan alami di Titik Ukur Utama (TUU)

L/D H/D	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10
0,2	0,06	0,12	0,17	0,22	0,27	0,30	0,33	0,36	0,38
0,3	0,13	0,26	0,37	0,48	0,57	0,65	0,72	0,77	0,82
0,4	0,22	0,43	0,62	0,80	0,96	1,09	1,20	1,30	1,38
0,5	0,32	0,62	0,91	1,17	1,39	1,59	1,76	1,90	2,02
0,6	0,42	0,82	1,20	1,55	1,85	2,12	2,34	2,53	2,69
0,7	0,52	1,02	1,50	1,93	2,31	2,64	2,93	3,18	3,38
0,8	0,62	1,122	1,78	2,29	2,75	3,26	3,50	3,80	4,05
0,9	0,71	1,40	2,04	2,64	3,17	3,63	4,04	4,39	4,69
1,0	0,79	1,56	2,29	2,95	3,56	4,09	4,55	4,95	5,29
1,5	1,10	2,17	4,13	4,13	4,99	5,77	6,45	7,05	7,58
2,0	1,27	2,51	4,80	4,80	5,81	6,74	7,56	8,29	8,94
2,5	1,37	2,70	3,98	3,98	6,29	7,31	8,22	9,03	9,76
3,0	1,43	2,82	4,16	4,16	6,59	7,66	8,62	9,49	10,27
3,5	1,47	2,90	4,28	4,28	6,78	7,89	8,89	9,79	10,60
4,0	1,49	2,96	4,36	4,36	6,91	8,04	9,07	10,00	10,83
4,5	1,51	2,99	4,41	4,41	7,01	8,15	9,20	10,15	11,00
5,0	1,53	3,02	4,46	4,46	7,07	8,24	9,29	10,25	12,12
6,0	1,54	3,06	4,51	4,51	7,17	8,34	9,42	10,40	11,28

Jawaban: flmin 1,15%, kuat penerangan 115 lux

2. Gunakan Sunpath Diagram untuk letak geografis **kota Bontang 10°LU** kalian dan 112°BT, jika diketahui bahwa tanggal yang dimaksud adalah tanggal 22 Juni, tentukan : (a) **jam waktu** tengah hari, matahari terbit dan matahari tenggelam (b) **Azimuth dan altitude** masing-masing pada tengah hari, matahari terbit dan matahari tenggelam.

Catatan: Perhatikan meridian waktu untuk WI Barat (105°BT)

Jawaban: Matahari terbit (AZ=45°;AL=0°;jam=05.05); Tengah Hari

(AZ=0°;AL=57°;jam=11.45); Matahari terbenam (AZ=185°;AL=0°;jam=17.05)

3. Apabila diasumsikan ada bangunan (bebas) memanjang pada poros Azimuth 70° - 250° dan jendela berada di sisi Barat Laut (lubang jendela $2 \times 1,2 \text{ m}^2$ posisi bebas berikut overhang/sunshading), maka berapa **Sudut Bayangan Vertikal (SBV)** dan **Sudut Bayangan Horisontal (SBH)** yang jatuh pada jendela tersebut pada jam 14.00, gambar proyeksi bayangan terhadap jendela tersebut!
Jawaban: SBV= 45° ; SBH= 75°

III. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional, *Tata cara perancangan sistem pencahayaan Alami pada bangunan gedung SNI 03-2396-2001*. Indonesia, 2001, pp. 1–28.
- [2] N.V. Baker, *Passive solar and low energy building design for Tropical Island Climates*. London: Commonwealth Science Council, 1987.
- [3] Y. Zhang, Y. Zhang, and Z. Li, “A novel productive double skin façades for residential buildings: Concept, design and daylighting performance investigation,” *Build. Environ.*, vol. 212, p. 108817, 2022, doi: 10.1016/j.buildenv.2022.108817.
- [4] M. Marzouk, M. ElSharkawy, and A. Mahmoud, “Optimizing daylight utilization of flat skylights in heritage buildings,” *J. Adv. Res.*, vol. 37, pp. 133–145, 2022, doi: 10.1016/j.jare.2021.06.005.
- [5] C. Cuttle, *Lighting Design a perception - based approach*, 1st editio. New York: Routledge, 2015.
- [6] S. V. Szokolay, *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*, Second edi., vol. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- [7] S.V. Szokolay, *Environmental Science Handbook for Architects and Builders*. Lancaster: The Construction Press, 1980.
- [8] Mohamed Boubekri, *Daylighting, Architecture and Health - Building Design Strategies*, First Edit. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.

III. SENARAI

<i>Azimuth</i>	:	Sudut antara dua garis, sudut orientasi dan konfigurasi
<i>Altitude</i>	:	$\pi = 22/7 = 3,14$
<i>Garis tanggal</i>	:	digambarkan dalam arah T-B dan merupakan representasi jalan matahari dari matahari terbit sampai matahari terbenam, pada hari yang bersangkutan.
<i>Garis jam</i>	:	adalah garis yang terietak vertikal terhadap garis tanggal, masing-masing dalam jarak satu jam. Garis yang bersamaan dengan sumbu U-S menunjukkan waktu tengah hari setempat yang sebenarnya, artinya waktu di mana tinggi matahari terbesar dan azimuth tepat 180° atau 360°
<i>SBV</i>	:	Sudut Bayangan Vertikal
<i>SBH</i>	:	Sudut Bayangan Horisontal

MATERI IX

PENGANTAR PENCAHAYAAN BUATAN

I. DESKRIPSI SINGKAT

Pencahayaan alami sangat dibutuhkan kinerjanya pada siang hari dalam rangka penghematan energi pada bangunan. Namun, disamping pencahayaan alami, maka bangunan membutuhkan pencahayaan buatan pada sore dan malam hari, karena intensitas terang langit dan pencahayaan alami semakin meredup dan menghilang sesaat setelah matahari terbenam[1]–[3].

Cahaya menurut Newton (1642-1727) terdiri dari partikel-partikel ringan berukuran sangat yang dipancarkan oleh sumbernya ke segala arah dengan kecepatan yang sangat tinggi. Cahaya dapat juga didefinisikan sebagai energi radiasi yang dapat dievaluasi secara visual (menurut Illuminating Engineering Society, 1972), atau bagian dari spektrum radiasi elektromagnetik yang dapat dilihat (visible)[4]–[6].

Cahaya berada pada daerah panjang gelombang 400 nm s.d. 800 nm (atau 380 nm s.d. 780 nm). Di luar daerah tersebut, mata manusia tidak sensitif. Radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang di bawah 400nm disebut sinar ultraviolet, sedangkan radiasi elektromagnetik di atas 800nm disebut sinar infra merah[7], [8].

II. RELEVANSI

Materi pada bagian ini akan membahas mengenai jenis pencahayaan buatan dan jenis-jenis lampu. Dengan diberikannya materi pencahayaan buatan pada semester ini maka mahasiswa diharapkan mampu memahami serta dapat menyebutkan jenis-jenis lampu dalam pencahayaan buatan dan mengimplementasikannya ke dalam MK Perancangan Arsitektur pada semester 3 (TAR11233/PTAR6304).

III. CAPAIAN PEMBELAJARAN

1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Pada akhir perkuliahan tentang pencahayaan buatan, mahasiswa diharapkan mampu memahami (C2) tentang definisi cahaya, jenis-jenis lampu dalam pencahayaan buatan, dan sifat-sifat lampu tersebut. Dengan pemahaman ini maka diharapkan mahasiswa mampu mengimplementasikan (C5) pemilihan jenis lampu dan macam-macam karakteristik pencahayaan buatan pada MK Perancangan Arsitektur (PA/TAR11261) semester 4.

2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

Dengan diberikannya materi mengenai sifat dan karakteristik bermacam-macam jenis lampu, maka mahasiswa:

- a. dapat memahami dan menjelaskan (C2 dan C3) berbagai macam jenis lampu,
- b. menganalisa perbedaan antara satu jenis lampu dengan lainnya (C4) serta
- c. mampu mengimplementasikannya (C5) dengan MK Perancangan Arsitektur khususnya semester 4.

3. Indikator

Kemampuan mahasiswa semester 4 Jurusan Arsitektur dalam menjelaskan kembali serta memahami jenis-jenis lampu dengan indikator kemampuannya dalam sebagai berikut:

- a. Menyebutkan (C1) dengan benar semua jenis lampu yang telah diberikan saat kuliah.
- b. Memahami (C2) karakter dari berbagai jenis lampu
- c. Menyebutkan dengan benar (C1) karakter cahaya buatan
- d. Memahami dan menganalisis (C3 dan C4) kelebihan dan kekurangan berbagai macam jenis lampu
- e. Mengimplementasikan (C5) dasar pencahayaan buatan dan jenis lampu dalam satu satuan sistem perancangan dalam MK Perancangan Arsitektur 4 (TAR11261) di prodi S1Arsitektur FT UNDIP.

IV. DASAR-DASAR PENCAHAYAAN BUATAN dan JENIS-JENIS LAMPU

Interior lighting atau penataan cahaya untuk bagian dalam ruang adalah sangat penting. Tata cahaya atau lighting yang ditata apik akan mencipta suasana tertentu dalam ruangan dan membangun estetika pada ruangan. Dengan permainan tata cahaya yang memanfaatkan perbedeaan efek cahaya, kita dapat memengaruhi atmosfer dalam sebuah ruangan.

Untuk dalam ruang (rumah, kamar, dan ruangan lain), alat utama yang digunakan dalam pengaturan tata cahaya ruang (interior lighting) adalah cahaya buatan. Secara umum, pencahayaan buatan dibedakan menjadi 2 yaitu: *Local Lighting* dan *General Lighting*.

LOCAL LIGHTING (Pencahayaannya Terpusat)

Task lighting merupakan sistem pencahayaan yang difokuskan pada suatu area dengan tujuan membantu aktivitas tertentu. Task lighting juga dapat menjadi satu cara untuk menghindari ketegangan mata ketika beraktivitas.

Contoh task lighting adalah ruang kerja yang dilengkapi dengan lampu meja untuk membaca sehingga mata tidak cepat lelah. Contoh lain adalah lampu di atas counter table yang memungkinkan orang untuk membaca resep masakanketika akan memasak. Atau, lampu gantung yang diletakkan di atas ruang makan yang mengarah pada meja makan. Selain diperuntukkan sebagai lampu penegas fungsi, task lighting juga dapat berfungsi sebagai pembentuk suasana.



Gambar 9.01 Contoh Local lighting

GENERAL LIGHTING

General lighting atau pencahayaan umum adalah sistem pencahayaan yang menjadi sumber penerangan utama dengan intensitas merata di semua bagian ruang. Umumnya penerangan dilakukan dengan cara menempatkan titik lampu pada titik tengah ruangan atau pada beberapa titik yang dipasang secara simetris dan merata.



Gambar 9.02 (a-d) Contoh General Lighting di ruang kelas/ conference room
[Complete Guide to Office Lighting Best Practices – Open Sourced Workplace]

Tujuan menggunakan general lighting adalah menghasilkan sumber cahaya secara terang dan menyeluruh. Lampu yang digunakan adalah lampu TL atau downlight. Selain itu, dapat pula digunakan pencahayaan tidak langsung (indirect lighting) dengan lampu tersembunyi yang memanfaatkan bias cahayanya saja. Keunggulan lampu indirect adalah dapat menghasilkan cahaya yang merata tanpa membuat mata silau dan suasana “hangat” pun lebih terasa dengan tampilan lampu warna kekuningan

Pada ruang-ruang kuliah, formasi General lighting disesuaikan dengan disain denah ruang (lihat gambar a-d). Untuk ruang theatrical, perletakan lampu dengan system General lighting didisain dengan pola radial, menyesuaikan deretan bangku yang melengkung. Untuk ruang perkantoran, perletakan dan disain pencahayaan cenderung lebih formal, sebagaimana gambar berikut:



(a)



(b)



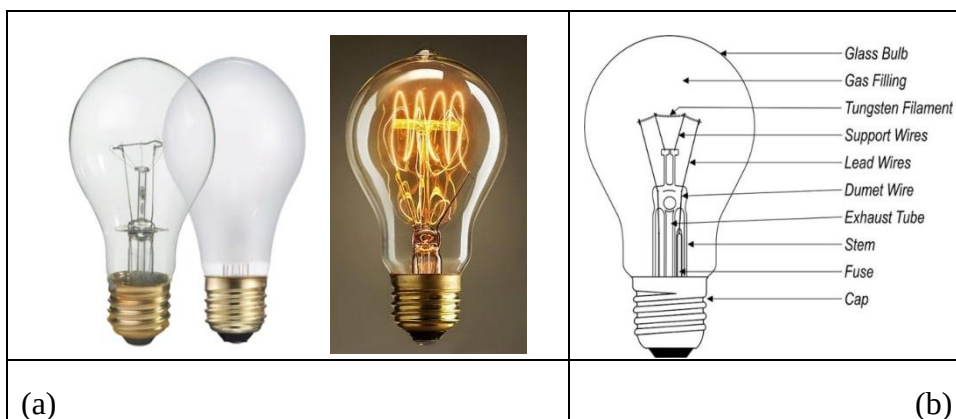
(c)

Gambar 9.03 General lighting pada fungsi bangunan perkantoran
[Complete Guide to Office Lighting Best Practices – Open Sourced
Workplace]

Disain pencahayaan buatan pada bangunan disesuaikan dengan fungsi dan tujuan pencahayaan. Pada implementasi disain, jenis pencahayaan yang dipilih baik local lighting maupun general lighting perlu memperhatikan jenis-jenis lampu yang akan dipergunakan untuk mendapatkan tujuan dari pencahayaan. Berikut adalah berbagai jenis lampu yang lazim digunakan dalam disain pencahayaan buatan pada bangunan.

A. Incandescent Lamp

Lampu pijar merupakan generasi lampu paling awal dengan bagian tungsten yang memiliki filamen sumber cahaya lampu. Karena menggunakan filamen, maka semakin besar voltage nya, semakin tinggi temperaturnya. Lampu pijar (incandescent lamp) ini memiliki rentang temperatur 2500 - 3200°K, panjang gelombang infrared pada rentang warna kuning ke merah, tingkat kecerlangan (luminuous efficacy) mencapai 10-18 lm/Watt dan ketahanan hidup antara 1000 – 2000 jam. Di pasaran, lampu pijar ini memiliki warna bola lampu yang bervariasi antara lain: clear, opal, pearl.



Gambar 9.04 (a) Lampu pijar dengan variasi warna bola lampu clear dan opal; (b) bagian-bagian bola lampu pijar

B. Sodium Lamp

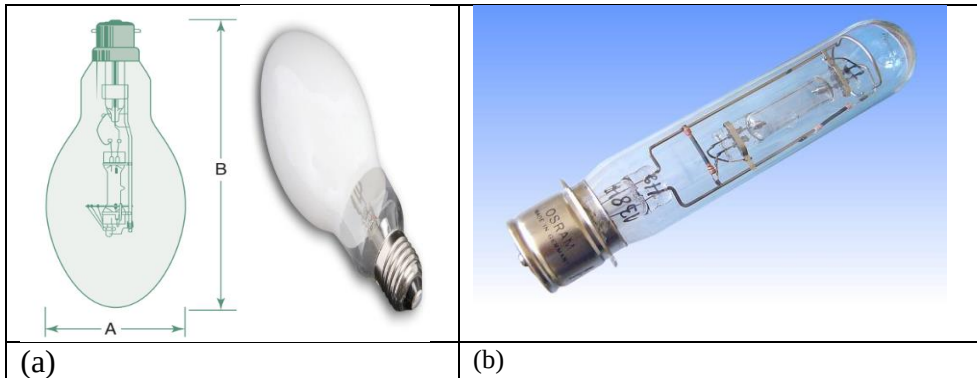
Lampu pijar merupakan generasi lampu paling awal dengan bagian tungsten yang memiliki filamen sumber cahaya lampu. Karena menggunakan filamen, maka semakin besar voltage nya, semakin tinggi temperaturnya. Lampu pijar (incandescent lamp) ini memiliki rentang temperatur 2500 - 3200°K, panjang gelombang infrared.

C. Mercury Lamp

Mercury memiliki cara kerja yang sama dengan cara kerja lampu fluoresen. Hal ini karena cahaya yang dihasilkan oleh lampu mercury didasarkan pada terjadinya loncatan elektron (electron discharge) pada tabung lampu. Lampu mercury

memiliki 2 bagian, yaitu tabung dalam dan tabung luar.

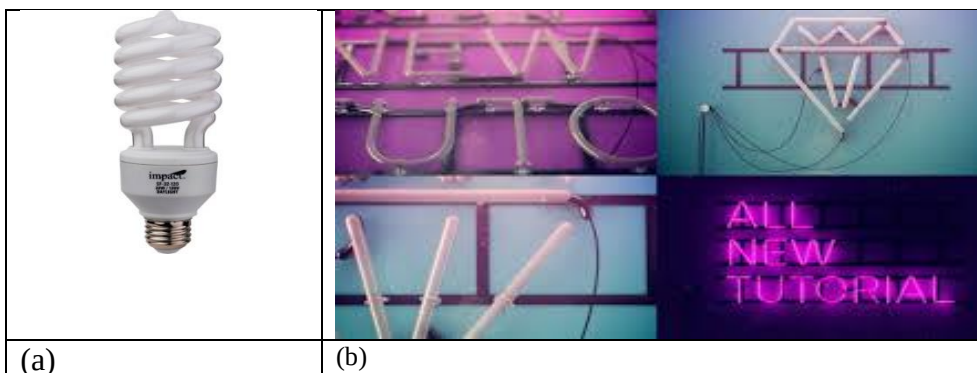
Pada bagian tabung dalam, lampu diisi merkuri untuk menciptakan radiasi ultraviolet dan gas argon yang memiliki fungsi sebagai keperluan start. Sedangkan pada bagian bohlam luar memiliki fungsi sebagai rumah tabung untuk menjaga kestabilan suhu di sekitar tabung. Lampu merkuri berfungsi pada faktor daya yang cukup rendah. Oleh karena itu, lampu ini harus memakai kapasitor agar faktor daya lampu bisa stabil.



Gambar 9.05 (a) Lampu merkuri 160 W dengan A 76 mm dan B 150 mm; (b) detail tabung lampu merkuri di dalam bola lampu

D. Fluorescent Lamp

Lampu Fluorescent merupakan lampu tabung dengan lapisan/ coating fluorescent di bagian dalam tabung serta memiliki tekanan rendah dan emisi gas berkisar 254 nm.



Gambar 9.06. (a) Lampu fluorescent; (b) Lampu fluorescent dengan berbagai warna

Lampu fluorescent ini biasanya diberi variasi warna dengan memasukkan berbagai gas ke dalam tabungnya. Gas Zinc berilium dengan emisi gas 480 – 750 nm memiliki warna tampilan kuning – putih, sementara gas Zinc silicate dengan emisi gas sebesar 460 – 600 nm, memiliki warna hijau, dan gas Calcium holophosphate, 400 – 750 nm dengan warna kuning – putih.

V. LATIHAN DAN TEST FORMATIF

- Apakah yang disebut dengan Local Lighting? Sebutkan contohnya
Jawaban: merupakan sistem pencahayaan yang difokuskan pada suatu area dengan tujuan membantu aktivitas tertentu. Contoh: meja belajar, showroom, etalase toko
- Apakah yang disebut dengan General Lighting? Sebutkan contohnya.
Jawaban: sistem pencahayaan yang menjadi sumber penerangan utama dengan intensitas merata di semua bagian ruang. Contoh: restaurant, office, ruang keluarga, bank, mall
- Apa saja yg termasuk dalam jenis-jenis lampu dan deskripsi singkatnya.
Jawaban:

Lampu	Deskripsi singkat
Incandescent Lamp	generasi lampu paling awal dengan bagian tungsten yang memiliki filamen sumber cahaya lampu. Karena menggunakan filamen, maka semakin besar voltage nya, semakin tinggi temperaturnya.
Sodium Lamp	merupakan generasi lampu paling awal dengan bagian tungsten yang memiliki filamen sumber cahaya lampu
Mercury Lamp	lampu diisi merkuri untuk menciptakan radiasi ultraviolet dan gas argon yang memiliki fungsi sebagai keperluan <i>starting</i> . Sedangkan pada bagian bohlam luar memiliki fungsi sebagai rumah tabung untuk menjaga kestabilan suhu di sekitar tabung
Fluorescent Lamp	lampu tabung dengan lapisan/ coating fluorescent di bagian dalam tabung dengan variasi pengisian gas tertentu dengan warna tertentu

VI. UMPAN BALIK

Jika mahasiswa dapat menjawab kedua pertanyaan tersebut dengan kondisi 90% benar, maka mahasiswa dapat melanjutkan ke tahap selanjutnya. Selamat kepada yang telah berhasil menjawab dengan sempurna.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Mammola, M. Isaia, D. Demonte, P. Triolo, and M. Nervo, “Artificial lighting triggers the presence of urban spiders and their webs on historical buildings,” *Landsc. Urban Plan.*, vol. 180, no. May, pp. 187–194, 2018, doi: 10.1016/j.landurbplan.2018.09.003.
- [2] R. Aslanoğlu, P. Pracki, J. K. Kazak, B. Ulusoy, and S. Yekanielibeiglou, “Short-term analysis of residential lighting: A pilot study,” *Build. Environ.*, vol. 196, no. September 2020, 2021, doi: 10.1016/j.buildenv.2021.107781.
- [3] B. L. Ahn, C. Y. Jang, S. B. Leigh, and H. Jeong, “Analysis of the effect of artificial lighting on heating and cooling energy in commercial buildings,” *Energy Procedia*, vol. 61, pp. 928–932, 2014, doi: 10.1016/j.egypro.2014.11.997.
- [4] S. V. Szokolay, *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*, Second edi., vol. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- [5] C. Cuttle, *Lighting Design a perception - based approach*, 1st editio. New York: Routledge, 2015.
- [6] S.V. Szokolay, *Environmental Science Handbook for Architects and Builders*. Lancaster: The Construction Press, 1980.
- [7] N.V. Baker, *Passive solar and low energy building design for Tropical Island Climates*. London: Commonwealth Science Council, 1987.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, *Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung*. 2001, pp. 1–28.
- [9] Complete Guide to Office Lighting Best Practices – Open Sourced Workplace

VIII. SENARAI

DFF	: downward flux fraction
DLOR	: downward light output ratio
DUF	: daylight utilization factor
<i>E</i>	: illuminance (éclairage), lux.
ERC	: externally reflected component (of DF)
<i>F</i>	: luminous efficacy
FFR	: flux fraction ratio

MATERI X

LIGHT OUTPUT

I. DESKRIPSI SINGKAT

Pencahayaan buatan merupakan komponen disain yang sangat penting dalam perencanaan bangunan. Disain bangunan dan pencahayaan buaatannya sangat tergantung pada fungsi dan aktivitas di dalam bangunan itu sendiri[1]–[3]. Intensitas dan kuat pencahayaan (luminer/luminaire) ditentukan oleh ratio keluaran pencahayaan (Light output ratio) dan rasio fraksi fluks pencahayaan[1], [4], [5].

Dengan diberikannya materi Light output dan Fluks Fraction Ratio (Rasio Fraksi Fluks pencahayaan) pada semester ini maka mahasiswa diharapkan mampu mensintetiskan (C4) disain pencahayaan buatan mulai pada MK Perancangan Arsitektur 1 (TAR11233/PTAR6304) pada semester 3.

II. RELEVANSI

Materi pada bagian ini akan membahas mengenai jenis pencahayaan buatan dan jenis-jenis lampu. Dengan diberikannya materi pencahayaan buatan pada semester ini maka mahasiswa diharapkan mampu memahami serta dapat menyebutkan jenis-jenis lampu dalam pencahayaan buatan dan mengimplementasikannya ke dalam MK Perancangan Arsitektur pada semester 3 (TAR11233/PTAR6304).

III. CAPAIAN PEMBELAJARAN

1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Pada akhir perkuliahan tentang sifat pencahayaan buatan, mahasiswa diharapkan mampu memahami (C2) jenis lampu dan keluaran pencahayaan dalam system pencahayaan buatan pada bangunan. Dengan pemahaman ini maka diharapkan mahasiswa mampu mengaplikasikan (C4) sistem pencahayaan buatan pada MK Perancangan Arsitektur 1 semester 3 (TAR 11233/PTAR6304).

2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

Dengan diberikannya pemahaman mengenai jenis pencahayaan buatan, keluaran pencahayaan dan rasio fraksi fluks pencahayaan buatan, maka mahasiswa diharapkan dapat melakukan aplikasi disain pencahayaan buatan pada MK Perancangan Arsitektur 1 (TAR11233/PTAR6304) semester 3.

3. Indikator

Kemampuan mahasiswa semester 3 Prodi S1 Departemen Arsitektur dalam memahami keluaran pencahayaan pada system pencahayaan buatan pada bangunan dengan indikator kemampuannya dalam :

- a. Memahami dan menghitung (C2) rasio keluaran pencahayaan (Light Output Ratio).
- b. menghitung (C2) rasio Fraksi fluks pencahayaan buatan (Flux Fraction Ratio atau FFR).
- c. Menghitung (C2) Downward Light Output Ratio (DLOR) dan Upward Light Output Ratio (ULOR) pada system lampu tertentu.
- d. Mengaplikasikan (C3) secara logika system pencahayaan buatan pada bangunan dalam mata kuliah Perancangan Arsitektur (TAR11233/PTAR6304).

IV. LIGHT OUTPUT

1. Output of Luminaire

Pada umumnya, lampu dipegang olehudukan lampu, tanpa penutup, naungan, atau perangkat pengarah cahaya. Ini adalah kasus dengan lampu (reflektor) perak internal, yang dapat berupa balok sempit lampu sorot dengan reflektor parabola dangkal sebagai lampu sorot sinar yang sempit atau jangkauan sinar yang lebih luas. Ada banyak variasi lumener yang tersedia dan pilihannya seringkali lebih didasarkan pada 'tampilan' daripada kinerja pencahayaannya. Pada dasarnya ada dua tipe dasar: lampu dengan penutup penuh dan lampu denganpenutup sebagian atau perangkat pengarah cahaya.

Lampu yang paling populer adalah tabung fluoresen 1200mm dan berbagai jenis lumener terbesar tersedia untuk ini. Tabung berdiameter 40W/38mm jenis terdahulu telah tergantikan oleh tabung berdiameter 36W/26mm, tetapi mereka menggunakan ujung bi-pin yang sama, memiliki keluaran lumen yang sama dan sesuai dengan lumener/ pencahayaan yang sama.

Lumener fotometrik dapat dicirikan dalam kaitannya dengan keluaran lumen pencahayaan, dengan rasio keluaran pencahayaan (Light Output rasio) sebagai berikut:

$$LOR = \frac{\text{keluaran fluks luminer}}{\text{keluaran fluks lampu}}$$

biasanya dinyatakan sebagai prosentase (%), dengan LOR adalah Light Output Ratio dan ini dapat dibagi menjadi bagian atas dan bawah (dibagi oleh bidang horizontal di tengah lampu), sebagai contoh[4]:

Keluaran lampu	1000 lm		100%
Ke atas/ naik	300 lm	ULOR	30%
Ke bawah/ turun	500 lm	DLOR	50%
Keluaran luminer	800 lm		80%
Diserap dalam luminer	200 lm		20%

Sebagai alternatif, output dariluminerdapat diambil sebagai dasar (100%) dan fraksi fluks dapat didefinisikan sebagai UFF ke atas dan DFF ke bawah,

Tabel X.01 Jenis Luminer Dan Fraksi Fluks [4]

Simbol	Penamaan	prinsip	UFF	DFF
	Langsung		0–10%	100–90%
	Semi-langsung		10–40%	90–60%
	Difusi umum		40–60%	60–40%
	Semi tidak langsung		60–90%	40–10%
	tidak langsung		90–100%	10–0%

Gambar pada tabel menunjukkan beberapa istilah deskriptif umum yang digunakan untuk luminer dan simbol yang digunakan untuk ini pada denah.

2. Flux Fraction Ratio (FFR)

Gambar pada table X.01 di atas mendefinisikan rasio fraksi fluks, sebagai berikut:

$$FFR = \frac{UFF}{DFF}$$

Dimana UFF adalah Upward Flux Fraction; DFF adalah Downward Flux Fraction dan FFR adalah Fraction Flux Ratio.

3. Upward Light Output Ratio dan Downward Light Output Ratio

Melanjutkan contoh di atas pada tabel, maka FFR dapat dihitung sebagai berikut:

Keluaran luminer	800 lm		100%
Ke atas/ naik	300 lm	ULOR	37,5%
Ke bawah/ turun	500 lm	DLOR	62,5%
Ratio Flux Fraction	FFR = 37,5/62,5 = 0,6		
Hasil yang sama didapat dari	FFR = ULOR/DLOR = 300/500 = 0,6		

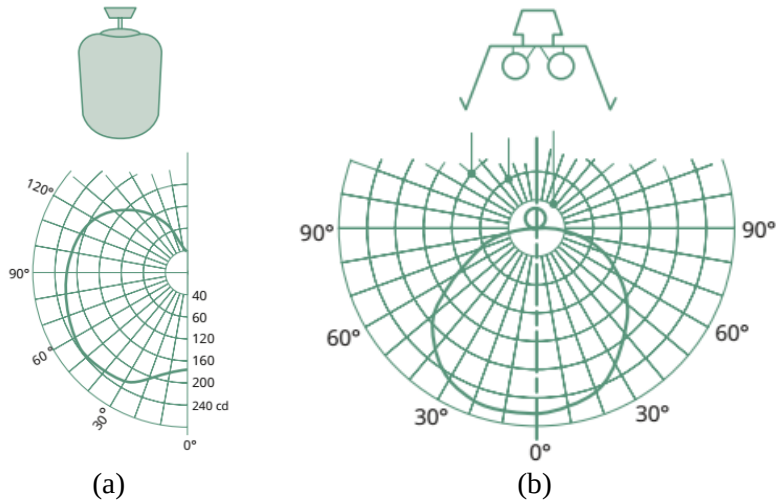
Berikut disajikan gambar polar curve (kurva kutub) dari dua jenis lampu, lampu dengan diffuser dan lampu terbuka (open through lamp)

4. Kurva kutub (Polar Curve)

Kurva kutub disebut juga sebagai diagram intensitas kutub. Untuk luminer dengan bentuk rotasi (simetris terhadap setiap bidang vertical yang diletakkan melintasi sumbu luminer), diagram kutub setengah lingkaran digunakan di mana intensitas sumber (cd) dilihat dari arah yang berbeda (sudut pandang) diplot (Gbr. 10.01).

Sementara untuk detail pemahaman mengenai polar curve akan dijelaskan lebih lanjut pada materi berikutnya. Gambar 10.01 mendeskripsikan bahwa polar curve untuk jenis lampu yang berbeda akan memiliki perpendaran sinar dalam diagram kurva kutub yang berbeda pula. Gambar 10.01 (a) menjelaskan mengenai polar curve untuk lampu dengan diffuser, sedangkan gambar 10.01

(b) mendeskripsikan tentang polar curve untuk jenis lampu tanpa diffuser (open-through).



Gambar 10.01 (a) Luminer diffuser-lamp dengan kurva kutub nya; (b) luminer open through-lamp dengan kurva kutubnya[4].

V. LATIHAN DAN TEST FORMATIF

Berapa FFR untuk lampu 900 lumen dengan luminer ke atas 700 lumen dan luminer ke bawah 200 lumen.

Jawaban: ULOR = 78%; DLOR = 22%, sehingga FFR = 3.54

VI. UMPAN BALIK

Jika mahasiswa dapat menjawab kedua pertanyaan tersebut dengan kondisi 90% benar, maka mahasiswa dapat melanjutkan ke tahap selanjutnya. Selamat kepada yang telah berhasil menjawab dengan sempurna.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Mammola, M. Isaia, D. Demonte, P. Triolo, and M. Nervo, "Artificial lighting triggers the presence of urban spiders and their webs on historical buildings," *Landsc. Urban Plan.*, vol. 180, no. May, pp. 187–194, 2018, doi: 10.1016/j.landurbplan.2018.09.003.
- [2] B. L. Ahn, C. Y. Jang, S. B. Leigh, and H. Jeong, "Analysis of the effect of

artificial lighting on heating and cooling energy in commercial buildings,”
Energy Procedia, vol. 61, pp. 928–932, 2014, doi:
10.1016/j.egypro.2014.11.997.

- [3] C. Cuttle, *Lighting Design a perception - based approach*, 1st editio. New York: Routledge, 2015.
- [4] S. V. Szokolay, *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*, Second edi., vol. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- [5] S.V. Szokolay, *Environmental Science Handbook for Architects and Builders*. Lancaster: The Construction Press, 1980.

VIII. SENARAI

DFF	: downward flux fraction
DLOR	: downward light output ratio
DUF	: daylight utilization factor
PSALI	: permanent supplementary lighting of the interior
RI	: room index
SC	: sky component (of DF)
UF	: utilization factor
UFF	: upward flux fraction
UGR	: unified glare rating
ULOR	: upward light output ratio

MATERI XI

POLAR CURVES

I. DESKRIPSI SINGKAT

Lampu adalah sumber cahaya (*bohlam* untuk istilah non teknis). Lampu biasanya di dalam aluminer, (yang dulu sering disebut sebagai *fitting* lampu)[1]–[3], meskipun banyak lampu dapat digunakan tanpa lumener, cukup dipasang padaudukan lampu pemegang lampu yang disebut sebagai konektor listrik, di mana lampu dimasukkan atau disekrup. Yang umum digunakan adalah BC (*bayonet caps*) atau ES (*Edison screw*), tetapi banyak jenis lain tersedia untuk tujuan khusus[4]–[6]. Karakteristik pencahayaan atau iluminasi lampu sangat bervariasi tergantung pada jenis lampunya.

II. RELEVANSI

Dengan diberikannya materi polar curves/ kurva kutub pada semester ini maka mahasiswa diharapkan mampu memahami (C1), mampu menjelaskan (C2) menghitung (C3) serta mensintesakannya (C4) ke dalam MK Perancangan Arsitektur 1 (TAR11233/PTAR6304) semester 3.

III. CAPAIAN PEMBELAJARAN

1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Pada akhir perkuliahan tentang kurva kutub (*polar curve*), mahasiswa diharapkan mampu memahami (C2) tentang lampu sebagai sumber cahaya buatan, mengkatagorikan (C3) jenis lampu berdasarkan arah ilumniasi (kecerlangannya), serta bagaimana menghitung (C3) Flux Fraction Ratio (FFR), DLOR, ULOR. Dengan pemahaman ini maka diharapkan mahasiswa mampu memahami sub system pencahayaan buatan yang berkaitan dengan arah kecerlangan dari jenis-jenis lampu pada MK Perancangan Arsitektur 1 semester 3 (TAR11233/PTAR6304).

2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

Dengan diberikannya pemahaman katagorisasi lampu berdasarkan arah perpendaran cahayanya dalam sub system pencahayaan buatan, maka mahasiswa diharapkan:

- a. Mampu memahami (C1) dan mengkatagorisasikan (C3) lampu berdasarkan arah perpendaran cahayanya.
- b. Mampu menjelaskan (C2) dan mengkatagorisasikan (C3) lampu berdasarkan arah perpendaran cahayanya
- c. Menghitung (C3) FFR, DLOR, ULOR jenis lampu tertentu
- d. Memahami (C2) diagram polar curve serta menentukan besar intensitas cahaya (cd) sesuai dengan arah perpendaran cahayanya

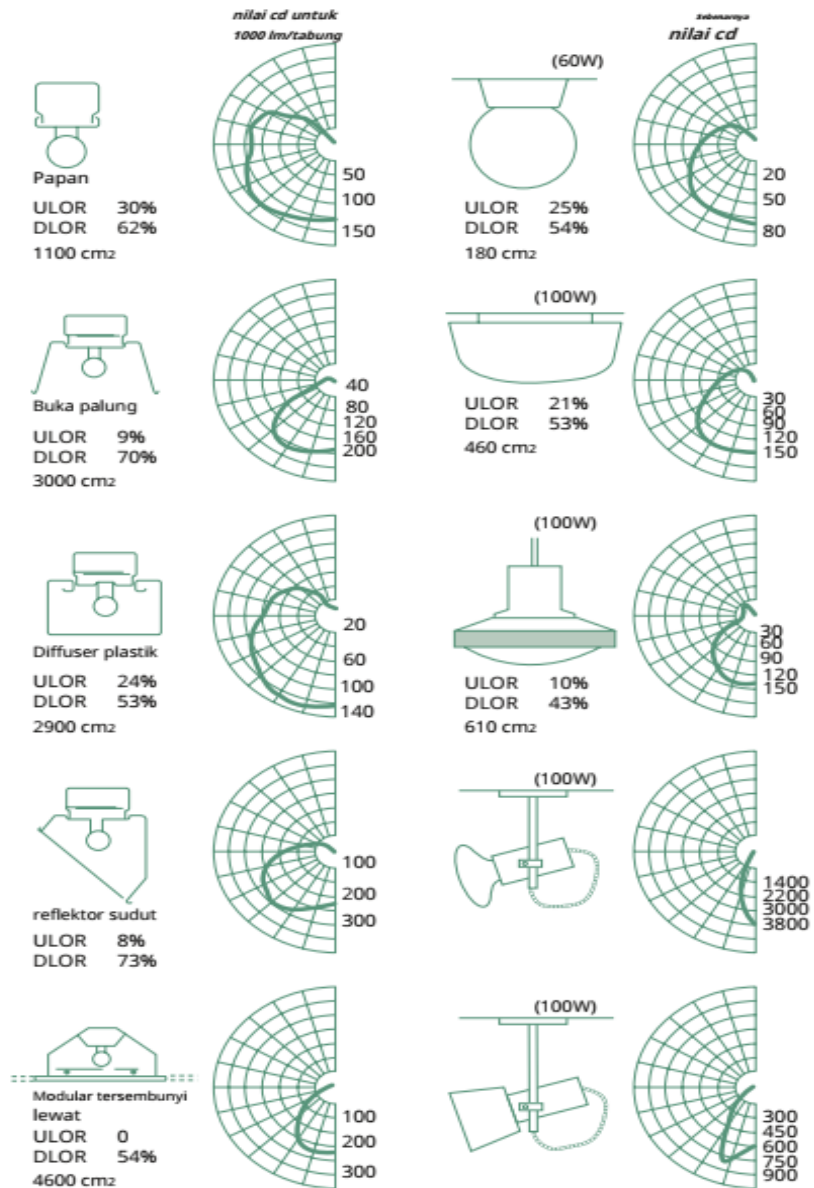
3. Indikator

Dengan diberikannya materi polar curve (kurva polar) pada materi minggu ke 11 ini, maka diharapkan mahasiswa akan memahami materi dengan baik dengan indikator kemampuannya dalam :

- e. Mampu memahami (C1) dan mengkatagorisasikan (C3) lampu berdasarkan arah perpendaran cahayanya.
- f. Mampu menjelaskan (C2) dan mengkatagorisasikan (C3) lampu berdasarkan arah perpendaran cahayanya
- g. Menghitung (C3) FFR, DLOR, ULOR jenis lampu tertentu
- h. Memahami (C2) diagram polar curve serta menentukan besar intensitas cahaya (cd) sesuai dengan arah perpendaran cahayanya

IV. JENIS DAN MACAM POLAR CURVES

Jenis dan macam lampu serta perpendaran kurva kutubnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 11.01 Karakteristik luminer: polar curves (kurva kutub)

Gambar 11.01 mengilustrasikan berbagai macam lampu dengan perpendaran kurva kutubnya. Pada contoh pertama, lampu terbuka tanpa pengarah yang

memiliki ULOR (Upward Light Output Ratio) 30% dan DLOR (Downward Light Output Ratio) 62% akan memiliki nilai tingkat kecerlangan yang berbeda-beda sesuai dengan sudut pandangnya. Pada arah pandang 30°, maka tingkat kecerlangannya 138 cd, sementara pada sudut 90° tingkat kecerlangan lampu hanya mencapai 120 cd dan pada sudut 60° akan memiliki tingkat kecerlangan 142 cd. Demikian seterusnya berlaku kondisi dan prosedur pembacaan yang serupa untuk jenis-jenis lampu yang lain.

V. PERHITUNGAN POLAR CURVES

Dalam kasus yang paling sederhana, lampu dipegang olehudukan lampu, tanpa penutup, naungan, atau perangkat pengarah cahaya. Ini adalah kasus dengan lampu (reflektor) perak internal, yang dapat berupa balok sempit lampu sorotan lampu sorot dengan penyebaran yang lebih luas. Ada banyak variasi lumener yang tersedia dan pilihannya, namun sering kali hanya didasarkan pada 'tampilan', daripada kinerja pencahayaannya. Pada dasarnya ada dua tipe dasar: lampu dengan penutup penuh dan lampu dengan penutup sebagian atau perangkat pengarah cahaya.

Lampu yang paling populer adalah tabung fluoresen 1200mm dan berbagai jenis lumener terbesar tersedia untuk ini. Tabung berdiameter 40W/38mm yang lama sebagian besar telah digantikan oleh tabung berdiameter 36W/26mm, lampu jenis ini memiliki keluaran lumen yang sama. Lumener fotometrik dapat dicirikan dalam kaitannya dengan keluaran lumen dari lampu, dengan rasio keluaran cahaya yang didefinisikan sebagai rasio fraksi fluks:

$$FFR = \frac{UFF}{DFF}$$

Dimana UFF adalah Upward Flux Fraction; DFF adalah Downward Flux Fraction dan FFR adalah Fraction Flux Ratio.

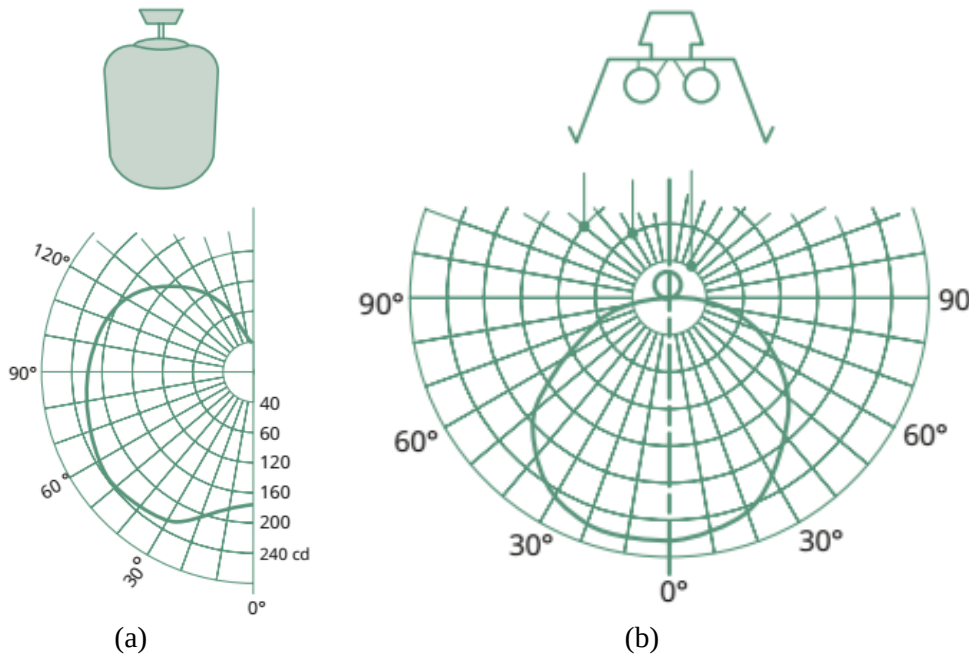
Melanjutkan contoh di atas pada tabel, maka FFR dapat dihitung sebagai berikut:

Keluaran lumener	800 lm		100%
Ke atas/ naik (ULOR)	300 lm	ULOR	37,5%
Ke bawah/ turun (DLOR)	500 lm	DLOR	62,5%
Ratio Flux Fraction	FFR = 37,5/62,5 = 0,6		

Hasil yang sama didapat dari

$$\begin{aligned} \text{FFR} &= \text{ULOR/DLOR} \\ &= 300/500 \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

Berikut disajikan gambar polar curve (kurva kutub) dari dua jenis lampu, lampu dengan *diffuser* dan lampu terbuka (*open through lamp*)



Gambar 11.2 (a) Luminer diffuser-lamp dengan kurva kutub nya; (b) luminer open through-lamp dengan kurva kutubnya.

Definisi yang lebih tepat dari kombinasi lampu/lumener (atau lampu yang bertindak sebagai luminer) diberikan oleh: kurva kutub (atau diagram intensitas kutub). Untuk luminer dengan bentuk rotasi (simetris terhadap setiap bidang vertikal yang diletakkan melintasi sumbu luminer), diagram kutub setengah lingkaran digunakan di mana intensitas sumber (cd) dilihat dari arah yang berbeda sudut pandang, lihat gambar 11.2.(a). Untuk luminer memanjang, dua setengah lingkaran tersebut disatukan, sisi kiri untuk penampang dan sisi kanan menunjukkan distribusi memanjang sepanjang bidang vertikal sebagaimana terlihat pada gambar 11.2 (b).

VI. LATIHAN DAN TEST FORMATIF

Berapa FFR untuk lampu 900 lumen dengan lumener ke atas 700 lumen dan lumener ke bawah 200 lumen.

Jawaban: ULOR = 78%; DLOR = 22%, sehingga FFR = 3.54

VII. UMPAN BALIK

Jika mahasiswa dapat menjawab pertanyaan tersebut dengan kondisi 90% benar, maka mahasiswa dapat melanjutkan ke tahap selanjutnya. Selamat kepada yang telah berhasil menjawab dengan sempurna.

VIII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. V. Szokolay, *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*, Second edi., vol. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- [2] R. Skowranek, *Building Services Lighting Design*. Birkhauser.
- [3] C. Cuttle, *Lighting Design a perception - based approach*, 1st editio. New York: Routledge, 2015.
- [4] S.V. Szokolay, *Environmental Science Handbook for Architects and Builders*. Lancaster: The Construction Press, 1980.
- [5] S. Mammola, M. Isaia, D. Demonte, P. Triolo, and M. Nervo, "Artificial lighting triggers the presence of urban spiders and their webs on historical buildings," *Landsc. Urban Plan.*, vol. 180, no. May, pp. 187–194, 2018, doi: 10.1016/j.landurbplan.2018.09.003.
- [6] B. L. Ahn, C. Y. Jang, S. B. Leigh, and H. Jeong, "Analysis of the effect of artificial lighting on heating and cooling energy in commercial buildings," *Energy Procedia*, vol. 61, pp. 928–932, 2014, doi: 10.1016/j.egypro.2014.11.997.

IX. SENARAI

DFF	: downward flux fraction
DLOR	: downward light output ratio
LED	: light emitting diode
LOR	: light output ratio
LT	: lighting and thermal (pre-design) analysis
ULOR	: upward light output ratio
θ	: viewing (source-) angle, (or vertical displacement angle)

MATERI XII LOCAL LIGHTING

I. DESKRIPSI SINGKAT

Dengan diberikannya pemahaman mengenai prinsip pencahayaan buatan serta jenis-jenis lampu dan jenis-jenis lumener beserta dengan kinerja pencahayaannya, maka bagian ini akan membicarakan mengenai detail teori Local Lighting, yang pengantarnya telah diberikan pada bagian IX. Dengan diberikannya materi Local Lighting pada semester ini, maka mahasiswa diharapkan dapat mengaplikasikannya pada mata kuliah Perancangan Arsitektur semester 3 (TAR11233/PTAR6304).

II. RELEVANSI

Sistem pencahayaan buatan didisain tergantung pada jenis aktivitas dan fungsi bangunan[1]–[3]. Dalam pencahayaan buatan, local lighting diterapkan jika benda yang diterangi akan memiliki kekhususan tertentu dan masuk dalam fokus pencahayaan. *Local lighting* ini contohnya: etalase toko, lampu belajar, ruang pameran/ exhibition dan backdrop receptionist kantor[4]–[6].

III. CAPAIAN PEMBELAJARAN

1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Pada akhir perkuliahan tentang Local lighting, mahasiswa diharapkan mampu memahami dan menghitung (C3) jenis-jenis Local lighting yang lazim dihadap dalam disain pencahayaan buatan pada bangunan serta mampu mengaplikasikannya (C4) dalam disain MK Perancangan Arsitektur PA semester 3 (TAR11233).

2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

Dengan diberikannya pemahaman mengenai Local Lighting beserta jenis-jenis dan contoh kasus, maka mahasiswa diharapkan dapat mendisain pencahayaan buatan pada MK Perancangan Arsitektur semester 3. Pada minggu ke 12 ini, mahasiswa diharapkan akan mampu:

3. Indikator

Kemampuan mahasiswa semester 3 Prodi S1 Departemen Arsitektur dalam memahami, menghitung serta menerapkan disain Local lighting dengan indikator kemampuannya:

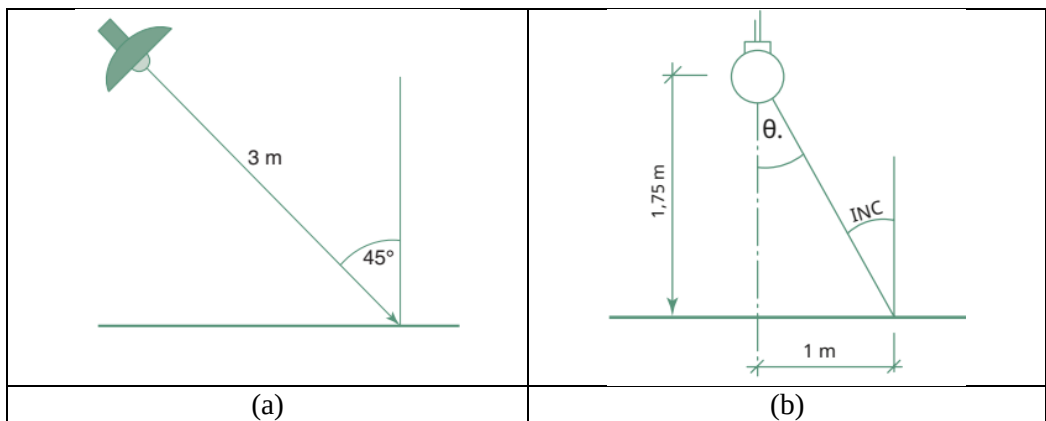
- Memahami (C2) Local lighting sebagai penjabaran dari rumus hukum kuadrat terbalik.
- Memahami dan menghitung (C3) dengan benar implementasi kasus Local lighting pada perancangan pencahayaan buatan pada bangunan.
- Mengaplikasikan (C4) teori Local lighting. Pada MK Perancangan Arsitektur semester 3 (TAR11233)

IV. MACAM PERHITUNGAN LOCAL LIGHTING

Desain kuantitatif pencahayaan lokal dari satu sumber hanyalah penerapan hukum kuadrat terbalik (persamaan (2.3)), dikoreksi oleh hukum kosinus untuk sudut datang.

A. SUDUT TEGAK LURUS

Untuk lampu sorot yang ditujukan pada suatu titik pada permukaan horizontal (Gbr. 2.56) kita membaca, Intensitas $I = 3800$ cd sepanjang sumbu lampu (sudut pandang 0°) dan jika 1 m sudut datang adalah 45° , dengan jarak 3m sebagaimana terlihat dalam gambar (lihat gambar (a)),



Gambar 12.01 Sudut Tegak Lurus pada Lampu Sorot

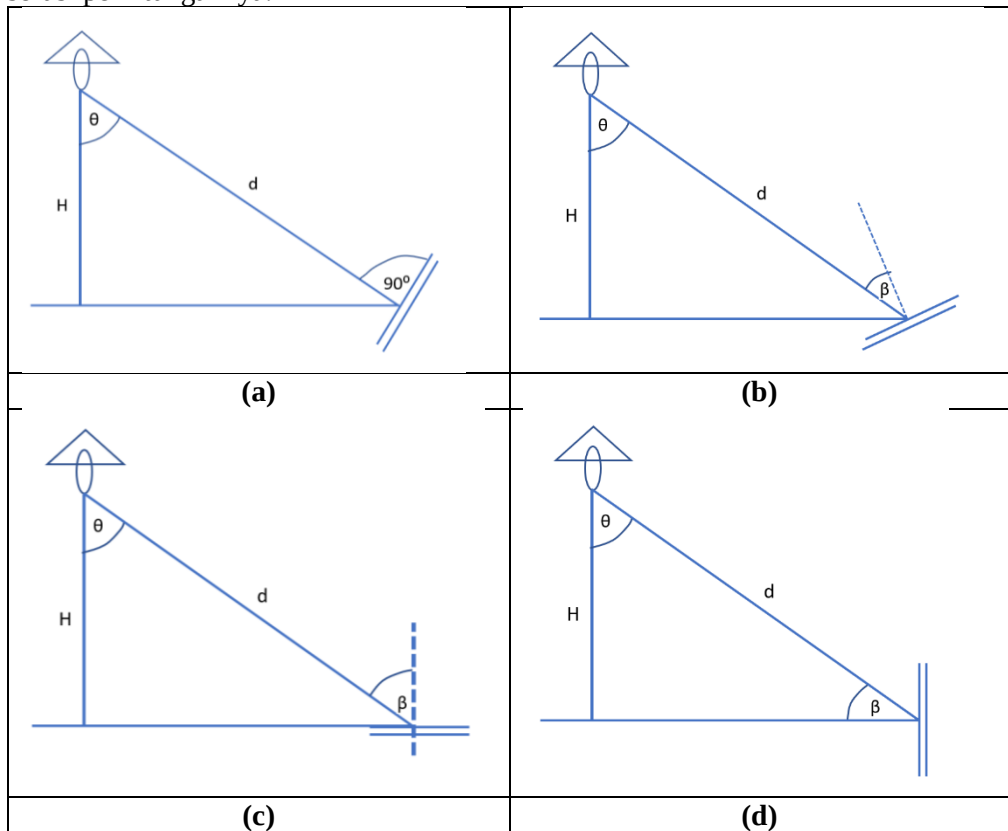
Maka kita mendapatkan iluminansi sebesar:

$$E = \cos INC \times \frac{1}{d^2} = \cos 45^\circ \times \frac{1}{3^2} = \frac{3800}{9} = 299 \text{ lm}$$

Pada gambar (b), Luminer diffuser opal dipasang pada 1,75m di atas bidang kerja, dengan sumbu vertikal dan iluminasi pada 1m ke satu sisi titik bidik dapat ditemukan (Gbr. 2.57) Pertama, cari sudut pandang:

B. PERHITUNGAN VARIASI LOCAL LIGHTING

Hukum kuadrat terbalik dapat diadaptasi untuk situasi praktis berdasarkan hubungan trigonometri. Gambar menunjukkan empat situasi yang sering terjadi dengan variasi solusi perhitungannya.



Gambar 12.02 Empat situasi praktis dalam Local Lighting

Perhitungan Local lighting dengan empat situasi tersebut dapat dijelaskan dengan rumus sebagai berikut:

- a) SUDUT TEGAK LURUS (papan miring dengan sudut 90°)
 karena $\cos \theta = H/d$, $1/d = \cos \theta/H$, $1/d^2 = \cos^2 \theta/H^2$, jika $E_n = I/d^2$, maka $E_n = I(\cos^2 \theta/H^2)$
- b) SUDUT MIRING (papan miring dengan sudut β)
 $E_n = I(\cos^2 \theta/H^2) \cos \beta$
- c) SUDUT MIRING (papan datar dengan sudut $\theta = \beta$)
 jika $\theta = \beta$, maka $E_n = I(\cos^2 \theta/H^2)$
- d) SUDUT MIRING (papan tegak)
 $E_n = I(\cos^2 \theta/H^2) \cos \beta$, jika $\beta = (90^\circ - \theta)$, $\cos(90^\circ - \theta) = \sin \theta$,
 $E_n = I[(\cos^2 \theta \times \sin \theta)/H^2]$

V. LATIHAN DAN TEST FORMATIF

Telaah kembali Tugas Perancangan Arsitektur 1 semester 3 yang sudah kalian kerjakan. Buat system Local lighting pada satu bagian rumah tinggal yang didisain.

Jawaban: Mahasiswa mendisain local lighting pada mata kuliah Perancangan Arsitektur 1 nya masing-masing

VI. UMPAN BALIK

Jika mahasiswa dapat menjawab kasus disain tersebut dengan kondisi 90% benar, maka mahasiswa dapat melanjutkan ke tahap selanjutnya. Selamat kepada yang telah berhasil menjawab dengan sempurna.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. V. Szokolay, *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*, Second edi., vol. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- [2] S. Mammola, M. Isaia, D. Demonte, P. Triolo, and M. Nervo, "Artificial lighting triggers the presence of urban spiders and their webs on historical buildings," *Landsc. Urban Plan.*, vol. 180, no. May, pp. 187–194, 2018, doi: 10.1016/j.landurbplan.2018.09.003.
- [3] R. Skowranek, *Building Services Lighting Design*. Birkhauser.
- [4] C. Cuttle, *Lighting Design a perception - based approach*, 1st editio. New York: Routledge, 2015.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, *Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung*. 2001, pp. 1–28.

- [6] L. T. Doulos, A. Kontadakis, E. N. Madias, M. Sinou, and A. Tsangrassoulis, “Minimizing energy consumption for artificial lighting in a typical classroom of a Hellenic public school aiming for near Zero Energy Building using LED DC luminaires and daylight harvesting systems,” *Energy Build.*, vol. 194, pp. 201–217, 2019, doi: 10.1016/j.enbuild.2019.04.033.

VIII. SENARAI

DFF	: downward flux fraction
DLOR	: downward light output ratio
E	: illuminance (éclairage), lux.
F	: luminous efficacy
FFR	: flux fraction ratio
Hm	: mounting height
I	: intensity (of light source), cd
INC	: angle of incidence
IRC	: internally reflected component (of DF)
L	: luminance (cd/m ²)
LED	: light emitting diode
LOR	: light output ratio
M	: maintenance factor (glass cleaning)
MF	: maintenance factor (lumen method)
UFF	: upward flux fraction
ULOR	: upward light output ratio
α	: absorptance
β	: angle of incidence
γ	: altitude angle on sky
η	: efficiency
θ	: viewing (source-) angle, (or vertical displacement angle)
λ	: wavelength
ρ	: reflectance
σ	: visual angle
τ	: transmittance
φ	: phase delay angle, (or horizontal displacement angle)
ω	: solid angle
Δ	: difference
Φ	: light flux (lm)

MATERI XIII DISAIN LOCAL LIGHTING

I. DESKRIPSI SINGKAT

Dengan diberikannya pemahaman mengenai prinsip pencahayaan buatan serta jenis-jenis lampu dan jenis-jenis lumner beserta dengan kinerja pencahayaannya, maka bagian ini akan membicarakan mengenai detail teori Local Lighting, yang pengantarnya telah diberikan pada bagian IX. Dengan diberikannya materi Local Lighting pada semester ini, maka mahasiswa diharapkan dapat mengaplikasikannya pada mata kuliah Perancangan Arsitektur semester 3 (TAR11233).

II. RELEVANSI

Sistem pencahayaan buatan didisain tergantung pada jenis aktivitas dan fungsi bangunan[1]–[3]. Dalam pencahayaan buatan, local lighting diterapkan jika benda yang diterangi akan memiliki kekhususan tertentu dan masuk dalam fokus pencahayaan. *Local lighting* ini contohnya: etalase toko, lampu belajar, ruang pameran/ exhibition dan backdrop receptionist kantor[4]–[6].

III. CAPAIAN PEMBELAJARAN

1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Pada akhir perkuliahan tentang Local lighting, mahasiswa diharapkan mampu memahami dan menghitung (C3) jenis-jenis Local lighting yang lazim dihadapi dalam disain pencahayaan buatan pada bangunan serta mampu mengaplikasikannya (C4) dalam disain MK Perancangan Arsitektur PA semester 3 (TAR11233)..

2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

Dengan diberikannya pemahaman mengenai Local Lighting beserta jenis-jenis dan contoh kasus, maka mahasiswa diharapkan dapat mendisain pencahayaan buatan pada MK Perancangan Arsitektur semester 3.

3. Indikator

Kemampuan mahasiswa semester 3 Prodi S1 Departemen Arsitektur dalam memahami, menghitung serta menerapkan disain Local lighting dengan indikator kemampuannya:

- Memahami (C2) Local lighting sebagai penjabaran dari rumus hukum kuadrat terbalik.
- Memahami dan menghitung (C3) dengan benar implementasi kasus Local lighting pada perancangan pencahayaan buatan pada bangunan.
- Mengaplikasikan (C4) teori Local lighting. Pada MK Perancangan Arsitektur semester 3 (TAR11233)84

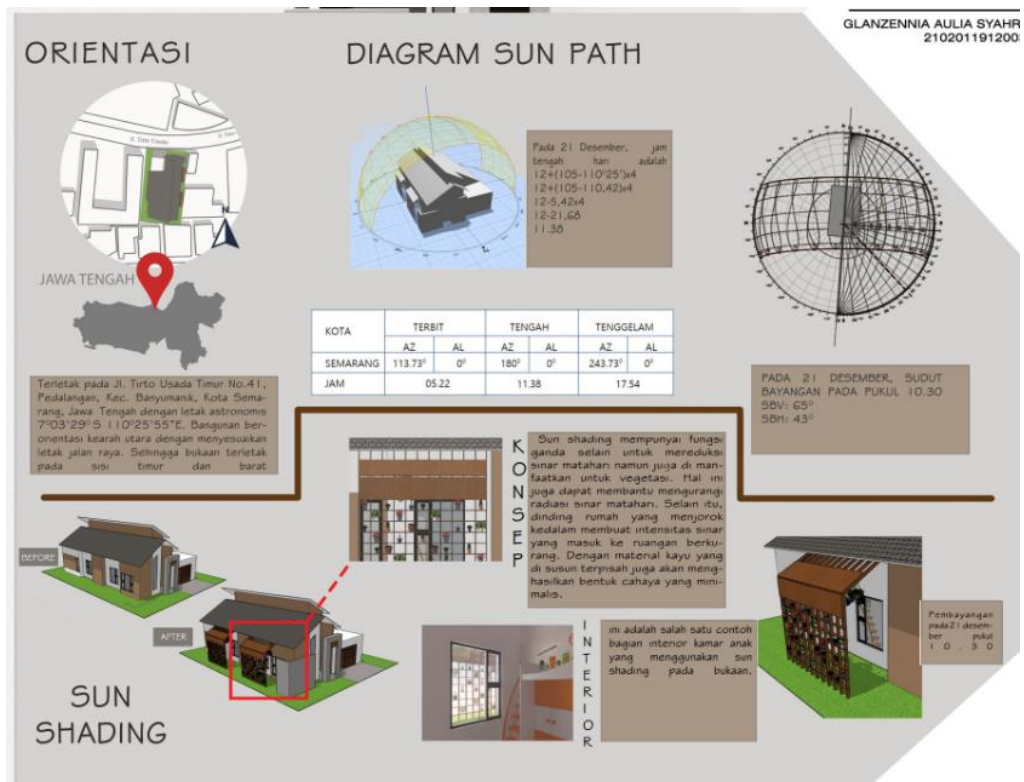
IV. PROSEDUR DISAIN LOCAL LIGHTING

A. CARA PERHITUNGAN LOCAL LIGHTING

Perhitungan Local lighting dengan empat situasi berbeda dapat dijelaskan dengan rumus sebagai berikut:

- SUDUT TEGAK LURUS (papan miring dengan sudut 90°)
 $\text{karena } \cos \theta = H/d, 1/d = \cos \theta/H, 1/d^2 = \cos^2 \theta/H^2, \text{ jika } E_n = I/d^2, \text{ maka } E_n = I(\cos^2 \theta/H^2)$
- SUDUT MIRING (papan miring dengan sudut β)
 $E_n = I(\cos^2 \theta/H^2) \cos \beta$
- SUDUT MIRING (papan datar dengan sudut $\theta = \beta$)
 $\text{jika } \theta = \beta, \text{ maka } E_n = I(\cos^2 \theta/H^2)$
- SUDUT MIRING (papan tegak)
 $E_n = I(\cos^2 \theta/H^2) \cos \beta, \quad \text{jika } \beta = (90^\circ - \theta), \cos(90^\circ - \theta) = \sin \theta, \quad E_n = I[(\cos^2 \theta \times \sin \theta)/H^2]$

B. DISAIN LOCAL LIGHTING DALAM ARSITEKTUR



Gambar 13.1. Disain Local lighting pada Rumah Tinggal

V. LATIHAN DAN TEST FORMATIF

Telaah kembali Tugas Perancangan Arsitektur 1 semester 3 yang sudah kalian kerjakan. Buat system Local lighting pada satu bagian rumah tinggal yang didisain.

Jawaban: Mahasiswa mendisain local lighting pada mata kuliah Perancangan Arsitektur 1 nya masing-masing

VI. UMPAN BALIK

Jika mahasiswa dapat menjawab kasus disain tersebut dengan kondisi 90% benar, maka mahasiswa dapat melanjutkan ke tahap selanjutnya. Selamat kepada yang telah berhasil menjawab dengan sempurna.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. V. Szokolay, *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*, Second edi., vol. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- [2] S. Mammola, M. Isaia, D. Demonte, P. Triolo, and M. Nervo, "Artificial lighting triggers the presence of urban spiders and their webs on historical buildings," *Landsc. Urban Plan.*, vol. 180, no. May, pp. 187–194, 2018, doi: 10.1016/j.landurbplan.2018.09.003.
- [3] R. Skowranek, *Building Services Lighting Design*. Birkhauser.
- [4] C. Cuttle, *Lighting Design a perception - based approach*, 1st editio. New York: Routledge, 2015.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, *Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung*. 2001, pp. 1–28.
- [6] L. T. Doulos, A. Kontadakis, E. N. Madias, M. Sinou, and A. Tsangrassoulis, "Minimizing energy consumption for artificial lighting in a typical classroom of a Hellenic public school aiming for near Zero Energy Building using LED DC luminaires and daylight harvesting systems," *Energy Build.*, vol. 194, pp. 201–217, 2019, doi: 10.1016/j.enbuild.2019.04.033.

VIII. SENARAI

DFF	: downward flux fraction
DLOR	: downward light output ratio
E	: illuminance (éclairage), lux.
F	: luminous efficacy
FFR	: flux fraction ratio
Hm	: mounting height
I	: intensity (of light source), cd
INC	: angle of incidence
IRC	: internally reflected component (of DF)
L	: luminance (cd/m ²)
LED	: light emitting diode
LOR	: light output ratio
M	: maintenance factor (glass cleaning)
MF	: maintenance factor (lumen method)
UFF	: upward flux fraction
ULOR	: upward light output ratio
α	: absorptance
β	: angle of incidence

γ	: altitude angle on sky
η	: efficiency
θ	: viewing (source-) angle, (or vertical displacement angle)
λ	: wavelength
ρ	: reflectance
σ	: visual angle
τ	: transmittance
φ	: phase delay angle, (or horizontal displacement angle)
ω	: solid angle
Δ	: difference
Φ	: light flux (lm)

MATERI XIV GENERAL LIGHTING

I. DESKRIPSI SINGKAT

General lighting atau pencahayaan umum adalah sistem pencahayaan yang menjadi sumber penerangan utama. Umumnya penerangan dilakukan dengan cara menempatkan titik lampu pada titik tengah ruangan atau pada beberapa titik yang dipasang secara simetris dan merata. Tujuan menggunakan general lighting adalah menghasilkan sumber cahaya secara terang dan menyeluruh. Lampu yang digunakan adalah lampu TL atau downlight. Selain itu, dapat pula digunakan pencahayaan tidak langsung (indirect lighting) dengan lampu tersembunyi yang memanfaatkan bias cahayanya saja. Keunggulan lampu indirect adalah dapat menghasilkan cahaya yang merata tanpa membuat mata silau dan suasana “hangat” pun lebih terasa dengan tampilan lampu warna kekuningan. Karena manfaat dari materi ini adalah mendapatkan keterampilan mendisain ruang dalam yang berfokus pada Pencahayaan buatan, maka setelah mendapatkan kuliah ini mahasiswa dapat mensintesa (C5) keterampilan tersebut dalam MK Perancangan Arsitektur 1 pada semester 3.

II. RELEVANSI

Sistem pencahayaan buatan didisain tergantung pada jenis aktivitas dan fungsi bangunan[1]–[3]. Dalam pencahayaan buatan, *general lighting* diterapkan jika ruang yang diterangi harus memiliki intensitas pencahayaan yang merata di setiap titik dalam ruang tersebut. *General lighting* ini contohnya: ruang kelas, ruang kantor, restaurant, lobby hotel [4]–[6].

III. CAPAIAN PEMBELAJARAN

1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Dengan dikuasainya teori tentang General Lighting pada bangunan, maka dengan diberikannya denah, tampak, potongan suatu bangunan, setelah mengikuti proses perkuliahan ini, diharapkan mahasiswa semester 3 prodi S1 Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro akan dapat

mengaplikasikan (C4) sistem pencahayaan buatan pada suatu ruang atau suatu bangunan dengan 80% sesuai standar dan kaidah arsitektur.

2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

Dengan dikuasainya teori tentang General Lighting pada bangunan,, maka mahasiswa dapat mengaplikasikan (C4) dan mensintesa (C5) disain pencahayaan buatan ke dalam MK Perancangan Arsitektur 1 semester 3.

3. Indikator

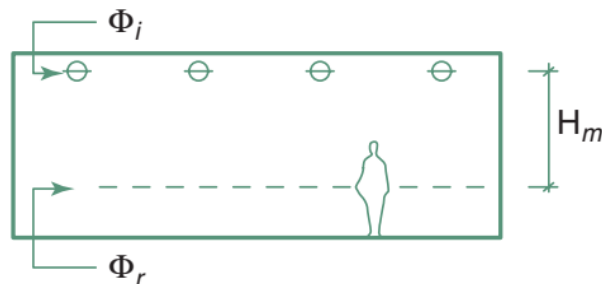
Kemampuan mahasiswa semester 3 prodi S1 Arsitektur dalam menerapkan system pencahayaan buatan – General Lighting melalui kemampuannya dalam :

- Menghitung (C3) dengan benar semua perhitungan dasar General Lighting
- Mampu memilih dan mengidentifikasi serta menganalisa (C3-C4) system pencahayaan buatan – General Lighting.
- Mengaplikasikan (C4) system pencahayaan buatan – general lighting pada disain bangunan serta mampu mensintesa pemahaman ini pada MK Perancangan Arsitektur semester 3.

IV. PERHITUNGAN GENERAL LIGHTING

Metode lumen (atau metode fluks total) dari desain pencahayaan umum dapat diterapkan di mana susunan lumener yang teratur menghasilkan pencahayaan yang seragam di atas bidang kerja. Kriteria keseragaman adalah bahwa pada titik iluminasi paling sedikit tidak kurang dari 70% dari maksimum. Dalam praktiknya, hal ini disediakan dengan membatasi jarak lumener hingga 1,5 kali tinggi lumener dari bidang kerja, yaitu tinggi pemasangan (HM).

Untuk sistem tertentu, output lumen total lampu dihitung, yang disebut sebagai fluks terpasang (Φ_i) dan fluks diterima pada bidang kerja akan menjadi sebagaimana terlihat dalam gambar:



Gambar 14.1. Prinsip lumener dalam General lighting

Gambar mendeskripsikan tentang total light output lampu yang terinstal (Φ_i) dan Flux/ aliran cahaya yang diterima pada bidang kerja (Φ_r). Flux yang diterima pada bidang kerja selalu memiliki nilai lebih kecil dibandingkan dengan light output yang terinstal pada lampu, karena Sebagian aliran cahaya terserap oleh proses pencahayaan buatan itu sendiri.

A. Utilisation Factor (UF)

Utilisation Factor adalah rasio antara Flux yang diterima pada bidang kerja dengan total light output lampu yang terinstal. Oleh karena itu, akan berlaku rumus sebagai berikut:

$$UF = \frac{\Phi_i}{\Phi_r}$$

Sehingga,

$$\Phi_i = \frac{\Phi_r}{UF}$$

Dengan UF adalah Utilisation Factor; Φ_i adalah flux yang diinstal, Φ_r adalah flux yang diterima pada bidang kerja.

B. Iluminasi rata-rata

Karena iluminansi adalah flux per unit area (lm/m^2), maka iluminansi rata-rata diperoleh jika flux diterima dibagi dengan luas ruang.

$$E = \frac{\Phi_r}{A}$$

Sehingga,

$$\Phi_r = E \times A$$

Sehingga, jika UF (Utilisation Factor) diketahui, dan iluminansi yang dibutuhkan diketahui, maka Flux installed dapat dihitung:

$$\Phi_i = \frac{E \times A}{UF \times MF}$$

$$E = \frac{\Phi_i \times UF \times MF}{A}$$

C. Maintenance Factor (MF)

MF adalah Maintenance Factor yang merepresentasikan umur lampu, luminansi dan permukaan ruang, biasanya diasumsikan 0,8

D. Room Index (RI)

Besarnya UF tergantung pada lima faktor:

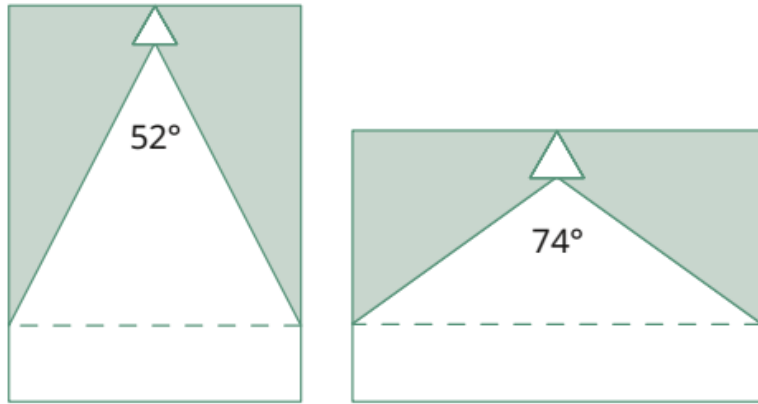
1. Sifat luminer: luminer tertutup atau luminer dengan reflektansi internal yang kurang sempurna akan memiliki nilai yang jauh lebih rendah daripada lampu terbuka.
2. DLOR (rasio keluaran cahaya ke bawah) luminer. Cahaya yang dipancarkan ke atas akan mencapai bidang kerja hanya setelah pemantulan dari permukaan ruangan dan sebagian diserap di permukaan ini. DLOR yang lebih besar biasanya berarti UF yang lebih tinggi.
3. Pemantulan permukaan ruangan, yang lebih penting jika DLOR adalah lebih kecil, tetapi mempengaruhi pencahayaan bahkan dengan nilai DLOR tinggi.
4. Proporsi geometris ruangan, seperti yang dinyatakan oleh indeks ruangan, rasio area horizontal

Rumus Room Indeks adalah sebagai berikut:

$$RI = \frac{l \times w}{(l + w) \times H_m}$$

Dimana RI adalah room index; l adalah panjang ruang, w adalah lebar ruang dan H_m adalah jarak vertical antara bidang kerja dengan lampu (luminer)

5. Rasio langsung: berapa banyak cahaya yang dipancarkan ke bawah mencapai pekerjaan pesawat secara langsung. Ini memiliki nilai rendah dengan ruangan sempit dan tinggi (indeks ruangan kecil), tetapi nilai tinggi untuk ruangan lebar (RI besar) dan luminer tipe 'downlighter'.



Gambar 14.02 Proporsi geometris ruangan

E. Contoh Perhitungan General Lighting

Tugas mendisain General Lighting pada perkatoran dengan data sebagai berikut:

Panjang ruang (l) = 14 m

Lebar ruang (w) = 8 m

Tinggi ruang (H) = 2,6 m

$\rho(\text{plafon}) = 70\%$

$\rho(\text{dinding}) = 50\%$

Apabila bidang kerja diketahui 85 cm dari muka lantai, maka Mounting Height dapat dicari sebagai berikut:

$$H_m = H - \text{bidang kerja}$$

$$H_m = 2,6 - 0,85 = 1,75 \text{ m}$$

Sehingga Room index dapat dihitung sebagai berikut:

$$RI = \frac{14 \times 8}{(14 + 8) \times 1,75} = \frac{112}{38,5} = 2,9$$

Tabel14.1. Pencahayaan buatan yang direkomendasikan dan batas kesilauan

<i>tugas visual</i>	<i>iluminasi</i>	<i>Glare index</i>
Melihat santai	100 lx	tidak ada batas
ruang jubah, loker, toilet, kamar mandi, auditoria, ruang ketel		28
atau ruang tungku, toko massal,		22
koridor, eskalator, tangga		13
bangsal rumah sakit,		10
galeri seni (pencahayaan umum)		
Tugas kasar, detail besar	200lx	25
toko, bengkel dasar		22
lift, dapur, apotek ruangmakan, perpustakaan,		19
ruang kuliah membaca santai, operasi		16
pertukaran telepon		
Tugas biasa, detail sedang	400 lx	22
area resepsionis, toko makanan		19
kantor umum, pekerjaan keybord, panel kontrol		16
menggambar kantor, apotik, laboratorium, membaca		
Tugas yang cukup berat, detail kecil	750 lx	22
bengkel mekanik, pengerjaan kayu halus, lukisan, ruang komputer insppeksi, penjahitan		19
menjahit, ruang seni		16
Tugas berkepanjangan yang parah, detail kecil	900 lx	25
tampilan supermarket		22
pabrik instrumen kerja veener perakitan elektronik atau mekanik halus, lukisan halus, permata inspeksi warna		19
atau		16
pabrrik arloji,pembacaan bukti		
Tugas berkepanjangan yang sangat berat, detail yang sangat kecil	Hingga 2000 lx	
menyortir, menilai kulit, kain, menjahit dengan tangan,		19
mengukir		16
instrumen presisi atau perakitan komponen elektronik		10
pemotongan Permata, mengukur bagian yag sangat kecil		
Tugas luar biasa, detail kecil	3000 lx	
instrumen menit bekerja menggunakan alat bantu optik		10

Sesuai dengan tabel di atas ini, maka E dapat dihitung:

$$E = 300 \text{ lux}$$

Karena luas ruang adalah

$$A = 14 \times 8 = 112 \text{ m}^2, \text{ maka Flux received menjadi:}$$

$$\Phi_r = 112 \times 300 = 33.600 \text{ lm}$$

Dengan pertimbangan faktor ekonomis, maka fluorescent lamp dipilih dalam ‘open metal through luminaires’.

Untuk mencari Utilisation Factor dengan $\rho(\text{ceiling}) = 70\%$ dan $\rho(\text{dinding}) = 50\%$, Utilisation Factor adalah 2,9 dibulatkan menjadi 3 dan Maintenance Factor atau MF adalah 0,8 maka kita mempergunakan tabel berikut:

Tabel 14.02. Faktor pemanfaatan lumener tipikal

Kamar		Pantulan langit-langit dan dinding								
Indeks	C:	0,7			0,5			0,3		
		P:	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3
 Lampu terajang pada pemasangan sel atau reng TOLOL 60%	0,6	0,29	0,24	0,19	0,27	0,22	0,19	0,24	0,21	0,19
	0,8	0,37	0,31	0,27	0,35	0,30	0,25	0,31	0,28	0,24
	1,0	0,44	0,37	0,33	0,40	0,35	0,31	0,35	0,32	0,29
	1,25	0,49	0,42	0,38	0,45	0,40	0,36	0,39	0,36	0,33
	1,5	0,54	0,47	0,42	0,50	0,44	0,40	0,43	0,40	0,37
	2,0	0,60	0,52	0,49	0,54	0,49	0,45	0,48	0,44	0,41
	2,5	0,64	0,57	0,53	0,57	0,53	0,49	0,52	0,48	0,45
	3,0	0,67	0,61	0,57	0,60	0,57	0,53	0,56	0,52	0,49
	4,0	0,71	0,66	0,62	0,64	0,61	0,57	0,59	0,55	0,52
	5,0	0,74	0,70	0,66	0,68	0,64	0,61	0,62	0,58	0,54
 reflektor diemail (lubang terbuka) TOLOL 75%	0,6	0,36	0,31	0,28	0,35	0,31	0,28	0,35	0,31	0,28
	0,8	0,45	0,40	0,37	0,44	0,40	0,37	0,44	0,40	0,37
	1,0	0,49	0,45	0,40	0,49	0,44	0,40	0,48	0,43	0,40
	1,25	0,55	0,49	0,46	0,53	0,49	0,45	0,52	0,48	0,45
	1,5	0,58	0,54	0,49	0,57	0,53	0,49	0,55	0,52	0,49
	2,0	0,64	0,59	0,55	0,61	0,58	0,55	0,60	0,56	0,54
	2,5	0,68	0,63	0,60	0,65	0,62	0,59	0,64	0,61	0,58
	3,0	0,70	0,65	0,62	0,67	0,64	0,61	0,65	0,63	0,61
	4,0	0,73	0,70	0,67	0,70	0,67	0,65	0,67	0,66	0,64
	5,0	0,75	0,72	0,69	0,73	0,70	0,67	0,70	0,68	0,67
 Diffuser plastik tertutup DLOR 50%	0,6	0,27	0,21	0,18	0,24	0,20	0,18	0,22	0,19	0,17
	0,8	0,34	0,29	0,26	0,32	0,28	0,25	0,29	0,26	0,24
	1,0	0,40	0,35	0,31	0,37	0,33	0,30	0,33	0,30	0,28
	1,25	0,44	0,39	0,35	0,40	0,36	0,33	0,36	0,33	0,31
	1,5	0,47	0,42	0,38	0,43	0,39	0,36	0,38	0,35	0,33
	2,0	0,52	0,47	0,44	0,47	0,44	0,41	0,41	0,39	0,37
	2,5	0,55	0,51	0,48	0,50	0,47	0,44	0,44	0,42	0,40
	3,0	0,58	0,54	0,51	0,52	0,49	0,47	0,47	0,45	0,43
	4,0	0,61	0,57	0,54	0,55	0,52	0,50	0,49	0,47	0,45
	5,0	0,63	0,59	0,57	0,57	0,55	0,53	0,51	0,49	0,47
 Diffuser modular tersembunyi atau dipasang di langit-langit dangkal DLOR 50%	0,6	0,21	0,18	0,16	0,21	0,18	0,16	0,20	0,18	0,16
	0,8	0,28	0,24	0,22	0,27	0,24	0,22	0,26	0,24	0,22
	1,0	0,32	0,29	0,26	0,31	0,28	0,26	0,30	0,28	0,26
	1,25	0,35	0,32	0,29	0,34	0,31	0,29	0,32	0,30	0,28
	1,5	0,37	0,34	0,31	0,36	0,33	0,31	0,34	0,32	0,30
	2,0	0,41	0,37	0,35	0,39	0,37	0,34	0,38	0,36	0,34
	2,5	0,43	0,40	0,38	0,42	0,39	0,37	0,40	0,38	0,37
	3,0	0,45	0,42	0,40	0,44	0,41	0,40	0,42	0,40	0,39
	4,0	0,47	0,44	0,43	0,46	0,44	0,42	0,44	0,42	0,41
	5,0	0,49	0,46	0,45	0,47	0,46	0,44	0,46	0,44	0,43
 Diffuser prismatic opal tertutup DLOR 45%	0,6	0,23	0,18	0,14	0,20	0,16	0,12	0,17	0,14	0,11
	0,8	0,30	0,24	0,20	0,27	0,22	0,18	0,22	0,19	0,16
	1,0	0,36	0,29	0,25	0,31	0,26	0,22	0,26	0,23	0,19
	1,25	0,41	0,34	0,29	0,35	0,30	0,26	0,29	0,26	0,22
	1,5	0,45	0,39	0,33	0,39	0,34	0,30	0,31	0,28	0,25
	2,0	0,50	0,45	0,40	0,43	0,38	0,34	0,34	0,32	0,29
	2,5	0,54	0,49	0,44	0,46	0,42	0,38	0,37	0,35	0,32
	3,0	0,57	0,52	0,48	0,49	0,45	0,42	0,40	0,38	0,34
	4,0	0,60	0,56	0,52	0,52	0,48	0,46	0,43	0,41	0,37
	5,0	0,63	0,60	0,56	0,54	0,51	0,49	0,45	0,43	0,40

$$\Phi_i = \frac{33.600}{0,7 \times 0,8} = \frac{33.600}{0.56} = 60.000 \text{ lm}$$

Berpindah pada bagian tabel berikut nya, maka penggunaan lampu yang mungkin dipilih adalah sesuai dengan tabel berikut:

Tabel14.03 Lighting Design Data

<i>Jenis lampu</i>	<i>Watt</i>	<i>Pemberat</i>	<i>Keluaran lumer</i>
Pijar (pada 240 v)			
Berbentuk buah pir	25	-	200
	40	-	325
	60	-	575
	100	-	1160
	150	-	1960
	200	-	2720
	500	-	770
Berbentuk jamur	40	-	380
	60	-	640
	100	-	1220
Sodium#			
SOX (tekanan rendah)	35	20	4200
	55	20	7500
	90	25	12500
ANAK (tekanan tinggi)	70	25	5300
	250	30	24000
Air raksa#			
MB	80	15	2700
MBI (logam halida)	400	50	24000
<BF (fluoresen merkuri)	50	15	1800
	80	20	3350
MBT (merkuri/tungsen)	100	-	1250
Berpendar ('putih')			
0,6m	20	5	1050
0,6m	40	8	1550
1,2m	40	10	2880
1,5m	50	20	3100
1,5m	65	15	4400
1,5m	80	15	4850

#lampu terkecil di setiap jenis ditampilkan. Batas atas adalah sekitar 200000 lm.

Lampu yang mungkin dipilih adalah sebagai berikut:

1. 1,2 m/40 W – output 2650 lm (Efficacy= 66 lm/W)
2. 1,5 m/65 W – output 4400 lm (Efficacy= 68 lm/W)
3. 1,5 m/80 W – output 4850 lm (Efficacy= 60 lm/W)

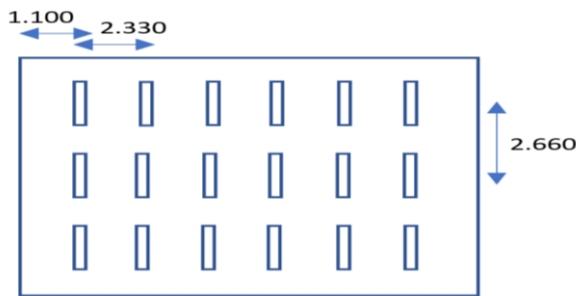
Dari ketiga kemungkinan tersebut, lampu dengan 65 Watt terlihat memiliki Efficacy terbaik, yaitu 68 lm/W. Oleh karena itu, lampu inilah yang terbaik dipilih.

Tabel14.4. Faktor koreksi

<i>Jenis lampu</i>	<i>Koreksi</i>	<i>Keluaran lumen dari 1200mm 40W</i>
Putih	1,00	2800
Pitih hangat	0,96	2700
Siang hari	0,95	2660
Alami	0,75	2100
Nada hangat	0,70	1960
De luxe warm white	0,67	1950
Warna 32 dan 34	0,65	1820
Warna senada	0,65	1820
Ritus Kolor	0,65	1800
De luxe alami	0,55	1500
Softone 27	0,55	1500
Tiga warna 37	0,55	1500
Siang hari buatan	0,40	1120

Perkantoran membutuhkan terang pencahayaan buatan dengan karakter “warrant medium quality lamp” seperti “natural” yang memiliki output sebesar 0,75 kali dari daftar lampu dengan karakter ‘warm white’. Oleh karena itu, Setiap lampu akan memancarkan $4400 \times 0,75 = 3300$ lm. Sehingga untuk mendapatkan total 60.000 lm, maka dibutuhkan jumlah lampu sebagai berikut:

$60.000 / 3300 = 18$ lampu



Gambar 14.2. Lay out dan Disain General Lighting

V. LATIHAN DAN TEST FORMATIF

1. Buat disain General Lighting dengan perhitungan sesuai prosedur
2. Disain three dimensional interior pada bagian yang didisain general lighting nya
3. Presentasikan di depan kelas

Jawaban: Disain General Lighting pada mata kuliah PA 1 masing-masing sebagaimana dicontohkan pada materi berikutnya.

VI. UMPAN BALIK

Jika mahasiswa mendisain (C6) suatu kasus perencanaan dengan kondisi 80% benar, maka mahasiswa dapat melanjutkan ke tahap selanjutnya. Selamat kepada yang telah berhasil menjawab dengan sempurna.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. V. Szokolay, *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*, Second edi., vol. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- [2] S. Mammola, M. Isaia, D. Demonte, P. Triolo, and M. Nervo, "Artificial lighting triggers the presence of urban spiders and their webs on historical buildings," *Landsc. Urban Plan.*, vol. 180, no. May, pp. 187–194, 2018, doi: 10.1016/j.landurbplan.2018.09.003.
- [3] R. Skowranek, *Building Services Lighting Design*. Birkhauser.
- [4] C. Cuttle, *Lighting Design a perception - based approach*, 1st editio. New York: Routledge, 2015.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, *Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung*. 2001, pp. 1–28.
- [6] L. T. Doulos, A. Kontadakis, E. N. Madias, M. Sinou, and A. Tsangrassoulis, "Minimizing energy consumption for artificial lighting in a typical classroom of a Hellenic public school aiming for near Zero Energy Building using LED DC luminaires and daylight harvesting systems," *Energy Build.*, vol. 194, pp. 201–217, 2019, doi: 10.1016/j.enbuild.2019.04.033.

VIII. SENARAI

DFF	:	downward flux fraction
DLOR	:	downward light output ratio
DUF	:	daylight utilization factor
E	:	illuminance (éclairage), lux.

ERC	:	externally reflected component (of DF)
F	:	luminous efficacy
FFR	:	flux fraction ratio
G	:	glass factor
GI	:	glare index
Hm	:	mounting height
I	:	intensity (of light source), cd
INC	:	angle of incidence
IRC	:	internally reflected component (of DF)
L	:	luminance (cd/m ²)
LED	:	light emitting diode
LOR	:	light output ratio
LT	:	lighting and thermal (pre-design) analysis
M	:	maintenance factor (glass cleaning)
MF	:	maintenance factor (lumen method)
PSALI	:	permanent supplementary lighting of the interior
RI	:	room index
SC	:	sky component (of DF)
UF	:	utilization factor
UFF	:	upward flux fraction
UGR	:	unified glare rating
ULOR	:	upward light output ratio
V	:	value (Munsell-)
α	:	absorptance
β	:	angle of incidence
γ	:	altitude angle on sky
η	:	efficiency
θ	:	viewing (source-) angle, (or vertical displacement angle)
λ	:	wavelength
ρ	:	reflectance
σ	:	visual angle
τ	:	transmittance
φ	:	phase delay angle, (or horizontal displacement angle)
ω	:	solid angle
Δ	:	difference
Φ	:	light flux (lm)

MATERI XV

DISAIN PENCAHAYAAN BUATAN

I. DESKRIPSI SINGKAT

General lighting atau pencahayaan umum adalah sistem pencahayaan yang menjadi sumber penerangan utama. Umumnya penerangan dilakukan dengan cara menempatkan titik lampu pada titik tengah ruangan atau pada beberapa titik yang dipasang secara simetris dan merata. Tujuan menggunakan general lighting adalah menghasilkan sumber cahaya secara terang dan menyeluruh. Lampu yang digunakan adalah lampu TL atau downlight. Selain itu, dapat pula digunakan pencahayaan tidak langsung (indirect lighting) dengan lampu tersembunyi yang memanfaatkan bias cahayanya saja.

Keunggulan lampu indirect adalah dapat menghasilkan cahaya yang merata tanpa membuat mata silau dan suasana “hangat” pun lebih terasa dengan tampilan lampu warna kekuningan. Karena manfaat dari materi ini adalah mendapatkan keterampilan mendisain ruang dalam yang berfokus pada Pencahayaan buatan, maka setelah mendapatkan kuliah ini mahasiswa dapat mensintesa (C5) keterampilan tersebut dalam MK Perancangan Arsitektur 1 pada semester 3.

II. RELEVANSI

Sistem pencahayaan buatan didisain tergantung pada jenis aktivitas dan fungsi bangunan[1]–[3]. Dalam pencahayaan buatan, *general lighting* diterapkan jika ruang yang diterangi harus memiliki intensitas pencahayaan yang merata di setiap titik dalam ruang tersebut. *General lighting* ini contohnya: ruang kelas, ruang kantor, restaurant, lobby hotel [4]–[6].

III. CAPAIAN PEMBELAJARAN

1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Dengan dikuasainya teori tentang General Lighting pada bangunan, maka dengan diberikannya denah, tampak, potongan suatu bangunan, setelah mengikuti proses perkuliahan ini, diharapkan mahasiswa semester 3 prodi S1 Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro akan dapat

mengaplikasikan (C4) sistem pencahayaan buatan pada suatu ruang atau suatu bangunan dengan 80% sesuai standar dan kaidah arsitektur.

2. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

Dengan dikuasainya teori tentang General Lighting pada bangunan,, maka mahasiswa dapat mengaplikasikan (C4) dan mensintesaikan (C5) disain pencahayaan buatan ke dalam MK Perancangan Arsitektur 1 semester 3.

3. Indikator

Kemampuan mahasiswa semester 3 prodi S1 Arsitektur dalam menerapkan system pencahayaan buatan – General Lighting melalui kemampuannya dalam :

- Menghitung (C3) dengan benar semua perhitungan dasar General Lighting
- Mampu memilih dan mengidentifikasi serta menganalisa (C3-C4) system pencahayaan buatan – General Lighting.
- Mengaplikasikan (C4) system pencahayaan buatan – general lighting pada disain bangunan serta mampu mensintesaikan pemahaman ini pada MK Perancangan Arsitektur semester 3.

IV. DISAIN PENCAHAYAAN BUATAN

1. Room Data

Length (L)	: 4 m
Width (W)	: 3 m
Height (H)	: 3.2 m
Work Area Tinggi ceiling	: 0.75 m
wall	: 0.5
Hm	: 0.3
	: 3.2 m - 0.75 m
	: 2.45 m

3. Calculating Flux Received and Flux Installed

$$r = A \times E = 12 \times 200 = 2400 \text{ lm}$$
$$i = \frac{r}{UF \times MF} = \frac{2400}{0.35 \times 0.8}$$
$$i = 8571 \text{ lm}$$

4. Determine the Lamp Type

The lights chosen for the general lighting design in this dining room are Incandescent Pear Shaped 500 Watts with a lumen output of 7700 lm (15.4 lm/W).

5. Correcting Lumen Output

Light Incandescent Pear Shaped 500 Watt with lumen output 7700 lm (15.4 lm/W) corrected by category Natural because the dining room already gets natural lighting, so it is most likely only used in the afternoon and evening, so:

$$7700 \text{ lm} \times 0.75 = 5775 \text{ lm}$$

So, it was found that the dining room needed as many lights as:

$$\frac{8571 \text{ lm}}{5775 \text{ lm}} = 1 \text{ lamp}$$

2. Calculating Room Index

$$RI = \frac{L \times W}{(L + W) \times H_m}$$

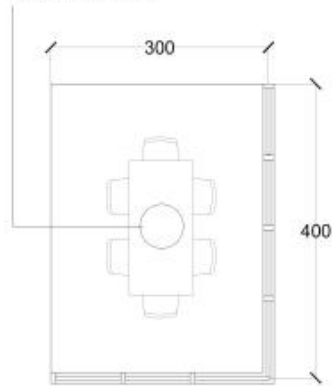
$$RI = \frac{4 \times 3}{(4+3) \times 2.45}$$

$$RI = \frac{12}{17.15}$$

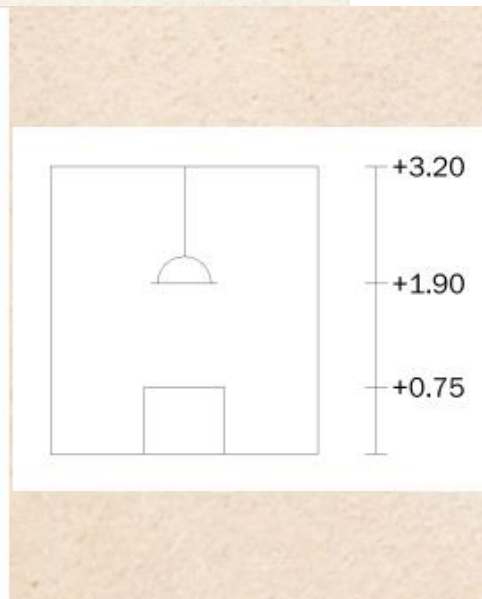
$$RI = 0.69$$

Based on data sheet D.2.8 book *Introduction to Architectural Science*, Utilization Factor obtained is the type of Enamelled Reflector (Open Through) of 0.35

Lampu Gantung
dengan Incandescent
Pear Shaped 500
Watt Light Bulb



R. MAKAN
+ 3.50



Gambar 15.01 Perhitungan General Lighting



Gambar 15.02. Disain General Lighting pada Rumah Tinggal



Gambar 15.03. Disain General Lighting pada Teras Rumah

V. LATIHAN DAN TEST FORMATIF

1. Buat disain General Lighting dengan perhitungan sesuai prosedur
2. Disain three dimensional interior pada bagian yang didisain general lighting nya

Jawaban: Disain General Lighting pada mata kuliah PA 1 masing-masing sebagaimana dicontohkan pada materi pada bagian ini.

VI. UMPAN BALIK

Jika mahasiswa mendisain suatu kasus perencanaan dengan kondisi 80% benar, maka mahasiswa dapat melanjutkan ke tahap selanjutnya. Selamat kepada yang telah berhasil menjawab dengan sempurna.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. V. Szokolay, *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*, Second edi., vol. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- [2] S. Mammola, M. Isaia, D. Demonte, P. Triolo, and M. Nervo, "Artificial lighting triggers the presence of urban spiders and their webs on historical buildings," *Landsc. Urban Plan.*, vol. 180, no. May, pp. 187–194, 2018, doi: 10.1016/j.landurbplan.2018.09.003.
- [3] R. Skowranek, *Building Services Lighting Design*. Birkhauser.
- [4] C. Cuttle, *Lighting Design a perception - based approach*, 1st editio. New York: Routledge, 2015.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, *Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung*. 2001, pp. 1–28.
- [6] L. T. Doulos, A. Kontadakis, E. N. Madias, M. Sinou, and A. Tsangrassoulis, "Minimizing energy consumption for artificial lighting in a typical classroom of a Hellenic public school aiming for near Zero Energy Building using LED DC luminaires and daylight harvesting systems," *Energy Build.*, vol. 194, pp. 201–217, 2019, doi: 10.1016/j.enbuild.2019.04.033.

VIII. SENARAI

E	: illuminance (éclairage), lux.
F	: luminous efficacy
Hm	: mounting height
I	: intensity (of light source), cd
L	: luminance (cd/m ²)
MF	: maintenance factor (lumen method)
RI	: room index
UF	: utilization factor
UFF	: upward flux fraction
η	: efficiency
λ	: wavelength
ρ	: reflectance
Φ	: light flux (lm)

MATERI XVI

UJIAN AKHIR SEMESTER

(RANGKUMAN PENCAHAYAAN BUATAN)

I. RINGKASAN PENCAHAYAAN BUATAN

1. Task/ Local lighting merupakan sistem pencahayaan yang difokuskan pada suatu area dengan tujuan membantu aktivitas tertentu[1]–[6].
2. General lighting atau pencahayaan umum adalah sistem pencahayaan yang menjadi sumber penerangan utama. Umumnya penerangan dilakukan dengan cara menempatkan titik lampu pada titik tengah ruangan atau pada beberapa titik yang dipasang secara simetris dan merata[1]–[6].
3. Lumener fotometrik dapat dicirikan dalam kaitannya dengan keluaran lumen pencahayaan, dengan rasio keluaran pencahayaan (Light Output rasio) sebagai berikut[1]:

$$LOR = \frac{\text{keluaran fluks lumener}}{\text{keluaran fluks lampu}}$$

biasanya dinyatakan sebagai prosentase (%), dengan LOR adalah Light Output Ratio

4. Jenis lumener dan fraksi fluks nya[1]

Simbol	Penamaan	prinsip	UFF	DFF
	Langsung		0–10%	100–90%
	Semi-langsung		10–40%	90–60%
	Difusi umum		40–60%	60–40%
	Semi tidak langsung		60–90%	40–10%
	tidak langsung		90–100%	10–0%

5. rasio fraksi fluks, sebagai berikut:

$$FFR = \frac{UFF}{DFF}$$

Dimana UFF adalah Upward Flux Fraction; DFF adalah Downward Flux Fraction dan FFR adalah Fraction Flux Ratio.
Melanjutkan contoh di atas pada tabel, maka FFR dapat dihitung sebagai berikut:

Keluaran luminer	800 lm		100%
Ke atas/ naik	300 lm	ULOR	37,5%
Ke bawah/ turun	500 lm	DLOR	62,5%
Ratio Flux Fraction	$\text{FFR} = 37,5/62,5$ $= 0,6$		

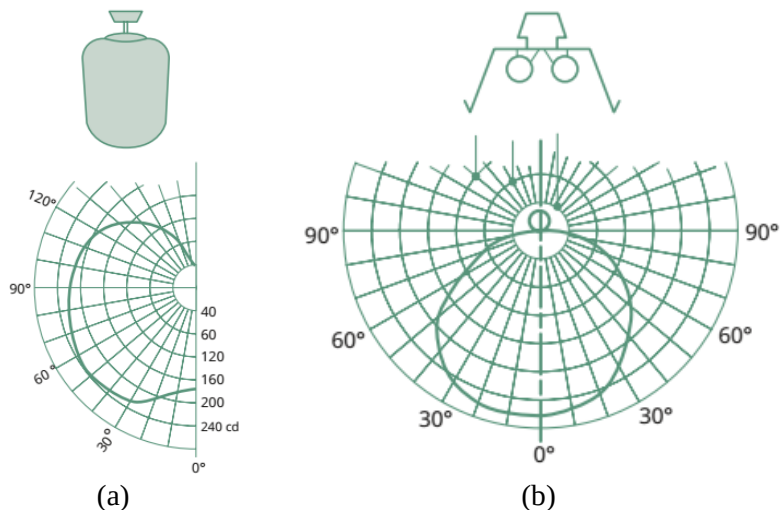
Hasil yang sama didapat dari

$$\text{FFR} = \text{ULOR}/\text{DLOR}$$

$$= 300/500$$

$$= 0,6$$

Berikut disajikan gambar polar curve (kurva kutub) dari dua jenis lampu, lampu dengan diffuser dan lampu terbuka (open through lamp)



Gambar 10.1 (a) Luminer diffuser-lamp dengan kurva kutub nya; (b) luminer open through-lamp dengan kurva kutubnya.

II. CONTOH SOAL UJIAN AKHIR SEMESTER

1. Sebuah kantor konsultan memiliki studio gambar (drawing office) dengan dimensi ruang:

Panjang= 15 meter; lebar= 15 meter; tinggi= 4 meter

ρ ceiling = 50% ; ρ wall= 50%

ketentuan lain: correction factor lampu= 0,95 (daylight)

Tentukan disain penerangan buatan beserta gambar perletakan lampu pada kantor tersebut

Jawaban: $H_m=1,75$; $RI= 2,9$; $E=300$ lux; $\Phi_r=33.600$ lumen; $\Phi_i= 60.000$ lumen; jumlah lampu= 18 titik

III. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. V. Szokolay, *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*, Second edi., vol. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- [2] R. Skowranek, *Building Services Lighting Design*. Birkhauser.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, *Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung*. 2001, pp. 1–28.
- [4] S. Mammola, M. Isaia, D. Demonte, P. Triolo, and M. Nervo, “Artificial lighting triggers the presence of urban spiders and their webs on historical buildings,” *Landsc. Urban Plan.*, vol. 180, no. May, pp. 187–194, 2018, doi: 10.1016/j.landurbplan.2018.09.003.
- [5] S.V. Szokolay, *Environmental Science Handbook for Architects and Builders*. Lancaster: The Construction Press, 1980.
- [6] C. Cuttle, *Lighting Design a perception - based approach*, 1st editio. New York: Routledge, 2015.

BIODATA RINGKAS PENULIS



Prof. Dr Ir. Erni Setyowati, MT telah menjadi Anggota GSTF (Global Science and Technology Forum), Singapura sejak Maret 2013. Lahir di Yogyakarta, Indonesia, 4 April 1967 dan menyelesaikan studinya gelar sarjana Arsitektur di Universitas Diponegoro, Semarang pada tahun 1990. Kemudian pada universitas yang sama, ia menyelesaikan studinya untuk starta S2 pada tahun 2000 dan gelar doktor pada tahun 2011. Bidang studi utama yang ditekuni adalah Sains dan Teknologi Bangunan (*Building Science and Technology*) serta Metodologi Riset dan Statistik.

Sejak tahun 1997 sampai dengan sekarang bekerja di Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia diangkat menjadi Kepala Laboratorium Teknologi Bangunan sejak 2011 serta menjadi Sekretaris Program Studi S1 sejak April 2013 hingga tahun 2015, dan menjabat menjadi Kepala Program Studi S1 Departemen Arsitektur sampai sekarang. Prof. Dr. Ir. Setyowati, MT juga menjalin kerjasama dan menjadi anggota AMER (*Association of Malaysian on Environmental Behaviour Researcher*) sejak 2013, Ikatan Arsitek Indonesia (IAI) sejak tahun 2005. Melakukan penelitian tentang Nano-material dan material berbahan limbah. Tahun 2015, merupakan tahun lepas landas dalam penelitian material, dimana pada tahun tersebut penulis berkesempatan melakukan '*public lecture*' tentang material untuk *Universal Design* di Akashi National College of Technology (ANCT), Jepang.

Beberapa Hibah Penelitian yang telah diterima adalah Hibah Riset Pengembangan dan Penerapan (RPP), Hibah dari Ditlitabmas-Dikti Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi: MP3EI, Hibah Riset PTUPT Kemenristekdikti, Hibah Riset PPUPT Kemenristekdikti, Hibah Disertasi Doktor, Hibah Bersaing dan PKUM. Sementara Hibah Penelitian dari Internal Universitas Diponegoro sudah ditekuni mulai dari Hibah Unggulan Fakultas Teknik, Riset Publikasi Internasional dan Hibah Penelitian Terapan. Output penelitian yang sudah dihasilkan adalah: terdaftar Paten Material Akustik berupa kramik berpori berbentuk hexagonal dan octagonal dan Material batu bata dari polymer dan cangkang kerang.