

**PENGARUH PENCAHAYAAN ALAMI TERHADAP KENYAMANAN
VISUAL PENGGUNA RUANG KULIAH GEDUNG BARU TEKNIK
PENGAIRAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ZAKARIA PRIYONO PUTRA
NIM. 145060500111007**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**



LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PENCAHAYAAN ALAMI TERHADAP KENYAMANAN
VISUAL PENGGUNA RUANG KULIAH GEDUNG BARU TEKNIK
PENGAIRAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ZAKARIA PRIYONO PUTRA
NIM. 145060500111007**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 23 November 2018

Mengetahui,
Ketua Program Studi Sarjana Arsitektur

Ir. Heru Sufianto, M.Arch.St., Ph.D.
NIP. 19650218 199002 1 001

Dosen Pembimbing

Andika Citraningrum ST., MT., MSc
NIP. 20120187 0425 2 001





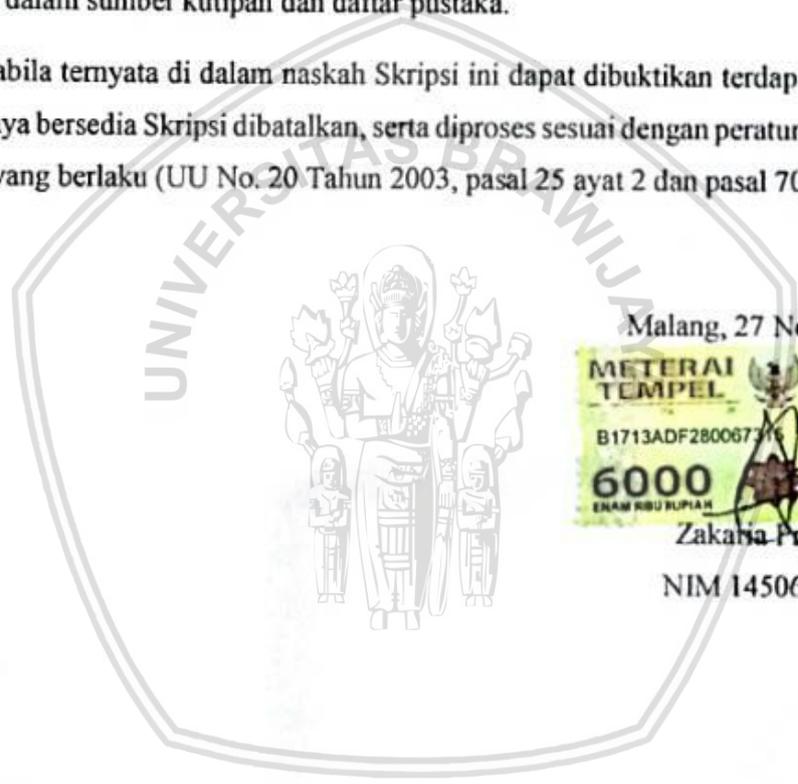
*Aku berlindung kepada Tuhan Yang Menguasai subuh,
Dari kejahatan mahlukNya dan dari kejahatan malam
apabila gelap gulita, dan dari kejahatan wanita-wanita tukang
sihir yang menghembus pada buhul-buhul.
Dan dari kejahatan orang yang dengki apabila ia dengki.*

*Kini aku sampai pada waktuku
Terimakasih ketulusan dan Doa'mu Ibu dan Ayahku
Terimakasih atas semuanya*

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).



Malang, 27 November 2018



:swa,

Zakaria Priyono Putra
NIM 145060500111007





UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA

SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor :/137 /UN10. F07.15/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

ZAKARIA PRIYONO PUTRA

Dengan Judul Skripsi :

**PENGARUH PENCAHAYAAN ALAMI TERHADAP KENYAMANAN VISUAL PENGGUNA
RUANG KULIAH GEDUNG BARU TEKNIK PENGAIRAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 25 November 2018


Ketua Jurusan Arsitektur
ARS. DR.-ENG. Herry Santosa, ST., MT
NIP. 19350525 200003 1 004

Ketua Program Studi S1 Arsitektur

Ir. Heru Sufianto, M.Arch, St., Ph.D
NIP. 19650218 199002 1 001



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN ARSITEKTUR

Jl. Mayjend Haryono No. 167 MALANG 65145 Indonesia
Telp. : +62-341-567486 ; Fax : +62-341-567486
<http://arsitektur.ub.ac.id> E-mail : arstlub@ub.ac.id

**LEMBAR HASIL
DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI**

Nama : Zakaria Priyono Putra
NIM : 14506050011007
Judul Skripsi : Pengaruh Pencahayaan Alami Terhadap Kenyamanan Visual Pengguna Ruang Kuliah Gedung Baru Teknik Pengairan Universitas Brawijaya
Dosen Pembimbing : Andika Citraningrum ST., MT., MSc
Periode Skripsi : Semester Ganjil 2018-2019
Alamat Email : zakariapriyonoputra@gmail.com

Tanggal	Deteksi Plagiasi ke-	Plagiasi yang terdeteksi (%)	Ttd Petugas Plagiasi
23 November 2018	1	16%	<i>[Signature]</i>
	2		
	3		

Malang, 27 November 2018

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Andika Citraningrum ST., MT., MSc
NIP. 20120187 0425 2 001

Kepala Laboratorium
Dokumentasi Dan Tugas Akhir

Ir. Chafril Budiarto Amiuza, MSA
NIP.19531231 198403 1 009

Keterangan:

1. Batas maksimal plagiasi yang terdeteksi adalah sebesar 20%
2. Hasil lembar deteksi plagiasi skripsi dilampirkan bagian belakang setelah surat Pernyataan Orisinalitas dan Sertifikat Bebas Plagiasi



RINGKASAN

Zakaria Priyono Putra, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, November 2018, *Pengaruh Pencahayaan Alami Terhadap Kenyamanan Visual Ruang Kuliah Gedung Baru Teknik Pengairan Universitas Brawijaya*, Dosen Pembimbing: Andika Citraningrum.

Pencahayaan alami berkaitan dengan tingkat kenyamanan manusia. Pencahayaan merupakan salah satu faktor terpenting karena berpengaruh terhadap kenyamanan visual dalam proses belajar-mengajar di ruang perkuliahan. Karena kurangnya tingkat pencahayaan dalam ruang perkuliahan dapat mengakibatkan produktivitas kerja menurun, dan proses belajar-mengajar yang tidak nyaman. Gedung baru Teknik Pengairan merupakan salah satu gedung Universitas Brawijaya dengan ketinggian 6 lantai yang berfungsi sebagai gedung administrasi dan perkuliahan Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya. Memiliki bukaan bertipe *top hung* dengan material kaca dan kusen berbahan aluminium dengan rasio $\pm 60\%$ terhadap luas bidang. Massa bangunan berbentuk balok dengan orientasi timur laut – barat daya.

Penelitian ini merupakan studi evaluasi terhadap tingkat pencahayaan enam ruang sample kuliah di Gedung baru Teknik Pengairan. Metode yang digunakan eksperimental untuk mengidentifikasi penyebab dan akibat hubungan antara dua variabel atau lebih. Eksperimen tersebut menggunakan *software* Dialux 4.13 untuk mengetahui layout distribusi dan tingkat pemerataan pencahayaan ruang sampel. Eksperimental juga digunakan untuk validasi tingkat *eror/relative error* antara pengukuran lapangan dan simulasi *Software*, Hal itu dilakukan agar menghasilkan data yang valid dengan hasil pengukuran lapangan.

Berdasarkan hasil analisa visual, pengukuran, kuesioner, dan simulasi menunjukkan bahwa pengguna ruang dapat menerima intensitas cahaya sebesar 150-550lux dan menganggap *range* intensitas tersebut sebagai batas wajar/batas nyaman. Intensitas cahaya tersebut dapat dicapai dengan cara meredesain standar bukaan sebesar 20% dari luas lantai, penggunaan *shading devices* yang sesuai, dan penggunaan kombinasi material interior dengan tingkat reflektansi yang sesuai.

Kata kunci : *Pencahayaan alami, Ruang kuliah, Intensitas cahaya, Kenyamanan visual*

SUMMARY

Zakaria Priyono Putra, Department of Architecture, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, November 2018, *The Effect of Natural Lighting on Visual Comfort of Class Rooms in the New Building of Irrigation Engineering Universitas Brawijaya*, Academic Supervisor: Andika Citraningrum.

Natural lighting related with the human perception. Lighting is one of the important factor because the visual comfort will effect process of study in lecture class. Lack of lighting inside te class will affected productivity and study activities process. GBTP is one of the building of brawijaya university that has 6 floor height and functionate as a administrative building and lecture Department of Irrigation Universitas Brawijaya. This building has top hung window with glass and aluminum material and $\pm 60\%$ of facade area. Form of this building is like a block that facing northeast-southwest.

This study is evaluating lighting level in six class as the sample in GBTP. This study using experimental method to identify cause and effect between two variable or more. For experiment, this study using dialux 4.13 software for knowing the distribution and distributed level in sample of room. Experimental used as a validation error/relative error level between measurement field and simulation software. Therefore, this study conducted for having the valid data with measurement field.

According to the result of visual analysis, measurement, quetionnaire, and simulation showing that human could accepted the light between 150-550 lux and assumed interior material combination with reflectance level were suitable. The light intensity can be achieved by redesigning the standard openings by 20% of the floor area, the use of appropriate shading devices, and the use of a combination of interior materials with the appropriate reflectance level.

Keyword: Natural lighting, Class room, Lighting intensity, Visual comfort

PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia-Nya, sehingga laporan skripsi dengan judul “Pengaruh Pencahayaan Alami Terhadap Kenyamanan Visual Pengguna Ruang Kuliah Gedung Baru Teknik Pengairan Universitas Brawijaya” ini dapat terselesaikan. Skripsi ini merupakan pengerjaan laporan akhir penelitian yang telah dilakukan dari proses perkuliahan di jurusan Arsitektur FT-UB. Laporan ini dibuat untuk memenuhi syarat menjadi Sarjana Teknik di Universitas Brawijaya.

Proses penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan masukan, dorongan dan doa selama proses pengerjaan. Untuk itu penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Andika Citraningrum ST., MT., MSc selaku dosen pembimbing
2. Bapak Ir. Jusuf Thojib, MSA. Dan Ibu Wasiska Iyati, ST., MT. selaku dosen penguji
3. Jurusan Arsitektur dan Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
4. Kedua orang tua, keluarga dan kerabat penulis
5. Teman – teman dan seluruh elemen kehidupan yang menjadi penyemangat

Penulis menyadari laporan skripsi ini masih memiliki kekurangan, namun diharapkan laporan skripsi ini dapat berguna bagi pihak yang membutuhkan serta dapat menjadi sumbangan pemikiran dan preseden terhadap penelitian sejenis.

Malang, 27 November 2018

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penelitian	6
1.8 Kerangka Pemikiran.....	8
BAB II	1
TINJAUAN PUSTAKA	1
2.1 Tinjauan Gedung Kuliah	1
2.2 Pencahayaan	1
2.2.1 Pengertian Pencahayaan	1
2.2.2 Pencahayaan Alami Pada Bangunan	1
2.2.3 Pencahayaan Buatan Pada Bangunan.....	5
2.3 Selubung Bangunan.....	9
2.3.1 Buka-an/Jendela.....	10
2.3.2 Pembayang dan Penyaringan.....	13
2.3.3 Material Kaca Pada Fasad Bangunan	15
2.3.4 Warna	21
2.4 Kenyamanan Visual	22
2.5.1 Faktor Kenyamanan Visual	24
2.5.2 Faktor yang Dihindari dalam Kenyamanan Visual	25
2.5.3 Standar Kenyamanan Visual	27
2.5 Penelitian Terdahulu	28



2.5.1 Kesimpulan Penelitian Terdahulu	33
2.6 Kerangka Teori	34
BAB III	35
METODE PENELITIAN.....	35
3.1 Lokasi dan Objek Penelitian.....	35
3.2 Metode Penelitian	36
3.3 Tahapan Penelitian	37
3.3.1 Identifikasi masalah.....	37
3.3.2 Pengumpulan data.....	38
3.3.3 Simulasi	38
3.3.4 Analisis	38
3.3.5 Evaluasi	39
3.3.6 Sintesis.....	39
3.3.7 Kesimpulan dan saran.....	39
3.4 Variabel	40
3.5 Metode dan Instrumen Pengumpulan Data	40
3.5.1 Data Primer.....	40
3.5.2 Data Sekunder.....	41
3.5 Analisis Data.....	42
3.5.1 Analisis Visual.....	42
3.5.2 Analisis Pengukuran	42
3.5.3 Analisis Validasi.....	42
3.5.4 Analisis Simulasi	43
3.6 Kerangka Metode	44
BAB IV.....	46
PEMBAHASAN.....	46
4.1 Kondisi Eksisting.....	46
4.1.1 Lokasi dan Luas tapak	46
4.1.2 Sirkulasi dan Aksesibilitas.....	47
4.1.3 Lingkungan	47
4.1.4 Iklim.....	48
4.2 Selubung Bangunan GBTP.....	55
4.2.1 Bukaan/ jendela	55

4.2.2	Pembayang (<i>shading device</i>) dan Penyaringan (<i>sun breaker</i>)	57
4.2.3	Bahan/material	58
4.2.4	Warna	59
4.3	Analisis Pencahayaan Alami GBTP	60
4.3.1	Ruang Kuliah 2.2.....	61
4.3.2	Ruang Kuliah 2.3.....	66
4.3.3	Ruang Kuliah 2.5.....	71
4.3.4	Ruang Kuliah 4.2.....	76
4.3.5	Ruang Kuliah 4.3.....	81
4.3.6	Ruang Kuliah 4.5.....	86
4.4	Analisis Tahunan Pencahayaan Alami GBTP.....	91
4.4.1	Ruang Kuliah 2.2.....	91
4.4.2	Ruang Kuliah 2.3.....	94
4.4.3	Ruang Kuliah 2.5.....	96
4.4.4	Ruang Kuliah 4.2.....	99
4.4.5	Ruang Kuliah 4.3.....	102
4.4.6	Ruang Kuliah 4.5.....	105
4.5	Analisis Sudut Bayang GBTP	109
4.6	Respon Subjektif Pengguna Ruang Kuliah GBTP	111
4.6.1	Profil Persepsi Pengguna Ruang Kuliah	111
4.6.2	Pencahayaan Diharapkan Pengguna Ruang Kuliah	119
4.7	Rekomendasi GBTP	121
4.7.1	Tahap 1 Rekomendasi Bukaan/Jendela.....	122
4.7.2	Tahap 2 Rekomendasi Pembayang dan Penyaringan.....	138
4.7.3	Tahap 3 Rekomendasi Bahan/Material dan Warna Interior.....	153
4.7.4	Tahap 4 Rekomendasi Sistem Pencahayaan Buatan	164
BAB V	167
KESIMPULAN	167
5.1	Kesimpulan.....	167
5.2	Saran.....	169
DAFTAR PUSTAKA	171
LAMPIRAN	173





DAFTAR GAMBAR

No.	Judul Gambar	Hal.
	Gambar 1.1 Denah tipikal lt.2 & 4	2
	Gambar 1.8 Diagram kerangka alur pemikiran.....	8
	Gambar 2.1 Kriteria pencahayaan alami.....	3
	Gambar 2.2 <i>General lighting</i>	6
	Gambar 2.3 <i>Localized general lighting</i>	6
	Gambar 2.4 <i>Local lighting</i>	7
	Gambar 2.5 Sistem pencahayaan buatan	8
	Gambar 2.6 Sistem saklar pencahayaan buatan	9
	Gambar 2.7 Sketsa pencahayaan merata.....	9
	Gambar 2.8 Kaca bening	16
	Gambar 2.9 Kaca es	17
	Gambar 2.10 kaca warna	17
	Gambar 2.11 kaca refleksi	18
	Gambar 2.12 kaca stopsol	19
	Gambar 2.13 kaca oneway	19
	Gambar 2.14 safety glass.....	19
	Gambar 2.15 tempered glass	20
	Gambar 2.16 laminated glass	21
	Gambar 2.17 Kerangka teori	34
	Gambar 3.2 layout dan perspektif objek penelitian	36
	Gambar 4.3 Grafik bulan kering & basah.....	54
	Gambar 4.4 Keyplan rencana kusen objek penelitian	56
	Gambar 4.5 Detail kusen dan jendela tipe J6.....	56
	Gambar 4.6 Detail kusen dan jendela tipe J7.....	57
	Gambar 4.7 Detail bouven BV4	57
	Gambar 4.8 Detail rancangan <i>shading devices</i> eksisting	58
	Gambar 4.9 Bahan dan material objek penelitian	59
	Gambar 4.10 Denah <i>sample</i> objek penelitian	60
	Gambar 4.11 Denah titik ukur RK 2.2.....	61
	Gambar 4.12 Foto kondisi eksisting RK 2.2 pukul 09.00.....	62
	Gambar 4.13 Layout distribusi pencahayaan RK 2.2 pukul 09.00.....	63
	Gambar 4.14 Layout distribusi pencahayaan RK 2.2 pukul 12.00.....	64
	Gambar 4.15 Layout distribusi pencahayaan RK 2.2 pukul 15.00.....	65
	Gambar 4.16 Denah titik ukur RK 2.3.....	66
	Gambar 4.17 Foto kondisi eksisting RK 2.3 pukul 09.00.....	67
	Gambar 4.18 Layout distribusi pencahayaan RK 2.3 pukul 09.00.....	68
	Gambar 4.19 Layout distribusi pencahayaan RK 2.3 pukul 12.00.....	69
	Gambar 4.20 Layout distribusi pencahayaan RK 2.3 pukul 15.00.....	70
	Gambar 4.21 Denah titik ukur RK 2.5.....	71
	Gambar 4.22 Foto kondisi eksisting RK 2.5 pukul 09.00.....	72
	Gambar 4.23 Layout distribusi pencahayaan RK 2.5 pukul 09.00.....	73
	Gambar 4.24 Layout distribusi pencahayaan RK 2.5 pukul 12.00.....	74
	Gambar 4.25 Layout distribusi pencahayaan RK 2.5 pukul 15.00.....	75
	Gambar 4.26 Denah titik ukur RK 4.2.....	76



Gambar 4.27 Foto kondisi eksisting RK 4.2 pukul 09.00.....	77
Gambar 4.28 Layout distribusi pencahayaan RK 4.2 pukul 09.00.....	78
Gambar 4.29 Layout distribusi pencahayaan RK 4.2 pukul 12.00.....	79
Gambar 4.30 Layout distribusi pencahayaan RK 4.2 pukul 15.00.....	80
Gambar 4.31 Denah titik ukur RK 4.3.....	81
Gambar 4.32 Foto kondisi eksisting RK 4.3 pukul 09.00.....	82
Gambar 4.43 Layout distribusi pencahayaan RK 4.3 pukul 09.00.....	83
Gambar 4.44 Layout distribusi pencahayaan RK 4.3 pukul 12.00.....	84
Gambar 4.45 Layout distribusi pencahayaan RK 4.3 pukul 15.00.....	85
Gambar 4.46 Denah titik ukur RK 4.5.....	86
Gambar 4.47 Foto kondisi eksisting RK 4.5 pukul 09.00.....	87
Gambar 4.48 Layout distribusi pencahayaan RK 4.5 pukul 09.00.....	88
Gambar 4.49 Layout distribusi pencahayaan RK 4.5 pukul 12.00.....	89
Gambar 4.50 Layout distribusi pencahayaan RK 4.5 pukul 15.00.....	90
Gambar 4.51 Grafik simulasi intensitas cahaya 21 Juni RK 2.2.....	92
Gambar 4.52 Grafik simulasi intensitas cahaya 22 Desember RK 2.2.....	92
Gambar 4.53 Grafik simulasi intensitas cahaya 22 September RK 2.2.....	92
Gambar 4.54 Grafik simulasi intensitas cahaya 21 Juni RK 2.3.....	94
Gambar 4.55 Grafik simulasi intensitas cahaya 22 Desember RK 2.3.....	95
Gambar 4.56 Grafik simulasi intensitas cahaya 23 September RK 2.3.....	95
Gambar 4.57 Grafik simulasi intensitas cahaya 21 Juni RK 2.5.....	97
Gambar 4.58 Grafik simulasi intensitas cahaya 22 Desember RK 2.5.....	97
Gambar 4.59 Grafik simulasi intensitas cahaya 23 September RK 2.5.....	98
Gambar 4.60 Grafik simulasi intensitas cahaya 21 Juni RK 4.2.....	100
Gambar 4.61 Grafik simulasi intensitas cahaya 22 Desember RK 4.2.....	100
Gambar 4.62 Grafik simulasi intensitas cahaya 23 September RK 4.2.....	101
Gambar 4.63 Grafik simulasi intensitas cahaya 21 Juni RK 4.3.....	103
Gambar 4.64 Grafik simulasi intensitas cahaya 22 Desember RK 4.3.....	103
Gambar 4.65 Grafik simulasi intensitas cahaya 23 September RK 4.3.....	104
Gambar 4.66 Grafik simulasi intensitas cahaya 21 Juni RK 4.5.....	106
Gambar 4.67 Grafik simulasi intensitas cahaya 22 Desember RK 4.5.....	106
Gambar 4.68 Grafik simulasi intensitas cahaya 23 September RK 4.5.....	107
Gambar 4.69 Detail rancangan <i>shading devices</i> eksisting.....	109
Gambar 4.70 Foto <i>shading devices</i> eksisting.....	109
Gambar 4.71 Visualisasi SBV 40° dan 42° pada <i>shading devices</i>	110
Gambar 4.72 Visualisasi daerah intensitas cahaya tertinggi.....	120
Gambar 4.73 Strip windows.....	122
Gambar 4.74 Daylighting zone.....	123
Gambar 4.75 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 1 RK 2.2.....	125
Gambar 4.76 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 1 RK 2.3.....	125
Gambar 4.77 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 1 RK 2.5.....	126
Gambar 4.78 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 1 RK 4.2.....	126
Gambar 4.79 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 1 RK 4.3.....	127
Gambar 4.79 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 1 RK 4.5.....	127
Gambar 4.80 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 2 RK 2.2.....	129
Gambar 4.81 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 2 RK 2.3.....	129
Gambar 4.82 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 2 RK 2.5.....	130
Gambar 4.83 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 2 RK 4.2.....	130



Gambar 4.84 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 2 RK 4.3.....	131
Gambar 4.85 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 2 RK 4.5.....	131
Gambar 4.86 sketsa <i>self shading</i>	132
Gambar 4.87 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A2 jendela tipe 1 RK 2.2	134
Gambar 4.88 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A2 jendela tipe 1 RK 2.3	135
Gambar 4.7.89 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A2 jendela tipe 1 RK 2.5	135
Gambar 4.90 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A2 jendela tipe 1 RK 4.2	135
Gambar 4.91 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A2 jendela tipe 1 RK 4.3	136
Gambar 4.92 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A2 jendela tipe 1 RK 4.5	136
Gambar 4.93 <i>shading devices</i> tipe 3.....	140
Gambar 4.94 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi <i>shading devices</i> tipe 3 RK 2.2	140
Gambar 4.95 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi <i>shading devices</i> tipe 3 RK 2.3	141
Gambar 4.96 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi <i>shading devices</i> tipe 3 RK 2.5	141
Gambar 4.97 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi <i>shading devices</i> tipe 3 RK 4.2	142
Gambar 4.98 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi <i>shading devices</i> tipe 3 RK 4.3	142
Gambar 4.99 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi <i>shading devices</i> tipe 3 RK 4.5	143
Gambar 4.100 <i>shading devices</i> tipe 4	144
Gambar 4.101 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi <i>shading devices</i> tipe 4 RK 2.2	145
Gambar 4.102 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi <i>shading devices</i> tipe 4 RK 2.3	145
Gambar 4.103 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi <i>shading devices</i> tipe 4 RK 2.5	146
Gambar 4.104 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi <i>shading devices</i> tipe 4 RK 4.2	146
Gambar 4.105 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi <i>shading devices</i> tipe 4 RK 4.3	147
Gambar 4.106 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi <i>shading devices</i> tipe 4 RK 4.5	147
Gambar 4.107 <i>shading devices</i> tipe 5	148
Gambar 4.108 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi <i>shading devices</i> tipe 4 RK 2.2	149
Gambar 4.109 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi <i>shading devices</i> tipe 4 RK 2.3	149
Gambar 4.110 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi <i>shading devices</i> tipe 4 RK 2.5	150
Gambar 4.111 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi <i>shading devices</i> tipe 4 RK 4.2	150
Gambar 4.112 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi <i>shading devices</i> tipe 4 RK 4.3	151
Gambar 4.113 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi <i>shading devices</i> tipe 4 RK 4.5	151
Gambar 4.114 kondisi interior objek penelitian	153
Gambar 4.115 visualisasi alternative material 1	155
Gambar 4.116 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan <i>shading devices</i> tipe 3 RK 2.2.155	155
Gambar 4.117 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan <i>shading devices</i> tipe 3 RK 2.3.156	156
Gambar 4.118 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan <i>shading devices</i> tipe 3 RK 2.5.156	156
Gambar 4.119 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan <i>shading devices</i> tipe 3 RK 4.2.157	157
Gambar 4.120 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan <i>shading devices</i> tipe 3 RK 4.3.157	157
Gambar 4.121 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan <i>shading devices</i> tipe 3 RK 4.5.158	158
Gambar 4.122 visualisasi alternatif material 2	159
Gambar 4.123 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan <i>shading devices</i> tipe 4 RK 2.2.160	160
Gambar 4.124 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan <i>shading devices</i> tipe 4 RK 2.3.160	160
Gambar 4.125 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan <i>shading devices</i> tipe 4 RK 2.5.161	161
Gambar 4.126 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan <i>shading devices</i> tipe 4 RK 4.2.161	161
Gambar 4.127 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan <i>shading devices</i> tipe 4 RK 4.3.162	162
Gambar 4.128 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan <i>shading devices</i> tipe 4 RK 4.5.162	162
Gambar 4.129 Visualisasi jaringan paralel pencahayaan buatan	164

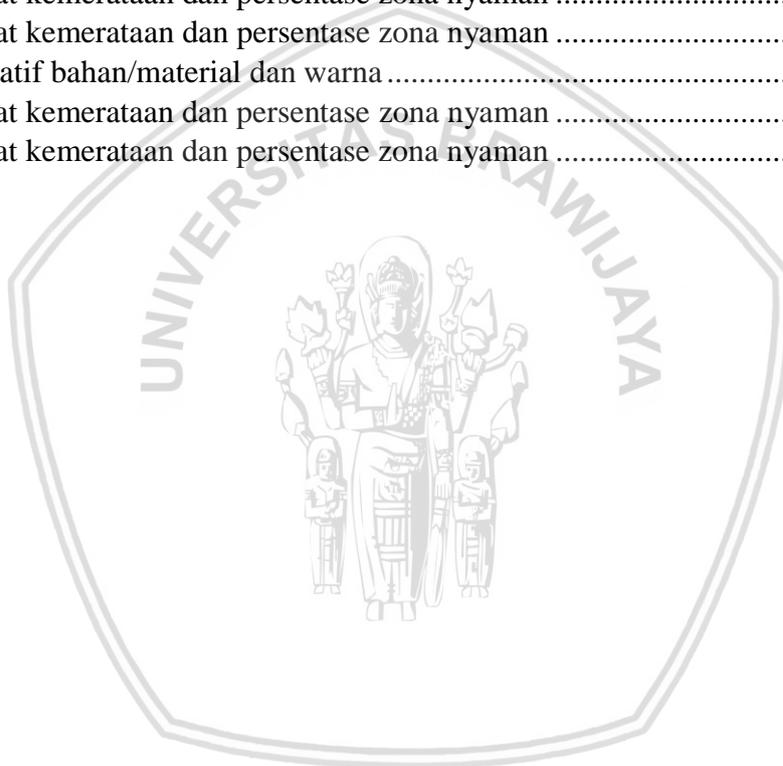


DAFTAR TABEL

No.	Judul Gambar	Hal.
Tabel 2.1	Klasifikasi jenis jendela menurut jumlah daun jendela, bentuk dan fungsinya	10
Tabel 2.2	Tipe <i>shading device</i> beserta orientasi, bentuk, dan fungsinya	14
Tabel 2.3	Nilai indeks kesilauan maksimum	26
Tabel 2.4	Tingkat pencahayaan rata-rata	27
Tabel 2.5	Penelitian terdahulu	28
Tabel 3.1	jadwal penelitian	36
Tabel 3.2	variabel penelitian	40
Tabel 3.3	data primer	41
Tabel 3.4	data sekunder	41
Tabel 4.1	Analisis sudut pembayangan matahari vertikal	49
Tabel 4.2	Analisis sudut pembayangan matahari horisontal	50
Tabel 4.3	Analisis pembayangan GBTP	51
Tabel 4.4	Analisis pembayang GBTP terhadap bangunan sekitar	52
Tabel 4.5	Suhu udara Kota Malang	54
Tabel 4.6	Kecepatan dan arah angin	55
Tabel 4.7	Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 2.2 pukul 09.00 (lux)	63
Tabel 4.8	Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 2.2 pukul 12.00 (lux)	64
Tabel 4.9	Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 2.2 pukul 15.00 (lux)	65
Tabel 4.10	Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 2.3 pukul 09.00 (lux)	68
Tabel 4.11	Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 2.3 pukul 12.00 (lux)	69
Tabel 4.12	Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 2.3 pukul 15.00 (lux)	70
Tabel 4.13	Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 2.5 pukul 09.00 (lux)	73
Tabel 4.14	Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 2.5 pukul 12.00 (lux)	74
Tabel 4.15	Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 2.5 pukul 15.00 (lux)	75
Tabel 4.16	Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 4.2 pukul 09.00 (lux)	78
Tabel 4.17	Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 4.2 pukul 12.00 (lux)	79
Tabel 4.18	Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 4.2 pukul 15.00 (lux)	80
Tabel 4.19	Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 4.3 pukul 09.00 (lux)	83
Tabel 4.20	Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 4.3 pukul 12.00 (lux)	84
Tabel 4.21	Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 4.3 pukul 15.00 (lux)	85
Tabel 4.22	Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 4.5 pukul 09.00 (lux)	88
Tabel 4.23	Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 4.5 pukul 12.00 (lux)	89
Tabel 4.24	Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 4.5 pukul 15.00 (lux)	90
Tabel 4.25	Layout simulasi distribusi cahaya tahunan RK 2.2 (lux)	93
Tabel 4.26	Layout simulasi distribusi cahaya tahunan RK 2.3 (lux)	96
Tabel 4.27	Layout simulasi distribusi cahaya tahunan RK 2.5 (lux)	99
Tabel 4.28	Layout simulasi distribusi cahaya tahunan RK 4.2 (lux)	102
Tabel 4.29	Layout simulasi distribusi cahaya tahunan RK 4.3 (lux)	105
Tabel 4.30	Layout simulasi distribusi cahaya tahunan RK 4.5 (lux)	108
Tabel 4.31	Simulasi tahunan SBV & SBH <i>shading devices</i> RK 2.2, 2.3, 4.2 dan 4.3	110



Tabel 4.32 Simulasi tahunan SBV & SBH <i>shading devices</i> RK 2.5 dan 4.5.....	110
Tabel 4.40 Kolerasi respon subjektif terhadap pencahayaan alami GBTP	119
Tabel 4.41 Respon subjektif terhadap pencahayaan alami GBTP	120
Tabel 4.42 Permasalahan kenyamanan visual.....	121
Tabel 4.43 Alternatif A1 jendela tipe 1	124
Tabel 4.44 Alternatif A1 jendela tipe 2.....	128
Tabel 4.45 Alternatif A2 jendela tipe 1	133
Tabel 4.46 layout distribusi cahaya simulasi rekomendasi alternatif A2 jendela tipe 1	137
Tabel 4.47 Alternatif <i>shading devices</i>	139
Tabel 4.48 Tingkat pemerataan dan persentase zona nyaman	144
Tabel 4.49 Tingkat pemerataan dan persentase zona nyaman	148
Tabel 4.50 Tingkat pemerataan dan persentase zona nyaman	152
Tabel 4.51 Alternatif bahan/material dan warna	154
Tabel 4.52 Tingkat pemerataan dan persentase zona nyaman	159
Tabel 4.53 Tingkat pemerataan dan persentase zona nyaman	163







BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Malang merupakan sebuah kota yang terletak di provinsi Jawa Timur, Indonesia. Kota Malang beriklim tropis lembab dengan intensitas radiasi matahari, kelembaban udara, dan temperatur udara yang relatif tinggi dengan kondisi langit yang cenderung berawan. Faktor-faktor tersebut berpengaruh pada kondisi lingkungan visual dan pencahayaan alami yang berkaitan dengan tingkat kenyamanan manusia.

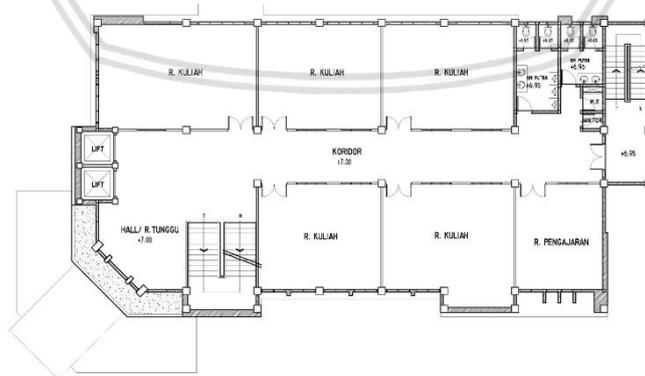
Pencahayaan merupakan salah satu faktor terpenting yang berpengaruh terhadap kenyamanan visual dalam proses belajar-mengajar di ruang perkuliahan. Karena kurangnya tingkat pencahayaan dalam ruang perkuliahan dapat mengakibatkan *astenopia*, kelelahan pada mata, produktivitas kerja menurun, dan proses belajar-mengajar yang tidak nyaman. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan distribusi cahaya kurang merata maupun intensitas cahaya yang kontras.

Distribusi cahaya tidak hanya berfungsi agar suatu objek dapat dilihat dengan jelas, karena produktivitas pengguna ruang secara psikis juga dipengaruhi oleh kenyamanan visual. Menurut Pirchar (1986), Ander (1995), dan Nurdiah (2007), pencahayaan alami berperan penting untuk memenuhi kebutuhan ruang akan cahaya, khususnya pada ruang kerja kantor. Jika pencahayaan ruang tergolong buruk, kesehatan visual akan terganggu dan produktivitas kerja akan menurun. Pencahayaan alami adalah sebuah teknologi penerangan yang telah mempertimbangkan sinar langsung, beban panas, ketersediaan, dan penetrasi cahaya matahari ke dalam bangunan.

Sistem pencahayaan alami digunakan untuk meminimalisir penggunaan energi pencahayaan buatan. Selain itu kualitas pencahayaan alami lebih baik daripada pencahayaan buatan, karena *daylight* merupakan cahaya dengan spektrum yang paling cocok dengan respon visual manusia, sehingga kenyamanan visual lebih optimal (Lim et al., 2012). Kualitas pencahayaan alami dipengaruhi orientasi bukaan, kuat pencahayaan, distribusi cahaya, dan luas bukaan. Cahaya yang masuk kedalam ruang semakin banyak ketika dimensi bukaan semakin luas. Oleh karena itu, diperlukan kontrol terhadap jumlah cahaya yang masuk kedalam ruang kuliah.

Sumber penerangan dalam ruang dibagi menjadi dua macam, yaitu cahaya yang berasal dari *daylight* dan cahaya yang berasal dari pencahayaan buatan. Energi yang dihasilkan dari kedua sumber cahaya antara cahaya kubah langit dengan berbagai macam pencahayaan buatan, intensitas cahaya *daylight* jauh lebih kuat mencapai ± 10.000 lux yang berkisar antara 90 lumen sampai 150 lumen per watt dan akan tersedia sepanjang tahun dibanding sebuah lampu listrik neon (fluorescent) yang hanya memiliki intensitas sebesar 40 watt. Energi tersebut relatif stabil antara pukul 06.00-18.00 atau antara 11-12 jam dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin tanpa menimbulkan polusi sehingga mengurangi polutan. Kelebihan tersebut dapat diaplikasikan untuk meminimalisir penggunaan energi terhadap pencahayaan buatan.

Gedung baru Teknik Pengairan merupakan salah satu gedung Universitas Brawijaya yang terletak di Kota Malang, berkoordinat $7^{\circ}56'57.7''S$ $112^{\circ}36'48.1''E$ yang berlokasi di Kelurahan Ketawanggede memiliki luas tapak sebesar $500m^2$. Ketinggian gedung 6 lantai berfungsi sebagai gedung administrasi dan perkuliahan Jurusan Pengairan. Alokasi gedung berupa laboratorium sungai pada lantai dasar, 3 lantai untuk ruang perkuliahan dan 2 lantai untuk kegiatan administrasi. Sirkulasi Gedung baru Teknik Pengairan berjenis *Double-loaded corridor*, sirkulasi terletak diantara tipe ruang yang sama namun berada pada sisi bangunan yang berbeda. Vegetasi sekitar bangunan mencapai ketinggian 8 meter sehingga bangunan tidak terbayangi sepenuhnya. Massa bangunan berbentuk balok dengan orientasi timur laut – barat daya.



Gambar 1.1 Denah tipikal It.2 & 4

Material fasad pada Gedung baru Teknik Pengairan didominasi dengan finishing *plester* dan batu candi dengan warna yang cenderung gelap pada dinding yang tidak memiliki bukaan, sedangkan warna putih pada dinding yang memiliki bukaan. Bukaan

bertipe *top hung* dengan material kaca dan kusen berbahan aluminium dengan rasio $\pm 60\%$ terhadap luas bidang. Bukaan dilengkapi dengan *shading device horizontal awning* sebagai elemen pembayang yang berguna sebagai tritisan sekaligus pembayang untuk mengurangi sinar langsung yang masuk dalam bangunan. Sehingga cahaya alami dapat masuk tanpa panas yang berlebihan. Hal ini dapat meminimalisir penggunaan energi terhadap pencahayaan buatan pada siang hari.

Gedung baru Teknik Pengairan lebih memaksimalkan pencahayaan alami melalui bukaan sebagai kebutuhan cahaya dalam ruang, hal itu terlihat dari rasio bukaan terhadap dinding sebesar $\pm 60\%$ sehingga akan menghemat penggunaan energi listrik untuk pencahayaan buatan. Akan tetapi tingkat pencahayaan alami selalu berubah, tergantung dari posisi matahari, kondisi langit, dan cuaca. Penggunaan pencahayaan buatan pada ruang kuliah difungsikan sebagai sumber cahaya alternatif yang mendukung pencahayaan alami agar sesuai dengan standart kenyamanan visual SNI 03-6197-2000, dikarenakan distribusi pencahayaan buatan lebih baik dan merata ketika tingkat pencahayaan alami mengalami perubahan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepuasan kenyamanan visual pengguna terhadap pencahayaan alami dan mengetahui rekayasa tata pencahayaan yang tepat agar dapat meningkatkan kenyamanan visual ruang kuliah meliputi proses belajar mengajar antara dosen dan mahasiswa dengan memperhatikan aspek pencahayaan alami, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya alami tanpa adanya penggunaan pencahayaan buatan yang kurang tepat. Hal ini dapat diaplikasikan untuk meminimalisir penggunaan energi terhadap pencahayaan buatan, namun kenyamanan visual harus tetap sesuai dengan standart yang ditetapkan pada SNI 03-6197-2000. Terpilihnya Gedung baru Teknik Pengairan dikarenakan gedung ini merupakan bangunan baru yang direncanakan menampung banyak pengguna. Oleh karena itu, diperlukan simulasi pencahayaan yang dapat menganalisis kebutuhan pencahayaan alami secara efektif dan efisien sesuai dengan fungsi ruang melalui evaluasi bukaan terhadap pencahayaan alami, sehingga menjadi langkah awal untuk meningkatkan sistem pencahayaan alaminya.

1.2 Identifikasi Masalah

Tingkat kenyamanan visual diukur berdasarkan kesesuaiannya dengan standar kenyamanan yang berlaku untuk mendapatkan tingkat kenyamanan visual ruang yang sesuai. Faktor eksisting ruang meliputi bukaan pada ruang serta data-data distribusi cahaya yang masuk di tiap titik menjadi tolak ukur penting dalam meningkatkan pencahayaan alami terhadap kenyamanan visual. Fokus permasalahan objek terkait menyangkut pada kenyamanan visual pada ruang perkuliahan, yaitu:

1. Pencahayaan alami dibutuhkan untuk mencapai kenyamanan visual dalam ruang. Perbedaan intensitas cahaya yang kontras pada beberapa ruang kuliah Gedung baru Teknik Pengairan Universitas Brawijaya mengakibatkan distribusi cahaya kurang merata.
2. Sirkulasi Gedung baru Teknik Pengairan berupa *Double-loaded corridor*, sirkulasi terletak di antara tipe ruang yang sama namun berada pada sisi bangunan yang berbeda, sehingga pencahayaan alami (*single side lighting*) berpotensi salah satu sisi ruang saja yang akan mendapatkan pencahayaan alami.
3. Ruang perkuliahan membutuhkan distribusi pencahayaan yang sesuai dengan standar kenyamanan visual yang berlaku namun tetap mempertimbangkan penggunaan pencahayaan buatan sebagai pendukung pencahayaan alami.

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan yang dibahas pada penelitian difokuskan sebagai berikut:

1. Objek penelitian ruang kuliah Gedung baru Teknik Pengairan Universitas Brawijaya dengan tipe yang sama namun berada pada sisi bangunan yang berbeda.
2. Pengaruh luas bukaan, letak bukaan, pembayang/penyaringan dan reflektansi material interior bangunan terhadap pencahayaan alami pada ruang kuliah.
3. Pengukuran pencahayaan alami pada pukul 08.00-09.00 WIB (pagi) , 12.00-13.00 WIB (siang) dan 15.00-16.00 WIB (sore).
4. Dengan standar rekomendasi SNI 03-6197-2000 mengenai konservasi energi pada sistem pencahayaan dan SNI 03-6575-2001 mengenai tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan permasalahan pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat kepuasan kenyamanan visual pengguna terhadap pencahayaan alami di ruang kuliah Gedung baru Teknik Pengairan Universitas Brawijaya?
2. Bagaimana rekayasa tata pencahayaan agar dapat meningkatkan kenyamanan visual ruang kuliah Gedung baru Teknik Pengairan Universitas Brawijaya?

1.5 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah terkait kenyamanan visual ruang kuliah Gedung baru Teknik Pengairan, tujuan penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui tingkat kepuasan kenyamanan visual pengguna terhadap pencahayaan alami ruang kuliah Gedung baru Teknik Pengairan Universitas Brawijaya.
2. Mengetahui rekayasa tata pencahayaan agar dapat meningkatkan kenyamanan visual ruang kuliah Gedung baru Teknik Pengairan Universitas Brawijaya

1.6 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini, diharapkan mampu memberikan kontribusi terhadap beberapa pihak, diantaranya :

1. Manfaat bagi peneliti :

Mengevaluasi agar mengetahui tingkat kenyamanan visual terhadap pencahayaan alami melalui bukaan pada ruang kuliah Gedung baru Teknik Pengairan Universitas Brawijaya, sehingga pencahayaan alami dimanfaatkan semaksimal / seefisien mungkin agar dapat diaplikasikan untuk meminimalisir penggunaan energi terhadap pencahayaan buatan. Selain itu diharapkan penelitian ini dapat dijadikan sarana pembelajaran untuk penelitian berikutnya.

2. Manfaat bagi jurusan Pengairan :

Diharapkan hasil dan rekomendasi dari penelitian ini mampu menjadi acuan dalam meningkatkan pencahayaan alami sesuai dengan standart kenyamanan visual pada ruang kuliah yang dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya.

3. Untuk umum :

Diharapkan penelitian ini mampu menjadi bahasan atau studi literatur dalam mencari tingkat kenyamanan visual bangunan terkait.

1.7 Sistematika Penelitian

Pada penelitian ini terdiri dari beberapa bab dan sub-bab sebagai penyusunnya, yang diuraikan sebagai berikut:

A. Pendahuluan

1. Latar belakang

Pada sub-bab ini dijelaskan mengenai urgensi penelitian, issue yang diangkat, originalitas studi dan kontribusi studi.

2. Identifikasi masalah

Merupakan media yang menjembatani antara latar belakang dan rumusan masalah, berisikan poin-poin penting yang terkait dengan permasalahan yang mengindikasikan pentingnya studi ini dilakukan dan menjadi awal penentuan rumusan masalah.

3. Batasan masalah

Merupakan batasan pembahasan yang memungkinkan studi tidak melebar dan semakin kompleks, menjadikannya acuan fokus penelitian yang berisi batasan lokasi studi dan juga batasan substansi materi yang akan dibahas.

4. Rumusan masalah

Berisi permasalahan utama yang harus diselesaikan dalam studi/penelitian ini, dengan outputnya berupa solusi permasalahan yang dicapai dengan dasar teoritik, standar, regulasi dan analisis yang didasarkan pada kondisi lapangan.

5. Tujuan penelitian

Memeiliki tujuan penelitian yang menjawab rumusan masalah dengan bahasa yang seirama dengan rumusan masalah dan menjadi janji yang harus tepenuhi saat studi selesai dilakukan.

6. Manfaat penelitian

Berisi manfaat, peran dan kegunaan jika studi ini selesai dilakukan dan menjadi parameter untuk mengetahui seberapa penting studi ini dilakukan.

7. Kerangka alur pemikiran

Merupakan gambaran penelitian yang dilakukan dalam bentuk diagram alur.

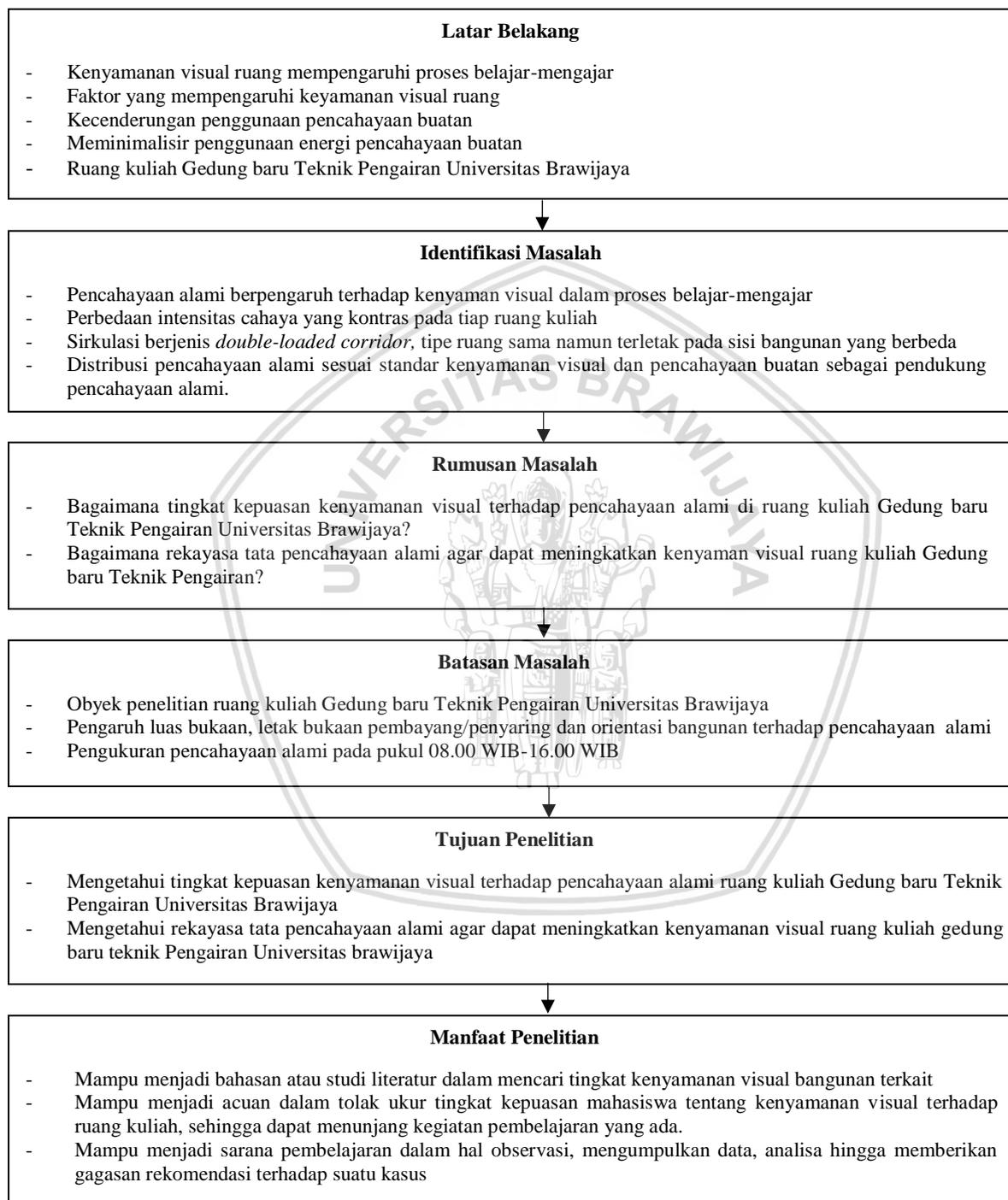
B. Tinjauan pustaka

Merupakan referensi – referensi atau sumber kepustakaan yang dilakukan melalui proses kajian literatur dapat berupa buku teks, jurnal, thesis, dll.

1. Teori
Berisikan definisi operasional maupun kajian umum / khusus terkait topik dan permasalahan yang ada.
 2. Standar / regulasi
Berisikan peraturan pemerintah mengenai objek penelitian (ragam jenis dan klasifikasinya, prospek objek di masa datang, dsb.) serta peraturan pemerintah terkait lokus penelitian.
 3. Komparasi
Merupakan komparasi riset terdahulu yang pernah dilakukan dengan lingkup riset terkait topik penelitian atau lokus penelitian yang sama dan dapat dijelaskan mengenai tingkat originalitasnya.
 4. Kerangka teoritik
Merupakan bagan simpulan dari teori, regulasi dan komparasi yang mengerucut pada parameter operasional yang akan digunakan dalam studi.
- C. Metode penelitian
- Studi ini merupakan bentuk penelitian, bab ini berisi tentang bahan/materi/peralatan yang digunakan pada penelitian serta langkah kerja yang dilakukan pada saat pengambilan dan pengolahan data.
- D. Hasil dan pembahasan
- Berisi tentang data penelitian dan hasil yang didapat dari analisa/evaluasi yang dilakukan terhadap permasalahan kenyamanan visual pada Gedung baru Teknik Pengairan Universitas Brawijaya. Pembahasan pada bagian ini berupa perbandingan hasil yang ada dengan kesesuaian terhadap standar kenyamanan yang berlaku.
- E. Penutup
- Berisi tentang kesimpulan terkait hasil analisa data, evaluasi kenyamanan ruang dan pengguna, serta memberikan saran dan rekomendasi yang dapat menunjang kenyamanan visual ruang sesuai dengan standar.

1.8 Kerangka Pemikiran

Kerangka Pemikiran



Gambar 1.8 Diagram kerangka alur pemikiran



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Gedung Kuliah

Gedung kuliah merupakan bangunan sebagai sarana pembelajaran dan administrasi akademik pada tingkatan perguruan tinggi, terdiri dari berbagai macam ruang diantaranya ruang kuliah, ruang akademik, ruang dosen, perpustakaan dan ruang – ruang penunjang. Ruang kuliah merupakan ruang pembelajaran teori atau praktik ringan seperti multimedia yang dimiliki oleh perguruan tinggi yang pada umumnya memiliki kapasitas pengguna hingga 40 orang, dengan karakteristik individu yang berbeda yang membutuhkan tingkat kenyamanan visual terhadap pencahayaan alami yang memadai agar pengguna di dalamnya dapat melakukan aktivitas dengan lancar dan memiliki produktivitas kerja yang baik. Kenyamanan visual dapat tercapai jika poin-poin kenyamanan visual teraplikasikan secara optimal antara lain dengan kesesuaian rancangan dengan standar terang yang direkomendasikan dan penataan layout ruangan yang sesuai dengan distribusi pencahayaan.

2.2 Pencahayaan

2.2.1 Pengertian Pencahayaan

Pencahayaan merupakan banyaknya kebutuhan cahaya pada bidang kerja untuk melaksanakan kegiatan secara efektif (Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.1405,2002). Berdasarkan sumber energi yang digunakan, sistem pencahayaan pada ruangan dibagi menjadi dua jenis, yaitu pencahayaan alami dan pencahayaan buatan.

2.2.2 Pencahayaan Alami Pada Bangunan

Pencahayaan alami adalah cahaya matahari yang masuk ke dalam bangunan. Jenis pencahayaan alami dibedakan menjadi tiga (Szokolay *et al*, 2001), yaitu:

1. Cahaya matahari langsung
2. Cahaya difus dari terang langit
3. Cahaya difus dari pantulan tanah atau bangunan lainnya

Pada kondisi iklim tropis, cahaya matahari langsung harus selalu dihindari karena membawa panas masuk ke dalam bangunan, caranya dapat melalui desain bentuk bangunan dan elemen pembayangan (*shading device*) baik yang bergerak maupun yang tetap. Komponen pencahayaan yang dapat digunakan yaitu komponen 2 dan 3. Intensitas cahaya difus dari terang langit bervariasi bergantung pada kondisi terang langit (cerah atau berawan). Cahaya difus dari pantulan tanah atau bangunan lain dapat menyebabkan masalah kesilauan karena sudut datangnya yang rendah, tetapi merupakan solusi paling baik untuk kawasan iklim tropis dan sub-tropis.

2.2.2.1 Sistem Pencahayaan Alami

Secara umum, cahaya alami didistribusikan ke dalam ruangan melalui bukaan di samping (*side lighting*), bukaan di atas (*top lighting*), atau kombinasi keduanya. Tipe bangunan, ketinggian, rasio bangunan dan tata massa, dan keberadaan bangunan lain di sekitar merupakan pertimbangan-pertimbangan pemilihan strategi pencahayaan (Kroelinger, 2005).

Sistem pencahayaan samping (*side lighting*) merupakan sistem pencahayaan alami yang paling banyak digunakan pada bangunan. Selain memasukkan cahaya, juga memberikan keleluasaan view, orientasi, konektivitas luar & dalam, dan ventilasi udara. Posisi jendela pada dinding dibedakan menjadi 3: tinggi, sedang, rendah, yang penerapannya berdasarkan kebutuhan distribusi cahaya dan sistem dinding.

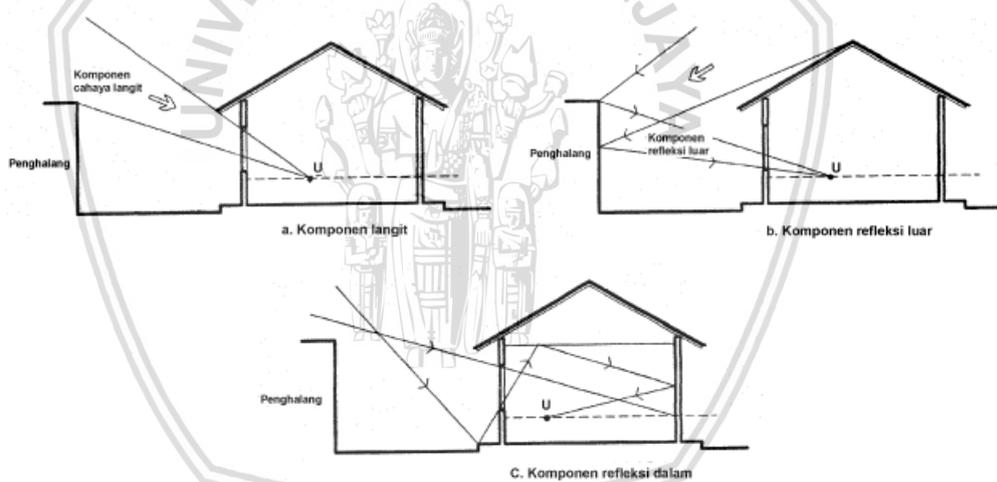
1. *Single side lighting*, bukaan satu sisi dengan intensitas cahaya searah yang kuat, semakin jauh jarak dari letak bukaan intensitasnya semakin melemah.
2. *Bilateral lighting*, bukaan dua sisi sehingga meningkatkan pemerataan distribusi cahaya, bergantung pada lebar dan tinggi ruang, serta letak bukaan.
3. *Multilateral lighting*, bukaan lebih dari dua sisi, dapat mengurangi silau dan kontras, meningkatkan pemerataan distribusi cahaya pada permukaan horisontal dan vertikal.
4. *Clerestories*, bukaan dengan ketinggian 210cm di atas lantai, merupakan strategi yang baik untuk pencahayaan setempat pada permukaan horisintal atau vertikal. Perletakan bukaan cahaya tinggi dapat memberikan penetrasi cahaya yang lebih.
5. *Light shelves*, memberi pembayangan posisi bukaan, memisahkan kaca untuk pandangan dan kaca untuk pencahayaan. Berupa elemen eksternal, internal atau kombinasi keduanya.

6. *Borrowed light*, pencahayaan bersama antar dua ruangan yang bersebelahan.

Berdasarkan sistem pencahayaan alami pada bangunan yang telah ditetapkan, perbandingan yang baik $WWR = 0,20 - 0,30$. $WWR < 0,20$ tidak dianjurkan untuk bangunan yang memaksimalkan pencahayaan alami dan $WWR > ,30$ akan terlalu panas atau dingin pada musimnya. Secara keseluruhan WWR yang dianjurkan 0,24 untuk pencahayaan terbaik.

2.2.2.2 Kriteria Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami pada bangunan berasal dari sinar matahari. Sinar matahari memiliki banyak keuntungan, selain untuk menghemat penggunaan energi listrik juga menghasilkan sinar ultraviolet yang dapat membunuh kuman. Untuk memperoleh pencahayaan alami pada ruangan diperlukan bukaan yang besar atau dinding kaca 1/6 dari luas lantai.



Gambar 2.1 Kriteria pencahayaan alami

Sumber : SNI 03-2396-2001

Pencahayaan alami sebagai salah satu faktor penting yang perlu dimanfaatkan secara optimal dalam perencanaan sebuah bangunan, seharusnya direncanakan menyatu dengan perencanaan struktur bangunan (Evans, 1981). Pencahayaan alami kurang efektif dibandingkan dengan penggunaan pencahayaan buatan dikarenakan intensitas cahaya yang dihasilkan tidak tetap selalu berubah menyesuaikan kondisi cuaca dan menghasilkan panas. Menurut ketentuan SNI 03-2396-2001, pemanfaatan pencahayaan alami siang hari harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Memaksimalkan penggunaan pencahayaan alami yang baik pada siang hari antara jam 08.00 sampai dengan jam 16.00.
2. Mendistribusikan cahaya dalam ruang secara merata dan cahaya yang masuk kedalam ruangan tidak menyebabkan silau yang mengganggu.

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

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

2.2.2.3 Pengendalian Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami kurang efektif dibandingkan dengan penggunaan pencahayaan buatan dikarenakan intensitas cahaya yang dihasilkan tidak tetap selalu berubah menyesuaikan kondisi cuaca. Menurut Egan dan Olgyay (1983), terdapat lima strategi dalam merancang untuk pencahayaan alami yang efektif:

1. Naungan (*shade*)

Menaungi bukaan pada bangunan untuk mencegah silau (*glare*) dan panas yang berlebihan karena terkena cahaya langsung.

2. Pengalihan (*redirect*)

Mengalihkan dan mengarahkan cahaya matahari ke tempat yang membutuhkan penyinaran. Pembagian cahaya yang cukup dan sesuai dengan kebutuhan adalah inti dari pencahayaan yang baik.

3. Pengendalian (*control*)

Mengendalikan jumlah cahaya yang masuk kedalam ruang sesuai dengan kebutuhan dan pada waktu yang diinginkan.

4. Efisiensi

Menggunakan cahaya secara efisien dengan membentuk ruang dalam sedemikian rupa sehingga terintegrasi dengan pencahayaan dengan menggunakan material yang dapat

disalurkan dengan lebih baik dan dapat mengurangi jumlah cahaya masuk yang diperlukan.

5. Interfrasi

Mengintegrasikan bentuk pencahayaan dengan arsitektur bangunan tersebut.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengaturan pencahayaan alami:

1. Menyesuaikan lebar jendela yang akan digunakan dengan lebar ruangan, agar cahaya yang diserap tidak terlalu banyak ataupun sedikit.
2. Menghindari perletakan jendela disisi barat dan timur. Hal ini dikarenakan Indonesia terletak pada kawasan tropis, sehingga sinar matahari dapat menjadi terlalu terang dan terlalu panas.
3. Menambahkan pembatas atau filter seperti kisi-kisi, pepohonan, atau overhang apabila bukaan berorientasi ke timur dan barat.
4. Penggunaan *skylight* tidak memiliki celah yang memungkinkan masuknya air hujan.

Rekomendasi tingkat pencahayaan ruang dan daya listrik pada institusi pendidikan ditunjukkan dalam SNI 03-6197-2000. Pada SNI tersebut dijelaskan rekomendasi minimal dari tingkat pencahayaan ruangan disesuaikan dengan fungsinya. Tingkat pencahayaan rekomendasi untuk ruang kuliah minimal adalah 250 lux.

2.2.3 Pencahayaan Buatan Pada Bangunan

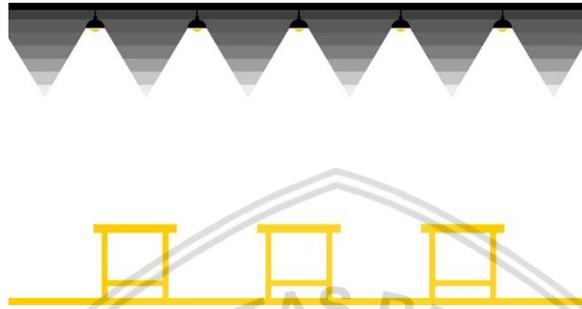
Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang dihasilkan oleh sumber cahaya selain cahaya alami (matahari). Merupakan pencahayaan yang memanfaatkan teknologi buatan manusia atau energi olahan seperti lampu. Pencahayaan buatan bertujuan untuk memenuhi kebutuhan cahaya dalam ruang. Peran pencahayaan buatan membantu indravisual manusia melakukan aktivitasnya dengan tepat yang dikenal sebagai lampu atau *luminer*. Pada cuaca yang kurang baik dan malam hari, pencahayaan buatan sangat dibutuhkan. Hal ini agar kenyamanan visual tetap terpenuhi sehingga aktivitas tetap dapat berjalan lancar.

2.2.3.1 Jenis Pencahayan Buatan

Menurut Siswanto (1993) jenis pencahayaan buatan dapat dibedakan menjadi 3 macam yaitu :

1. Pencahayaan Umum (*General Lighting*)

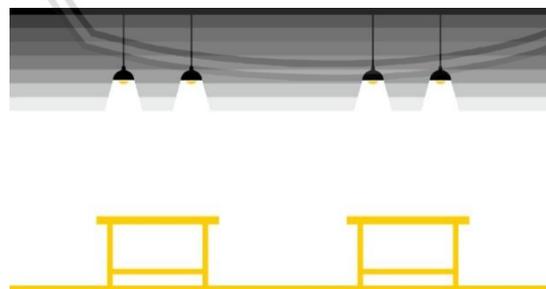
Sistem pencahayaan yang menghasilkan iluminasi merata pada bidang kerja setinggi 30-60 inchi diatas permukaan lantai. Pada sistem ini pemasangan armature secara simetris, dan memperhatikan jarak antar lampu. Pemasangan lampu dianjurkan antara 1,5-2 kali jarak antara lampu dan bidang kerja.



Gambar 2.2 *General lighting*
 Sumber : www.create-visual.com

2. Pencahayaan Terarah (*Localized General Lighting*)

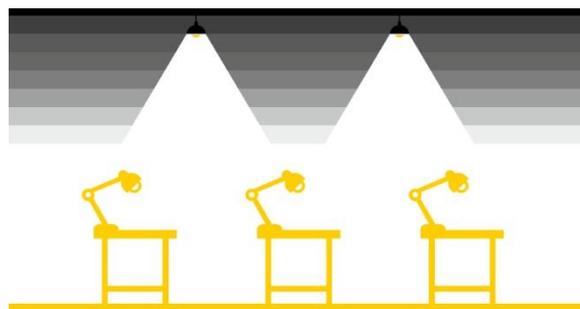
Pencahayaan terarah dibutuhkan apabila bidang kerja tidak membutuhkan penerangan yang merata tetapi cahaya hanya dibutuhkan pada bagian tertentu, sehingga lampu tambahan dapat dipasang pada daerah yang membutuhkan penerangan tambahan.



Gambar 2.3 *Localized general lighting*
 Sumber : www.create-visual.com

3. Pencahayaan Lokal (*Local Lighting*)

Sistem pencahayaan lokal diperlukan untuk pekerjaan yang membutuhkan ketelitian yang sangat tinggi. Kekurangan dari sistem pencahayaan ini dapat menyebabkan kesilauan, oleh karena itu penggunaan pencahayaan lokal perlu diintegrasikan dengan penerangan umum.



Gambar 2.4 *Local lighting*
Sumber : www.create-visual.com

2.2.3.2 Sistem Pencahayaan Buatan

Sistem pencahayaan pada bangunan dibedakan menjadi 5 macam yaitu:

1. Sistem Pencahayaan Langsung (*Direct Lighting*)

Pada sistem ini 90-100% cahaya diarahkan secara langsung pada objek. Sistem ini paling efektif dalam mengatur pencahayaan, namun kelemahannya dapat menimbulkan kesilauan yang mengganggu karena penyinaran langsung maupun pantulan cahaya. Untuk pencahayaan yang optimal, disarankan langit-langit, dinding serta benda yang ada didalam ruangan perlu diberi warna cerah agar lebih terang.

2. Pencahayaan Semi Langsung (*Semi Direct Lighting*)

Pada sistem ini 60-90% cahaya diarahkan langsung pada benda, sedangkan sisanya dipantulkan ke langit-langit dan dinding. Penerapan sistem pencahayaan semi langsung dapat mengurangi kelemahan sistem pencahayaan langsung. Langit-langit dan dinding yang diplester putih memiliki efisien pemantulan 90%, sedangkan apabila dicat putih efisien pemantulan antara 50-90%

3. Sistem Pencahayaan Difus (*General Diffus Lighting*)

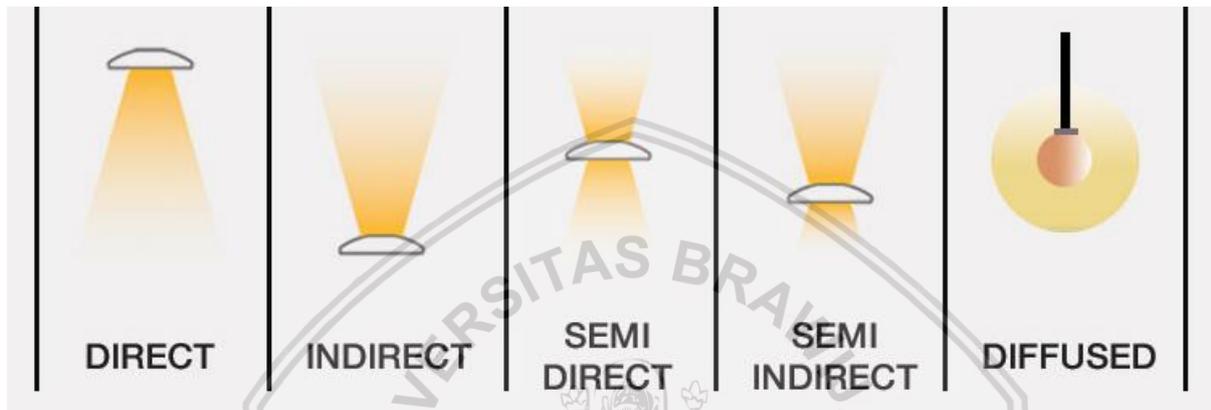
Pada sistem ini setengah cahaya 40-60% diarahkan pada benda yang perlu disinari, sedangkan sisanya dipantulkan ke langit-langit dan dinding. Dalam pencahayaan sistem ini termasuk sistem direct-indirect yakni memancarkan setengah cahaya ke bawah dan sisanya keatas. Sistem pencahayaan ini menyebabkan silau dan menghasilkan bayangan pada objek yang disinarnya.

4. Sistem Pencahayaan Semi Tidak Langsung (*Semi Indirect Lighting*)

Pada sistem ini 60-90% cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas, sedangkan sisanya diarahkan ke bagian bawah. Pada sistem pencahayaan ini tidak terdapat bayangan pada objek dan silau dapat direduksi.

5. Sistem Pencahayaan Tidak Langsung (*Indirect Lighting*)

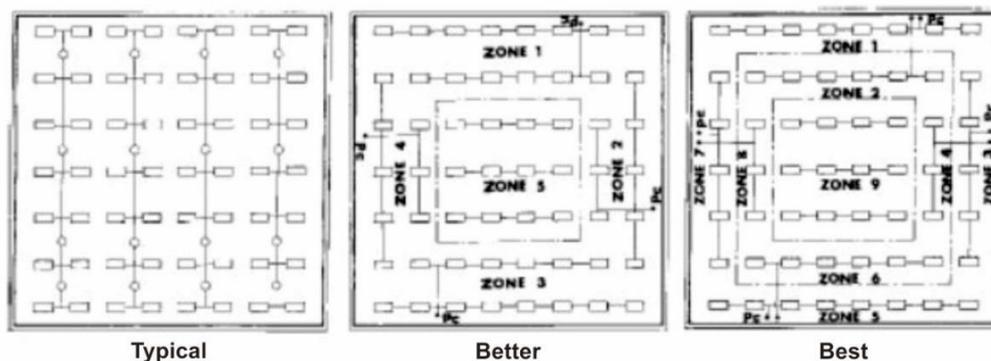
Pada sistem ini 90-100% cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas kemudian dipantulkan untuk menerangi seluruh ruangan. Keuntungan sistem ini adalah tidak menimbulkan bayangan dan kesilauan sedangkan kerugiannya mengurangi efisien cahaya total yang jatuh pada permukaan kerja.



Gambar 2.5 Sistem pencahayaan buatan
Sumber: indalux.co.id/standar-pencahayaan-ruang

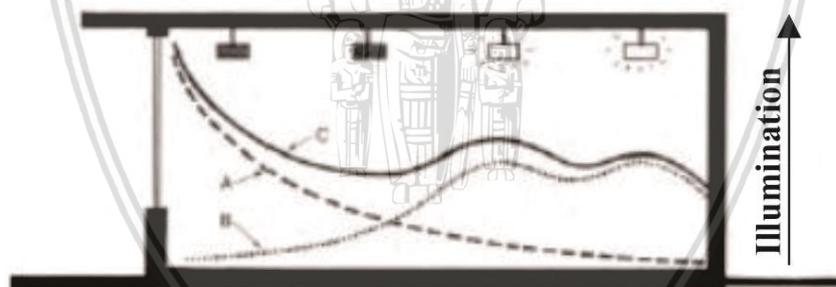
2.2.2.3 Pencahayaan Buatan sebagai Suplemen Pencahayaan Alami

Pada keadaan cuaca yang buruk pencahayaan buatan juga dibutuhkan. Bangunan dengan pencahayaan alami yang baik dapat membantu tingkat ke efisien kebutuhan listrik. Ketika pengguna tidak lagi memerlukan cahaya buatan, maka beberapa dapat dimatikan karena sudah terbantu oleh pencahayaan alami. Bila pencahayaan alami digunakan untuk menghemat listrik maka kendali otomatis akan diperlukan. Kendali otomatis dapat diredupkan atau dinyala-matikan berupa photocell yang diletakkan pada plafon area bidang kerja. Tidak terdistribusikannya cahaya alami pada ruang dapat digantikan oleh pencahayaan buatan sehingga setiap fixture mempunyai sensor cahaya sendiri serta saklar otomatis. Pilihan terbaik untuk peredupan dan pergantian nyala/mati adalah lampu fluorescent. Peredupan dapat mencapai 15% dari cahaya yang keluar tanpa berubah warna.



Gambar 2.6 Sistem saklar pencahayaan buatan
 Sumber: Lechner, 2015

Kebiasaan buruk pengguna dalam pemakaian pencahayaan buatan yang tidak sedikit yang meninggalkan ruangan dalam keadaan menyala walaupun pencahayaan alami sudah lebih dari cukup. Sensor pemakaian cahaya ini sebagai solusi berbiaya efektif. Penggunaan radiasi inframerah atau getara infrasonic dalam mendeteksi keberadaan manusia dan dikombinasi dengan sensitivitas serta ketersediaan pencahayaan alami dalam ruang.



Gambar 2.7 Sketsa pencahayaan merata
 Sumber: Lechner, 2015

Di atas merupakan gambar ilustrasi pencahayaan buatan sebagai suplemen pencahayaan alami. Pencahayaan alami (kurva A) mendapat tambahan iluminasi dari sebagian pencahayaan buatan (kurva B) untuk menghasilkan sebuah pandangan cahaya yang lebih rata (kurva C). Susunan instalasi pencahayaan buatan diletakkan dalam garis paralel terhadap sumber pencahayaan alami (bukaan/jendela) disetiap orientasi.

2.3 Selubung Bangunan

Selubung bangunan merupakan elemen yang berperan penting dalam mencapai kenyamanan visual dalam bangunan (Mangunwijaya, 2000). Selubung bangunan yang baik



pada suatu bangunan adalah selubung bangunan yang dapat beradaptasi dengan lingkungan sekitarnya, sehingga dapat menciptakan lingkungan yang sehat dan tidak membutuhkan perawatan yang sulit.

Melalui pendekatan tropis, pemilihan material dan bentuk desain pada fasad bangunan dapat mempengaruhi kelangsungan bagian dalam dan luar bangunan. Secara umum terdapat beberapa kriteria yang menjadi dasar konsep arsitektur tropis yang memberi pengaruh terhadap tercapainya kenyamanan visual antara lain:

2.3.1 Bukaan/Jendela

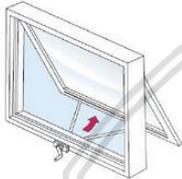
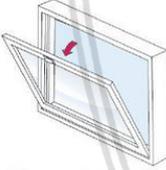
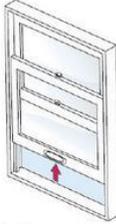
Jendela merupakan bagian dari bangunan yang berfungsi sebagai penghantar cahaya dan udara masuk ke dalam bangunan (Amin, 2010). Menurut Krier (1988) fungsi jendela dalam hubungannya dengan interior (ruang dalam) sangat penting, terutama sebagai media untuk penetrasi cahaya alami yang akan menghidupkan suasana ruang dalam dengan efek terang gelap.

1. Klasifikasi jendela

Klasifikasi jendela dapat dilihat dari beberapa kriteria berdasarkan jumlah daun jendela, bentuk, dan fungsinya.

Tabel 2.1 Klasifikasi jenis jendela menurut jumlah daun jendela, bentuk dan fungsinya

No.	Gambar	Jenis jendela	Keterangan
1.		Jendela 1 daun	Jendela 1 daun berfungsi untuk keluar masuk cahaya dan udara alami dari ruang luar dan ruang dalam bangunan. Penempatan jendela sebaiknya berhadapan langsung dengan ruang luar agar udara dan cahaya alami dapat keluar dan masuk secara maksimal. Jendela sebaiknya tidak menghadap ke arah timur dan barat.
2.		Jendela 2 daun	Jendela 2 daun terdiri dari satu unit kusen dan 2 buah daun jendela yang dapat dibuka salah satu atau keduanya. Jendela 2 daun banyak digunakan pada ruangan yang berukuran sedang yaitu 9m ² – 36m ² . Letak jendela dapat berhubungan ruang luar maupun pemisah ruang. Material yang dapat dipakai untuk kusen jendela 2 daun yaitu kayu, aluminium maupun PVC. Ukuran jendela 2 daun berkisar antara 120 cm hingga 200 cm yang memiliki tinggi antara 120 cm.

3.		Jendela kaca mati	Jendela kaca mati biasanya digunakan pada ruangan yang sifatnya tertutup. Kaca yang digunakan mempunyai ketebalan 6mm hingga 10mm (Gunadi, 2007).
4.		<i>Bouvenlight</i> atau jalusi	Pada bouvenlight udara segar dan cahaya alami secara tidak langsung masuk sekitar 10% hingga 15% dari cahaya alami. Material untuk jendela terbuat dari potongan – potongan kayu pipih yang dipasang atau disusun miring ke bawah sehingga ruang dalam tidak terlihat dari luar (Gunadi, 2007).
5.		Jendela Jungkit Bawah	Jendela jungkit bawah memiliki arah bukaan dari bawah di angkat keatas.Namun, karena bukaan berada di bawah bidang jendela maka udara masuk menunggu udara hasil putaran dari lantai yang berada di luar (Gunadi, 2007).
6.		Jendela Jungkit Atas	Jendela jungkit atas memiliki fungsi udara yang keluar lebih sedikit dibandingkan dengan jendela pivot yang mempunyai 2 aliran udara ketika jendela terbuka (Gunadi, 2007)
7.		Jendela Geser Horisontal	Jendela geser horizontal umumnya digunakan dengan tujuan agar ruang dalam tidak terganggu oleh bukaan daun jendela sehingga lebih maksimal untuk udara dan cahaya alami matahari dapat masuk dengan efektif (Gunadi, 2007).
8.		Jendela Geser Vertikal	Jendela geser vertical biasanya digunakan pada area servis.Jendela geser vertical sifatnya mengunci secara otomatis pada saat jendela terbuka (Gunadi, 2007).
9.		Jendela Pivot Tengah atau Putar Tengah	Jendela pivot tengah digunakan untuk dalam ruang dalam yang luas .Fungsi jendela pivot tengah adalah untuk aliran udara dapt masuk dengan perputaran yang sangat cepat (Gunadi , 2007).

Sumber: Gunadi (2007)

2. Persyaratan Jendela

Persyaratan sebuah jendela yang harus dipenuhi dalam perancangan jendela pada bangunan agar dapat berfungsi secara efektif dan efisien antara lain (Amin, 2010):

- a. Ukuran dan dimensi menunjang fungsi sesuai kebutuhan ruang.
- b. Kokoh dan kuat sehingga tidak dikhawatirkan untuk digunakan.
- c. Penggunaan material sesuai dengan fungsi ruang.
- d. Sesuai dan selaras dengan tampilan atau gaya bangunan.
- e. Indah dipandang.
- f. Aman dan nyaman untuk digunakan sesuai fungsinya

3. Ukuran Bidang Bukaannya Jendela

Setiap sisi dinding mempunyai lubang cahaya efektif untuk memasukkan cahaya matahari. Lubang cahaya efektif berbeda bentuk dan ukuran dari bukaan pada umumnya. Perbedaan bentuk dan ukuran dapat disebabkan oleh :

- a. Cahaya terhalangi oleh bangunan disekitarnya dan adanya vegetasi.
- b. Bagian-bagian dari bangunan itu sendiri dikarenakan adanya bagian yang menonjol sehingga dapat mengurangi pandangan ke luar.
- c. Pembatasan letak bidang kerja terhadap bidang lubang cahaya.
- d. Bagian dari jendela yang dibuat dari material yang tidak tembus cahaya.

Kualitas pencahayaan alami siang hari dalam ruangan ditentukan oleh :

1. Perbandingan luas lubang cahaya dan luas lantai.
2. Bentuk dan posisi lubang cahaya.
3. Faktor refleksi cahaya dari permukaan di dalam ruangan.

Selain ketiga faktor tersebut, perlu diperhatikan kondisi lingkungan sekitarnya yang menjadi penghalang masuknya cahaya ke dalam ruangan. Bentuk lubang cahaya juga berpengaruh terhadap distribusi cahaya dalam ruang. Lubang cahaya yang melebar dapat mendistribusikan cahaya lebih merata dalam arah lebar ruangan. Sedangkan lubang cahaya efektif yang ukuran tingginya lebih besar dari ukuran lebarnya dapat memberikan penetrasi ke dalam yang lebih baik.

2.3.2 Pembayang dan Penyaringan

Radiasi matahari yang masuk secara langsung kedalam bangunan melalui kaca pada bukaan. Untuk menghindari sinar yang masuk berlebihan dapat menggunakan bidang penghalang sinar matahari. Lebar bidang penghalang sinar matahari tergantung pada jam perlindungan yang dikehendaki dan letak lintang daerah tersebut. Lebar bidang *shading device* didesain menggunakan diagram *sunpath* dan mengukur sudut bayangan sebagai berikut (Sukawi, 2010):

1. Sinar matahari langsung jatuh di permukaan bidang kaca, dapat merambatkan panas dengan cepat ke dalam ruangan sebesar 80%-90%, sehingga akan memasukkan cahaya sekaligus panas matahari ke dalam ruangan.
2. Pemasangan tirai pada bagian dalam akan mengurangi rambatan panas sinar matahari sebesar 30%-40%, sehingga intensitas cahaya pada ruangan menjadi lebih rendah.
3. Pemasangan jalusi atau kisi-kisi pada bagian luar, mampu mereduksi panas matahari dengan sempurna. Panas matahari dalam ruangan dapat tereduksi hingga mencapai 5%-10%.

Sedangkan untuk penerangannya, diperoleh dari pantulan sinar yang masuk melalui kisi-kisi.

Sedangkan menurut Mangunwijaya (2000), untuk mesiasati pengaruh cahaya dan sinar matahari berlebih dapat dikurangi dengan beberapa cara yang dapat memperlunak silau sekaligus. Berikut beberapa hal yang dapat diterapkan secara fisik melalui:

1. Penggunaan atap rapat

Penggunaan atap yang lazim di Indonesia yaitu atap pelana, limas dan perisai dengan kemiringan tertentu. Ketentuan atap ini cukup sesuai dengan pertimbangan iklim tropis dan cuaca di Indonesia.

2. Penjulangan atap cucuran (tritisian atap)

Pembayangan oleh overstek akan mereduksi radiasi matahari. Bidang jendela yang sepenuhnya terbayangi oleh overstek hanya akan menerima radiasi tidak langsung, yaitu radiasi matahari yang berasal dari pantulan langit dan pantulan dari tanah. Sedangkan bidang jendela yang sepenuhnya tidak terbayangi akan menerima radiasi total.

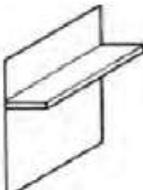
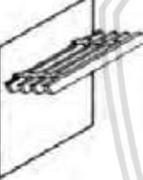
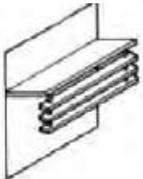
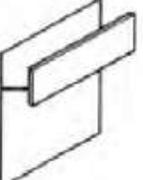
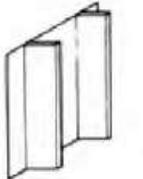
3. Markis/tenda jendela

Elemen yang dapat diatur dari dalam maupun luar ruangan. Operasional dari elemen tergantung dari kebutuhan ruangan. Salah satu faktor diluar bangunan yang dapat berfungsi

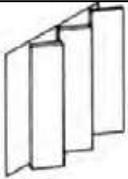
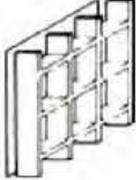
sebagai elemen pembayang adalah vegetasi disekitar bangunan. Vegetasi yang berada didekat jendela akan memberikan efek pembayangan .

Untuk menghalau sinar matahari secara langsung salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan menciptakan daerah bayang-bayang pada bidang bukaan melalui *shading device*. Berikut ini beberapa tipe *shading device* beserta orientasi yang disarankan untuk setiap jenisnya :

Tabel 2.2 Tipe *shading device* beserta orientasi, bentuk, dan fungsinya

No.	Gambar	Jenis <i>shading device</i>	Keterangan	Orientasi
1.		Overhang Horizontal panel or awning	Kegunaan utama untuk menghalau panas, dapat menahan beban salju dan angin serta dapat dimiringkan.	Selatan, timur, barat.
2.		Overhang horizontal louvers in horizontal plane	Kegunaan untuk mengatur pergerakan udara bebas, beban salju dan angin kecil, berskala kecil.	Selatan, timur, barat.
3.		Overhang horizontal louvers vertical plane	Kegunaan mengurangi sinar matahari masuk dengan memperkecil panjang overhang akan tetapi pandangan terbatas.	Selatan, timur, barat.
4.		Overhang vertical panel	Kegunaan membuat pergerakan udara bebas, akan tetapi pandangan terbatas.	Selatan, timur, barat.
5.		Vertival fin	Posisi bidang miring menghadap arah panas guna mengurangi dan menahan sinar matahari masuk akan tetapi menghalangi pandangan.	Utara



No.	Gambar	Jenis <i>shading device</i>	Keterangan	Orientasi
6.		Vertical fin slanted	Posisi bidang miring menghadap arah panas guna mengurangi dan menahan sinar matahari masuk akan tetapi menghalangi pandangan.	Timur, barat.
7.		Eggcrate	Digunakan pada daerah yang terpapar sinar matahari berlebih guna menghalau kalor sinar matahari, pandangan sangat terbatas.	Barat, timur

Sumber: Lechner (2015)

2.3.3 Material Kaca Pada Fasad Bangunan

Jika belum terdapat hubungan yang harmonis antara material atau bahan-bahan yang digunakan, penerapan unsur adaptasi pada bangunan tidak akan berjalan dengan maksimal. Sebab itu, peranan material bangunan menjadi sangat penting sebagai penghubung antara bentuk dan tema dasar desain.

Dalam pemilihan bahan/material, pengaruh iklim perlu diperhatikan. Warna, sifat, dan kerapatan bahan serta penggunaannya dalam bangunan merupakan faktor-faktor perancangan yang tergantung pada iklim (Lippsmeier, 1997). Material yang dapat digunakan untuk daerah dengan iklim tropis salah satunya adalah kaca sebagai tempat masuknya cahaya matahari.

Kaca merupakan bahan anorganik hasil peleburan beberapa bahan dasar yang didinginkan sampai fasa padat tanpa kristalisasi. Material padat yang merupakan zat cair sangat dingin, karena molekul-molekunya tersusun seperti air namun kohesinya membuat bentuknya menjadi stabil dan ini terjadi karena proses pendinginan yang sangat cepat. Hal inilah yang membuatnya menjadi transparan atau tembus pandang. Dengan pengertian lain, kaca adalah amorf (non kristalin) material padat yang bening dan transparan (tembus pandang), biasanya rapuh atau mudah pecah. Penggunaan material kaca pada fasad bangunan identik dengan arsitektur modern, dimana jenis dan cara aplikasinya akan terus mengalami perkembangan.

1. Penggunaan Kaca

Penggunaan kaca dapat diaplikasikan pada berbagai elemen bangunan seperti atap, dinding, lantai, jendela, dan pintu. Kaca memiliki spesifikasi yang bervariasi sehingga

memudahkan penggunaan untuk berbagai keperluan. Kaca memungkinkan pandangan lebih luas dan tidak terbatas, sehingga menimbulkan kesan terbuka dan bebas. Dinding kaca sebagai pembatas ruangan akan memberikan efek luas dan tampak menyatu karena akan menjadikan ruangan seperti tanpa pembatas. Penggunaan kaca pada pintu dan jendela memiliki variasi bentuk dan ukuran. Fungsi utama kaca yaitu sebagai tempat masuknya cahaya dari luar maupun dari dalam.

Berdasarkan penelitian simulasi energi bangunan oleh Soegijanto (2002) diketahui adanya sejumlah energi yang diperoleh dari pemanfaatan cahaya alami melalui bidang kaca. Besar energi yang diperoleh sebesar 20% pada bangunan tanpa pembayangan dan kurang lebih 10% pada bangunan dengan pembayangan kecuali pada bangunan dengan pembayangan yang mempunyai luasan kaca hanya 20 - 40% dan menggunakan jenis kaca dengan koefisien peneduh (*shading coefficient/SC*) hanya 0.38.

2. Jenis Kaca

Penggolongan kaca berdasarkan ketebalannya dibagi menjadi 3 kelompok yaitu:

- a. Tebal tunggal (ketebalan 0,8 - 1,8 mm) diterapkan pada peralatan lab dan cermin
- b. Tebal ganda (ketebalan 1,8 - 4 mm) diterapkan pada jendela rumah dan perabot
- c. Tebal rangkap (5 - 7 mm) diterapkan pada etalase dan penyekat ruangan

Beberapa jenis kaca yang digunakan pada bangunan adalah sebagai berikut :

1. Kaca bening (*clear float glass*)



Gambar 2.8 Kaca bening
Sumber : www.menard.com

Clear float glass atau kaca bening merupakan kaca yang di produksi dengan sistem float sehingga permukaan kaca menjadi rata dan memiliki pantulan yang sempurna. Ketebalan kaca yang digunakan pada jendela atau pintu yaitu 5mm, 6mm, 8mm, 10mm, dan 12mm, tergantung dari luas area.

Sifat kacanya yang bening menghasilkan tingkat transmisi yang tinggi (lebih dari 90%) serta memberikan bayangan yang sempurna. Namun, kaca bening ini tidak direkomendasikan untuk eksterior bangunan bertingkat karena kemampuan menahan panas matahari yang rendah.

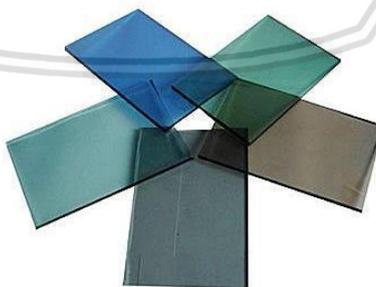
2. Kaca es (*iced glass*)



Gambar 2.9 Kaca es
Sumber : www.google.com

Iced Glass atau kaca es merupakan kaca yang memiliki tekstur dengan pola tertentu pada salah satu sisinya. Tekstur pada kaca berasal dari roll yang memiliki pola tertentu pada saat pembuatan kaca. Ketebalan kaca es yaitu 5mm. Kaca ini bersifat dekoratif dan mengaburkan bayangan, tekstur pada kaca juga dapat mengurangi silau matahari dalam ruangan. Kaca es digunakan pada elemen interior seperti partisi, pintu kamar mandi, pintu kabinet, dan shower box.

3. Kaca berwarna (*rayban glass*)



Gambar 2.10 kaca warna
Sumber : www.nasehi.com

Kaca ini merupakan kaca *float* yang dilapisi warna yang terbuat dari campuran logam. Terdapat berbagai jenis warna seperti hitam, biru gelap, biru kehijauan, abu-abu gelap, dan hijau gelap. Transmisi cahaya pada kaca warna sebesar 55%, sehingga dapat mengurangi beban pendingin ruangan dan memberikan kenyamanan

pada penghuninya. Selain itu, karakteristiknya yang tidak tembus pandang dapat menjaga privasi penghuni. Kaca berwarna mampu mereduksi cahaya berlebihan yang masuk dari luar dan dapat menghalangi pandangan dari luar untuk melihat ke dalam ruangan.

Kaca warna biasa digunakan pada kaca film mobil sampai kaca film gedung bertingkat. Kaca jenis ini dapat digunakan baik untuk eksterior maupun interior bangunan. Pada penerapannya, jenis kaca ini lebih banyak dipakai pada eksterior bangunan, baik untuk pintu dan jendela, maupun pada curtain wall. Kaca berwarna memiliki ketebalan 5mm dan 6mm. Untuk pintu dan jendela, menggunakan kaca setebal 6mm. Sedangkan pada curtain wall, menggunakan kaca setebal 8mm atau 10mm, tergantung bentang kaca dan hasil perhitungan beban angin.

4. Kaca refleksi (*reflective glass*)

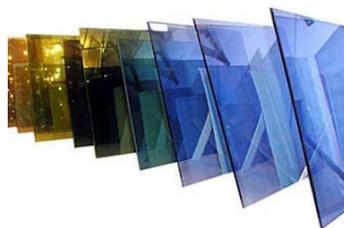


Gambar 2.11 kaca refleksi
Sumber : www.nasehi.com

Reflective Glass atau stopsol adalah kaca yang dilapisi dengan lapisan metal transparan oksida logam tipis melalui sebuah proses *pyrolysis*. Dengan adanya lapisan tersebut, bentuk dan warna kaca akan menjadi lebih tahan lama. Lapisan metal hanya terdapat pada satu sisi permukaan kaca. *Reflective Glass* terdiri dari dua jenis yaitu *supersilver* dan *classic*, dengan pilihan warna *Clear*, *Blue green*, *Eurogrey*, *Dark Grey*, *Dark Blue*, *Green*, dan *Blue green*. *Reflective Glass* memiliki ketahanan kualitas, keindahan untuk jangka waktu lama karena tahan terhadap perubahan cuaca. Kaca ini memantulkan cahaya dan panas, serta mengurangi beban energi pendingin ruangan serta memberikan penampilan yang mewah dan modern.

Kaca refleksi digolongkan menjadi 2 bagian yaitu:

a. Kaca Stopsol



Gambar 2.12 kaca stopsol
Sumber : www.karyaluhur.com

Kaca Stopsol melindungi dari panas matahari dengan cara memantulkan kembali panas sehingga dapat mengurangi beban pendingin ruangan. Kaca stopsol mempunyai ketahanan yang kuat terhadap polusi karena lapisan reflektif yang digunakan pada saat pembuatan kaca.

b. Kaca *One Way*



Gambar 2.13 kaca oneway
Sumber : www.google.com

Sifat kaca yang tembus pandang dari satu arah memungkinkan untuk melihat ke arah luar, namun tidak dapat melihat ke arah dalam kecuali di waktu malam hari dimana cahaya dalam ruang lebih terang dari luar.

5. Kaca pengaman (*safety glass*)



Gambar 2.14 safety glass
Sumber : www.google.com

Kaca jenis ini adalah kaca yang digunakan untuk keamanan dan keselamatan, sehingga kaca ini memiliki kelebihan dalam hal kekuatannya, baik ketahanan terhadap energi panas, benturan, gesekan, maupun tumbukan. Kaca pengaman banyak digunakan sebagai pengaman kendaraan sebagai kaca anti peluru, kaca anti pecah sampai kaca anti serangan mematikan lainnya. Kaca pengaman digolongkan menjadi beberapa bagian yaitu:

a. Tempered glass



Gambar 2.15 tempered glass
Sumber : www.google.com

Kaca yang diperkeras dengan memanaskan kaca hingga suhu 700°C melalui *tempery process*, kemudian didinginkan dengan melepaskan udara ke seluruh permukaan kaca. Keunggulan kaca jenis ini antara lain:

- Kaca *tempered* mempunyai daya tahan terhadap perubahan suhu lebih tahan dari kaca *float* biasa terhadap beban angin, tekanan air, benturan dan perubahan temperatur yang tinggi (*thermal shock*).
- Pecahan kaca dalam bentuk partikel dan tumpul sehingga aman.
- Penggunaan kaca *tempered* terutama untuk bukaan-bukaan atau dinding kaca pada bangunan yang membutuhkan tingkat keamanan yang tinggi.
- Penggunaan lain untuk pintu-pintu tanpa rangka (*frameless*), seperti pintu utama maupun partisi kamar mandi.
- Kaca *tempered* juga digunakan untuk *railing* kaca pada tangga dan *void*, *eskalator* dan *lift*.

b. Kaca anti peluru (*laminated glass*)



Gambar 2.16 laminated glass

Sumber : www.google.com

Kaca yang mengalami proses laminasi dengan tingkat keamanan dan perlindungan tinggi. Kaca laminated terdiri dari lembaran polifinil yang transparan, fleksibel dan sangat kuat, dengan satu atau beberapa lembaran kaca float, dan disatukan melalui proses pemanasan dan pengepresan. Keunggulan kaca jenis ini antara lain:

- a). Kaca laminated yang sudah pecah, sulit untuk ditembus oleh manusia sehingga memberikan tingkat keamanan yang sangat tinggi bagi penghuninya.
- b). Penggunaan kaca laminated terutama untuk atap kaca, skylight, dinding kolam renang dan lain-lain, di mana tidak diinginkan adanya reruntuhan kaca jika pecah.
- c). Kaca laminated juga digunakan pada jendela-jendela yang harus menahan kerasnya tiupan angin atau derasny tekanan air.
- d). Karena daya tahan yang tinggi terhadap benturan dan tekanan angin, maka kaca laminated merupakan kaca pengaman yang baik untuk kaca depan dan jendela kendaraan bermotor (mobil, kereta api, kapal laut, pesawat udara).

2.3.4 Warna

Warna merupakan salah satu unsur pembentuk visual (Ching, 2000). Warna juga mempengaruhi keberadaan ragam material dan aplikasi cat pada fasad. Keberadaan warna pada juga berpengaruh pada daya serap, pantul, maupun tingkat isolasi penyinaran matahari yang terdapat pada sebuah bahan, maupun pelapisan (Lippsmeier, 1997).

Nilai-nilai penyerapan cahaya dan pemantulan untuk berbagai jenis permukaan berhubungan dengan kesilauan, sebagai dasar bagi pemilihan warna yang sesuai dengan iklim tropis. Pada umumnya, di daerah dengan iklim tropis, warna yang sering digunakan adalah warna-warna muda atau agak gelap (Mangunwijaya, 2000). Khusus warna putih kapur tidak digunakan sebab dapat menyilaukan dan kurang baik untuk iklim lembab (Mangunwijaya, 2000). Warna putih juga dapat memberikan panas ke sekeliling bidang pada kasus tertentu dengan persentase yang hampir sama dengan panas radiasi matahari yang diterimanya (Lippsmeier, 1997).

2.4 Kenyamanan Visual

Kenyamanan visual terkait dengan cahaya alami yang membantu manusia dalam mengakses informasi visual tanpa mengganggu indera visual manusia. Kondisi visual yang terlalu gelap akan menciptakan ketidaknyamanan bagi indera visual manusia. Ketidaknyamanan ini juga akan memengaruhi persepsi visual manusia terhadap lingkungan visualnya.

Namun penilaian kenyamanan visual pada standar yang direkomendasikan belum dirasa cukup, karena pengguna bangunan sebagai subjek yang merasakan kenyamanan memiliki perilaku yang berbeda tiap individu yang mempengaruhi persepsi mereka terhadap kenyamanan pencahayaan alami dalam ruang. Penilaian kenyamanan visual dari pencahayaan alami akan tepat jika terdapat kesesuaian antara hasil terukur dari kesesuaian rancangan dengan teori dan standar dengan persepsi penggunaanya. Untuk itu sangatlah penting memenuhi kebutuhan akan cahaya secara tepat dan sesuai dengan kebutuhan sebuah ruang.

Menurut Steffy (2002), terdapat lima pengaruh yang terkait dengan pencahayaan, yaitu kejelasan visual (*visual clarity*), keleluasaan (*spaciousness*), pilihan (*preference*), relaksasi (*relaxation*) dan privasi (*privacy*).

1. Kejelasan visual (*Visual clarity*)

Kejelasan visual (*visual clarity*) mengacu pada kemampuan pengguna membedakan detail-detail arsitektur dan interior, perlengkapan serta objek lainnya. Untuk mengujinya dapat digunakan kata *clear* (jelas) atau *hazy* (kabur).

2. Keleluasaan (*Spaciousness*)

Keleluasaan (*Spaciousness*) mengacu pada persepsi pengguna terhadap volume ruang. Kurangnya pencahayaan pada sebuah ruang akan menciptakan pembatasan ruang. Kata-kata yang bisa digunakan untuk menguji kondisi visual sebuah ruang adalah *spacious* (luas) atau *cramped* (sempit).

3. Preference

Preference mengacu pada evaluasi pengguna secara keseluruhan terhadap pencahayaan ruang. Skala diferensial yang bisa digunakan adalah *like* (suka) atau *dislike* (tidak suka)

4. Relaksasi (*Relaxation*)

Relaksasi (*Relaxation*) mengacu pada derajat intensitas pekerjaan yang dirasakan pengguna. Pencahayaan yang tidak seragam (bervariasi) akan menciptakan perasaan santai. Sedangkan pencahayaan yang seragam dan memusat akan menumbuhkan perasaan tegang.

5. Intimacy

Intimacy mengacu pada persepsi pengguna terhadap privasi atau keakraban sebuah ruang. Skala diferensial yang bisa digunakan adalah *privat* (privat) atau *public* (umum).

Oleh karena itu kenyamanan visual dapat tercapai jika poin-poin kenyamanan visual teraplikasikan secara baik dan benar antara lain dengan kesesuaian rancangan dengan standar terang yang direkomendasikan dan penataan layout ruangan yang sesuai dengan distribusi pencahayaan. Kenyamanan visual dapat diklasifikasikan menjadi empat tingkat, yaitu:

1. Tidak dapat dipersepsikan (*imperceptible*)

Pada tingkat ini, mata tidak dapat melakukan tugas visual karena luminasi dari sekeliling objek terlalu rendah sehingga mata tidak merasakan kontras cahaya.

2. Kenyamanan visual yang dapat diterima (*acceptable*)

Pada tingkat ini, mata sudah dapat merasakan atau menerima kenyamanan visual karena kontras cahaya sesuai dengan daya akomodasi mata. Kondisi ini merupakan kondisi yang paling baik.

3. Kondisi visual yang tidak nyaman (*uncomfortable*)

Pada kondisi ini, mata menerima cahaya dengan luminasi yang cukup tinggi sehingga menyebabkan cahaya yang kontras dan membuat mata menjadi lelah.

4. Gangguan visual yang dapat ditolerir mata (*intolerable*)

Pada kondisi ini, mata sama sekali tidak dapat menerima cahaya karena luminasi sekeliling objek terlalu tinggi.

2.5.1 Faktor Kenyamanan Visual

Pencahayaan yang sesuai dengan kebutuhan dan aktivitas akan memberikan kenyamanan visual pada manusia. Menurut Lechner (2007) dan Marunung (2002), faktor dasar yang mempengaruhi kenyamanan visual pengguna dalam melakukan aktivitas visual dapat dikategorikan menjadi tiga, yaitu :

1. Illuminance

Illuminance adalah intensitas penerangan atau dalam istilah BSN disebut tingkat pencahayaan yang menyinari suatu bidang per 1 meter kuadrat dalam jumlah total cahaya yang menerangi permukaan dari segala arah dapat bersifat fisik ataupun imajiner. Oleh karena itu iluminasi setara dengan iradiasi yang tertimbang dengan respon mata manusia. Unit standar untuk iluminasi adalah Lux (lx), yaitu lumens per meter persegi (lm/m^2). $1 fc = 10.764 lx$

Tingkat iluminasi yang berlebihan yang ditimbulkan oleh cahaya alami juga akan menimbulkan ketidaknyamanan pada indera visual. Tingginya tingkat iluminasi cahaya akan mengakibatkan silau dan berpengaruh pada kenyamanan visual, serta dapat berdampak negatif tidak hanya pada fisiologi, tetapi juga pada sisi psikologi manusia. Kekurangan maupun kelebihan cahaya akan membuat mata manusia menjadi cepat lelah. Kelelahan pada mata pun dapat menimbulkan berbagai efek yang buruk pada diri manusia.

2. Luminance

Luminance adalah cahaya yang diterima oleh indera penglihatan manusia. Saat beraktivitas luminance sangat berkaitan dengan sifat material bidang kerja pengguna. Cahaya akan merefleksikan permukaan benda yang nantinya akan diterima oleh mata. Dalam hal ini indera penglihatan manusia dapat beradaptasi dengan variasi besarnya tingkat terang, akan tetapi mata tidak dapat beradaptasi dengan dua tingkat terang yang jauh berbeda secara simultan.

Tingkat terang yang terlalu berbeda akan menimbulkan tekanan visual. Walaupun mata dapat meminimalkan masalah tersebut dengan cara berkonsentrasi pada satu area saja, perbedaan tingkat terang akan memberikan dampak. Hal ini akan membuat adaptasi mata yang akan terus-menerus terjadi ketika mata kerap memindahkan pandangan ke area yang memiliki perbedaan tingkat terang yang tinggi. Selain tekanan visual, akibatnya lainnya yang akan terjadi adalah gangguan visual yang dapat ditolerir. Pada kondisi ini, mata sama sekali tidak dapat menerima cahaya karena luminasi sekeliling objek terlalu tinggi.

3. Kilau

Merupakan sumber cahaya yang berasal dari permukaan bidang kerja atau benda-benda sekitar yang bersifat mengkilat sehingga dapat menyebabkan pantulan cahaya. Penggunaan bidang kerja visual sebaiknya menggunakan permukaan rata atau *matte*, yang berguna agar terhindar dari adanya pemantulan cahaya.

2.5.2 Faktor yang Dihindari dalam Kenyamanan Visual

Terdapat beberapa faktor yang perlu dihindari untuk mendapatkan kenyamanan visual pada bidang kerja atau tempat pengguna ruang melakukan aktivitasnya dalam standar IESNA tahun 2000, terdiri dari:

2.5.2.1 Silau (*glare*)

Suatu kecerlangan cahaya yang menyebabkan gangguan visual dan mempengaruhi performa visual. *Glare* sebagai parameter kenyamanan visual, adalah efek tidak nyaman yang disebabkan oleh kontras iluminasi yang berlebihan di bidang visual. Terdapat dua jenis silau yaitu silau langsung (*direct glare*) dan silau tidak langsung (*indirect glare*).

a. Silau langsung (*direct glare*)

Silau langsung disebabkan oleh sumber cahaya terang yang mengganggu performa visual. Mengakibatkan ketidaknyamanan silau ketika mempengaruhi ketidaknyamanan fisik dan ketidamampuan silau ketika mengurangi performa visual dan penglihatan.

b. Silau tidak langsung (*indirect glare*).

Pantulan sumber cahaya pada permukaan bidang yang mengkilat. Silau tidak langsung dapat diatasi dengan menggunakan permukaan rata atau *finishing matte* pada bidang kerja yang dipakai. Berikut merupakan tabel indeks kesilauan maksimum :

Tabel 2.3 Nilai indeks kesilauan maksimum

Jenis tugas visual atau interior dan pengendalian silau yang dibutuhkan	Indeks kesilauan maksimum	Contoh tugas visual dan interior
Tugas visual kasar atau yang tidak dilakukan secara terus menerus	28	Perbekalan bahan mentah, fabrikasi rangka baja, pabrik produksi beton, pekerja pengelasan.
Pengendalian silau diperlukan secara terbatas	25	Gudang, bangunan turbin, cold stores, toko mesin, dan peralatan
Tugas visual dan interior normal	22	Koridor, ruang tangga, kantin, kafetaria, ruang mkan, ruang perakitan, pekerjaan logam lembaran
Pengendalian silau sangat penting	19	Ruang kelas, perpustakaan, lobby, ruang kantor
Tugas visual sangat teliti pengendalian visual tingkat tinggi sangat diperlukan	16	Ruang gambar, industri percetakan, perkantoran.

Sumber : SNI 03-2396-2001

2.5.2.2 Bayangan

Pembayangan dapat mengganggu kenyamanan visual ketika pancaran sinar cahaya matahari ataupun cahaya buatan ke bidang kerja tertutupi oleh suatu objek. Kedua sumber tersebut mengakibatkan perbedaan rasio terang yang berlebihan pada jangkauan penglihatan, sehingga detail penting menjadi tidak terlalu jelas. Hal ini terjadi karena paparan sumber cahaya yang terlalu kuat sementara tidak adanya sumber cahaya dari sisi lain yang mengurangi efek dari pembayangan/objek tersebut. Cara yang termudah adalah meletakkan sumber cahaya dari arah yang tidak tertutupi oleh objek, baik dari objek tetap atau bergerak.

2.5.2.3 Cahaya Kejut (*flicker*)

Flicker adalah ketidakstabilan suplai cahaya yang dihasilkan sumber cahaya alami maupun buatan yang menyebabkan perubahan intensitas cahaya dengan cepat. Akibat dari perubahan yang cepat, mata harus beradaptasi dengan cepat sehingga terjadi ketidaknyamanan. Beberapa sumber cahaya mempunyai kekurangan ini dan juga dapat disebabkan suplai tegangan listrik yang kurang stabil. *Flicker* dapat diminimalisasi dengan memilih sumber cahaya yang mempunyai resiko kecil terjadi *flicker*.

Pada pembahasan ini kenyamanan visual ditentukan oleh kelayakan terhadap kuat penerangan pencahayaan alami di dalam ruangan dengan satuan Lux. Penerangan untuk langit cerah menurut Szokolay (2004), pada siang hari terang langit telah menyediakan cahaya dengan kapasitas 100.000 Lux, namun dikarenakan Indonesia merupakan daerah

tropis lembab, langit sering diliputi awan sehingga terang langit ditentukan sebesar 10.000 Lux oleh SNI.

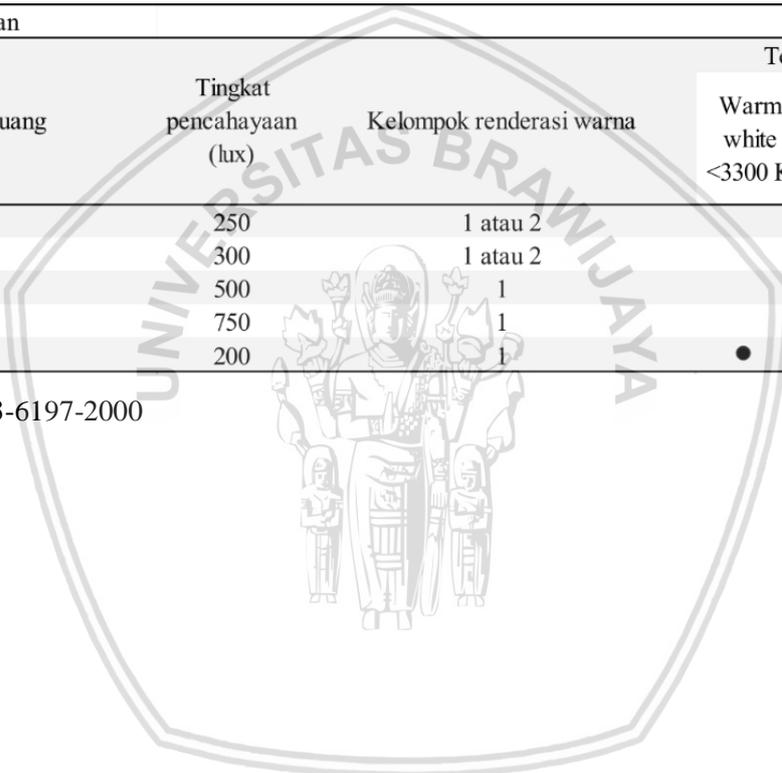
2.5.3 Standar Kenyamanan Visual

Kenyamanan visual pada ruang diatur dalam SNI 03-6197-2000 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan. Tingkat kenyamanan visual disesuaikan dengan aktivitas dan pengguna ruang sebagai berikut:

Tabel 2.4 Tingkat pencahayaan rata-rata

Lembaga Pendidikan		Temperatur warna			
Fungsi ruang	Tingkat pencahayaan (lux)	Kelompok renderasi warna	Warm white	Cool white	Daylight
			<3300 K	3300 K-5300 K	
Ruang kelas	250	1 atau 2		●	●
Perpustakaan	300	1 atau 2		●	●
Laboratorium	500	1		●	●
Ruang gambar	750	1		●	
Kantin	200	1	●	●	

Sumber : SNI 03-6197-2000



2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini, baik dari segi tema penelitian ataupun metode penelitian sejenis. Berikut tabel penelitian terdahulu.

Tabel 2.5 Penelitian terdahulu

	Jurnal 1	Jurnal 2	Jurnal 3	Jurnal 4
Judul	Evaluasi Kondisi Pencahayaan Alami pada Ruang Kantor di Menara Balaikota Makassar, (Irnawati, I. 2014)	Evaluasi Bukaan Pencahayaan Alami untuk Mendapatkan Kenyamanan Visual pada Ruang Perkuliahan, (Dhini, D. R. F. 2016)	Kajian Optimasi Pencahayaan Alami pada Ruang Perkuliahan, studi kasus Ruang Kuliah Jurusan Arsitektur FT UNDIP, (Sukawi, Dwiyanto,A,2013).	Optimasi Sistem Pencahayaan pada Ruang Kelas Universitas Budi Luhur, (Kurniasih,S. 2014)
Tujuan	Pencahayaan dalam ruang perkantoran harus mencukupi standar minimum yang disyaratkan ketika pencahayaan alami tidak dapat memenuhi kebutuhan pencahayaan suatu ruang maka dibutuhkan pencahayaan buatan untuk memenuhinya. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kualitas pencahayaan alami pada ruang kerja di Menara Balaikota Makassar pada kondisi cahaya langit (cerah, berawan, mendung).	Kenyamanan visual ruang perkuliahan memiliki fungsi yang penting dalam proses belajar mahasiswa sehingga aktivitas di dalamnya dapat berjalan dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan desain bukaan/jendela pencahayaan alami pada gedung kuliah yang dapat meningkatkan kenyamanan visual maupun nyaman secara visual arsitektural.	Pencahayaan alami perlu dimanfaatkan secara optimal dalam perencanaan sebuah bangunan, akan tetapi rata-rata 54% dari total energi listrik operasional bangunan digunakan untuk memenuhi energi listrik pencahayaan buatan. Pencahayaan alami dapat meningkatkan kualitas bangunan dengan cara (Lyons and Lee, 1994): 1. Penghematan energi listrik dan biaya operasional 2. Menyediakan cahaya langsung dan difusi berkarakteristik alami 3. Disesuaikan dengan keinginan setiap individu 4. Keterhubungan dengan dunia	Setiap pekerjaan memerlukan tingkat pencahayaan tertentu. Perancangan suatu ruang sebaiknya didesain dengan pencahayaan alami untuk pencahayaan tiap ruangnya, namun kekurangan pencahayaan alami seringkali diantisipasi dengan pencahayaan buatan. Pengoptimalan sistem pencahayaan perlu adanya suatu kombinasi keduanya sistem pencahayaan dapat berjalan dengan baik dan kenyamanan visual dapat tercapai sehingga dapat meningkatkan tingkat produktivitas kerja siswa/i di ruang kelas.

			luar dan perubahannya.	
Metode & Instrumen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengumpulan data-data kondisi eksisting dan dokumen referensi. 2. Pengukuran tingkat intensitas pencahayaan menggunakan lux meter dalam kondisi lampu mati. 3. Teknik analisis statistik deskriptif kuantitatif. 	<p>Metode penelitian adalah metode kuantitatif dengan melakukan pengukuran untuk mengetahui dimensi ruang dan tingkat pencahayaan pada ruang. Untuk mendapatkan solusi dan rekomendasi yang tepat dari hasil sintesis, maka digunakan metode simulasi/eksperimental dengan menggunakan software DIALux pada alternatif rekomendasi desain.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengumpulan data melalui observasi langsung dengan pengukuran tingkat kenyamanan visual pada ruang kuliah. 2. Pengukuran teknik sampling, pengukuran berupa ruang kuliah. Pengukuran dilakukan di setiap lantai dengan perwakilan satu ruang untuk satu lantai dengan asumsi satu ruang yang diteliti mewakili intensitas cahaya yang sama untuk tiap lantainya. 3. Titik pengukuran dilakukan dengan membagi daerah pengukuran menjadi beberapa titik sesuai dengan lebar masing-masing daerah pengukuran. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tahap pengumpulan data Melalui observasi langsung dan pengukuran tingkat kenyamanan visual pada ruang kuliah. 2. Metode deskriptif dengan mencari data primer objek yang diteliti. Dalam hal ini yang menjadi objek penelitian adalah ruang kelas 4.3.4, ruang kelas 5.3.2 dan ruang kelas 6.3.3 3. Metode kuantitatif yaitu perhitungan kuat penerangan (lux) pada masing-masing ruang, yang ditinjau kembali kondisi penerangannya antara eksisting dengan standar penerangan untuk ruang kelas berdasarkan teori.
Hasil pembahasan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rata-rata tingkat pencahayaan alami dari objek penelitian pada kondisi langit cerah, berawan dan mendung, belum memenuhi standarisasi tingkat pencahayaan minimum (SNI 03-2396-2001). Iluminasi rata-rata ruang masih dibawah 350 Lux. 2. Bantuan pencahayaan buatan 	<p>Tiap ruang memiliki kebutuhan tingkat pencahayaan yang berbeda, dibutuhkan penanganan berbeda.</p> <p>a. Penggunaan <i>shading device</i> pada sisi atas dan bawah jendela, dengan dimensi sisi bawah lebih panjang sehingga dapat memantulkan cahaya ke dalam ruang yang kurang intensitas cahayanya</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengukuran ruangan didasarkan pada arah datang cahaya dari lubang cahaya efektif. TUU terletak di tengah di antara kedua dinding samping berjarak 1/3 lebar ruang dari lubang cahaya. 2. TUS terletak pada jarak 0,5 meter dari dinding samping berjarak 1/3 lebar ruang dari lubang 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistem Pencahayaan Alami Luas bukaan telah memenuhi standar. Warna cat dinding kurang mampu mendistribusikan cahaya secara merata. 2. Sistem Pencahayaan Buatan Intensitas pencahayaan belum memenuhi standar intensitas pencahayaan untuk ruang kelas

	(<i>artificial lighting</i>) diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pencahayaan pada ruang yang belum memenuhi pencahayaan alaminya.	b. Penggunaan warna dan material reflektansi rendah untuk menurunkan tingkat pencahayaan pada ruang kuliah. c. Penambahan <i>lightshelves</i> pada ketinggian 2,1 m untuk meningkatkan pencahayaan.	cahaya. 3. TUT diletakkan agar jarak antar titik ukur menjadi maksimal dua meter.	yaitu antara 250 lux – 300 lux. Penggunaan <i>downlight</i> kurang mampu mendistribusikan cahaya. 3. Sistem Instalasi Pencahayaan diatur secara berkelompok paralel dengan mempertimbangkan letak bukaan jendela.
--	---	--	--	--

	Jurnal 5	Jurnal 6	Jurnal 7
Judul	Tingkat Pencahayaan Pada Perpustakaan di Lingkungan Universitas Indonesia, (Hendra. 2012)	Kenyamanan Visual Melalui Pencahayaan Alami Pada Kantor, (Thojob, Jusuf. 2013)	Penelitian Terhadap Kuat Penerangan dan Hubungannya dengan Angka Reflektansi Warna Dinding, (Kristanto, Luciana. 2004)
Tujuan	Tingkat pencahayaan di tempat kerja mampu memberi dampak yang signifikan dalam produktivitas. Pencahayaan yang cukup mampu meningkatkan produktivitas sebesar 10-50%. Pencahayaan di tempat kerja yang baik dapat mengurangi tingkat kesalahan sebesar 30-60% serta mengurangi keluhan pada mata dan sakit kepala, <i>nausea</i> , dan sakit leher yang dapat berkembang menjadi <i>eyestrain</i> .	Kantor membutuhkan tingkat kenyamanan pencahayaan alami yang memadai agar pengguna di dalamnya dapat melakukan aktivitas dengan lancar dan memiliki produktivitas kerja yang baik. Kenyamanan visual dapat tercapai jika poin-poin kenyamanan visual teraplikasikan secara optimal antara lain dengan kesesuaian rancangan dengan standar terang yang direkomendasikan dan penataan layout ruangan yang sesuai dengan distribusi pencahayaan.	Penelitian bertujuan memberikan rekomendasi Tingkat intensitas penerangan yang tepat dan rekomendasi lain sesuai perkembangan hasil penelitian selanjutnya. Penelitian ditujukan pada pencahayaan buatan, pengaruh cahaya matahari tidak diperhitungkan. Jumlah dan susunan <i>luminaire</i> diusahakan tetap dipertahankan.

<p>Metode & Instrumen</p>	<p>1. Pengukuran yang disesuaikan dengan standar/persyaratan yang berlaku yaitu Kepmenkes Nomor1405/MENKES/SK/XI/2002. Pengukuran tingkat pencahayaan dilakukan dengan menggunakan <i>Luxmeter</i> dengan mengacu pada Standar Nasional Indonesia tentang Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja (SNI 16-7062-2004). 2. Survey terhadap keluhan yang dirasakan pengguna perpustakaan meliputi petugas dan mahasiswa. Jumlah mahasiswa pengguna diambil 30 orang setiap perpustakaan</p>	<p>Mengevaluasi karakteristik dan hubungan antara rancangan pencahayaan alami dan persepsi pengguna bangunan kantor. Sampel responden dengan kriteria responden adalah pengguna tetap ruangan, jumlah responden adalah 30% penghuni ruang. Secara garis besar, data yang dikumpulkan meliputi kondisi terang alami bangunan (<i>building condition</i>), penggunaan bangunan (<i>building use</i>), dan persepsi pengguna.</p>	<p>Merujuk pendapat dari para pemakai bangunan bahwa pencahayaan ruang kuliah terkesan kurang terang, maka penelitian ini dilakukan dengan dugaan awal bahwa kuat penerangan rata-rata /Erata-rata di bawah persyaratan (<250 lux); kurang merata (E minimum < 80% Erata-rata); dan atau angka reflektansi dinding dan langit-langit di bawah rekomendasi (dinding < 50%, langit-langit < 70%). Dengan nilai uniformity/keseragaman sebagai skema pencahayaan umum harus lebih baik dari 0,6 - 0,8 masing-masing sesuai dengan DIN norma dan pedoman Inggris CIBSE Jerman.</p>
<p>Hasil pembahasan</p>	<p>1. Tingkat kesesuaian pencahayaan di ruangan perpustakaan di lingkungan Universitas Indonesia sangat bervariasi dari yang buruk sampai yang sangat baik. Makin besar persentase kesesuaian titik pengukuran dengan standar, makin baik kondisi pencahayaan di ruangan tersebut. 2. Kondisi fisik ruangan perpustakaan yang dindingnya diwarnai dengan warna yang cenderung gelap menyebabkan jumlah <i>luminance</i> pada ruangan tersebut menjadi rendah. 3. Respon subjektif baik mahasiswa maupun pegawai terhadap kondisi pencahayaan pada umumnya sama. Respon positif yaitu kondisi lampu yang tidak berkedip, cahaya yang cukup, dan tidak menimbulkan panas. Respon negatif berupa distribusi cahaya yang kurang baik</p>	<p>1. Hasil pengamatan lapangan dan pengukuran tingkat iluminasi ruang didapatkan rancangan pencahayaan alami berada pada ambang cukup – kurang. Tingkat iluminasi kurang atau jauh melebihi standar yang ditetapkan SNI 03-2000 serta terdapat berkas sinar matahari langsung yang masuk ke dalam ruangan. 2. hubungan antara persepsi pengguna ruangan terhadap kondisi terang alami ruangan menunjukkan bahwa 9 dari 12 ruangan sampel menunjukkan kondisi terang alami yang kurang nyaman, sedangkan 3 ruangan cukup nyaman. Rekomendasi untuk mendukung kenyamanan visual dapat dicapai dengan modifikasi pada ruang. Modifikasi interior dapat berupa penataan kembali layout ruang dan pola tata perabot, penambahan reflektor cahaya dalam ruang, atau</p>	<p>Hasil optimasi menunjukkan bahwa desain pencahayaan yang paling optimal pada area lobi dengan mengkombinasikan sistem pencahayaan <i>general</i>, <i>accent</i>, dan <i>task lighting</i>. Interaksi antara lampu fungsional dan dekoratif dapat menciptakan suasana yang nyaman.</p>

	<p>sehingga menyebabkan gangguan saat beraktivitas seperti silau.</p> <p>4. Sedangkan keluhan subjektif kelelahan mata yang dirasakan oleh mahasiswa dan pegawai mata selalu terasa mengantuk dan terasa tegang di bagian leher dan bahu.</p>	<p>dengan menggunakan bantuan pencahayaan buatan. Modifikasi eksterior dapat dengan menambahkan <i>shading device</i> (elemen pembayangan), memperbesar luasan jendela, atau menambahkan <i>skylight</i>.</p>	
--	---	---	--



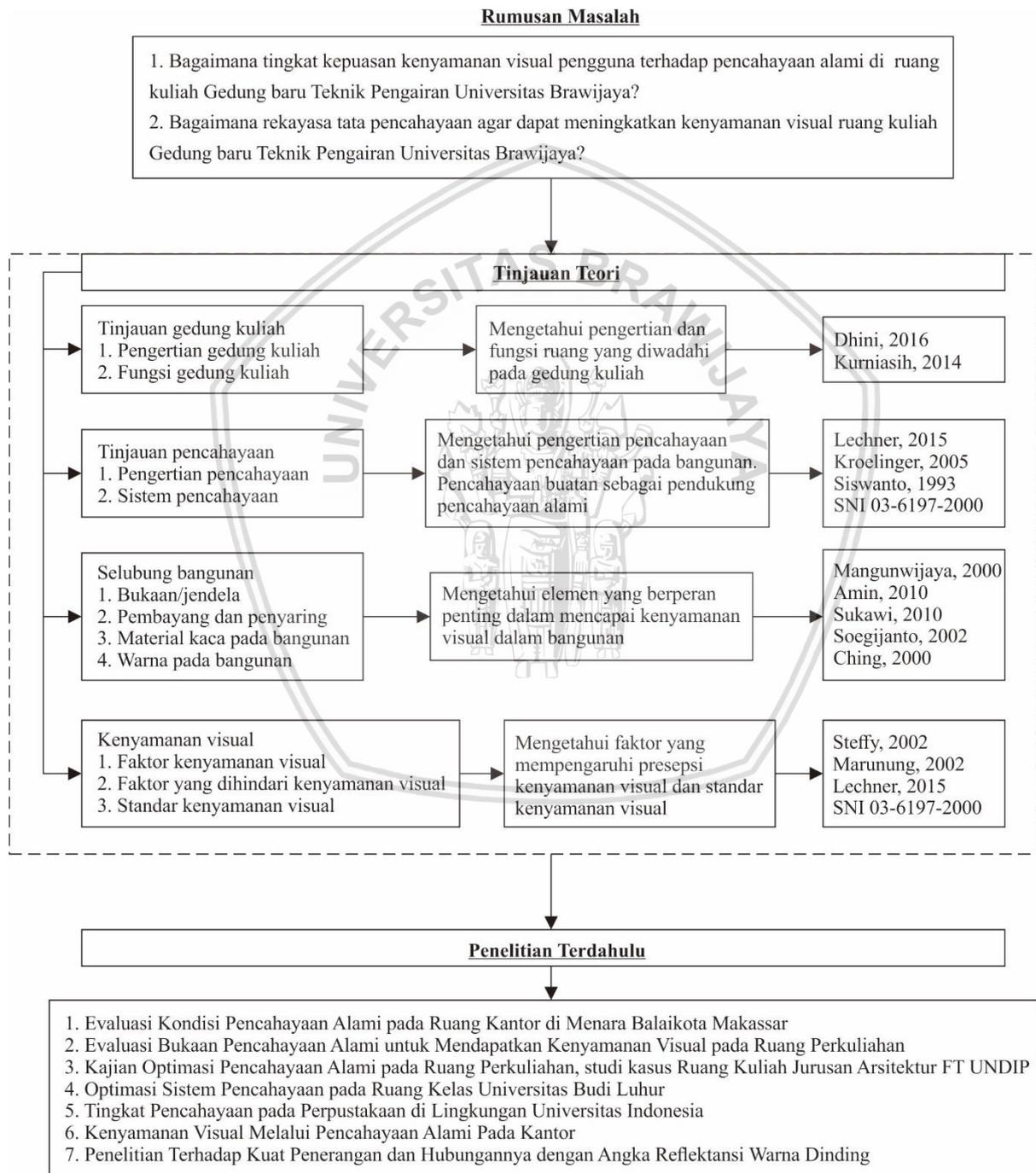
2.5.1 Kesimpulan Penelitian Terdahulu

Manfaat penelitian terdahulu dalam penelitian ini:

1. Kontribusi penelitian Evaluasi Buka-an Pencahayaan Alami untuk Mendapatkan Kenyamanan Visual pada Ruang Perkuliahan, (Dhini, D. R. F. 2016) terhadap penelitian ini, dapat diambil metode penelitian yang menggunakan simulasi/eksperimental dengan menggunakan software DIALux pada alternatif rekomendasi desainnya dan persentase reflektansi pada rekomendasi material ruang dalam penelitian.
2. Kontribusi penelitian Evaluasi Kondisi Pencahayaan Alami pada Ruang Kantor di Menara Balaikota Makassar, (Irnawati, I. 2014) pada penelitian ini, dapat diambil metode dan instrumen penelitian. Menjadikan bahasan tentang pencahayaan buatan untuk memenuhi kebutuhan pencahayaan alami sebagai referensi.
3. Kontribusi penelitian Optimasi Pencahayaan Alami pada Ruang Perkuliahan, studi kasus Ruang Kuliah Jurusan Arsitektur FT UNDIP, (Sukawi, Dwiyanto,A,2013) dapat diambil metode dan instrumen penelitian dimana titik pengukuran dilakukan dengan membagi daerah pengukuran menjadi beberapa titik.
4. Kontribusi penelitian Optimasi Sistem Pencahayaan pada Ruang Kelas Universitas Budi Luhur, (Kurniasih,S. 2014) terhadap penelitian ini, dapat diambil bahasan tentang sistem instalasi pencahayaan diatur secara berkelompok paralel dengan mempertimbangkan letak bukaan jendela sebagai referensi.
5. Kontribusi penelitian Tingkat Pencahayaan Pada Perpustakaan di Lingkungan Universitas Indonesia, (Hendra. 2012) terhadap penelitian ini, dapat diambil variabel kuesioner respon subjektif yang terdiri dari tingkat pencahayaan, pemerataan penyebaran cahaya, keluhan saat beraktivitas dan jenis pencahayaan yang diinginkan.
6. Kontribusi penelitian Kenyamanan Visual Melalui Pencahayaan Alami Pada Kantor, (Thojib, Jusuf. 2013) terhadap penelitian ini, dapat diambil metode evaluasi karakteristik dan hubungan/kolerasi antara rancangan pencahayaan alami dan persepsi pengguna bangunan kantor.
7. Kontribusi Penelitian Terhadap Kuat Penerangan dan Hubungannya dengan Angka Reflektansi Warna Dinding, (Kristanto, Luciana. 2004) terhadap penelitian ini,

dapat diambil nilai uniformity/keseragaman sebagai skema pencahayaan umum harus lebih baik, dengan nilai diantara 0,6 - 0,8.

2.6 Kerangka Teori



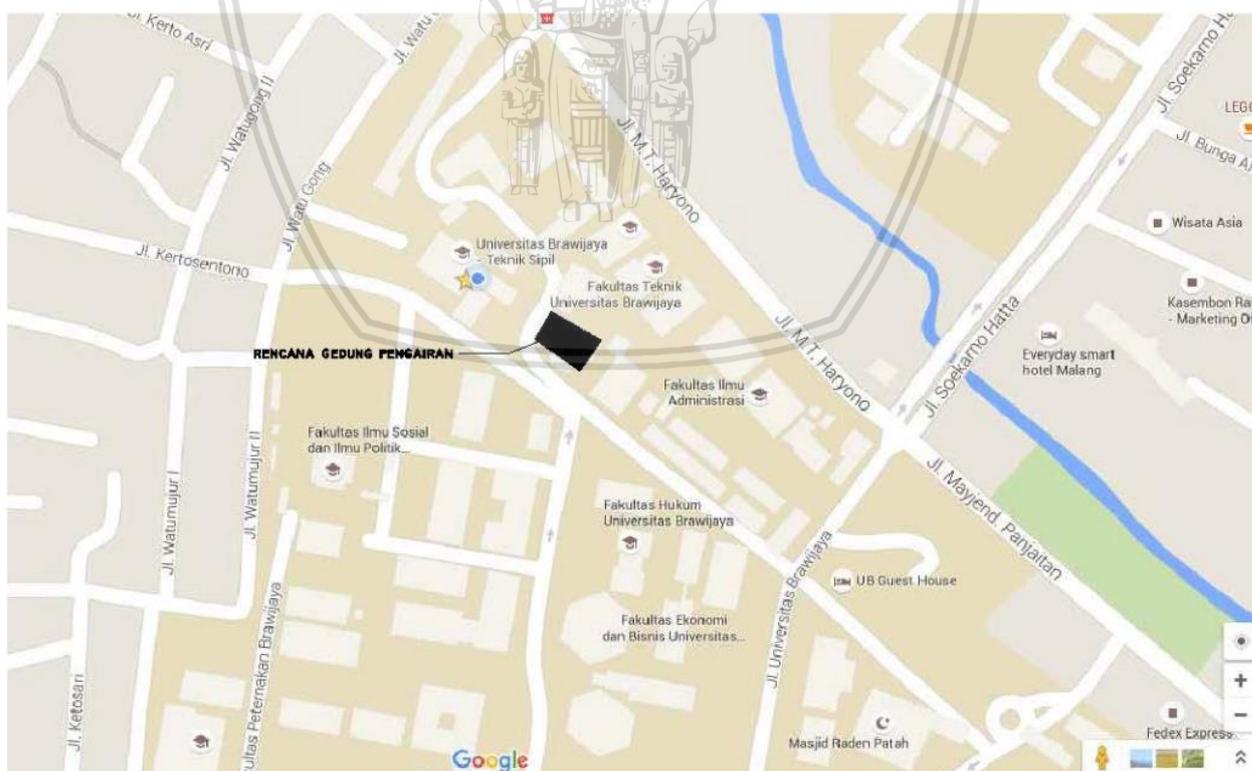
Gambar 2.17 Kerangka teori

BAB III

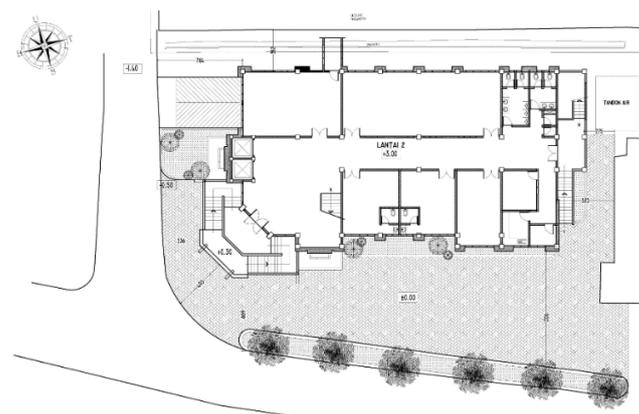
METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Objek Penelitian

Objek penelitian dilakukan di ruang kuliah Gedung baru Teknik Pengairan yang merupakan salah satu gedung Universitas Brawijaya yang terletak di Kota Malang, berkoordinat $7^{\circ}56'57.7''S$ $112^{\circ}36'48.1''E$ yang berlokasi di Kelurahan Ketawanggede, Lowokwaru yang memiliki luas tapak sebesar $500m^2$. Ketinggian gedung 6 lantai yang berfungsi sebagai gedung administrasi dan perkuliahan Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya. Alokasi gedung berupa laboratorium sungai pada lantai dasar, 3 lantai untuk ruang perkuliahan dan 2 lantai untuk kegiatan administrasi. Vegetasi sekitar bangunan mencapai ketinggian 8 meter sehingga bangunan tidak terbayangi sepenuhnya. Massa bangunan berbentuk balok dengan orientasi timur laut – barat daya.



Gambar 3.1 Site plan objek penelitian



Gambar 3.2 layout dan perspektif objek penelitian

Waktu penelitian di objek studi direncanakan menjadi tiga bagian terdiri dari observasi, pengukuran lapangan dan kuesioner. Tahap pengamatan yakni bulan Februari - Mei 2018, berikut detail dari jadwal penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 jadwal penelitian

Jenis Penelitian	Ruang					
	RK 2.2	RK 2.3	RK 2.5	RK 4.2	RK 4.3	RK 4.5
Observasi	1-4 Februari 2018					
Pengukuran Eksisting	12 Mei 2018					
	Pagi 08.00-08.11 Siang 12.00-12.10 Sore 15.00-15.12	Pagi 08.13-08.21 Siang 12.10-12.20 Sore 15.12-15.22	Pagi 08.21-08.25 Siang 12.20-12.30 Sore 15.22-15.32	Pagi 08.25-08.40 Siang 12.35-12.45 Sore 15.32-15.45	Pagi 08.40-08.42 Siang 12.45-12.55 Sore 15.45-15.55	Pagi 08.42-09.02 Siang 12.55-13.05 Sore 15.55-16.05
	14 Mei 2018					
Kuesioner	08.00-08.30	08.30-08.45	08.00-08.30	08.45-09.20	08.45-09.20	08.30-08.45

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan studi evaluasi terhadap tingkat pencahayaan enam ruang kuliah di Gedung baru Teknik Pengairan. Metode yang digunakan eksperimental dengan analisis deskriptif kuantitatif. Evaluasi terhadap tingkat pencahayaan keenam ruang sampel

dengan melakukan pengukuran dan membandingkan hasil pengukuran dengan SNI 03-6197-2000 dan SNI 03-6575-2001. Pengukuran tingkat pencahayaan ruang sampel dengan menggunakan *Luxmeter*. Evaluasi juga dilakukan terhadap kondisi pencahayaan di ruang sampel meliputi aspek fisik bangunan dan respon subjektif pengguna ruang.

Metode eksperimental digunakan untuk mengidentifikasi penyebab dan akibat hubungan antara dua variabel atau lebih serta menilai akibat dari yang dihasilkan (Lavrakas, 2008). Eksperimen tersebut menggunakan *software* Dialux 4.13 untuk mengetahui layout distribusi tingkat pencahayaan ruang sampel. Eksperimental juga digunakan untuk validasi tingkat *eror/relative error* antara pengukuran lapangan dan simulasi *Software*, Hal itu dilakukan agar menghasilkan data yang valid dengan hasil pengukuran lapangan.

Selain itu metode kuesioner juga digunakan untuk mengetahui secara langsung respon subjektif terhadap kondisi pencahayaan di ruang sampel. Kemudian analisis deskriptif data dilakukan untuk membandingkan hasil pengukuran kondisi fisik keenam ruang sampel dan keluhan/rasa nyaman yang dirasakan oleh pengguna dan pendapat pengguna ruang terhadap kondisi pencahayaan keenam ruang tersebut. Jumlah mahasiswa pengguna diambil 15-25 orang dari setiap ruang kuliah.

Langkah selanjutnya menganalisa kedua hasil data secara subjektif dan objektif mengenai hasil evaluasi dan teori. Setelah melakukan analisa permasalahan objek penelitian, hasil dari kriteria nantinya digunakan sebagai dasar dalam perancangan rekomendasi dari tema penelitian.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan studi dilakukan secara berurutan mulai dari indentifikasi masalah hingga memunculkan rekomendasi desain. Tahapan studi tersebut antara lain:

3.3.1 Identifikasi masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk menentukan hipotesis. Hal ini dilakukan untuk memperkuat latar belakang yang ada. Pada penelitian ini hipotesis yang ditemukan adalah intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah Gedung baru Teknik Pengairan yang belum merata untuk mencapai kenyamanan visual dengan ruang kuliah yang memiliki orientasi, ketinggian, letak dan sisi ruang dalam bangunan yang berbeda.

3.3.2 Pengumpulan data

Data yang terkumpul diklarifikasikan ke dalam dua jenis yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan fakta empirik yang terjadi di lapangan dan diperoleh secara langsung melalui observasi lapangan. Pada penelitian ini data primer diperoleh melalui pengukuran observasi lapangan secara langsung berupa pengamatan dimensi ruang serta bukaan pencahayaan alami dan pembayang matahari, dan pengukuran langsung intensitas pencahayaan alami pada Gedung baru Teknik Pengairan.

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber literatur yang mencakup teori-teori yang berkaitan dengan penjelasan dan solusi permasalahan. Selanjutnya data yang terkumpul diolah dan dianalisa lebih lanjut hingga menghasilkan sintesa untuk memperoleh kejelasan tentang permasalahan.

3.3.3 Simulasi

Simulasi dilakukan sebagai proses validasi data yang diperoleh melalui pengukuran lapangan dengan *software* digital *DIALux 4.13*. Data yang dimasukkan adalah lokasi, waktu pengukuran langsung lapangan, serta denah ruang sampel setiap lantai pada Gedung baru Teknik Pengairan. Hasil Simulasi berupa intensitas cahaya matahari, faktor pencahayaan alami, dan kontur penyebaran cahaya dalam ruangan.

3.3.4 Analisis

Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis deskriptif kuantitatif, dimana kegiatan analisis data terkait objek penelitian dituliskan dalam bentuk narasi dan simulasi objek melalui *software DIALux 4.13*. Analisis data juga dilakukan untuk menunjukkan hasil respon subjektif pengguna ruang terhadap kondisi pencahayaan eksisting. Pada penelitian ini analisis dilakukan dengan membandingkan data secara kuantitatif.

Data yang dibandingkan merupakan hasil pengukuran eksisting dan hasil pengukuran melalui simulasi digital untuk selanjutnya dilakukan tahap evaluasi. Parameter yang digunakan dalam menganalisis kondisi eksisting adalah intensitas cahaya matahari dalam ruangan dengan rentang 250 lux – 550 lux.

3.3.5 Evaluasi

Evaluasi perlu dilakukan dalam rangka mendukung hipotesis awal yang telah dirumuskan dan mendapatkan gambaran umum tentang kondisi eksisting gedung sebagai objek penelitian. Evaluasi dilakukan dan difokuskan untuk mengetahui pengaruh tingkat intensitas cahaya matahari terhadap sampel terkait dengan kondisi kenyamanan visualnya.

Tahap evaluasi dilakukan dengan penilaian kinerja elemen bukaan/jendela yang ada pada Gedung baru Teknik Pengairan terhadap persebaran pencahayaan alami. Penilaian tersebut didapatkan dari hasil analisis data yang kemudian diproses lagi pada tahap evaluasi untuk menguatkan hipotesis awal mengenai jendela pencahayaan alami dan pembayang matahari yang ada pada Gedung baru Teknik Pengairan.

3.3.6 Sintesis

Sintesis merupakan solusi dari permasalahan. Sintesis yang diperoleh pada penelitian ini berupa kriteria desain elemen bukaan/jendela terkait dengan pencahayaan alami dengan lingkup desain bukaan pencahayaan alami serta pembayang matahari yang efektif untuk ruang-ruang sampel pada Gedung baru Teknik Pengairan. Tahap sintesis akan menghasilkan beberapa alternatif desain sebagai rekomendasi. Alternatif desain yang dihasilkan akan disimulasikan dengan *DIALux 4.13*.

3.3.7 Kesimpulan dan saran

Tahap ini menyimpulkan kondisi eksisting elemen bukaan/jendela pada ruang sampel Gedung baru teknik Pengairan dan kondisi pencahayaan alaminya. Tahap ini juga menjelaskan strategi pengolahan elemen bukaan/jendela agar dapat memanfaatkan pencahayaan alami yang sesuai. Saran yang diberikan merupakan masukan untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya dengan tema yang sama yaitu mengenai kenyamanan visual.

3.4 Variabel

Tabel 3.2 variabel penelitian

Jenis variabel	Variabel	Sub variabel
Variabel bebas	1. Jendela dan bukaan	Jenis dan letak Ukuran dan dimensi Material
	2. Pembayang dan Penyaringan	Jenis dan letak Ukuran dan dimensi Material
	3. Material & warna	Bahan dan material Tingkat reflektansi
Variabel terikat	1. Tingkat pencahayaan (lux)	
	2. Kemerataan pencahayaan	

3.5 Metode dan Instrumen Pengumpulan Data

Terdapat beberapa tahapan metode yang dilakukan dalam pengumpulan data pada penelitian ini yaitu tahap observasi, dokumentasi, wawancara, pengukuran lapangan, dan simulasi yang masing – masing memiliki instrumen penelitian yang berbeda untuk menunjang pengumpulan data tersebut.

3.5.1 Data Primer

Data primer terdiri dari observasi, pengukuran lapangan, kuesioner dan dokumentasi yang memiliki informasi dan kegunaan yang berbeda-beda antara lain :

Tabel 3.3 data primer

No.	Jenis Survei Primer	Sumber Data Primer	Data/Informasi yang Didapat	Kegunaan
1	Observasi	Pengamatan langsung objek penelitian.	Perbandingan luas permukaan dinding dan bukaan secara kasar, material yang digunakan.	Sebagai dasar dalam identifikasi kualitas visual
2.	Pengukuran Lapangan	Pengukuran intensitas cahaya yang masuk pada titik ukur.	Intensitas cahaya pada tiap titik ukur	Sebagai dasar dalam identifikasi data kuantitatif tingkat pencahayaan ruang kuliah
3	Kuesioner	Mahasiswa/I, Dosen, OB	Presepsi kenyamanan visual pengguna.	Sebagai dasar dalam identifikasi data kualitatif tingkat pencahayaan ruang kuliah
4	Dokumentasi		Foto yang berkaitan dengan kondisi eksisting objek penelitian	Menginformasikan dan mendeskripsikan kondisi eksisting objek penelitian

3.4.2 Data Sekunder

Merupakan data penunjang data primer, terdiri dari data gedung penelitian, literatur dan data lain yang terkait dengan kenyamanan visual.

Tabel 3.4 data sekunder

	Sumber Data Sekunder	Data yang Dibutuhkan	Kegunaan
1	Data gedung kuliah	Gambar kerja gedung kuliah	Sebagai data dasar dalam analisis pencahayaan saat menggunakan simulasi
2.	Data yang mendukung kenyamanan visual	Teori, kriteria dan standar pencahayaan	Sebagai dasar dalam menganalisis yang mengacu pada teori, kriteria dan standar yang ada.



3.5 Analisis Data

Teknik analisis data pada penelitian ini adalah analisis deskriptif, data yang diperoleh dianalisis dengan cara menghitung tingkat intensitas pencahayaan alami di ruang kuliah Gedung baru Teknik Pengairan pada interval waktu pukul 08.00-09.00 WIB (pagi), 12.00-13.00 WIB (siang) dan 15.00-16.00 WIB (sore).

3.5.1 Analisis Visual

Analisis yang menjabarkan orientasi ruang, bentuk ruang, serta dimensi ruang. Selain itu, perbandingan rasio bukaan terhadap luas dinding juga perlu diperhatikan. Definisi bukaan menyangkup jenis, dimensi, orientasi dan jarak antar unit bukaan yang digunakan pada ruang kuliah yang diteliti.

3.5.2 Analisis Pengukuran

Analisis yang menjabarkan luas ruang kuliah yang diteliti serta menginformasikan distribusi kedalaman cahaya terjauh yang berasal dari bukaan. Pengukuran pencahayaan alami di ruang kuliah Gedung baru Teknik Pengairan dilakukan pada interval waktu pukul 08.00 – 16.00 dengan acuan SNI 16-7062-2004 sebagai penentuan titik ukur ruang kuliah.

3.5.3 Analisis Validasi

Analisis yang menjabarkan keakuratan/*relative error* ruang *sample* melalui bantuan *software*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara kondisi eksisting dengan simulasi *software*. Simulasi *software* dilakukan dengan membandingkan tingkat pencahayaan dengan pengukuran langsung, sehingga dapat mengetahui tingkat keakuratan/*relative error* distribusi cahaya eksisting dan simulasi *software*.

3.5.3.1 *Relative Error* dan Terang Langit

Relative error dilakukan untuk mengetahui persentase tingkat akurasi antara intensitas cahaya saat pengukuran eksisting dengan intensitas cahaya simulasi *software*. Selain itu persentase faktor terang langit juga perlu diketahui, dimana terang langit merupakan sumber cahaya matahari yang terhamburkan oleh atmosfer yang diambil sebagai dasar untuk penentuan syarat-syarat mengenai penerangan alami siang hari. Berikut merupakan rumus untuk menghitung persentase *relative error* dan faktor terang langit :

$$\text{Relative error} = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

A : Eksisting
B : Simulasi

..... Rumus R1

$$\text{Faktor langit} = \frac{\text{indoor}}{\text{outdoor}} \times 100\%$$

Indoor : Intensitas dalam ruang
Outdoor : Intensitas luar ruang

..... Rumus R2

3.5.4 Analisis Simulasi

Analisis yang menjabarkan mengenai hasil uji simulasi menggunakan *software DiaLux 4.13* pada hari dilakukannya pengukuran lapangan. Pengukuran dilakukan pada ketinggian 75 cm di atas permukaan lantai ruang yang diteliti dan membuat beberapa alternatif desain, dipilih satu untuk menjadi rekomendasi desain berdasarkan hasil simulasi yang dapat memenuhi kebutuhan pencahayaan berdasarkan aktivitas di dalamnya serta pencahayaan dapat merata di dalam ruang.

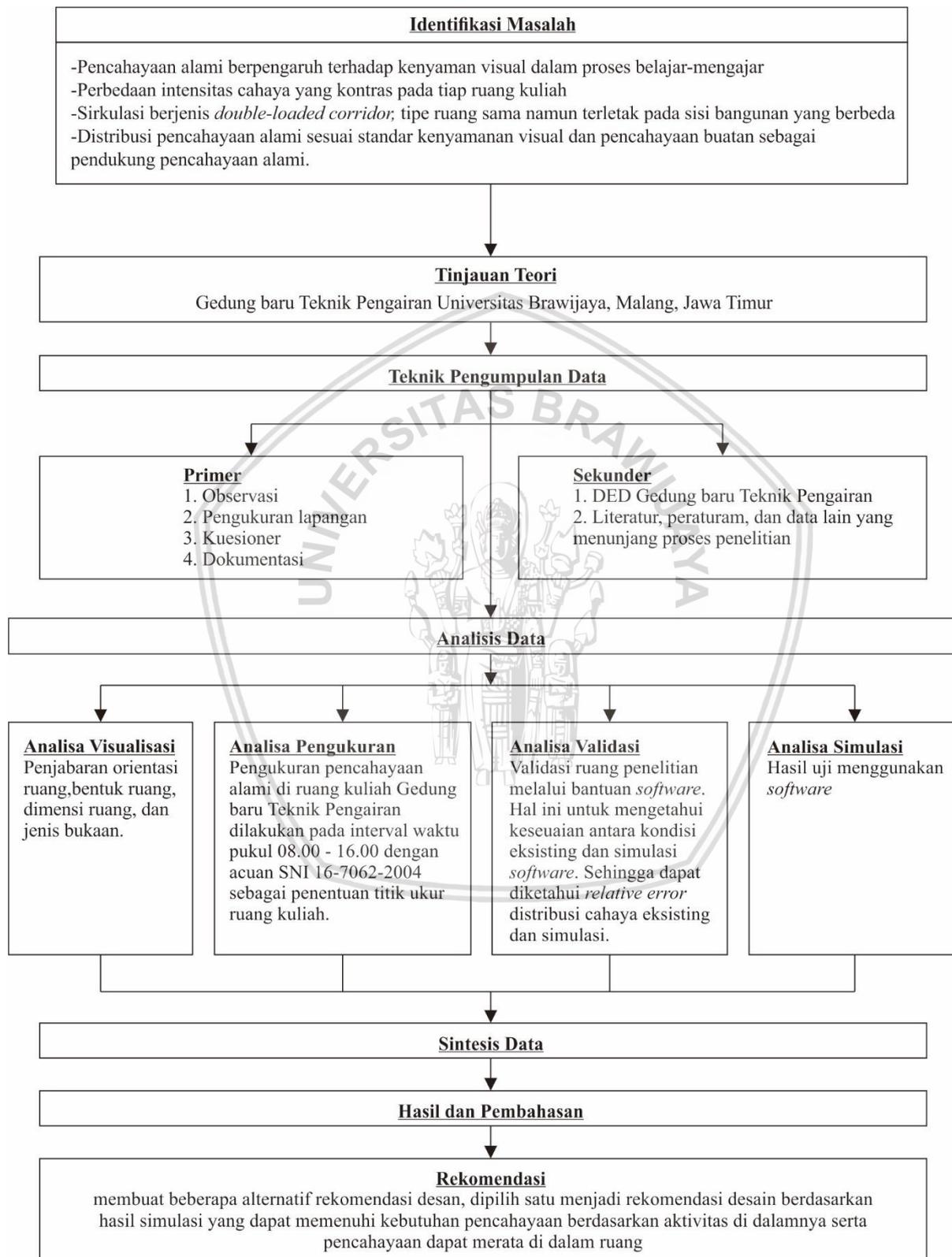
3.5.4.1 Persentase Kinerja

Hasil kerja secara kualitas dan kuantitas yang diperoleh masing-masing alternatif rekomendasi desain dalam penerapan fungsinya. Hal ini perlu dilakukan untuk mencari rekomendasi terbaik dari masing-masing alternatif.

3.5.4.2 Kemerataan Distribusi Cahaya

Keseragaman atau *Uniformity* merupakan fitur penting dari pencahayaan di lingkungan kerja. Dalam rumus di atas Emin merupakan nilai terendah dari hasil pengukuran sedangkan Eaverage adalah hasil rata-rata dari pengukuran. Penerangan minimum harus sesuai dengan pencahayaan yang direkomendasikan sebagaimana didefinisikan dalam kode nasional praktek. Keseragaman sebagai diciptakan oleh skema pencahayaan umum harus lebih baik, nilai diantara 0.6 – 0.8 dengan nilai 0.6 (baik), 0.7 (sangat baik), dan 0.8 (sempurna) masing-masing sesuai dengan DIN norma dan pedoman Inggris CIBSE Jerman.

3.6 Kerangka Metode



Gambar 3.5 Kerangka metode



BAB IV

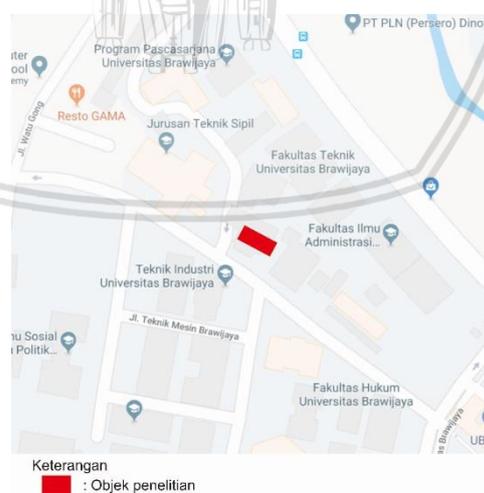
PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting

4.1.1 Lokasi dan Luas tapak

Gedung baru Teknik Pengairan (GBTP) adalah gedung dengan alokasi fungsi laboratorium, gedung perkuliahan, dan administrasi. Lokasinya terletak diantara Gedung lama Teknik Pengairan dan Gedung baru Teknik Industri dengan koordinat $7^{\circ}56'57.7''S$ $112^{\circ}36'48.1''E$. Pembangunan GBTP tidak lepas dari kebutuhan dan fasilitas FT-UB untuk menampung mahasiswa teknik pengairan yang jumlahnya semakin besar tiap tahunnya.

Pembangunan GBTP ini merupakan program kegiatan FT-UB dalam rangka menyiapkan dan menyempurnakan sarana prasarana pembelajaran khususnya Jurusan Teknik Pengairan. GBTP dibangun di atas lahan seluas 500 m^2 yang terdiri dari 6 tingkat, 1 lantai dasar berupa *basement* untuk laboratorium sungai, 2 lantai untuk kegiatan administrasi, dan 3 lantai untuk ruang perkuliahan.



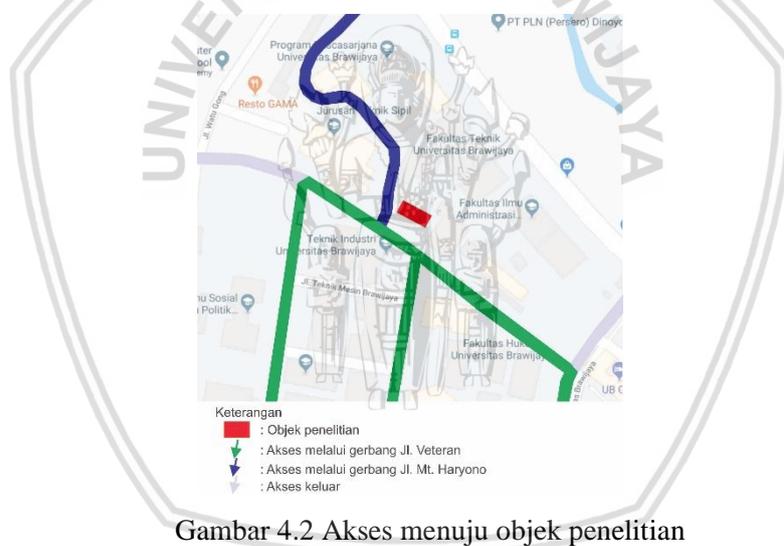
Gambar 4.1 Site objek penelitian

Gedung baru Teknik Pengairan berbentuk dasar persegi panjang (balok) dengan orientasi timur - barat dengan kemiringan 30° pada orientasi timur laut - barat daya. Hal ini mengakibatkan sisi terpendek dengan bukaan yang relatif lebar

mendapatkan intensitas radiasi matahari yang tinggi akibat menghadap ke arah barat-timur, sedangkan untuk sisi terpanjang dengan jumlah bukaan yang relatif banyak menghadap utara-selatan dapat menyebabkan potensi distribusi cahaya matahari yang masuk tidak merata.

4.1.2 Sirkulasi dan Aksesibilitas

Gedung baru Teknik Pengairan dapat diakses melalui gerbang utama Universitas Brawijaya di Jl. Veteran dengan jalur gerbang veteran — Jl. Universitas Brawijaya — Jl. Fakultas Teknik UB — GBTP, melalui gerbang KPRI di Jl. Mt. Haryono dengan jalur gerbang KPRI — Jl. Gerbang UB MT. Haryono — GBTP, dan melalui gerbang panjaitan di Jl. Panjaitan dengan jalur gerbang panjaitan — Jl. Samantha Krida — Jl. Universitas Brawijaya — Jl. Fakultas Teknik UB — GBTP.



Gambar 4.2 Akses menuju objek penelitian

4.1.3 Lingkungan

Dalam skala kawasan, lokasi Gedung baru Teknik Pengairan berada di area fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Gedung ini memanjang orientasi timur – barat dan berbatasan dengan :

1. Sisi Utara (kuning) berbatasan dengan Gedung lama Teknik Pengairan
2. Sisi Timur (biru) berbatasan dengan Gedung Fakultas Ilmu Administrasi
3. Sisi Barat (merah) berbatasan dengan Gedung Kemahasiswaan dan Kantin Biru
4. Sisi Selatan (ungu) berbatasan dengan Gedung baru Teknik Industri

Vegetasi pada GBTP berupa pohon palem, trembesi, dan beberapa tanaman perdu yang menghiasi area taman. Ukuran ketinggian vegetasi sekitar bangunan mencapai ketinggian 8 meter sehingga bangunan tidak terbayangi.



Gambar 4.2 Lingkungan sekitar objek penelitian

4.1.4 Iklim

Iklim merupakan aspek penting yang berpengaruh pada kondisi lingkungan visual dan pencahayaan alami yang berkaitan dengan tingkat kenyamanan manusia. Kota Malang beriklim tropis lembab dengan intensitas radiasi matahari, kelembaban udara, dan temperatur udara yang relatif tinggi dengan kondisi terang langit cenderung berawan, berbagai aspek tersebut dapat mempengaruhi kondisi dalam maupun luar bangunan.

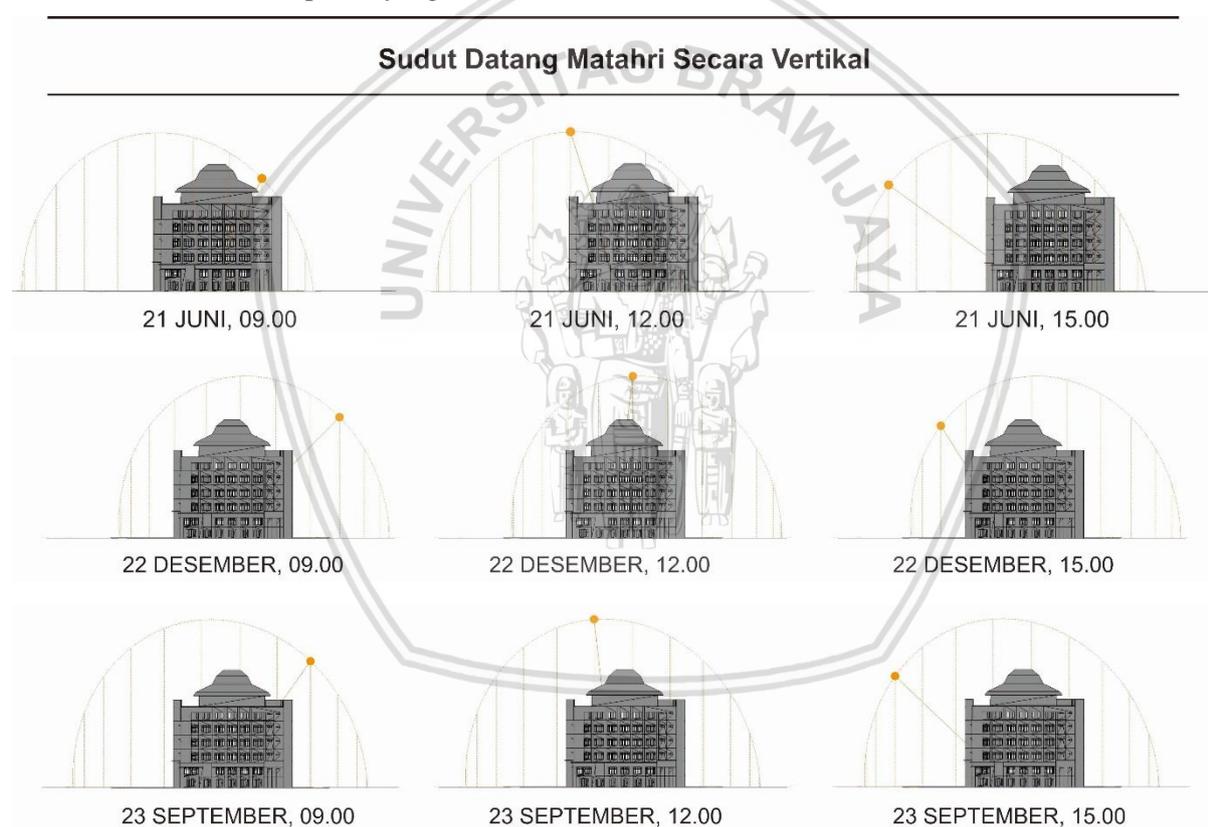
Kota Malang berada di daratan tinggi yang dikelilingi oleh pegunungan berada di ketinggian antara 440-667 mdpl. Hal ini menyebabkan temperatur atau suhu udara relatif dingin, sejuk dan nyaman. Namun karena adanya pemanasan global dan keadaan kota yang semakin padat, suhu menjadi semakin meningkat terutama di pusat kota seperti Universitas Brawijaya.

A. Radiasi Matahari

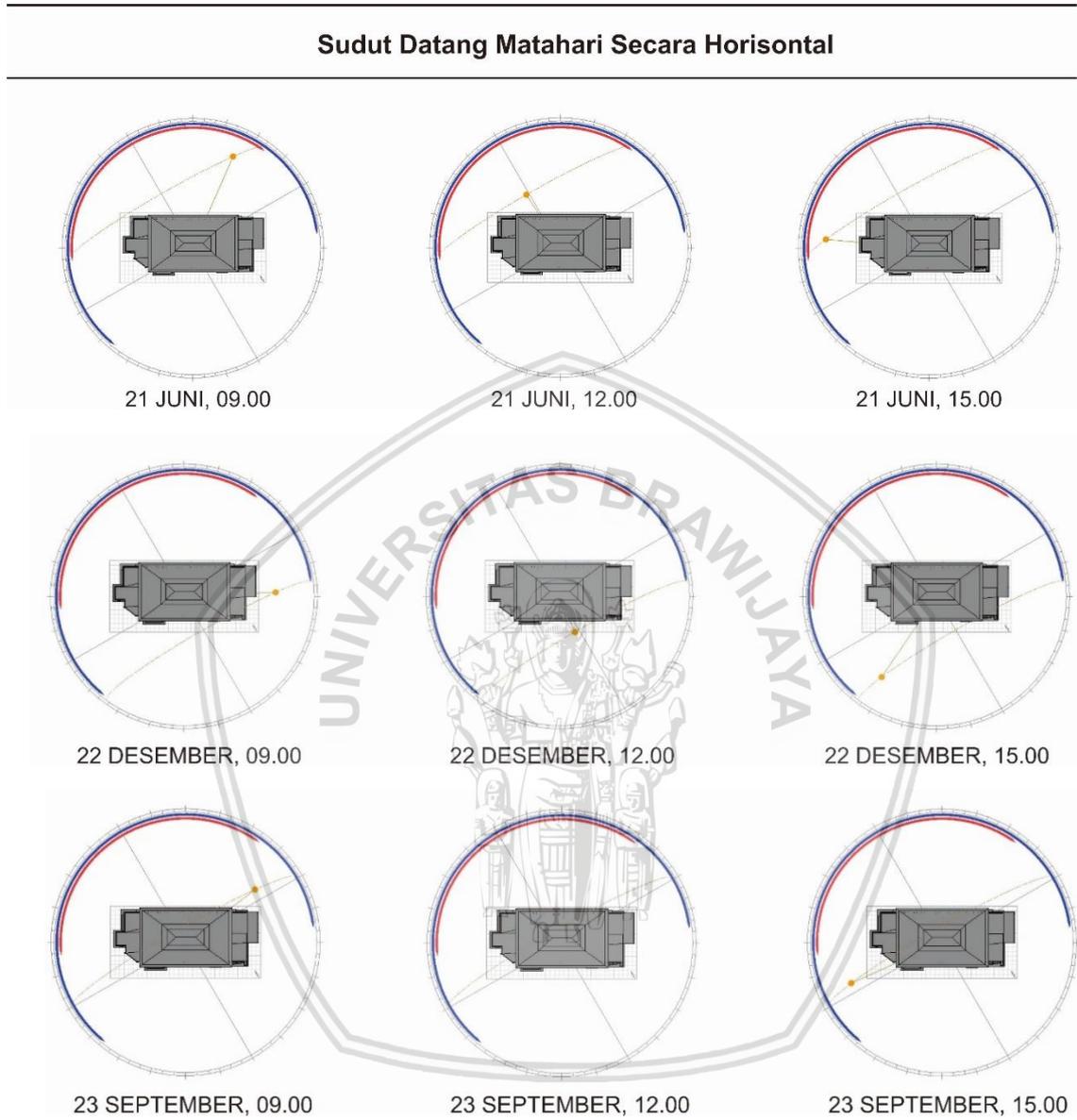
Gedung baru Teknik Pengairan dikelilingi bangunan yang relatif tinggi (*middle rise building*) sehingga terdapat area yang sedikit tidak terpapar sinar matahari saat pada kurun waktu tertentu. Beberapa area yang tidak terpapar antara lain adalah laboratorium sungai yang terletak di lantai dasar *basement* dan lantai 2 yang digunakan untuk ruang perkuliahan dan administrasi. Dengan kondisi gedung

yang cukup tinggi, maka lantai bagian atas 3-6 mendapat paparan sinar matahari. Hal dapat menyebabkan intensitas cahaya maupun radiasi yang masuk ke dalam gedung terlalu tinggi dan mengakibatkan ketidaknyamanan beraktivitas di dalam gedung. Selain itu Gedung baru Teknik Pengairan akan membayangi bangunan-bangunan lain disekitarnya. Dalam memvisualisasikan kondisi tersebut diperlukan analisis menggunakan *sunpath* diagram. Selain itu *sunpath* diagram juga bertujuan untuk memvisualisaikan perbedaan penyinaran dan pembayangan yang terjadi sepanjang tahun dengan acuan garis ekuator terhadap matahari.

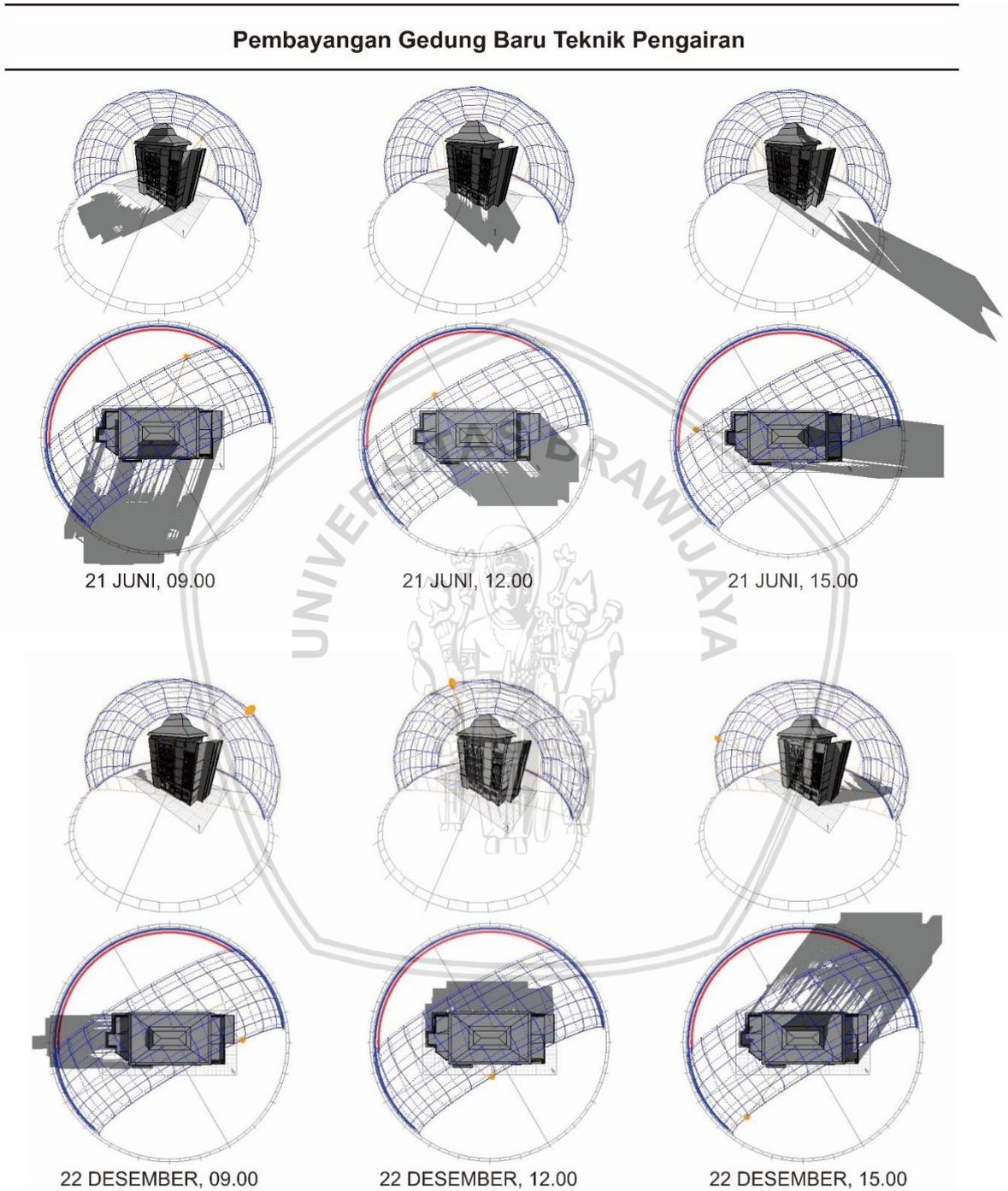
Tabel 4.1 Analisis sudut pembayangan matahari vertikal

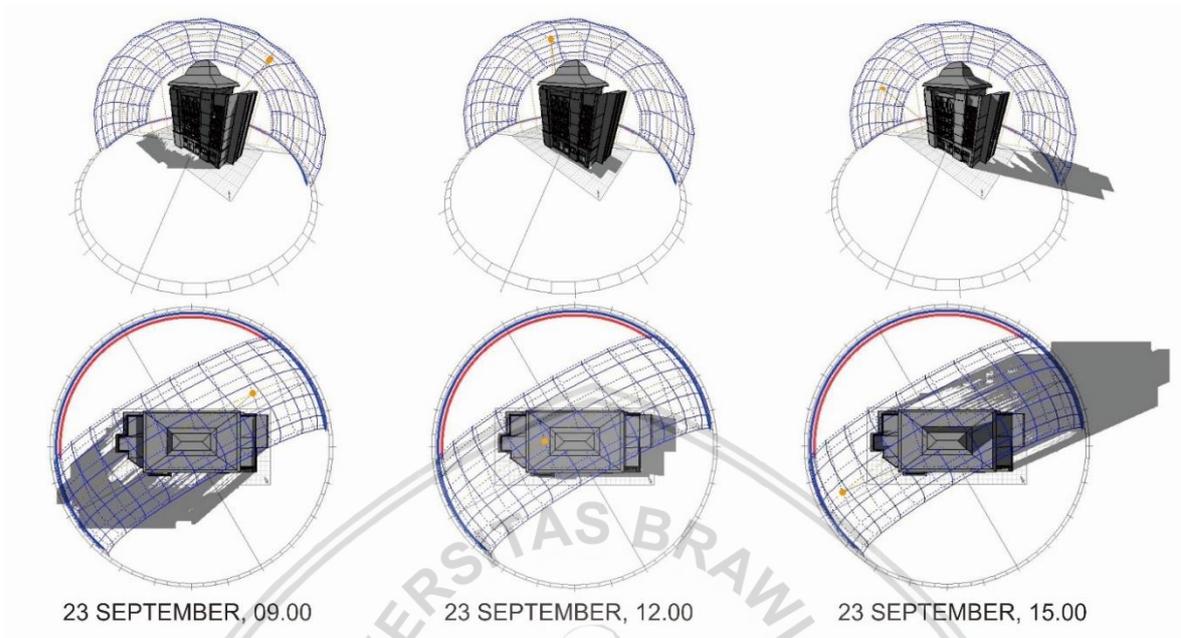


Tabel 4.2 Analisis sudut pembayangan matahari horisontal



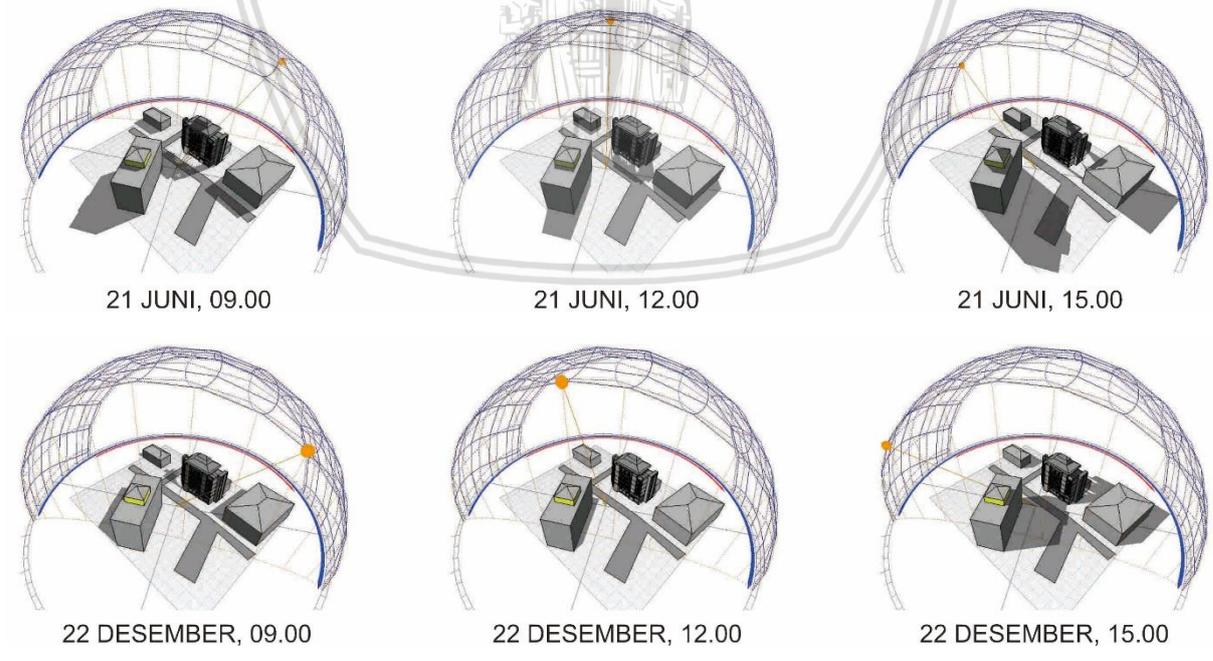
Tabel 4.3 Analisis pembayangan GBTP

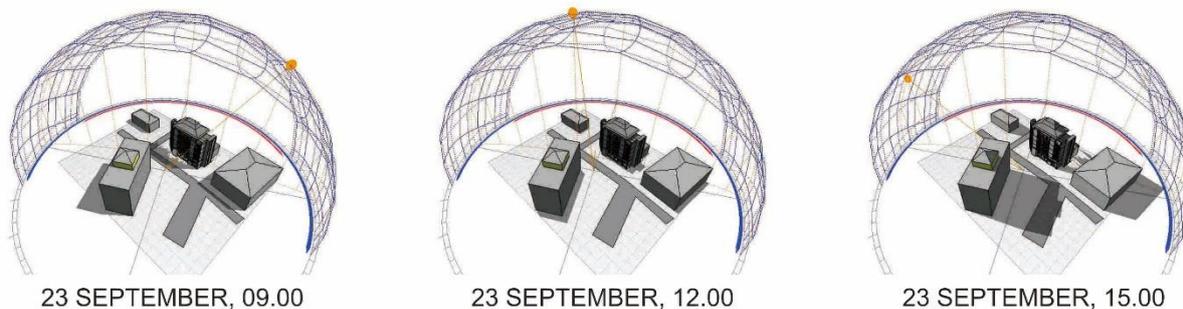




Tabel 4.4 Analisis pembayang GBTP terhadap bangunan sekitar

Pembayangan Gedung Baru Teknik Pengairan Terhadap Bangunan Sekitar





Analisis pembayangan pada gedung sekitar Gedung baru Teknik Pengairan menunjukkan bahwa area yang terbayangi dalam kurun waktu selama setahun di pagi hari berada di bagian sisi barat fasad gedung. Pada sisi bagian timur Gedung baru Teknik Pengairan hanya terbayangi dibagian lantai satu yang disebabkan oleh Gedung lama Teknik Pengairan. Saat siang dan sore hari bagian yang terbayangi dalam kurun waktu selama setahun berada dibagian fasad barat dan selatan. Berdasarkan visualisasi di atas, terlihat bahwa bagian timur dan barat sering terpapar sinar matahari langsung yang akan berpengaruh terhadap tingkat kenyamanan ruang dalam objek penelitian.

B. Kelembaban dan Suhu Udara

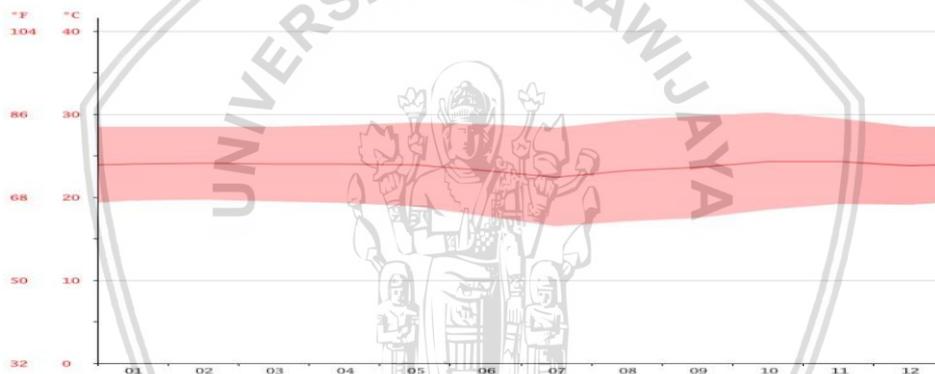
Suhu maksimum Kota Malang mencapai $32,7^{\circ}\text{C}$ dan suhu minimum $18,4^{\circ}\text{C}$. Kelembaban udara maksimum sebesar 99% dan minimum sebesar 40% dengan persentase rata-rata kelembaban udara sebesar 78% – 86%. Pertimbangan orientasi bangunan terhadap sudut datang matahari dan arah angin merupakan salah satu upaya dalam mencapai kenyamanan thermal dalam gedung. Hal tersebut perlu disesuaikan agar suhu nyaman thermal berada pada rentang suhu $22,8^{\circ}\text{C}$ – $25,8^{\circ}\text{C}$ dengan upaya persentase kelembaban sebesar 70% yang bertujuan untuk menghindari pengkondisian udara buatan berlebih.

Tabel 4.5 Suhu udara Kota Malang

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Avg. Temperature (°C)	24	24.1	24	24	23.9	23.2	22.4	23.2	23.6	24.3	24.3	23.8
Min. Temperature (°C)	19.6	19.7	19.5	19.3	18.9	17.7	16.5	17.1	17.5	18.5	19.2	19.1
Max. Temperature (°C)	28.5	28.5	28.5	28.7	29	28.8	28.4	29.3	29.8	30.2	29.5	28.5
Avg. Temperature (°F)	75.2	75.4	75.2	75.2	75.0	73.8	72.3	73.8	74.5	75.7	75.7	74.8
Min. Temperature (°F)	67.3	67.5	67.1	66.7	66.0	63.9	61.7	62.8	63.5	65.3	66.6	66.4
Max. Temperature (°F)	83.3	83.3	83.3	83.7	84.2	83.8	83.1	84.7	85.6	86.4	85.1	83.3
Precipitation / Rainfall (mm)	334	307	292	173	132	77	47	26	43	106	225	326

Sumber: www.bmkg.go.id

Terdapat perbedaan dalam 308 mm dari presipitasi antara bulan terkering dan bulan terbasah. Suhu rata-rata bervariasi sepanjang tahun menurut 1.9 °C.



Gambar 4.3 Grafik bulan kering & basah
Sumber: www.bmkg.go.id

Oktober adalah bulan terhangat sepanjang tahun. Suhu di Oktober rata-rata 24.3 °C. Di Juli, suhu rata-rata adalah 22.4 °C. Ini adalah suhu rata-rata terendah sepanjang tahun.

C. Curah Hujan

Hasil pengamatan Stasiun Klimatologi Karangploso, curah hujan relatif tinggi terjadi pada bulan Februari, November, dan Desember. Sedangkan pada bulan Juni dan september relatif rendah. Curah hujan maksimum yang pernah terjadi sebesar 2,71 mm dan minimum yang pernah terjadi 2,31 mm.

D. Kecepatan dan Arah Angin

Pada bulan Oktober – April angin bersifat basah/penghujan berhembus dari arah barat laut dan pada bulan April – Oktober angin bersifat kering/kemarau berhembus dari arah tenggara. Kecepatan angin maksimum terjadi di bulan November.

Tabel 4.6 Kecepatan dan arah angin

Bulan	Kecepatan Angin (Km/Jam)	
	Maksimum	Rata-rata
Januari	16/250	3.9
Februari	20/250	3.9
Maret	11/30	4.6
April	9/70	4.3
Mei	11/30	4.5
Juni	10/70	4.3
Juli	11/160	3.6
Agustus	15/45	4.7
September	43/45	4.8
Oktober	61/45	5.5
November	34/45	9.2
Desember	34/45	2.9

Sumber: www.bmkg.go.id

4.2 Selubung Bangunan GBTP

Tingkat kenyamanan visual diukur berdasarkan kesesuaiannya dengan standar kenyamanan yang berlaku agar dapat mendapatkan tingkat kenyamanan visual yang optimal. Selubung bangunan merupakan elemen yang berperan penting dalam mencapai kenyamanan visual dalam bangunan (Mangunwijaya, 2000). Beberapa komponen penting yang memberi pengaruh terhadap tercapainya kenyamanan visual antara lain:

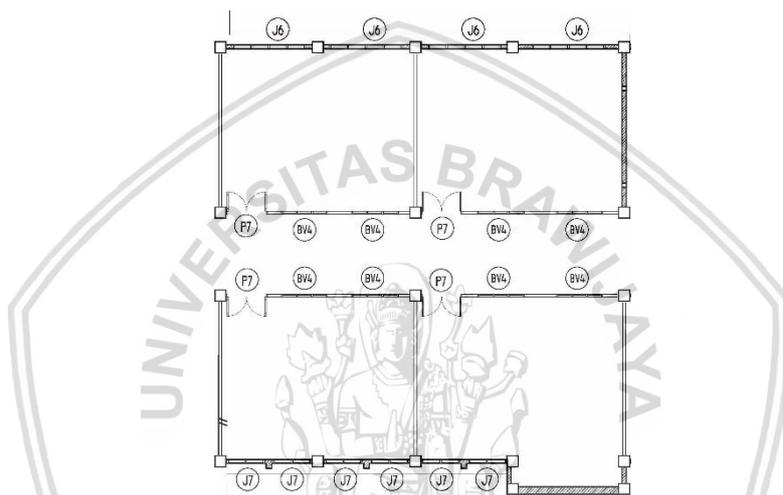
- a. Bukaan/jendela
- b. Pembayang dan penyaringan
- c. Bahan/material
- d. Warna

4.2.1 Bukaan/ jendela

Sebagian besar bukaan yang digunakan pada Gedung baru Teknik Pengairan memiliki jenis, dimensi, dan material yang sama. Bukaan bertipe *top hung* (jendela jungkit bawah) rata-rata memiliki dimensi sebesar 60 cm x 190 cm, kusen berbahan aluminium

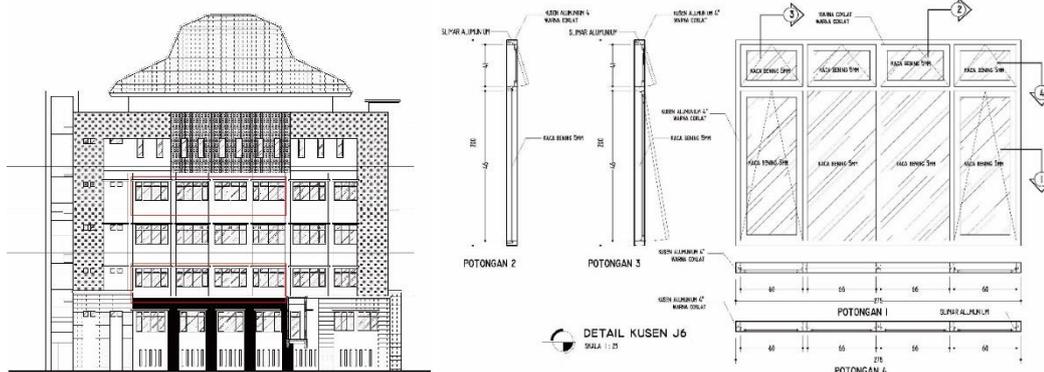
dengan tebal 4.5 cm, dengan kaca transparan setebal 5 mm untuk jendela yang dapat dibuka. Sedangkan untuk *fixed window* (jendela mati) memiliki dimensi rata-rata 60-75 cm x 190 cm.

Pada bagian ruang *sample* objek penelitian yang akan diteliti khususnya ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5 di lantai 2 dan ruang kuliah 4.2, 4.3, 4.5 di lantai 4, kondisi eksisting jenis, dimensi, material dan tipe bukaan telah sesuai dengan gambar perencanaan sehingga dapat divisualisasikan menggunakan *keyplan* berikut :



Gambar 4.4 Keyplan rencana kusen objek penelitian

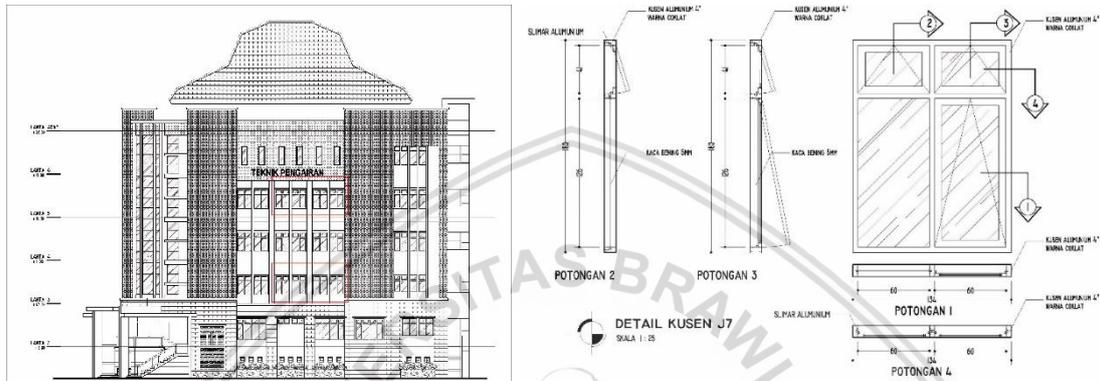
Bukaan pada ruang *sample* objek penelitian di ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, dan 4.3 menggunakan jenis dan tipe kusen jendela J6. Kusen jendela J6 memiliki dimensi sebesar 275 cm x 200 cm yang terdiri dari dua jendela bertipe *top hung* berukuran 60 cm x 200 cm pada sisi kanan dan kiri kusen jendela dan dua jendela bertipe *fixed window* berukuran 137 cm x 200 cm pada bagian tengah kusen jendela.



Gambar 4.5 Tampak timur laut dan detail kusen jendela tipe J6

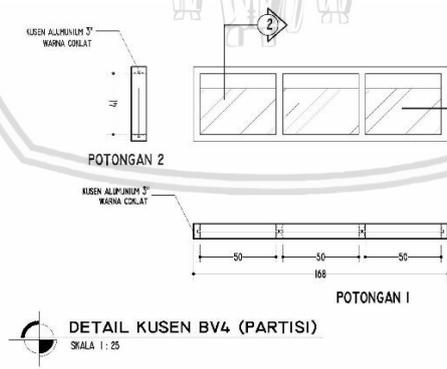


Sementara bukaan pada ruang *sample* objek penelitian di ruang kuliah 2.5 dan 4.5 menggunakan jenis dan tipe kusen jendela J7. Kusen jendela J7 memiliki dimensi yang relatif lebih kecil dari J6 yaitu sebesar 135 cm x 180 cm yang terdiri dari satu jendela bertipe *top hung* berukuran 60 cm x 180 cm dan satu jendela bertipe *fixed window* berukuran 60 cm x 180 cm.



Gambar 4.6 Tampak barat daya detail kusen jendela tipe J7

Pada dinding yang berbatasan dengan sirkulasi utama gedung, semua ruang *sample* objek penelitian memiliki bukaan berupa bouven bertipe BV4 yang berdimensi 168 cm x 41 cm terdiri dari 3 bouven yang berukuran 50 cm x 41 cm. Selain untuk mendistribusikan cahaya bouven ini juga berguna sebagai lubang penghawaan dalam gedung.



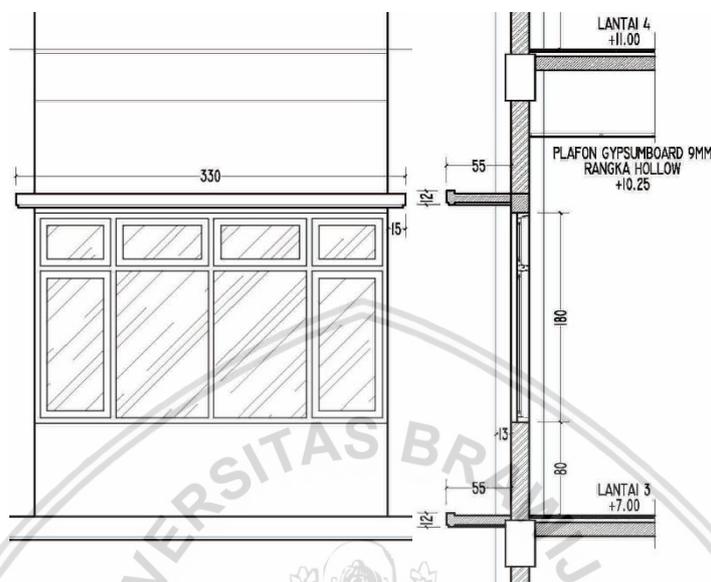
Gambar 4.7 Detail bouven BV4

4.2.2 Pembayang (*shading device*) dan Penyarangan (*sun breaker*)

Pada Gedung baru Teknik Pengairan, semua bukaan memiliki pembayang. Pembayang tersebut memiliki ketebalan 12 cm, lebar 55 cm dengan panjang yang menyesuaikan ukuran tiap jendela. Akan tetapi pembayang tersebut tidak mampu menghalangi sinar matahari langsung secara optimal, sehingga sinar matahari langsung



dapat masuk ke dalam ruangan melalui jendela. Berikut visualisasi pembayang eksisting terhadap sinar matahari langsung :

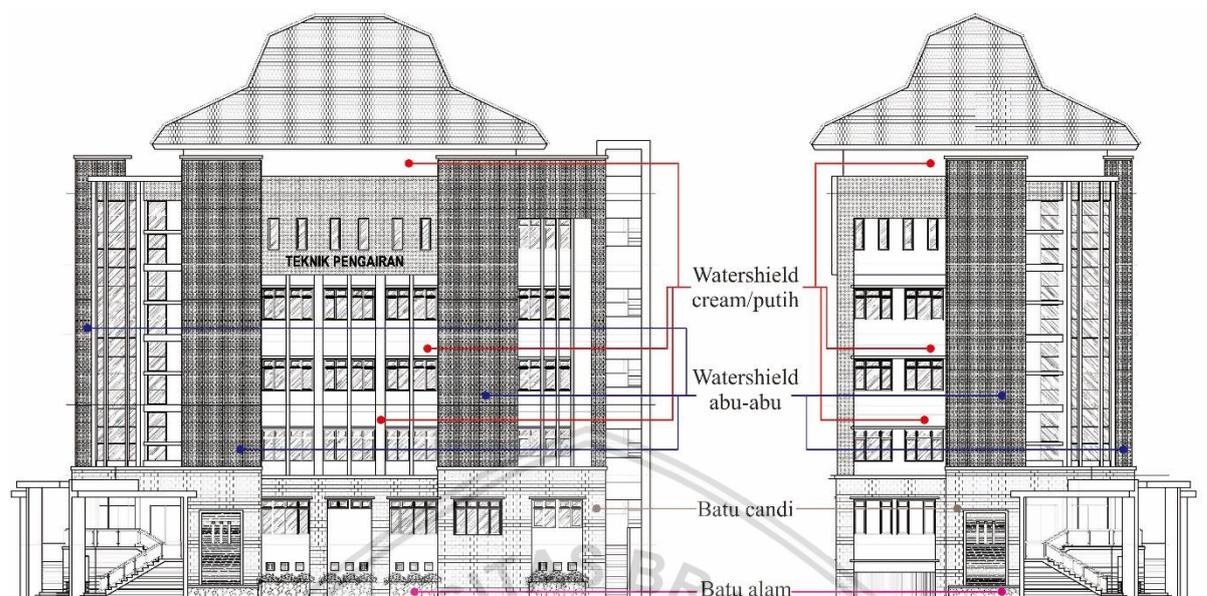


Gambar 4.8 Detail rancangan *shading devices* eksisting

Selain menggunakan pembayang, penyangran juga dapat digunakan untuk mengurangi intensitas matahari yang tinggi serta mengurangi silau (*glare*). Penyangran atau sun breaker merupakan pemecah sinar matahari yang berfungsi mengurangi panas dalam gedung dengan membelokkan sinar matahari. Elemen penyangran dapat berupa kisi-kisi, tirai vertikal, tirai horisontal, dan *eggcrate*. Pada Gedung baru Teknik Pengairan belum terdapat elemen penyangran.

4.2.3 Bahan/material

Bata ringan merupakan bahan dan material utama dinding Gedung baru Teknik Pengairan. Pada fasad bagian luar/eksterior dinding bata ringan didominasi dengan *finishing plester* yang dilapisi cat *watershield* berwarna abu-abu dan *cream*/putih. Sedangkan pada bagian *aksen* dinding eksterior di lantai 1 dan 2 *difinish* dengan batu candi dengan warna yang cenderung gelap pada dinding yang tidak memiliki bukaan, sedangkan warna *cream*/putih pada dinding yang memiliki bukaan. Railing tangga berbahan *stainless steel*. Kusen berbahan aluminium dengan ketebalan kaca rata-rata 5mm.



Gambar 4.9 Bahan dan material objek penelitian

4.2.4 Warna

Gedung Teknik Pengairan hampir semuanya memiliki karakter yang sama, baik gedung lama maupun baru terdapat penggunaan material alam pada *finishing* dinding eksteriornya. Bahan dan material tersebut adalah batu candi, cat berwarna cream/putih dan abu-abu.

4.3 Analisis Pencahayaan Alami GBTP

Pengukuran tingkat intensitas pencahayaan alami pada lantai 2 dan 4 Gedung baru Teknik Pengairan dilakukan di enam ruang yang berbeda dengan fungsi yang sama yaitu, ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5, 4.2, 4.3, dan 4.5. Letak ruang kuliah 2.2, 2.3, dan 2.5 berada di lantai 2 sedangkan ruang kuliah 4.2, 4.3, dan 4.5 berada di lantai 4. Keenam ruang memiliki luas ruang yang relatif sama namun berada pada sisi bangunan yang berbeda.



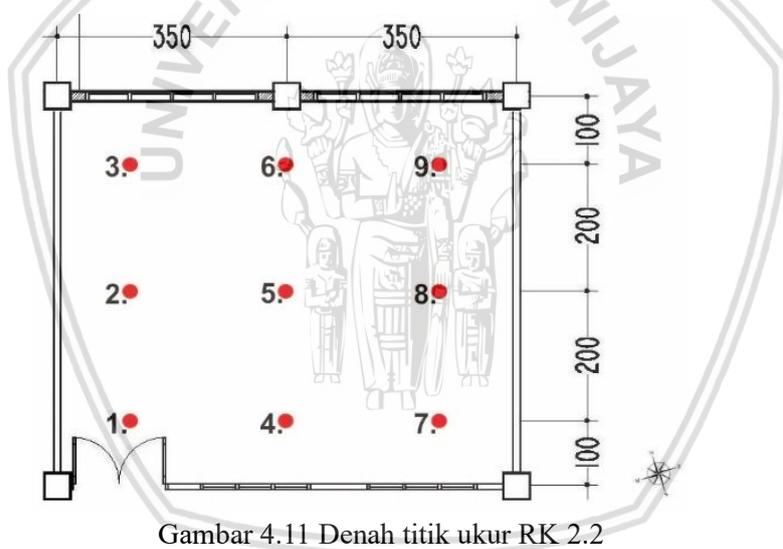
Gambar 4.10 Denah *sample* objek penelitian



Pengukuran intensitas cahaya dalam ruang penelitian menggunakan alat *luxmeter* Sanwa Mobiken Illuminance meter LX2. Pengukuran tiap ruang penelitian terdiri dari pengukuran tingkat pencahayaan alami ruang dalam dan ruang luar. Hasil pengukuran akan divisualisasikan berupa layout distribusi pencahayaan alami tiap ruang. Berikut visualisasi denah lantai 2 dan 4 Gedung baru Teknik Pengairan.

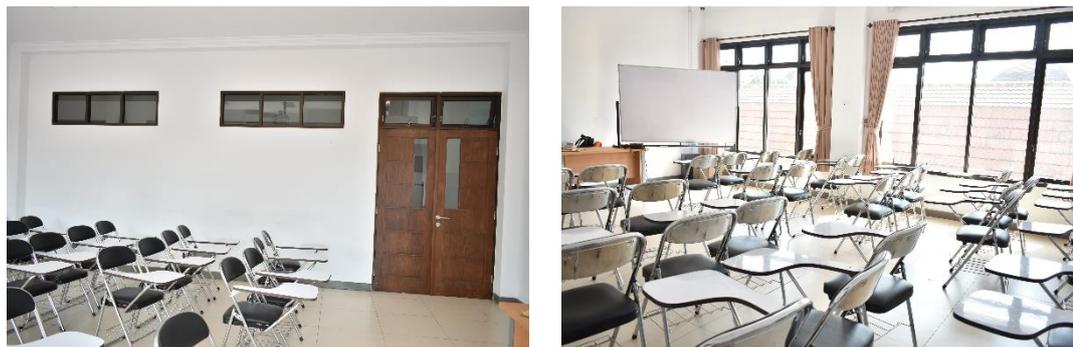
4.3.1 Ruang Kuliah 2.2

Ruang kuliah 2.2 memiliki dimensi 7 m x 6 m. Ruang kuliah 2.2 memiliki dua jendela bertipe *top hung* dan *fixed window* pada bagian dinding timur laut yang berbatasan langsung dengan lingkungan luar gedung. Jendela tersebut memiliki dimensi sebesar 275 cm x 200 cm. Pada bagian dinding barat daya terdapat pintu masuk menuju ruang yang dilengkapi dengan bukaan berupa bouven dengan dimensi 168 cm x 41 cm.



Gambar 4.11 Denah titik ukur RK 2.2





Gambar 4.12 Foto kondisi eksisting RK 2.2 pukul 09.00

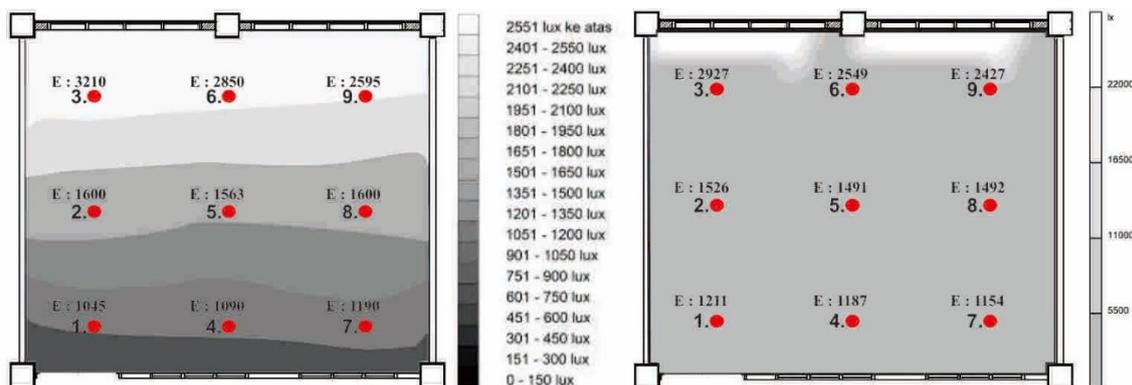
Pada ruang kuliah 2.2 pengukuran intensitas pencahayaan alami dibagi menjadi sembilan titik ukur dengan jarak titik ukur samping 1 meter, titik ukur utama 2 meter, dan tinggi bidang kerja 75 cm dari lantai. Pengambilan data dilakukan ditanggal 12 Mei 2018 tanpa pencahayaan buatan pada pukul 09.00, 12.00, dan 15.00 dengan kondisi terang langit cerah *clear sky*.

4.3.1.1 Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kuliah 2.2 Pukul 09.00

Hasil pengukuran eksisting tingkat intensitas pencahayaan alami dalam ruang kuliah 2.2 pada pukul 09.00 memiliki rata-rata sebesar 1860 lux sedangkan tingkat pencahayaan pada luar ruangan sebesar 46,3 klux. Pengukuran tersebut menunjukkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah melebihi standar kenyamanan visual menurut SNI-03-6575-2001 yaitu sebesar 250 lux. Intensitas cahaya yang berlebih berpotensi mengakibatkan kondisi pada ruang kuliah 2.2 tidak nyaman.

Disisi lain persentase bukaan ruang 2.2 sebesar 26% dari luas lantai. Hal ini dapat menjadi salah satu faktor yang menyebabkan tingginya intensitas cahaya alami dalam ruang. Persentase bukaan 6% lebih besar dari standar, jika berdasarkan SNI DPU No 1728-1989 yang mana standar bukaan sebesar 20% dari luas lantai.

Untuk mengetahui distribusi penyebaran cahaya gelap dan terang kondisi eksisting dalam ruang perlu adanya layout distribusi cahaya. Layout distribusi penahayaan tersebut terdiri dari layout eksisting dan layout simulasi eksisting ruangan. Simulasi eksisting ruangan dilakukan secara digital menggunakan software *DIALux daylight 4.13*. Simulasi ini bertujuan memvalidasi data antara pengukuran eksisting dengan data pengukuran simulasi. Berikut merupakan layout distribusi cahaya kondisi eksting dan simulasi kondisi ekisting ruang kuliah 2.2 saat pukul 09.00 tersebut :



Gambar 4.13 Layout distribusi pencahayaan RK 2.2 pukul 09.00

Tabel 4.7 Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 2.2 pukul 09.00 (lux)

Titik Ukur	Intensitas Cahaya Eksisting Ruang Kuliah 2.2	Terang langit	Faktor langit (%)	Intensitas Cahaya Simulasi Ruang kuliah 2.2	Relative error
1.	1045	46300lx	2 %	1211	15 %
2.	1600		3 %	1526	4 %
3.	3210		7 %	2927	8 %
4.	1090		2 %	1187	8 %
5.	1563		3 %	1491	4 %
6.	2850		6 %	2549	10 %
7.	1190		3 %	1154	3 %
8.	1600		3 %	1492	6 %
9.	2595		6 %	2427	6 %
Avr	1860.333	46300lx	4 %	1773.778	4 %

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan telah merata kedalam sudut-sudut ruang, akan tetapi intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah 2.2 di pukul 09.00 secara keseluruhan melebihi standar. Kondisi dalam ruangan terlalu terang meski terdapat pembayang pada tiap jendela, peran reduksi sinar matahari pembayang tersebut tidak terlalu optimal. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut dengan menggunakan rumus R2 rata-rata nilai faktor langit pada ruang kuliah 2.2 pada pukul 09.00 sebesar 4%. Sedangkan persentase rata-rata untuk angka validasi *relative error* dengan menggunakan rumus R1 antara pengukuran eksisting dan simulasi eksisting sebesar 3%.

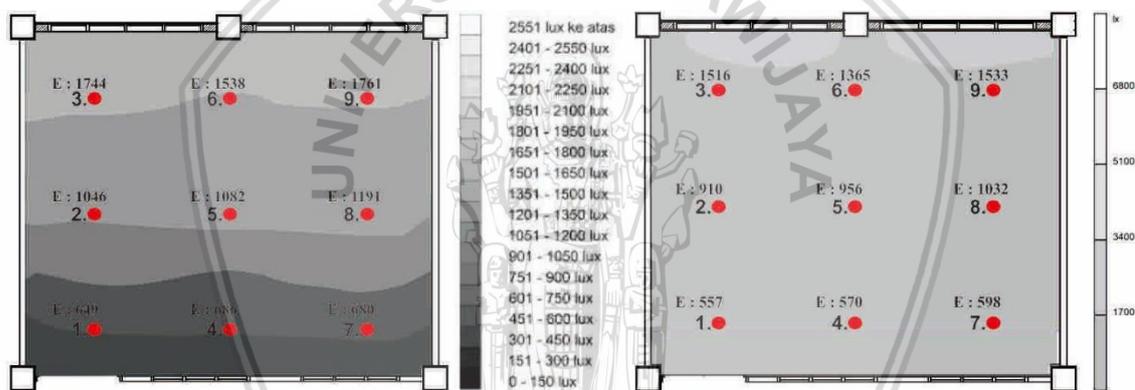
4.3.1.2 Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kuliah 2.2 Pukul 12.00

Hasil pengukuran eksisting tingkat intensitas pencahayaan alami dalam ruang kuliah 2.2 pada pukul 12.00 memiliki rata-rata sebesar 1149 lux sedangkan tingkat pencahayaan pada luar ruangan sebesar 66 klux. Pengukuran tersebut menunjukkan bahwa



intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah melebihi standar kenyamanan visual menurut SNI-03-6575-2001 yaitu sebesar 250 lux, akan tetapi hasil pengukuran pukul 12.00 dibanding hasil pengukuran pukul 09.00 relatif lebih rendah.

Berikut merupakan layout distribusi cahaya kondisi ekisting dan simulasi kondisi ekisting ruang kuliah 2.2 saat pukul 12.00 tersebut dengan hasil pengukuran menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan telah merata kedalam sudut-sudut ruang, akan tetapi intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah 2.2 di pukul 12.00 secara keseluruhan melebihi standar. Kondisi dalam ruangan terlalu terang meski relatif lebih rendah jika dibanding dengan intensitas di pukul 09.00 dengan rata-rata nilai faktor langit pada ruang kuliah 2.2 pada pukul 12.00 sebesar 2%. Sedangkan persentase rata-rata untuk angka validasi *relative error* antara pengukuran eksisting dan simulasi eksisting sebesar 13%.



Gambar 4.14 Layout distribusi pencahayaan RK 2.2 pukul 12.00

Tabel 4.8 Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 2.2 pukul 12.00 (lux)

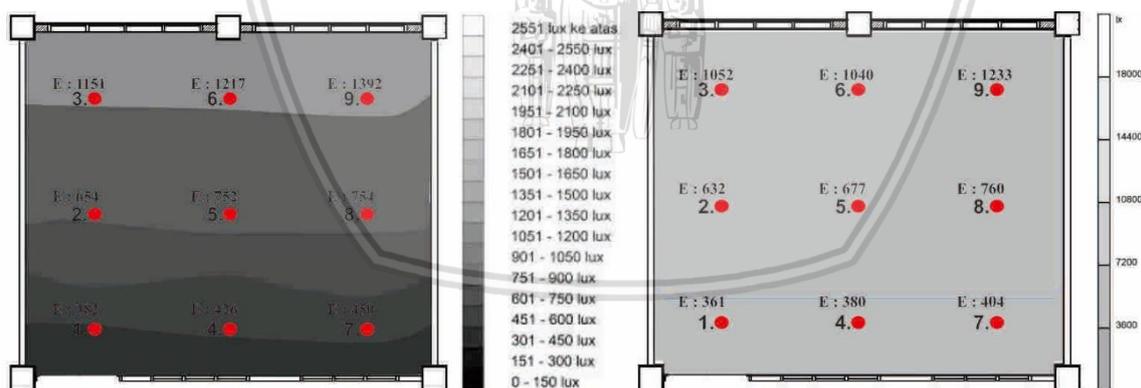
Titik Ukur	Intensitas Cahaya Eksisting Ruang Kuliah 2.2	Terang langit	Faktor langit (%)	Intensitas Cahaya Simulasi Ruang kuliah 2.2	Relative error
1.	649	66000lx	1 %	557	14 %
2.	1046		2 %	910	13 %
3.	1744		3 %	1516	13 %
4.	656		1 %	570	13 %
5.	1082		2 %	956	11 %
6.	1538		2 %	1365	11 %
7.	680		1 %	598	12 %
8.	1191		2 %	1032	13 %
9.	1761		3 %	1533	12 %
Avr	1149.667	66000lx	2 %	1004.111	12 %



4.3.1.3 Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kuliah 2.2 Pukul 15.00

Hasil pengukuran eksisting tingkat intensitas pencahayaan alami dalam ruang kuliah 2.2 pada pukul 15.00 memiliki rata-rata sebesar 797 lux sedangkan tingkat pencahayaan pada luar ruangan sebesar 13,7 klux. Pengukuran tersebut menunjukkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah melebihi standar kenyamanan visual menurut SNI-03-6575-2001 yaitu sebesar 250 lux, akan tetapi hasil pengukuran pukul 15.00 dibanding hasil pengukuran pukul 09.00 dan 12.00 relatif lebih rendah.

Berikut merupakan layout distribusi cahaya kondisi ekisting dan simulasi kondisi ekisting ruang kuliah 2.2 saat pukul 15.00 tersebut dengan hasil pengukuran menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan telah merata kedalam sudut-sudut ruang, akan tetapi intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah 2.2 di pukul 15.00 secara keseluruhan melebihi standar. Kondisi dalam ruangan terlalu terang meski relatif lebih rendah jika dibanding dengan intensitas di pukul 09.00 dan 12.00 dengan rata-rata nilai faktor langit pada ruang kuliah 2.2 pada pukul 15.00 sebesar 6%. Sedangkan persentase rata-rata untuk angka validasi *relative error* antara pengukuran eksisting dan simulasi eksisting sebesar 9%.



Gambar 4.15 Layout distribusi pencahayaan RK 2.2 pukul 15.00

Tabel 4.9 Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 2.2 pukul 15.00 (lux)

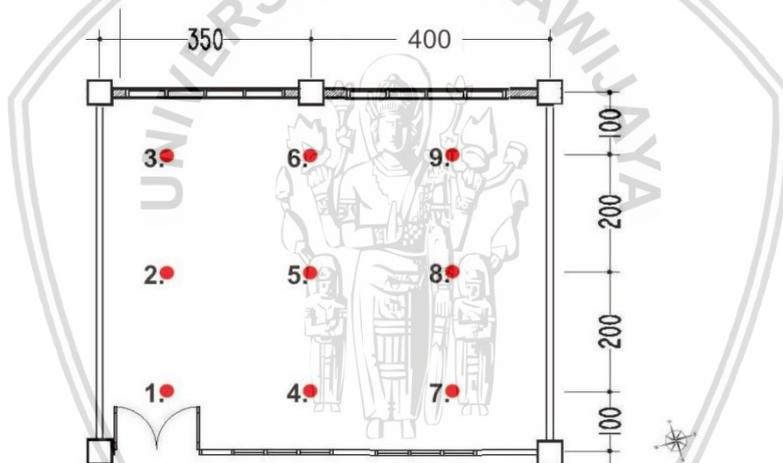
Titik Ukur	Intensitas Cahaya Eksisting Ruang Kuliah 2.2	Terang langit	Faktor langit (%)	Intensitas Cahaya Simulasi Ruang kuliah 2.2	Relative error
1.	382	13740lx	3 %	361	5 %
2.	654		5 %	632	3 %
3.	1151		8 %	1052	8 %
4.	426		3 %	380	10 %



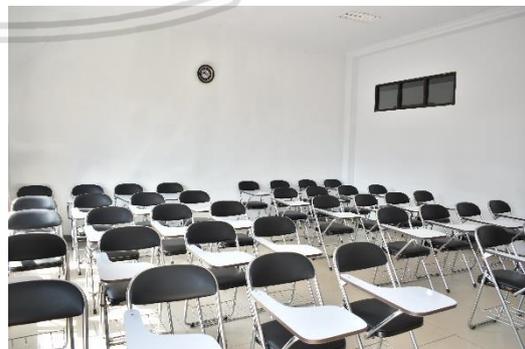
5.	752		5 %	677	10 %
6.	1217		9 %	1040	14 %
7.	450		3 %	404	10 %
8.	754		5 %	760	1 %
9.	1392		10 %	1233	11 %
Avr	797.5556	13740lx	6 %	726.556	9 %

4.3.2 Ruang Kuliah 2.3

Ruang kuliah 2.3 memiliki dimensi 7,5 m x 6 m. Ruang kuliah 2.3 memiliki dua jendela bertipe *top hung* dan *fixed window* pada bagian dinding timur laut yang berbatasan langsung dengan lingkungan luar gedung. Jendela tersebut memiliki dimensi sebesar 275 cm x 200 cm. Pada bagian dinding barat daya terdapat pintu masuk menuju ruang yang dilengkapi dengan bukaan berupa bouven dengan dimensi 168 cm x 41 cm.



Gambar 4.16 Denah titik ukur RK 2.3





Gambar 4.17 Foto kondisi eksisting RK 2.3 pukul 09.00

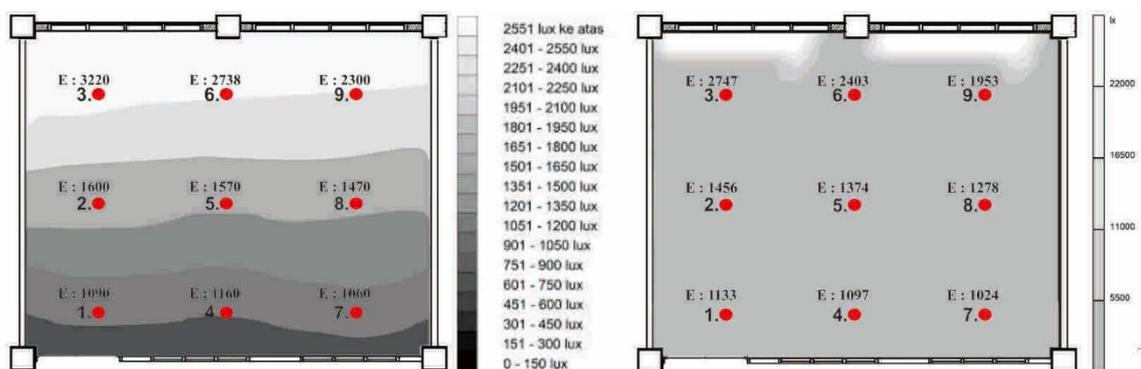
Pada ruang kuliah 2.3 pengukuran intensitas pencahayaan alami dibagi menjadi sembilan titik ukur dengan jarak titik ukur samping 1 meter, titik ukur utama 2 meter, dan tinggi bidang kerja 75 cm dari lantai. Pengambilan data dilakukan ditanggal 12 Mei 2018 tanpa pencahayaan buatan pada pukul 09.00, 12.00, dan 15.00 dengan kondisi terang langit cerah *clear sky*.

4.3.2.1 Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kuliah 2.3 Pukul 09.00

Hasil pengukuran eksisting tingkat intensitas pencahayaan alami dalam ruang kuliah 2.3 pada pukul 09.00 memiliki rata-rata sebesar 1800 lux sedangkan tingkat pencahayaan pada luar ruangan sebesar 45,5 klux. Pengukuran tersebut menunjukkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah melebihi standar kenyamanan visual menurut SNI-03-6575-2001 yaitu sebesar 250 lux. Intensitas cahaya yang berlebih berpotensi mengakibatkan kondisi pada ruang kuliah 2.3 tidak nyaman.

Disisi lain persentase bukaan ruang 2.3 sebesar 24% dari luas lantai. Hal ini dapat menjadi salah satu faktor yang menyebabkan tingginya intensitas cahaya alami dalam ruang. Persentase bukaan 4% lebih besar dari standar, jika berdasarkan SNI DPU No 1728-1989 yang mana standar bukaan sebesar 20% dari luas lantai.

Untuk mengetahui distribusi penyebaran cahaya gelap dan terang kondisi eksisting dalam ruang perlu adanya layout distribusi cahaya. Layout distribusi penahayaan tersebut terdiri dari layout eksisting dan layout simulasi eksisting ruangan. Simulasi eksisting ruangan dilakukan secara digital menggunakan software *DIALux daylight 4.13*. Simulasi ini bertujuan memvalidasi data antara pengukuran eksisting dengan data pengukuran simulasi. Berikut merupakan layout distribusi cahaya kondisi eksting dan simulasi kondisi ekisting ruang kuliah 2.3 saat pukul 09.00 tersebut :



Gambar 4.18 Layout distribusi pencahayaan RK 2.3 pukul 09.00

Tabel 4.10 Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 2.3 pukul 09.00 (lux)

Titik Ukur	Intensitas Cahaya Eksisting Ruang Kuliah 2.3	Terang langit	Faktor langit (%)	Intensitas Cahaya Simulasi Ruang kuliah 2.3	Relative error
1.	1090	45500lx	2 %	1133	3 %
2.	1600		4 %	1456	9 %
3.	3220		7 %	2747	14 %
4.	1160		3 %	1097	5 %
5.	1570		3 %	1374	12 %
6.	2738		6 %	2403	12 %
7.	1060		2 %	1024	3 %
8.	1470		3 %	1278	13 %
9.	2300		5 %	1953	15 %
Avr	1800.889	45500lx	4 %	1607.222	10 %

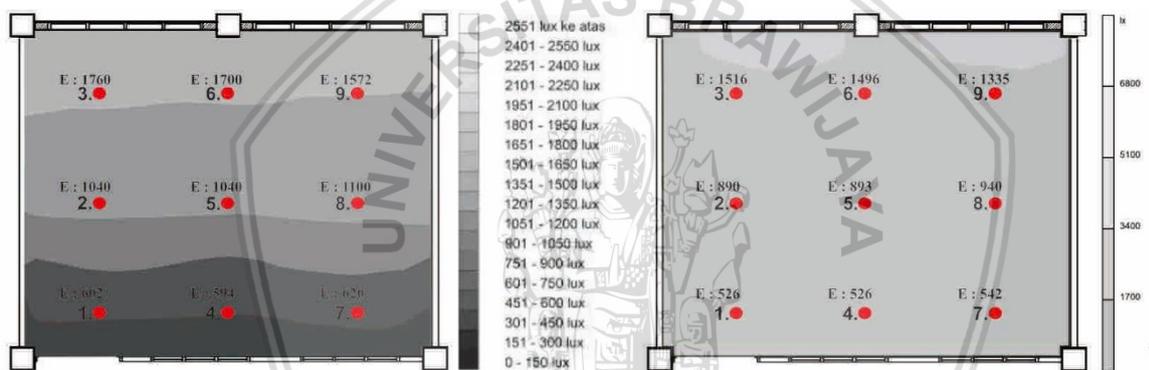
Hasil pengukuran menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan telah merata kedalam sudut-sudut ruang, akan tetapi intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah 2.3 di pukul 09.00 secara keseluruhan melebihi standar. Kondisi dalam ruangan terlalu terang meski terdapat pembayang pada tiap jendela, peran reduksi sinar matahari pembayang tersebut tidak terlalu optimal. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut dengan menggunakan rumus R2 rata-rata nilai faktor langit pada ruang kuliah 2.3 pada pukul 09.00 sebesar 4%. Sedangkan persentase rata-rata untuk angka validasi *relative error* dengan menggunakan rumus R1 antara pengukuran eksisting dan simulasi eksisting sebesar 10%.

4.3.2.2 Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kuliah 2.3 Pukul 12.00

Hasil pengukuran eksisting tingkat intensitas pencahayaan alami dalam ruang kuliah 2.3 pada pukul 12.00 memiliki rata-rata sebesar 1114 lux sedangkan tingkat pencahayaan pada luar ruangan sebesar 68 klux. Pengukuran tersebut menunjukkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah melebihi standar kenyamanan visual

menurut SNI-03-6575-2001 yaitu sebesar 250 lux, akan tetapi hasil pengukuran pukul 12.00 dibanding hasil pengukuran pukul 09.00 relatif lebih rendah.

Berikut merupakan layout distribusi cahaya kondisi ekisting dan simulasi kondisi ekisting ruang kuliah 2.3 saat pukul 12.00 tersebut dengan hasil pengukuran menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan telah merata kedalam sudut-sudut ruang, akan tetapi intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah 2.3 di pukul 12.00 secara keseluruhan melebihi standar. Kondisi dalam ruangan terlalu terang meski relatif lebih rendah jika dibanding dengan intensitas di pukul 09.00 dengan rata-rata nilai faktor langit pada ruang kuliah 2.3 pada pukul 12.00 sebesar 2%. Sedangkan persentase rata-rata untuk angka validasi *relative error* antara pengukuran eksisting dan simulasi eksisting sebesar 15%.



Gambar 4.19 Layout distribusi pencahayaan RK 2.3 pukul 12.00

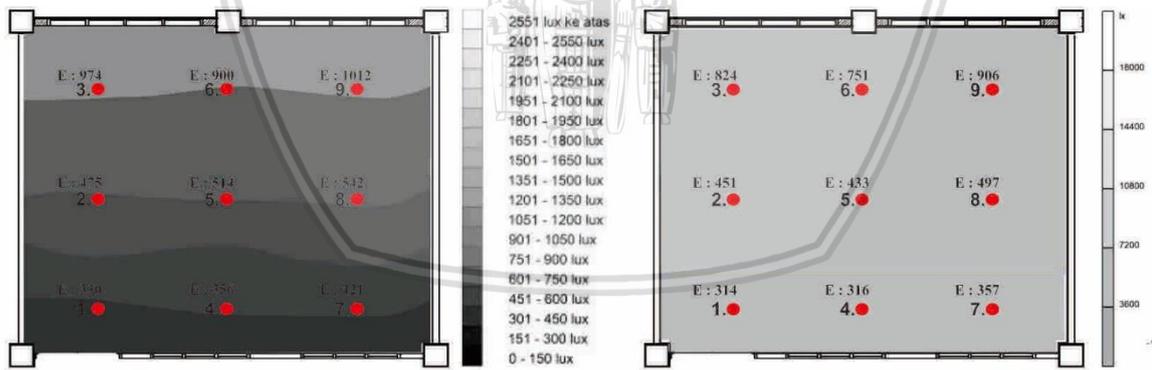
Tabel 4.11 Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 2.3 pukul 12.00 (lux)

Titik Ukur	Intensitas Cahaya Eksisting Ruang Kuliah 2.3	Terang langit	Faktor langit (%)	Intensitas Cahaya Simulasi Ruang kuliah 2.3	Relative error
1.	602	68100lx	1 %	526	12 %
2.	1040		2 %	890	14 %
3.	1760		3 %	1516	13 %
4.	594		1 %	526	11 %
5.	1040		2 %	893	14 %
6.	1700		2 %	1496	12 %
7.	620		1 %	542	12 %
8.	1100		2 %	940	14 %
9.	1572		2 %	1335	15 %
Avr	1114.222	68100lx	2 %	962.6667	13 %

4.3.2.3 Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kuliah 2.3 Pukul 15.00

Hasil pengukuran eksisting tingkat intensitas pencahayaan alami dalam ruang kuliah 2.3 pada pukul 15.00 memiliki rata-rata sebesar 613 lux sedangkan tingkat pencahayaan pada luar ruangan sebesar 13,9 klux. Pengukuran tersebut menunjukkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah melebihi standar kenyamanan visual menurut SNI-03-6575-2001 yaitu sebesar 250 lux, akan tetapi hasil pengukuran pukul 15.00 dibanding hasil pengukuran pukul 09.00 dan 12.00 relatif lebih rendah.

Berikut merupakan layout distribusi cahaya kondisi ekisting dan simulasi kondisi ekisting ruang kuliah 2.3 saat pukul 15.00 tersebut dengan hasil pengukuran menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan telah merata kedalam sudut-sudut ruang, akan tetapi intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah 2.3 di pukul 15.00 secara keseluruhan melebihi standar. Kondisi dalam ruangan terlalu terang meski relatif lebih rendah jika dibanding dengan intensitas di pukul 09.00 dan 12.00 dengan rata-rata nilai faktor langit pada ruang kuliah 2.3 pada pukul 15.00 sebesar 4%. Sedangkan persentase rata-rata untuk angka validasi *relative error* antara pengukuran eksisting dan simulasi eksisting sebesar 13%.



Gambar 4.20 Layout distribusi pencahayaan RK 2.3 pukul 15.00

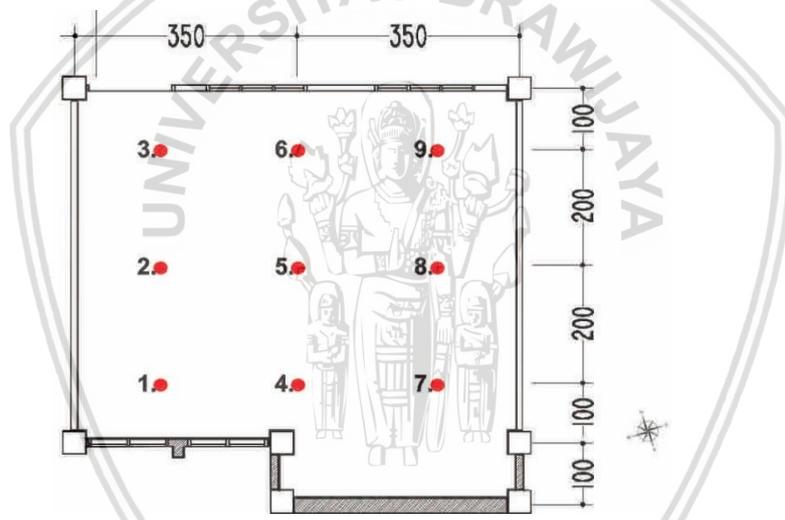
Tabel 4.12 Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 2.3 pukul 15.00 (lux)

Titik Ukur	Intensitas Cahaya Eksisting Ruang Kuliah 2.3	Terang langit	Faktor langit (%)	Intensitas Cahaya Simulasi Ruang kuliah 2.3	Relative error
1.	330	13960lx	2 %	314	4 %
2.	475		3 %	451	5 %
3.	974		7 %	824	15 %
4.	356		3 %	316	11 %
5.	514		4 %	433	15 %

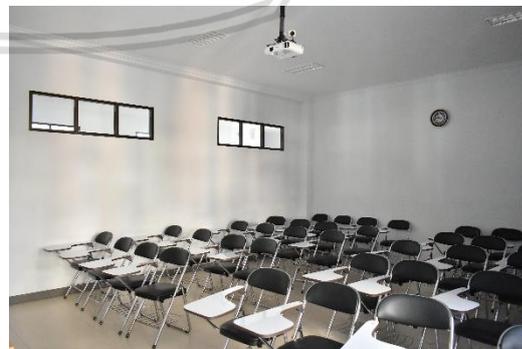
6.	900		6 %	751	16 %
7.	421		3 %	357	15 %
8.	542		4 %	497	8 %
9.	1012		7 %	906	10 %
Avr	613.7778	13960lx	4 %	538.7778	12 %

4.3.3 Ruang Kuliah 2.5

Ruang kuliah 2.5 memiliki dimensi 7,5 m x 7 m. Ruang kuliah 2.5 memiliki satu jendela bertipe *top hung* dan *fixed window* pada bagian dinding barat daya yang berbatasan langsung dengan lingkungan luar gedung. Jendela tersebut memiliki dimensi sebesar 135 cm x 180 cm. Pada bagian dinding timur laut terdapat pintu masuk menuju ruang yang dilengkapi dengan bukaan berupa bouven dengan dimensi 168 cm x 41 cm.



Gambar 4.21 Denah titik ukur RK 2.5





Gambar 4.22 Foto kondisi eksisting RK 2.5 pukul 09.00

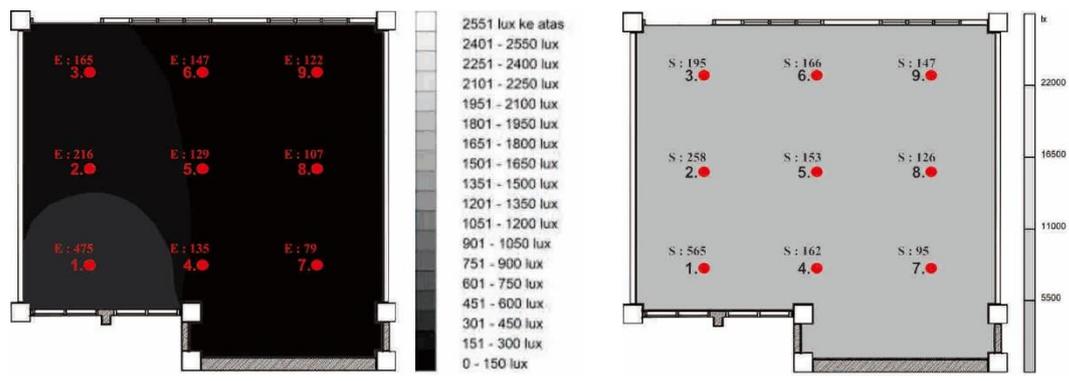
Pada ruang kuliah 2.5 pengukuran intensitas pencahayaan alami dibagi menjadi sembilan titik ukur dengan jarak titik ukur samping 1 meter, titik ukur utama 2 meter, dan tinggi bidang kerja 75 cm dari lantai. Pengambilan data dilakukan ditanggal 12 Mei 2018 tanpa pencahayaan buatan pada pukul 09.00, 12.00, dan 15.00 dengan kondisi terang langit cerah *clear sky*.

4.3.3.1 Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kuliah 2.5 Pukul 09.00

Hasil pengukuran eksisting tingkat intensitas pencahayaan alami dalam ruang kuliah 2.5 pada pukul 09.00 memiliki rata-rata sebesar 175 lux sedangkan tingkat pencahayaan pada luar ruangan sebesar 3810 lux. Pengukuran tersebut menunjukkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah kurang dari standar kenyamanan visual menurut SNI-03-6575-2001 yaitu sebesar 250 lux. Intensitas cahaya yang terlalu rendah berpotensi mengakibatkan kelelahan pada mata, tidak fokus, produktivitas kerja terganggu, dan proses belajar-mengajar yang tidak nyaman.

Disisi lain persentase bukaan ruang 2.5 sebesar 7% dari luas lantai. Hal ini dapat menjadi salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya intensitas cahaya alami dalam ruang. Persentase bukaan selisih sebesar 13% dari standar, menurut SNI DPU No 1728-1989 standar bukaan sebesar 20% dari luas lantai.

Untuk mengetahui distribusi penyebaran cahaya gelap dan terang kondisi eksisting dalam ruang perlu adanya layout distribusi cahaya. Layout distribusi pencahayaan tersebut terdiri dari layout eksisting dan layout simulasi eksisting ruangan. Simulasi eksisting ruangan dilakukan secara digital menggunakan software *DIALux daylight 4.13*. Simulasi ini bertujuan memvalidasi data antara pengukuran eksisting dengan data pengukuran simulasi. Berikut merupakan layout distribusi cahaya kondisi eksting dan simulasi kondisi ekisting ruang kuliah 2.5 saat pukul 09.00 tersebut :



Gambar 4.23 Layout distribusi pencahayaan RK 2.5 pukul 09.00

Tabel 4.13 Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 2.5 pukul 09.00 (lux)

Titik Ukur	Intensitas Cahaya Eksisting Ruang Kuliah 2.5	Terang langit	Faktor langit (%)	Intensitas Cahaya Simulasi Ruang kuliah 2.5	Relative error
1.	475	3810lx	12 %	565	18 %
2.	216		6 %	258	19 %
3.	165		4 %	195	18 %
4.	135		3 %	162	2 %
5.	129		3 %	153	18 %
6.	147		4 %	166	13 %
7.	79		2 %	95	19 %
8.	107		3 %	126	17 %
9.	122		3 %	147	19 %
Avr	175	3810lx	5 %	207.4444	18 %

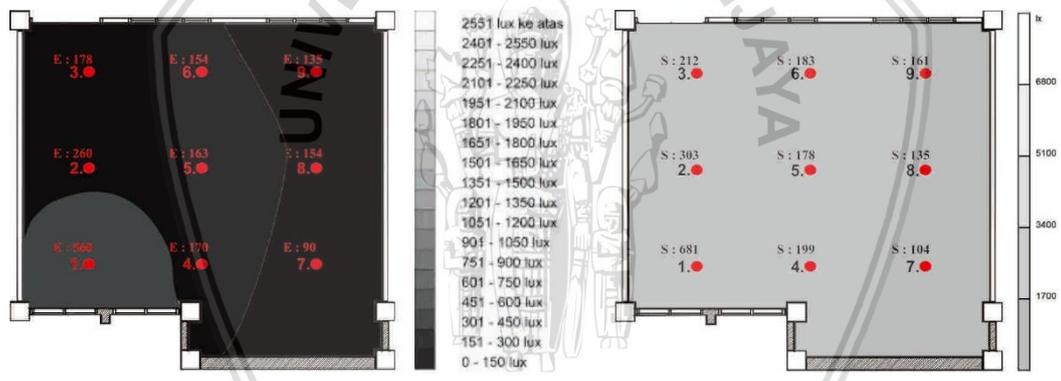
Hasil pengukuran menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan belum merata kedalam sudut-sudut ruang, intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah 2.5 di pukul 09.00 secara keseluruhan cenderung redup mendekati gelap. Kondisi dalam ruangan yang gelap disebabkan oleh minimnya bukaan/jendela. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut dengan menggunakan rumus R2 rata-rata nilai faktor langit pada ruang kuliah 2.5 pada pukul 09.00 sebesar 5%. Sedangkan persentase rata-rata untuk angka validasi *relative error* dengan menggunakan rumus R1 antara pengukuran eksisting dan simulasi eksisting sebesar 15%.

4.3.3.2 Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kuliah 2.5 Pukul 12.00

Hasil pengukuran eksisting tingkat intensitas pencahayaan alami dalam ruang kuliah 2.5 pada pukul 12.00 memiliki rata-rata sebesar 204 lux sedangkan tingkat pencahayaan pada luar ruangan sebesar 7520 lux. Pengukuran tersebut menunjukkan

bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah kurang dari standar kenyamanan visual menurut SNI-03-6575-2001 yaitu sebesar 250 lux, akan tetapi hasil pengukuran pukul 12.00 dibanding hasil pengukuran pukul 09.00 relatif lebih tinggi dengan selisih 29 lux.

Berikut merupakan layout distribusi cahaya kondisi ekisting dan simulasi kondisi ekisting ruang kuliah 2.5 saat pukul 12.00 tersebut dengan hasil pengukuran menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan belum merata kedalam sudut-sudut ruang dan cenderung redup mendekati gelap secara keseluruhan belum memenuhi standar. Akan tetapi kondisi dalam ruangan lebih terang jika dibanding dengan intensitas di pukul 09.00 dengan rata-rata nilai faktor langit pada ruang kuliah 2.5 pada pukul 12.00 sebesar 2%. Sedangkan persentase rata-rata untuk angka validasi *relative error* antara pengukuran eksisting dan simulasi eksisting sebesar 15%.



Gambar 4.24 Layout distribusi pencahayaan RK 2.5 pukul 12.00

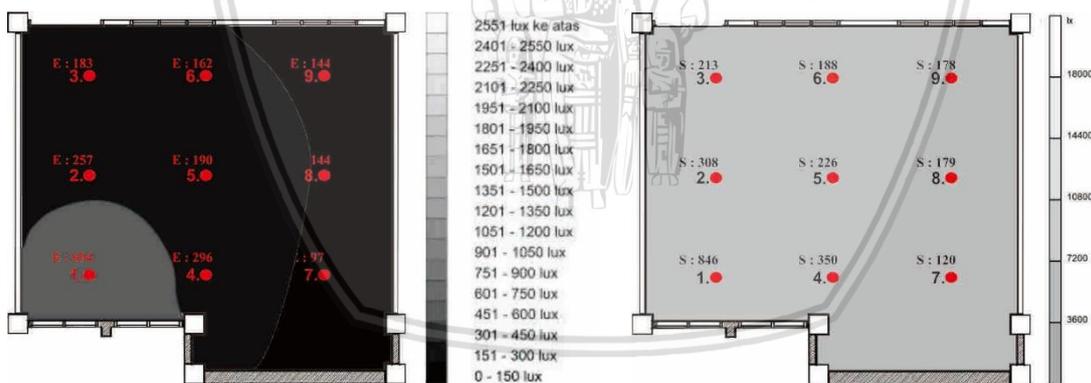
Tabel 4.14 Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 2.5 pukul 12.00 (lux)

Titik Ukur	Intensitas Cahaya Eksisting Ruang Kuliah 2.5	Terang langit	Faktor langit (%)	Intensitas Cahaya Simulasi Ruang kuliah 2.5	Relative error
1.	560	7520lx	7 %	681	19 %
2.	260		3 %	303	16 %
3.	178		2 %	212	19 %
4.	170		2 %	199	17 %
5.	163		2 %	178	9 %
6.	154		2 %	183	18 %
7.	90		1 %	104	15 %
8.	130		2 %	135	3 %
9.	135		2 %	161	19 %
Avr	204.4444	7520lx	3 %	239.5556	17 %

4.3.3.3 Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kuliah 2.5 Pukul 15.00

Hasil pengukuran eksisting tingkat intensitas pencahayaan alami dalam ruang kuliah 2.5 pada pukul 15.00 memiliki rata-rata sebesar 240 lux sedangkan tingkat pencahayaan pada luar ruangan sebesar 6680 lux. Pengukuran tersebut menunjukkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah kurang dari standar kenyamanan visual menurut SNI-03-6575-2001 yaitu sebesar 250 lux, akan tetapi hasil pengukuran pukul 15.00 dibanding hasil pengukuran pukul 09.00 dan 12.00 relatif lebih tinggi.

Berikut merupakan layout distribusi cahaya kondisi ekisting dan simulasi kondisi ekisting ruang kuliah 2.5 saat pukul 15.00 tersebut dengan pengukuran menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan belum merata kedalam sudut-sudut ruang dan cenderung redup mendekati gelap secara keseluruhan belum memenuhi standar. Akan tetapi kondisi dalam ruangan lebih terang jika dibanding dengan intensitas di pukul 09.00 dan 12.00 dengan rata-rata nilai faktor langit pada ruang kuliah 2.5 pada pukul 15.00 sebesar 4%. Sedangkan persentase rata-rata untuk angka validasi *relative error* antara pengukuran ekisting dan simulasi ekisting sebesar 16%.



Gambar 4.25 Layout distribusi pencahayaan RK 2.5 pukul 15.00

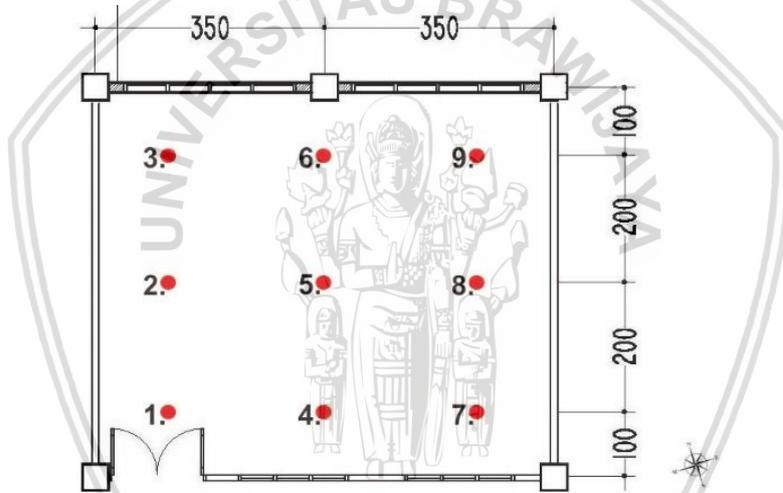
Tabel 4.15 Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 2.5 pukul 15.00 (lux)

Titik Ukur	Intensitas Cahaya Eksisting Ruang Kuliah 2.5	Terang langit	Faktor langit (%)	Intensitas Cahaya Simulasi Ruang kuliah 2.5	Relative error
1.	694	6680lx	10 %	846	19 %
2.	257		4 %	308	19 %
3.	183		3 %	213	16 %
4.	296		4 %	350	18 %
5.	190		3 %	226	16 %
6.	162		2 %	188	19 %

7.	97		1 %	120	19 %
8.	144		2 %	179	19 %
9.	144		2 %	178	19 %
Avr	240.7778	6680lx	4 %	289.7778	19 %

4.3.4 Ruang Kuliah 4.2

Ruang kuliah 4.2 memiliki dimensi 7 m x 6 m. Ruang kuliah 4.2 memiliki dua jendela bertipe *top hung* dan *fixed window* pada bagian dinding timur laut yang berbatasan langsung dengan lingkungan luar gedung. Jendela tersebut memiliki dimensi sebesar 275 cm x 200 cm. Pada bagian dinding barat daya terdapat pintu masuk menuju ruang yang dilengkapi dengan bukaan berupa bouven dengan dimensi 168 cm x 41 cm.



Gambar 4.26 Denah titik ukur RK 4.2





Gambar 4.27 Foto kondisi eksisting RK 4.2 pukul 09.00

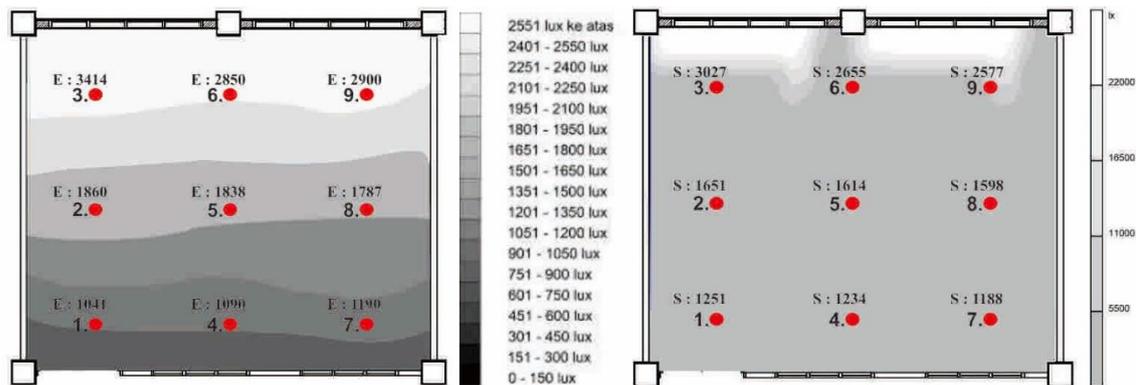
Pada ruang kuliah 4.2 pengukuran intensitas pencahayaan alami dibagi menjadi sembilan titik ukur dengan jarak titik ukur samping 1 meter, titik ukur utama 2 meter, dan tinggi bidang kerja 75 cm dari lantai. Pengambilan data dilakukan ditanggal 12 Mei 2018 tanpa pencahayaan buatan pada pukul 09.00, 12.00, dan 15.00 dengan kondisi terang langit cerah *clear sky*.

4.3.4.1 Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kuliah 4.2 Pukul 09.00

Hasil pengukuran eksisting tingkat intensitas pencahayaan alami dalam ruang kuliah 4.2 pada pukul 09.00 memiliki rata-rata sebesar 1996 lux sedangkan tingkat pencahayaan pada luar ruangan sebesar 49,2 klux. Pengukuran tersebut menunjukkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah melebihi standar kenyamanan visual menurut SNI-03-6575-2001 yaitu sebesar 250 lux. Intensitas cahaya yang berlebih berpotensi mengakibatkan kondisi pada ruang kuliah 4.2 tidak nyaman.

Disisi lain persentase bukaan ruang 4.2 sebesar 26% dari luas lantai. Hal ini dapat menjadi salah satu faktor yang menyebabkan tingginya intensitas cahaya alami dalam ruang. Persentase bukaan 6% lebih besar dari standar, jika berdasarkan SNI DPU No 1728-1989 yang mana standar bukaan sebesar 20% dari luas lantai.

Untuk mengetahui distribusi penyebaran cahaya gelap dan terang kondisi eksisting dalam ruang perlu adanyaanya layout distribusi cahaya. Layout distribusi penahayaan tersebut terdiri dari layout eksisting dan layout simulasi eksisting ruangan. Simulasi eksisting ruangan dilakukan secara digital menggunakan software *DIALux daylight 4.13*. Simulasi ini bertujuan memvalidasi data antara pengukuran eksisting dengan data pengukuran simulasi. Berikut merupakan layout distribusi cahaya kondisi eksting dan simulasi kondisi ekisting ruang kuliah 4.2 saat pukul 09.00 tersebut :



Gambar 4.28 Layout distribusi pencahayaan RK 4.2 pukul 09.00

Tabel 4.16 Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 4.2 pukul 09.00 (lux)

Titik Ukur	Intensitas Cahaya Eksisting Ruang Kuliah 4.2	Terang langit	Faktor langit (%)	Intensitas Cahaya Simulasi Ruang kuliah 4.2	Relative error
1.	1041	49200lx	2 %	1251	19 %
2.	1860		4 %	1651	11 %
3.	3414		7 %	3027	11 %
4.	1090		2 %	1234	13 %
5.	1838		4 %	1614	12 %
6.	2850		6 %	2655	6 %
7.	1190		2 %	1188	1 %
8.	1787		4 %	1598	10 %
9.	2900		6 %	2577	11 %
Avr	1996.667	49200lx	4 %	1866.111	6 %

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan telah merata kedalam sudut-sudut ruang, akan tetapi intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah 4.2 di pukul 09.00 secara keseluruhan melebihi standar. Kondisi dalam ruangan terlalu terang meski terdapat pembayang pada tiap jendela, peran reduksi sinar matahari pembayang tersebut tidak terlalu optimal. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut dengan menggunakan rumus R2 rata-rata nilai faktor langit pada ruang kuliah 4.2 pada pukul 09.00 sebesar 4%. Sedangkan persentase rata-rata untuk angka validasi *relative error* dengan menggunakan rumus R1 antara pengukuran eksisting dan simulasi eksisting sebesar 4%.

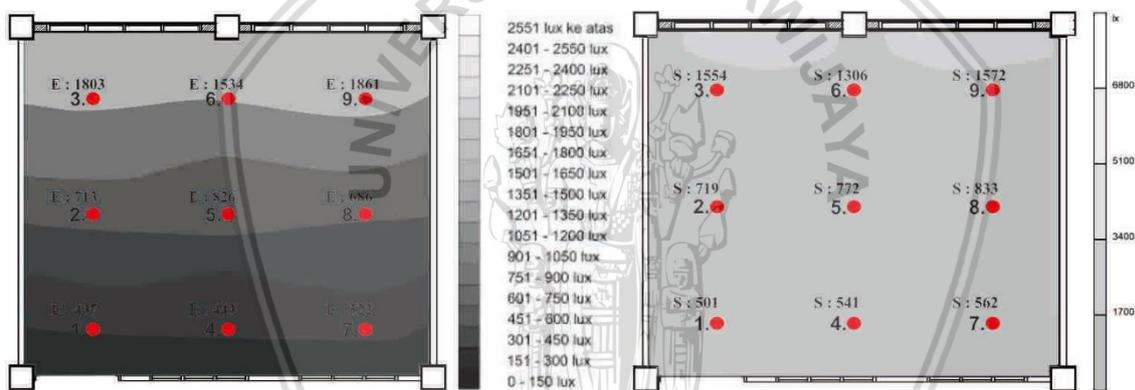
4.3.4.2 Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kuliah 4.2 Pukul 12.00

Hasil pengukuran eksisting tingkat intensitas pencahayaan alami dalam ruang kuliah 4.2 pada pukul 12.00 memiliki rata-rata sebesar 980 lux sedangkan tingkat pencahayaan pada luar ruangan sebesar 66 klux. Pengukuran tersebut menunjukkan bahwa



intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah melebihi standar kenyamanan visual menurut SNI-03-6575-2001 yaitu sebesar 250 lux, akan tetapi hasil pengukuran pukul 12.00 dibanding hasil pengukuran pukul 09.00 relatif lebih rendah.

Berikut merupakan layout distribusi cahaya kondisi ekisting dan simulasi kondisi ekisting ruang kuliah 4.2 saat pukul 12.00 tersebut dengan hasil pengukuran menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan telah merata kedalam sudut-sudut ruang, akan tetapi intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah 4.2 di pukul 12.00 secara keseluruhan melebihi standar. Kondisi dalam ruangan terlalu terang meski relatif lebih rendah jika dibanding dengan intensitas di pukul 09.00 dengan rata-rata nilai faktor langit pada ruang kuliah 4.2 pada pukul 12.00 sebesar 1%. Sedangkan persentase rata-rata untuk angka validasi *relative error* antara pengukuran eksisting dan simulasi eksisting sebesar 2%.



Gambar 4.29 Layout distribusi pencahayaan RK 4.2 pukul 12.00

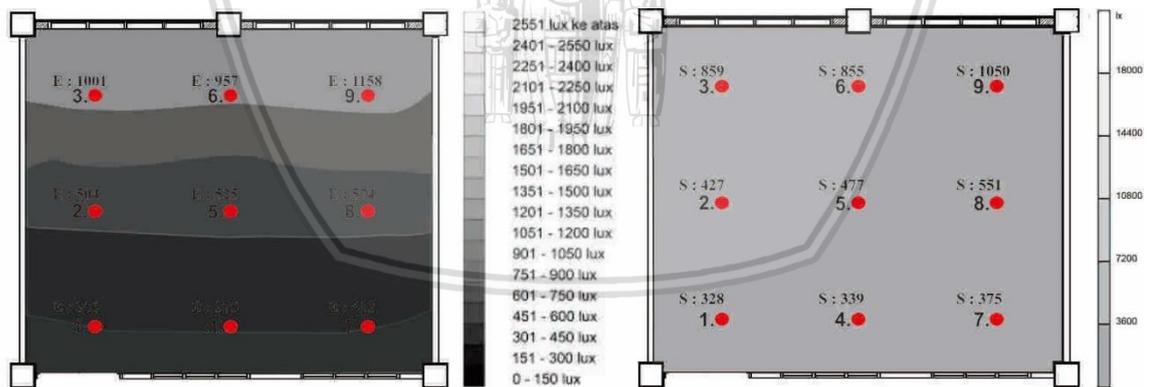
Tabel 4.17 Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 4.2 pukul 12.00 (lux)

Titik Ukur	Intensitas Cahaya Eksisting Ruang Kuliah 4.2	Terang langit	Faktor langit (%)	Intensitas Cahaya Simulasi Ruang kuliah 4.2	Relative error
1.	437	66000lx	1 %	501	14 %
2.	713		1 %	719	1 %
3.	1803		3 %	1554	13 %
4.	443		1 %	541	19 %
5.	826		1 %	772	6 %
6.	1534		2 %	1306	14 %
7.	522		1 %	562	7 %
8.	686		1 %	833	19 %
9.	1861		3 %	1572	15 %
Avr	980.5556	66000lx	1 %	928.8889	5 %

4.3.4.3 Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kuliah 4.2 Pukul 15.00

Hasil pengukuran eksisting tingkat intensitas pencahayaan alami dalam ruang kuliah 4.2 pada pukul 15.00 memiliki rata-rata sebesar 651 lux sedangkan tingkat pencahayaan pada luar ruangan sebesar 13,2 klux. Pengukuran tersebut menunjukkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah melebihi standar kenyamanan visual menurut SNI-03-6575-2001 yaitu sebesar 250 lux, akan tetapi hasil pengukuran pukul 15.00 dibanding hasil pengukuran pukul 09.00 dan 12.00 relatif lebih rendah.

Berikut merupakan layout distribusi cahaya kondisi ekisting dan simulasi kondisi ekisting ruang kuliah 4.2 saat pukul 15.00 tersebut dengan hasil pengukuran menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan telah merata kedalam sudut-sudut ruang, akan tetapi intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah 4.2 di pukul 15.00 secara keseluruhan melebihi standar. Kondisi dalam ruangan terlalu terang meski relatif lebih rendah jika dibanding dengan intensitas di pukul 09.00 dan 12.00 dengan rata-rata nilai faktor langit pada ruang kuliah 4.2 pada pukul 15.00 sebesar 5%. Sedangkan persentase rata-rata untuk angka validasi *relative error* antara pengukuran eksisting dan simulasi eksisting sebesar 11%.



Gambar 4.30 Layout distribusi pencahayaan RK 4.2 pukul 15.00

Tabel 4.18 Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 4.2 pukul 15.00 (lux)

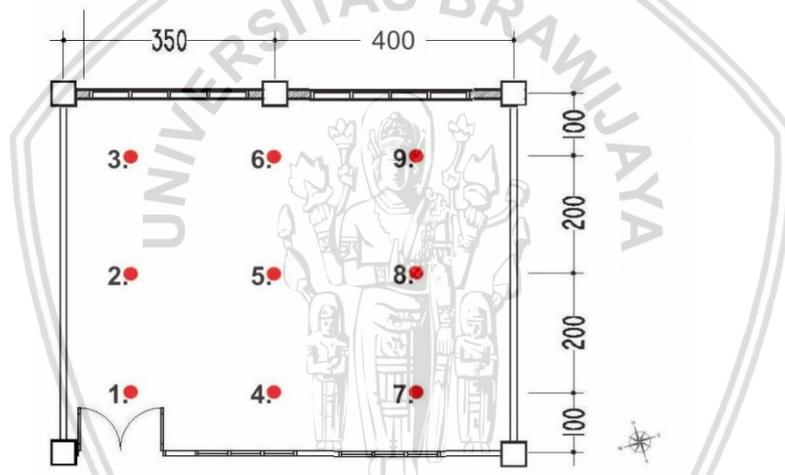
Titik Ukur	Intensitas Cahaya Eksisting Ruang Kuliah 4.2	Terang langit	Faktor langit (%)	Intensitas Cahaya Simulasi Ruang kuliah 4.2	Relative error
1.	356	13200lx	3 %	328	7 %
2.	504		4 %	427	15 %
3.	1001		7 %	859	14 %
4.	375		3 %	339	9 %
5.	525		4 %	477	9 %



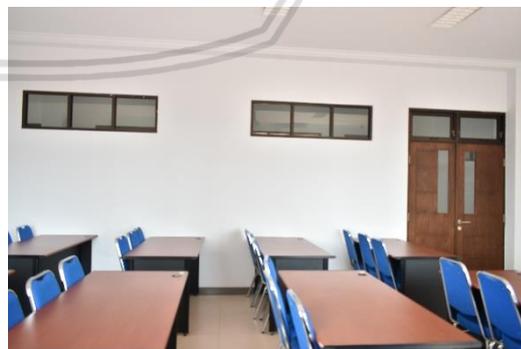
6.	957		7 %	855	10 %
7.	412		3 %	375	8 %
8.	574		4 %	551	4 %
9.	1158		9 %	1050	9 %
Avr	651.3333	13200lx	5 %	584.5556	10 %

4.3.5 Ruang Kuliah 4.3

Ruang kuliah 4.3 memiliki dimensi 7,5 m x 6 m. Ruang kuliah 4.3 memiliki dua jendela bertipe *top hung* dan *fixed window* pada bagian dinding timur laut yang berbatasan langsung dengan lingkungan luar gedung. Jendela tersebut memiliki dimensi sebesar 275 cm x 200 cm. Pada bagian dinding barat daya terdapat pintu masuk menuju ruang yang dilengkapi dengan bukaan berupa *bouven* dengan dimensi 168 cm x 41 cm.



Gambar 4.31 Denah titik ukur RK 4.3





Gambar 4.32 Foto kondisi eksisting RK 4.3 pukul 09.00

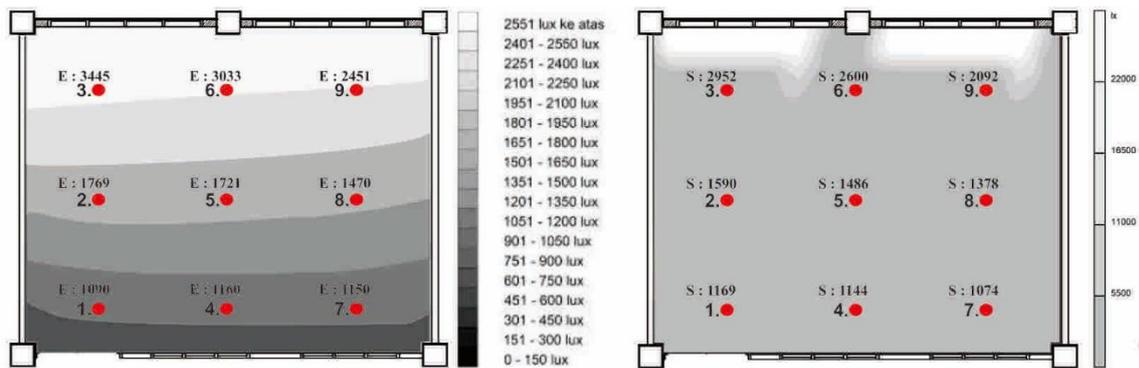
Pada ruang kuliah 4.3 pengukuran intensitas pencahayaan alami dibagi menjadi sembilan titik ukur dengan jarak titik ukur samping 1 meter, titik ukur utama 2 meter, dan tinggi bidang kerja 75 cm dari lantai. Pengambilan data dilakukan ditanggal 12 Mei 2018 tanpa pencahayaan buatan pada pukul 09.00, 12.00, dan 15.00 dengan kondisi terang langit cerah *clear sky*.

4.3.5.1 Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kuliah 4.3 Pukul 09.00

Hasil pengukuran eksisting tingkat intensitas pencahayaan alami dalam ruang kuliah 4.3 pada pukul 09.00 memiliki rata-rata sebesar 1921 lux sedangkan tingkat pencahayaan pada luar ruangan sebesar 45,5 klux. Pengukuran tersebut menunjukkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah melebihi standar kenyamanan visual menurut SNI-03-6575-2001 yaitu sebesar 250 lux. Intensitas cahaya yang berlebih berpotensi mengakibatkan kondisi pada ruang kuliah 4.3 tidak nyaman.

Disisi lain persentase bukaan ruang 4.3 sebesar 24% dari luas luas lantai. Hal ini dapat menjadi salah satu faktor yang menyebabkan tingginya intensitas cahaya alami dalam ruang. Persentase bukaan 4% lebih besar dari standar, jika berdasarkan SNI DPU No 1728-1989 yang mana standar bukaan sebesar 20% dari luas lantai.

Untuk mengetahui distribusi penyebaran cahaya gelap dan terang kondisi eksisting dalam ruang perlu adanya layout distribusi cahaya. Layout distribusi penahayaan tersebut terdiri dari layout eksisting dan layout simulasi eksisting ruangan. Simulasi eksisting ruangan dilakukan secara digital menggunakan software *DIALux daylight 4.13*. Simulasi ini bertujuan memvalidasi data antara pengukuran eksisting dengan data pengukuran simulasi. Berikut merupakan layout distribusi cahaya kondisi eksting dan simulasi kondisi ekisting ruang kuliah 4.3 saat pukul 09.00 tersebut :



Gambar 4.43 Layout distribusi pencahayaan RK 4.3 pukul 09.00

Tabel 4.19 Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 4.3 pukul 09.00 (lux)

Titik Ukur	Intensitas Cahaya Eksisting Ruang Kuliah 4.3	Terang langit	Faktor langit (%)	Intensitas Cahaya Simulasi Ruang kuliah 4.3	Relative error
1.	1090	45500lx	2 %	1169	7 %
2.	1769		4 %	1590	10 %
3.	3445		7 %	2952	14 %
4.	1160		3 %	1144	1 %
5.	1721		4 %	1486	13 %
6.	3033		6 %	2600	14 %
7.	1150		2 %	1074	6 %
8.	1470		3 %	1378	6 %
9.	2451		5 %	2092	14 %
Avr	1921	45500lx	4 %	1720.556	10 %

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan telah merata kedalam sudut-sudut ruang, akan tetapi intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah 4.3 di pukul 09.00 secara keseluruhan melebihi standar. Kondisi dalam ruangan terlalu terang meski terdapat pembayang pada tiap jendela, peran reduksi sinar matahari pembayang tersebut tidak terlalu optimal. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut dengan menggunakan rumus R2 rata-rata nilai faktor langit pada ruang kuliah 4.3 pada pukul 09.00 sebesar 4%. Sedangkan persentase rata-rata untuk angka validasi *relative error* dengan menggunakan rumus R1 antara pengukuran eksisting dan simulasi eksisting sebesar 9%.

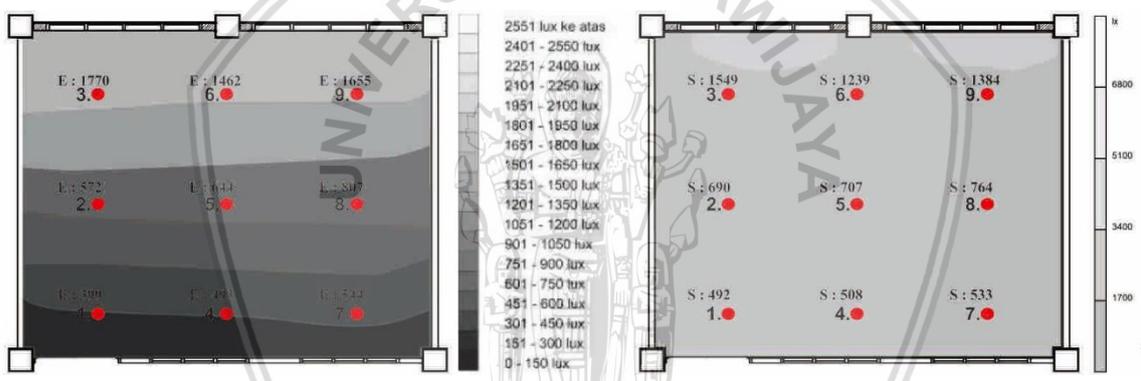
4.3.5.2 Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kuliah 4.3 Pukul 12.00

Hasil pengukuran eksisting tingkat intensitas pencahayaan alami dalam ruang kuliah 4.3 pada pukul 12.00 memiliki rata-rata sebesar 927 lux sedangkan tingkat pencahayaan pada luar ruangan sebesar 68 klux. Pengukuran tersebut menunjukkan bahwa



intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah melebihi standar kenyamanan visual menurut SNI-03-6575-2001 yaitu sebesar 250 lux, akan tetapi hasil pengukuran pukul 12.00 dibanding hasil pengukuran pukul 09.00 relatif lebih rendah.

Berikut merupakan layout distribusi cahaya kondisi ekisting dan simulasi kondisi ekisting ruang kuliah 4.3 saat pukul 12.00 tersebut dengan hasil pengukuran menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan telah merata kedalam sudut-sudut ruang, akan tetapi intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah 4.3 di pukul 12.00 secara keseluruhan melebihi standar. Kondisi dalam ruangan terlalu terang meski relatif lebih rendah jika dibanding dengan intensitas di pukul 09.00 dengan rata-rata nilai faktor langit pada ruang kuliah 4.3 pada pukul 12.00 sebesar 1%. Sedangkan persentase rata-rata untuk angka validasi *relative error* antara pengukuran eksisting dan simulasi eksisting sebesar 12%.



Gambar 4.44 Layout distribusi pencahayaan RK 4.3 pukul 12.00

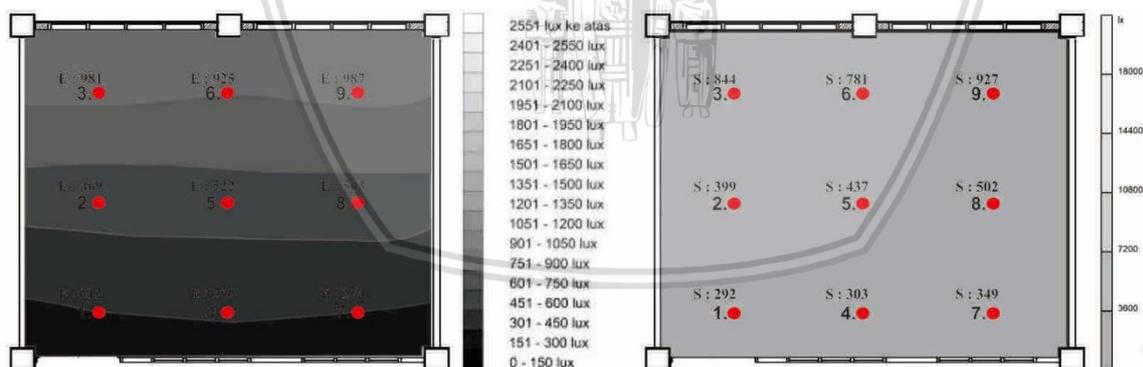
Tabel 4.20 Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 4.3 pukul 12.00 (lux)

Titik Ukur	Intensitas Cahaya Eksisting Ruang Kuliah 4.3	Terang langit	Faktor langit (%)	Intensitas Cahaya Simulasi Ruang kuliah 4.3	Relative error
1.	399	68100lx	1 %	492	19 %
2.	572		1 %	690	19 %
3.	1770		3 %	1549	12 %
4.	493		1 %	508	3 %
5.	644		1 %	707	9 %
6.	1462		2 %	1239	15 %
7.	544		1 %	533	2 %
8.	807		1 %	764	5 %
9.	1655		2 %	1384	16 %
Avr	927.3333	68100lx	1 %	874	5 %

4.3.5.3 Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kuliah 4.3 Pukul 15.00

Hasil pengukuran eksisting tingkat intensitas pencahayaan alami dalam ruang kuliah 4.3 pada pukul 15.00 memiliki rata-rata sebesar 609 lux sedangkan tingkat pencahayaan pada luar ruangan sebesar 13,3 klux. Pengukuran tersebut menunjukkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah melebihi standar kenyamanan visual menurut SNI-03-6575-2001 yaitu sebesar 250 lux, akan tetapi hasil pengukuran pukul 15.00 dibanding hasil pengukuran pukul 09.00 dan 12.00 relatif lebih rendah.

Berikut merupakan layout distribusi cahaya kondisi ekisting dan simulasi kondisi ekisting ruang kuliah 4.3 saat pukul 15.00 tersebut dengan hasil pengukuran menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan telah merata kedalam sudut-sudut ruang, akan tetapi intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah 4.3 di pukul 15.00 secara keseluruhan melebihi standar. Kondisi dalam ruangan terlalu terang meski relatif lebih rendah jika dibanding dengan intensitas di pukul 09.00 dan 12.00 dengan rata-rata nilai faktor langit pada ruang kuliah 4.3 pada pukul 15.00 sebesar 5%. Sedangkan persentase rata-rata untuk angka validasi *relative error* antara pengukuran eksisting dan simulasi eksisting sebesar 13%.



Gambar 4.45 Layout distribusi pencahayaan RK 4.3 pukul 15.00

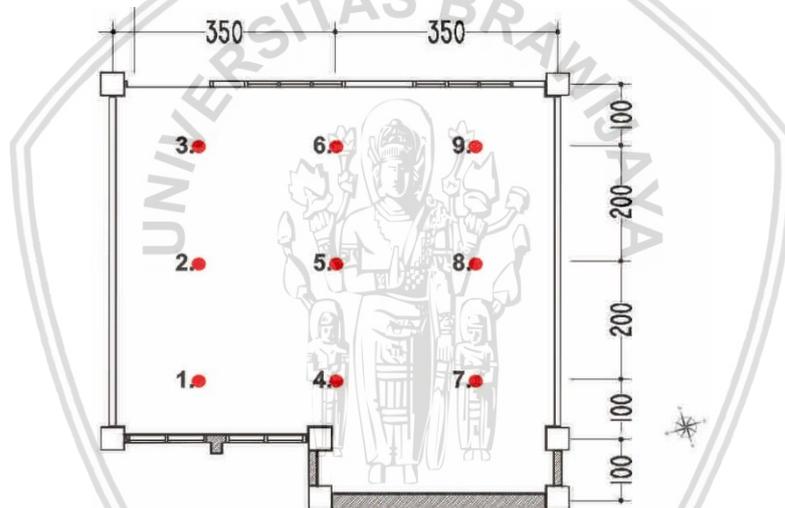
Tabel 4.21 Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 4.3 pukul 15.00 (lux)

Titik Ukur	Intensitas Cahaya Eksisting Ruang Kuliah 4.3	Terang langit	Faktor langit (%)	Intensitas Cahaya Simulasi Ruang kuliah 4.3	Relative error
1.	312	13300lx	2 %	292	6 %
2.	469		4 %	399	14 %
3.	981		7 %	844	13 %
4.	350		3 %	303	13 %
5.	522		4 %	437	16 %

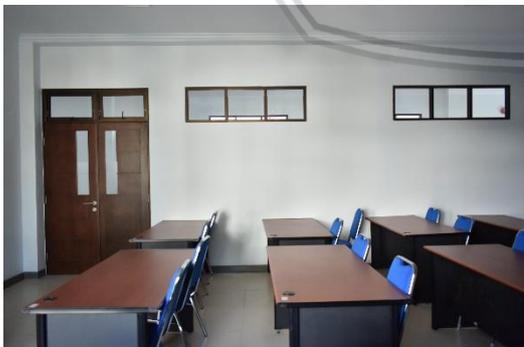
6.	925		7 %	781	15 %
7.	374		3 %	349	6 %
8.	563		4 %	502	10 %
9.	987		7 %	927	6 %
Avr	609.2222	13300lx	5 %	537.1111	11 %

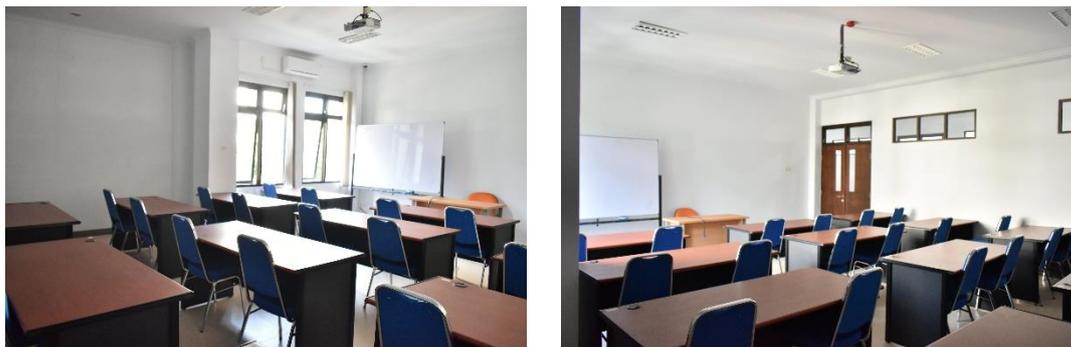
4.3.6 Ruang Kuliah 4.5

Ruang kuliah 4.5 memiliki dimensi 7,5 m x 7 m. Ruang kuliah 4.5 memiliki satu jendela bertipe *top hung* dan *fixed window* pada bagian dinding barat daya yang berbatasan langsung dengan lingkungan luar gedung. Jendela tersebut memiliki dimensi sebesar 135 cm x 180 cm. Pada bagian dinding timur laut terdapat pintu masuk menuju ruang yang dilengkapi dengan bukaan berupa bouven dengan dimensi 168 cm x 41 cm.



Gambar 4.46 Denah titik ukur RK 4.5





Gambar 4.47 Foto kondisi eksisting RK 4.5 pukul 09.00

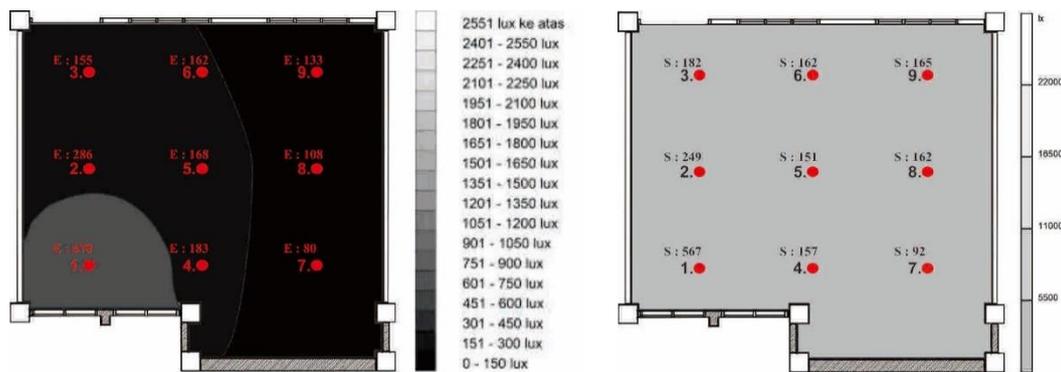
Pada ruang kuliah 4.5 pengukuran intensitas pencahayaan alami dibagi menjadi sembilan titik ukur dengan jarak titik ukur samping 1 meter, titik ukur utama 2 meter, dan tinggi bidang kerja 75 cm dari lantai. Pengambilan data dilakukan ditanggal 12 Mei 2018 tanpa pencahayaan buatan pada pukul 09.00, 12.00, dan 15.00 dengan kondisi terang langit cerah *clear sky*.

4.3.6.1 Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kuliah 4.5 Pukul 09.00

Hasil pengukuran eksisting tingkat intensitas pencahayaan alami dalam ruang kuliah 4.5 pada pukul 09.00 memiliki rata-rata sebesar 216 lux sedangkan tingkat pencahayaan pada luar ruangan sebesar 7700 lux. Pengukuran tersebut menunjukkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah kurang dari standar kenyamanan visual menurut SNI-03-6575-2001 yaitu sebesar 250 lux. Intensitas cahaya yang terlalu rendah berpotensi mengakibatkan kelelahan pada mata, tidak fokus, produktivitas kerja terganggu, dan proses belajar-mengajar yang tidak nyaman.

Disisi lain persentase bukaan ruang 4.5 sebesar 7% dari luas lantai. Hal ini dapat menjadi salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya intensitas cahaya alami dalam ruang. Persentase bukaan selisih sebesar 13% dari standar, menurut SNI DPU No 1728-1989 standar bukaan sebesar 20% dari luas lantai.

Untuk mengetahui distribusi penyebaran cahaya gelap dan terang kondisi eksisting dalam ruang perlu adanya layout distribusi cahaya. Layout distribusi pencahayaan tersebut terdiri dari layout eksisting dan layout simulasi eksisting ruangan. Simulasi eksisting ruangan dilakukan secara digital menggunakan software *DIALux daylight 4.13*. Simulasi ini bertujuan memvalidasi data antara pengukuran eksisting dengan data pengukuran simulasi. Berikut merupakan layout distribusi cahaya kondisi ekisting dan simulasi kondisi ekisting ruang kuliah 4.5 saat pukul 09.00 tersebut :



Gambar 4.48 Layout distribusi pencahayaan RK 4.5 pukul 09.00

Tabel 4.22 Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 4.5 pukul 09.00 (lux)

Titik Ukur	Intensitas Cahaya Eksisting Ruang Kuliah 4.3	Terang langit	Faktor langit (%)	Intensitas Cahaya Simulasi Ruang kuliah 4.3	Relative error
1.	670	7700lx	9 %	567	15 %
2.	286		4 %	249	12 %
3.	155		2 %	182	17 %
4.	183		2 %	157	14 %
5.	168		2 %	151	10 %
6.	162		2 %	162	1 %
7.	80		1 %	92	15 %
8.	108		1 %	133	19 %
9.	133		2 %	165	19 %
Avr	216.1111	7700lx	3 %	206.4444	4 %

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan belum merata kedalam sudut-sudut ruang, intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah 4.5 di pukul 09.00 secara keseluruhan cenderung redup mendekati gelap. Kondisi dalam ruangan yang gelap disebabkan oleh minimnya bukaan/jendela. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut dengan menggunakan rumus R2 rata-rata nilai faktor langit pada ruang kuliah 4.5 pada pukul 09.00 sebesar 3%. Sedangkan persentase rata-rata untuk angka validasi *relative error* dengan menggunakan rumus R1 antara pengukuran eksisting dan simulasi eksisting sebesar 14%.

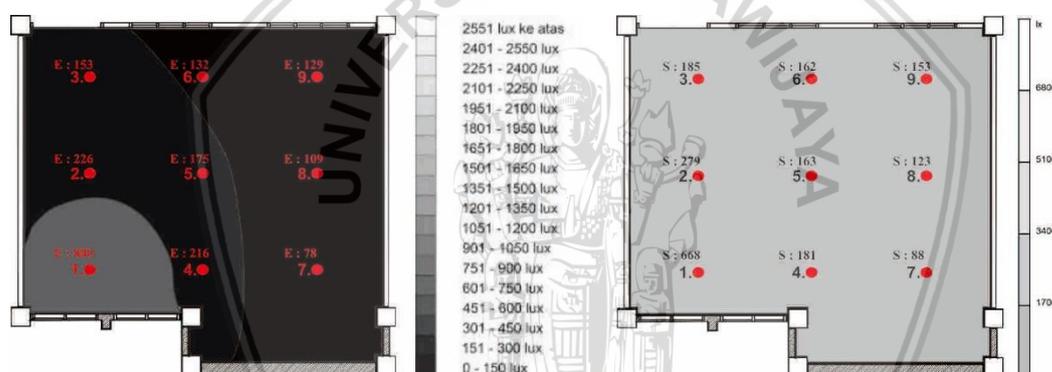
4.3.6.2 Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kuliah 4.5 Pukul 12.00

Hasil pengukuran eksisting tingkat intensitas pencahayaan alami dalam ruang kuliah 4.5 pada pukul 12.00 memiliki rata-rata sebesar 224 lux sedangkan tingkat pencahayaan pada luar ruangan sebesar 9700 lux. Pengukuran tersebut menunjukkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah kurang dari standar kenyamanan



visual menurut SNI-03-6575-2001 yaitu sebesar 250 lux, akan tetapi hasil pengukuran pukul 12.00 dibanding hasil pengukuran pukul 09.00 relatif lebih tinggi dengan selisih 8 lux.

Berikut merupakan layout distribusi cahaya kondisi ekisting dan simulasi kondisi ekisting ruang kuliah 4.5 saat pukul 12.00 tersebut dengan hasil pengukuran menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan belum merata kedalam sudut-sudut ruang dan cenderung redup mendekati gelap secara keseluruhan belum memenuhi standar. Akan tetapi kondisi dalam ruangan lebih terang jika dibanding dengan intensitas di pukul 09.00 dengan rata-rata nilai faktor langit pada ruang kuliah 4.5 pada pukul 12.00 sebesar 2%. Sedangkan persentase rata-rata untuk angka validasi *relative error* antara pengukuran eksisting dan simulasi eksisting sebesar 15%.



Gambar 4.49 Layout distribusi pencahayaan RK 4.5 pukul 12.00

Tabel 4.23 Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 4.5 pukul 12.00 (lux)

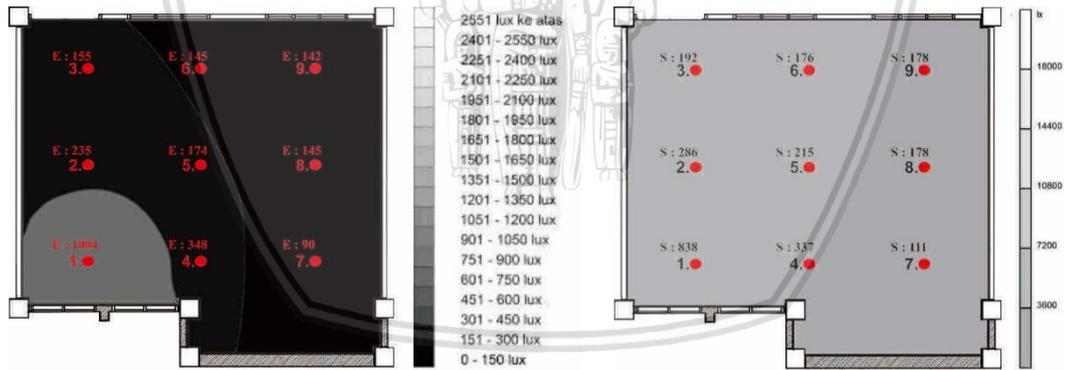
Titik Ukur	Intensitas Cahaya Eksisting Ruang Kuliah 4.3	Terang langit	Faktor langit (%)	Intensitas Cahaya Simulasi Ruang kuliah 4.3	Relative error
1.	800	9700lx	8 %	668	16 %
2.	226		2 %	279	19 %
3.	153		2 %	185	19 %
4.	216		2 %	181	16 %
5.	175		1 %	163	6 %
6.	132		1 %	162	19 %
7.	78		1 %	88	12 %
8.	109		1 %	123	12 %
9.	129		1 %	153	18 %
Avr	224.2222	9700lx	2 %	222.4444	8 %



4.3.6.3 Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kuliah 4.5 Pukul 15.00

Hasil pengukuran eksisting tingkat intensitas pencahayaan alami dalam ruang kuliah 4.5 pada pukul 15.00 memiliki rata-rata sebesar 270 lux sedangkan tingkat pencahayaan pada luar ruangan sebesar 8300 lux. Pengukuran tersebut menunjukkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah sesuai dengan standar kenyamanan visual menurut SNI-03-6575-2001 yaitu sebesar 250 lux, dengan hasil pengukuran relatif lebih tinggi dari pukul 09.00 dan 12.00.

Berikut merupakan layout distribusi cahaya kondisi ekisting dan simulasi kondisi ekisting ruang kuliah 4.5 saat pukul 15.00 tersebut dengan pengukuran menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan belum merata kedalam sudut-sudut ruang dan cenderung redup mendekati gelap secara keseluruhan belum memenuhi standar. Akan tetapi kondisi dalam ruangan lebih terang jika dibanding dengan intensitas di pukul 09.00 dan 12.00 dengan rata-rata nilai faktor langit pada ruang kuliah 4.5 pada pukul 15.00 sebesar 3%. Sedangkan persentase rata-rata untuk angka validasi *relative error* antara pengukuran eksisting dan simulasi eksisting sebesar 16%.



Gambar 4.50 Layout distribusi pencahayaan RK 4.5 pukul 15.00

Tabel 4.24 Intensitas pencahayaan eksisting dan simulasi RK 4.5 pukul 15.00 (lux)

Titik Ukur	Intensitas Cahaya Eksisting Ruang Kuliah 4.3	Terang langit	Faktor langit (%)	Intensitas Cahaya Simulasi Ruang kuliah 4.3	Relative error
1.	1004	8300lx	12 %	838	16 %
2.	235		3 %	286	19 %
3.	155		2 %	192	19 %
4.	348		4 %	337	3 %
5.	174		2 %	215	19 %
6.	145		1 %	176	19 %
7.	90		1 %	111	19 %



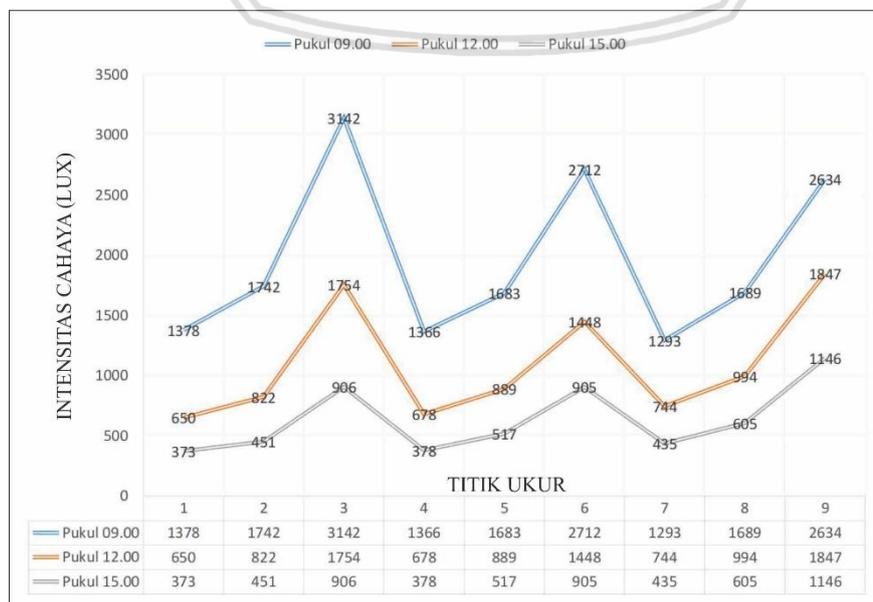
8.	145		2 %	178	19 %
9.	142		2 %	178	19 %
Avr	270.8889	8300lx	3 %	279	16 %

4.4 Analisis Tahunan Pencahayaan Alami GBTP

Pada analisis tahunan ini dilakukan simulasi tahunan pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5, 4.2, 4.3, dan 4.5 menggunakan *software* digital *DIALux 4.13* yang disimulasikan sesuai kedudukan matahari terhadap bumi yang akan mempengaruhi intensitas cahaya matahari yang diperoleh oleh gedung objek penelitian. Hal ini dilakukan untuk mengetahui intensitas tertinggi dan terendah cahaya matahari sepanjang tahun ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5, 4.2, 4.3, dan 4.5 pada tanggal 21 Juni, 23 September, 22 Desember. Simulasi tahunan ini dilakukan pada pukul 09.00, 12.00 dan 15.00 pada tiap ruang. Berikut hasil simulasi tersebut:

4.4.1 Ruang Kuliah 2.2

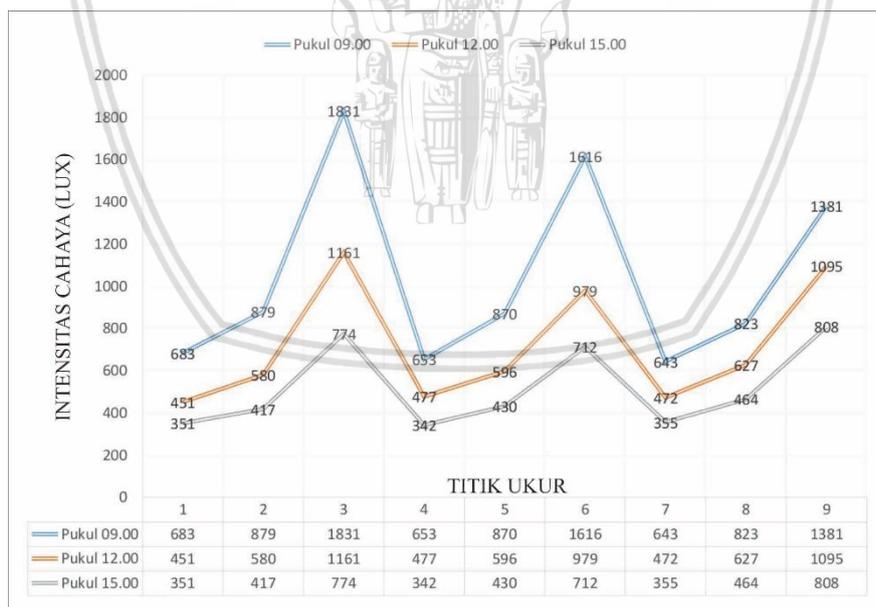
Berdasarkan grafik simulasi tahunan rata-rata intensitas tertinggi secara keseluruhan ruang kuliah 2.2 terjadi saat 21 Juni yaitu sebesar 1228 lux dengan rata-rata intensitas pencahayaan alami pada pukul 09.00 sebesar 1960 lux, pukul 12.00 sebesar 1091 lux, dan pukul 15.00 sebesar 635 lux. Sedangkan intensitas terendah secara keseluruhan terjadi saat 22 Desember yaitu sebesar 560 lux dengan rata-rata intensitas pencahayaan alami pada pukul 09.00 sebesar 666 lux, pukul 12.00 sebesar 560 lux, dan 15.00 sebesar 452 lux.



Gambar 4.51 Grafik simulasi intensitas cahaya 21 Juni RK 2.2



Gambar 4.52 Grafik simulasi intensitas cahaya 22 Desember RK 2.2



Gambar 4.53 Grafik simulasi intensitas cahaya 22 September RK 2.2

Pada ruang kuliah 2.2 intensitas cahaya tertinggi diperoleh pada tanggal 21 Juni pukul 09.00 dengan intensitas cahaya sebesar 3142 lux dengan rata-rata tingkat intensitas cahaya pada sisi terdekat dengan jendela yaitu titik 3 6 9 sebesar 2830 lux, titik 2 5 8 sebesar 1704 lux, titik 1 4 7 sebesar 1345 lux dan terdapat kontras intensitas cahaya pada

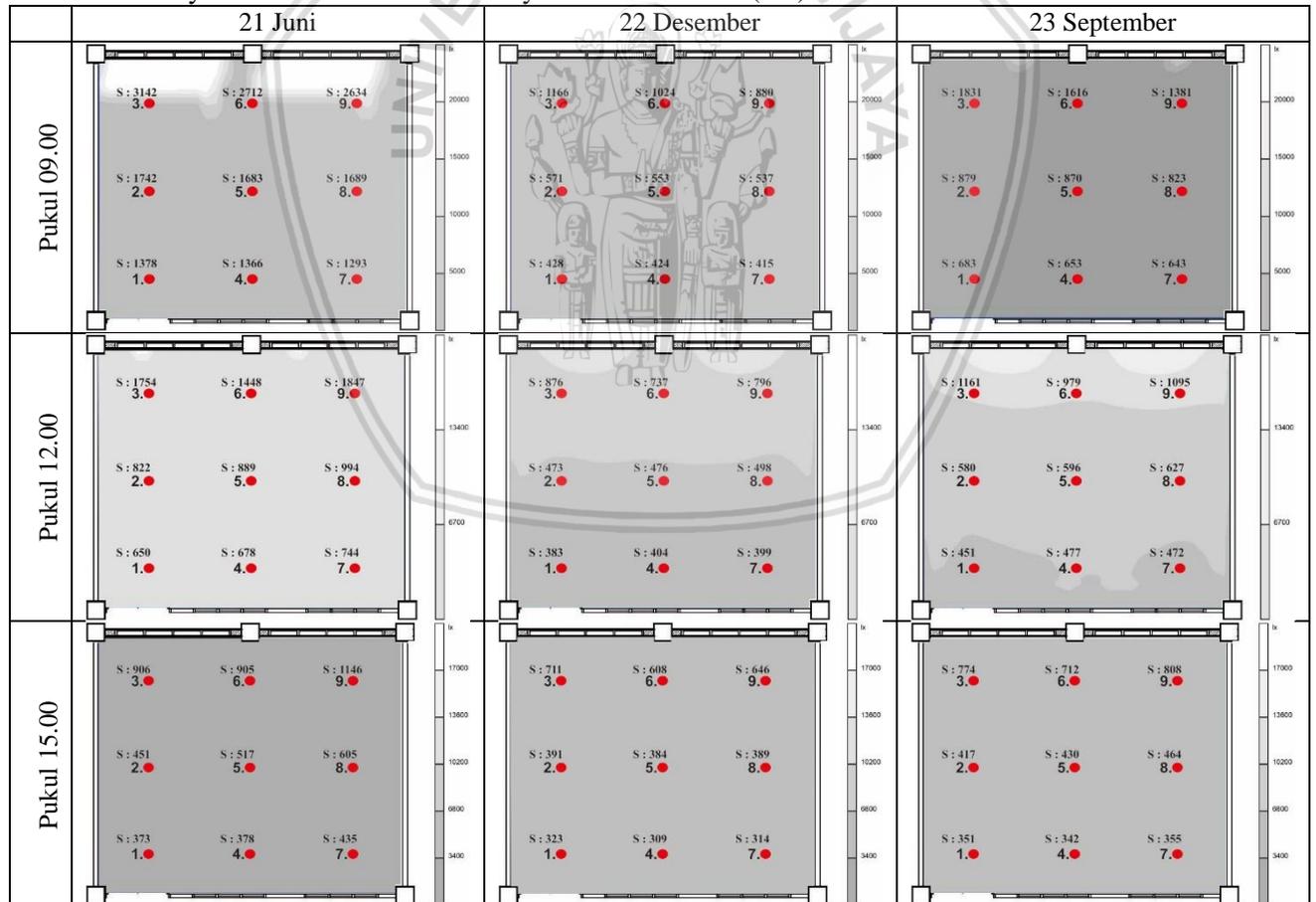


titik 7 yang berada di sudut ruang, akan tetapi kontras cahaya tidak cukup berarti dikarenakan besarnya intensitas cahaya tetap melebihi standar kenyamanan visual ruang kuliah.

Intensitas cahaya terendah pada ruang kuliah 2.2 diperoleh pada tanggal 22 Desember pukul 15.00 dengan intensitas cahaya sebesar 309 lux pada titik 4 dengan rata-rata tingkat intensitas cahaya pada sisi terjauh dari jendela yaitu titik 1 4 7 sebesar 315 lux, titik 2 5 8 sebesar 388 lux, titik 3 6 9 sebesar 655 lux.

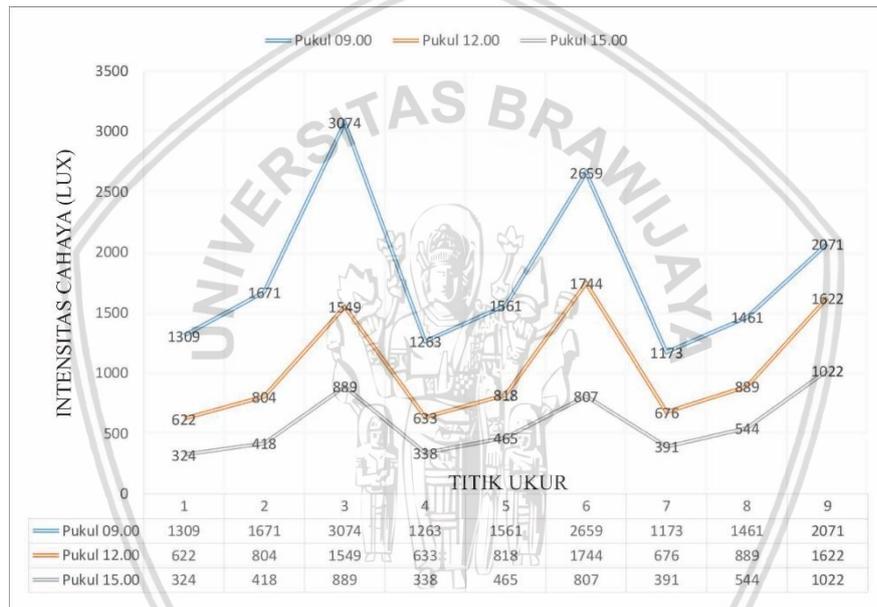
Untuk mengetahui distribusi penyebaran cahaya gelap dan terang kondisi simulasi dalam ruang perlu adanya layout distribusi cahaya. Berikut merupakan layout distribusi cahaya simulasi ruang kuliah 2.2 pada tanggal 21 Juni, 22 Desember dan 23 September saat pukul 09.00, pukul 12.00 dan pukul 15.00 tersebut:

Tabel 4.25 Layout simulasi distribusi cahaya tahunan RK 2.2 (lux)

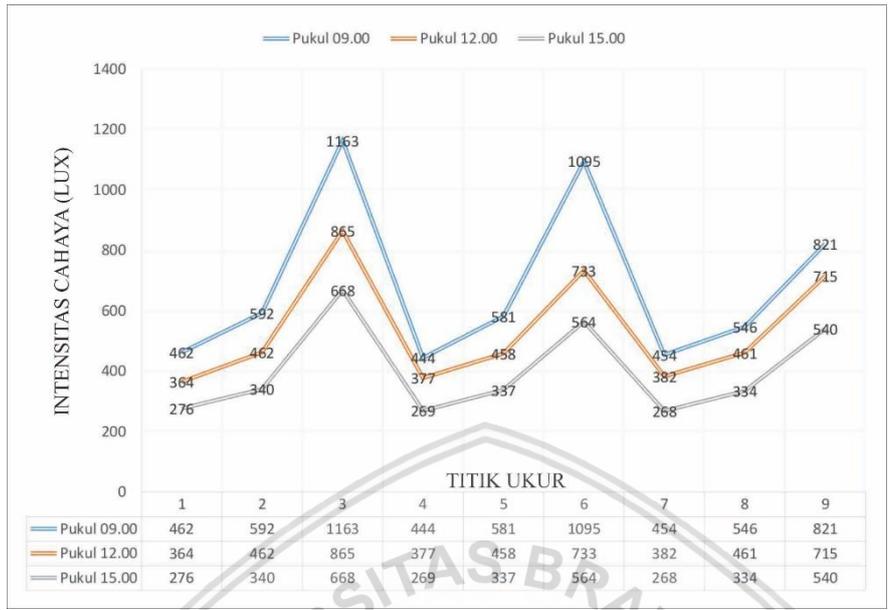


4.4.2 Ruang Kuliah 2.3

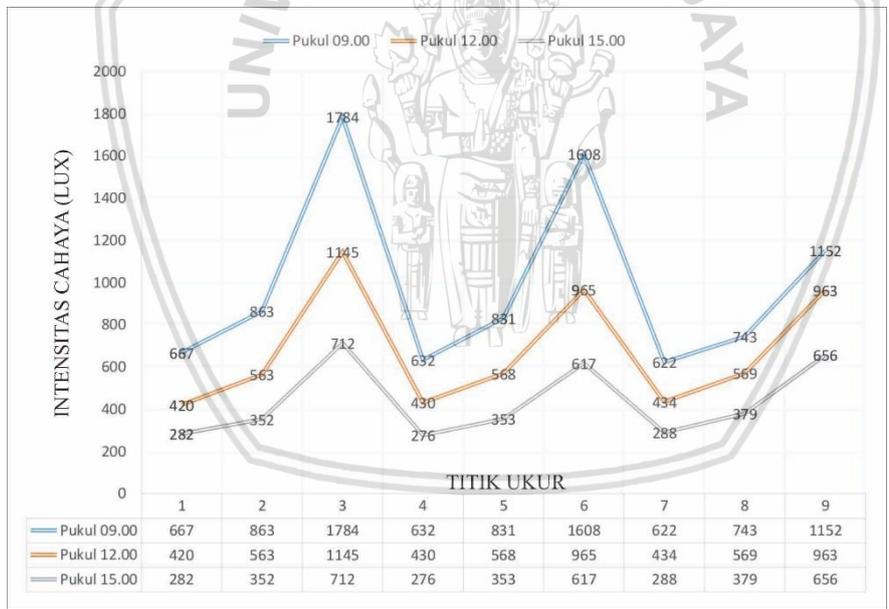
Berdasarkan grafik simulasi tahunan rata-rata intensitas tertinggi secara keseluruhan ruang kuliah 2.3 terjadi saat 21 Juni yaitu sebesar 1140 lux dengan rata-rata intensitas pencahayaan alami pada pukul 09.00 sebesar 1804 lux, pukul 12.00 sebesar 1039 lux, dan pukul 15.00 sebesar 577 lux. Sedangkan intensitas terendah secara keseluruhan terjadi saat 22 Desember yaitu sebesar 540 lux dengan rata-rata intensitas pencahayaan alami pada pukul 09.00 sebesar 684 lux, pukul 12.00 sebesar 535 lux, dan 15.00 sebesar 400 lux.



Gambar 4.54 Grafik simulasi intensitas cahaya 21 Juni RK 2.3



Gambar 4.55 Grafik simulasi intensitas cahaya 22 Desember RK 2.3



Gambar 4.56 Grafik simulasi intensitas cahaya 23 September RK 2.3

Pada ruang kuliah 2.3 intensitas cahaya tertinggi diperoleh pada tanggal 21 Juni pukul 09.00 dengan intensitas cahaya sebesar 3074 lux dengan rata-rata tingkat intensitas cahaya pada sisi terdekat dengan jendela yaitu titik 3 6 9 sebesar 2601 lux, titik 2 5 8 sebesar 1564 lux, titik 1 4 7 sebesar 1248 lux dan terdapat kontras dengan intensitas cahaya pada titik 7 yang berada di sudut ruang, akan tetapi kontras cahaya tidak cukup berarti

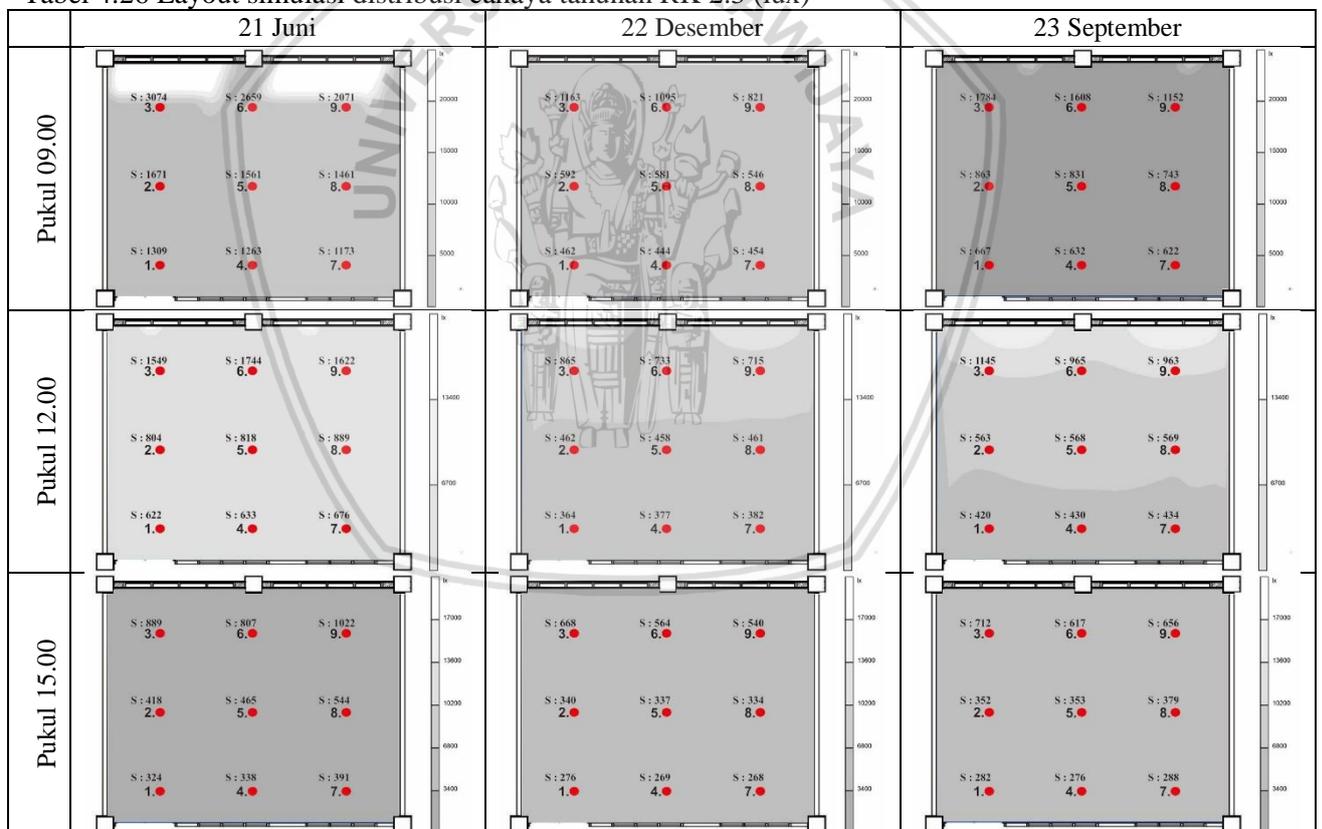


dikarenakan besarnya intensitas cahaya tetap melebihi standar kenyamanan visual ruang kuliah.

Intensitas cahaya terendah pada ruang kuliah 2.3 diperoleh pada tanggal 22 Desember pukul 15.00 dengan intensitas cahaya sebesar 269 lux pada titik 4 dengan rata-rata tingkat intensitas cahaya pada sisi terjauh dari jendela yaitu titik 1 4 7 sebesar 271 lux, titik 2 5 8 sebesar 337 lux, titik 3 6 9 sebesar 590 lux.

Untuk mengetahui distribusi penyebaran cahaya gelap dan terang kondisi simulasi dalam ruang perlu adanya layout distribusi cahaya. Berikut merupakan layout distribusi cahaya simulasi ruang kuliah 2.3 pada tanggal 21 Juni, 22 Desember dan 23 September saat pukul 09.00, pukul 12.00 dan pukul 15.00 tersebut :

Tabel 4.26 Layout simulasi distribusi cahaya tahunan RK 2.3 (lux)

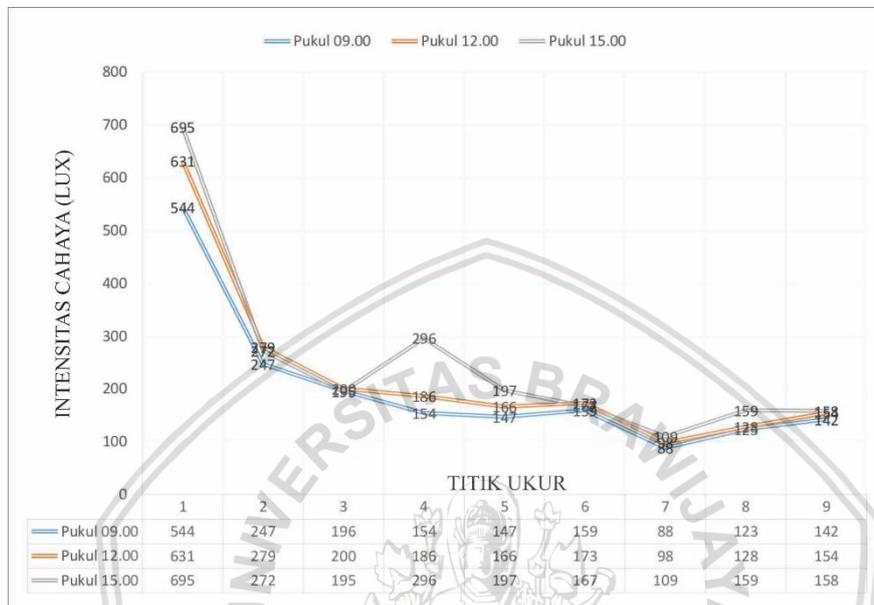


4.4.3 Ruang Kuliah 2.5

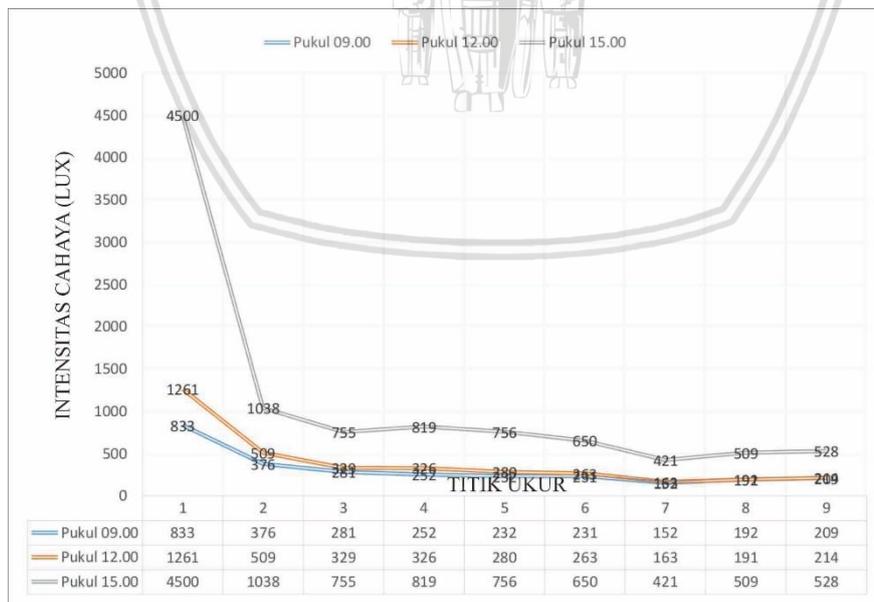
Berdasarkan grafik simulasi tahunan rata-rata intensitas tertinggi secara keseluruhan ruang kuliah 2.5 terjadi saat 22 Desember yaitu sebesar 602 lux dengan rata-rata intensitas pencahayaan alami pada pukul 09.00 sebesar 306 lux, pukul 12.00 sebesar 392 lux, dan pukul 15.00 sebesar 1108 lux. Sedangkan intensitas terendah secara



keseluruhan terjadi saat 21 Juni yaitu sebesar 244 lux dengan rata-rata intensitas pencahayaan alami pada pukul 09.00 sebesar 200 lux, pukul 12.00 sebesar 223 lux, dan 15.00 sebesar 250 lux.

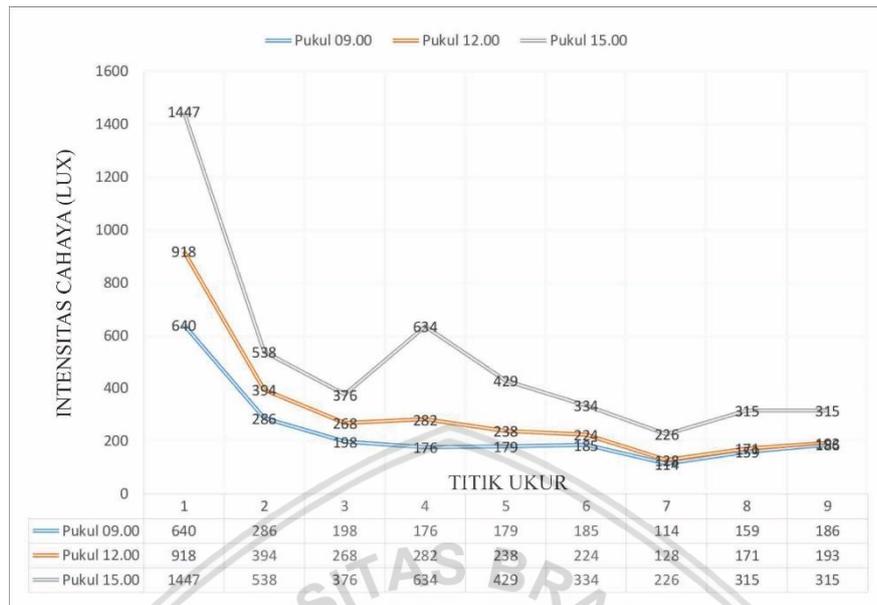


Gambar 4.57 Grafik simulasi intensitas cahaya 21 Juni RK 2.5



Gambar 4.58 Grafik simulasi intensitas cahaya 22 Desember RK 2.5





Gambar 4.59 Grafik simulasi intensitas cahaya 23 September RK 2.5

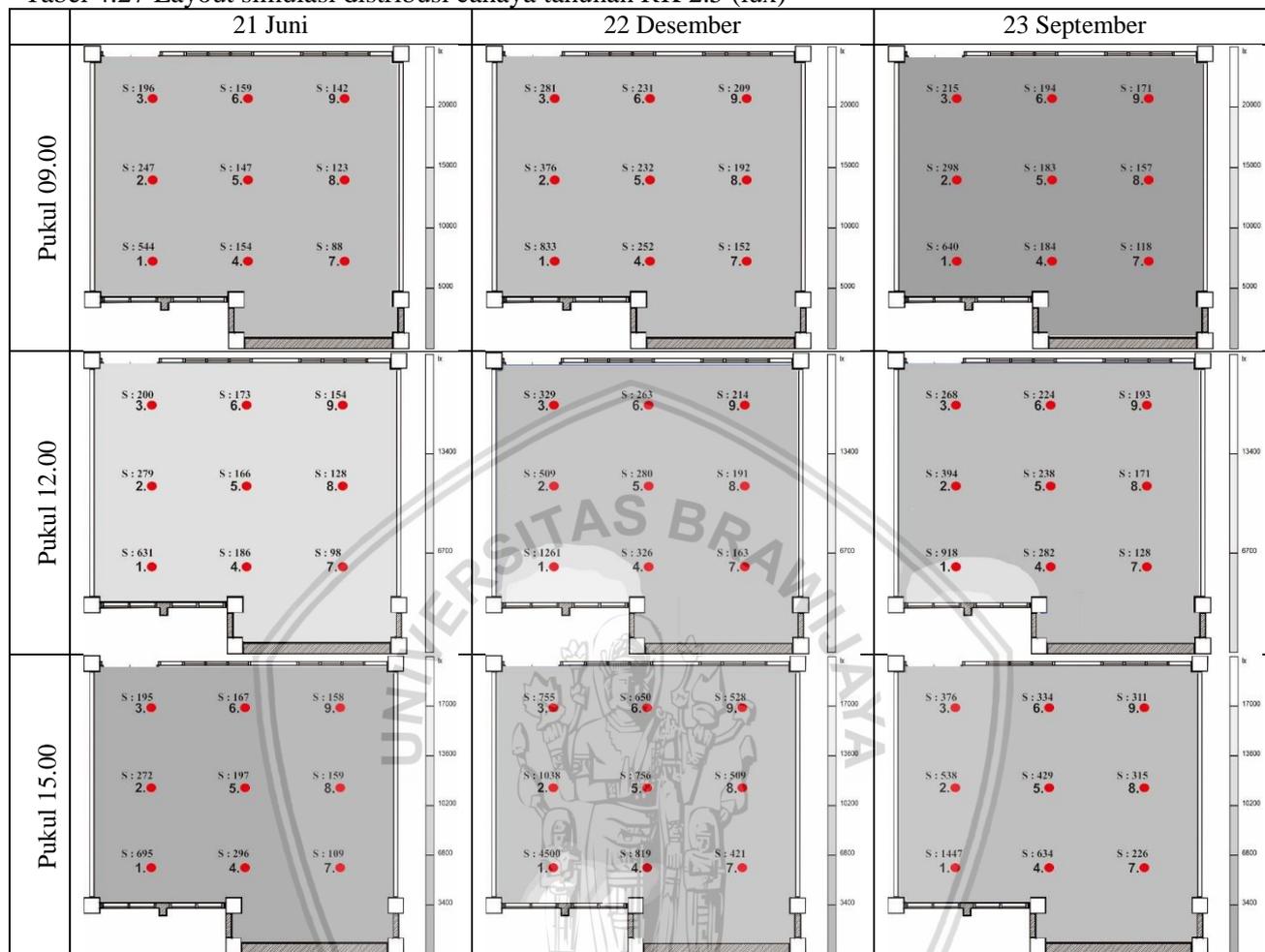
Pada ruang kuliah 2.5 intensitas cahaya tertinggi diperoleh pada tanggal 22 Desember pukul 15.00 dengan intensitas cahaya sebesar 4500 lux dengan rata-rata tingkat intensitas cahaya pada sisi terdekat dengan jendela yaitu titik 1 4 7 sebesar 1913 lux, titik 2 5 8 sebesar 767 lux, titik 3 6 9 sebesar 644 lux dan terdapat kontras intensitas cahaya antara titik 1 dengan titik 7, hal ini dapat menyebabkan kenyamanan visual terganggu. Karena selain adanya perbedaan intensitas cahaya yang terlalu jauh, titik 7 dan kondisi sekitarnya cenderung lebih gelap. Salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya intensitas cahaya alami dalam ruang kuliah 2.5 disebabkan oleh persentase bukaan yang hanya sebesar 7% dari luas lantai. Persentase bukaan selisih sebesar 13% dari standar, menurut SNI DPU No 1728-1989 standar bukaan sebesar 20% dari luas lantai.

Intensitas cahaya terendah pada ruang kuliah 2.5 diperoleh pada tanggal 21 Juni pukul 09.00 dengan intensitas cahaya sebesar 88 lux pada titik 7 dengan rata-rata tingkat intensitas cahaya pada sisi terdekat dari jendela yaitu titik 1 4 7 sebesar 262 lux, titik 2 5 8 sebesar 172 lux, titik 3 6 9 sebesar 165 lux.

Untuk mengetahui distribusi penyebaran cahaya gelap dan terang kondisi simulasi dalam ruang perlu adanya layout distribusi cahaya. Berikut merupakan layout distribusi cahaya simulasi ruang kuliah 2.5 pada tanggal 21 Juni, 22 Desember dan 23 September saat pukul 09.00, pukul 12.00 dan pukul 15.00 tersebut :

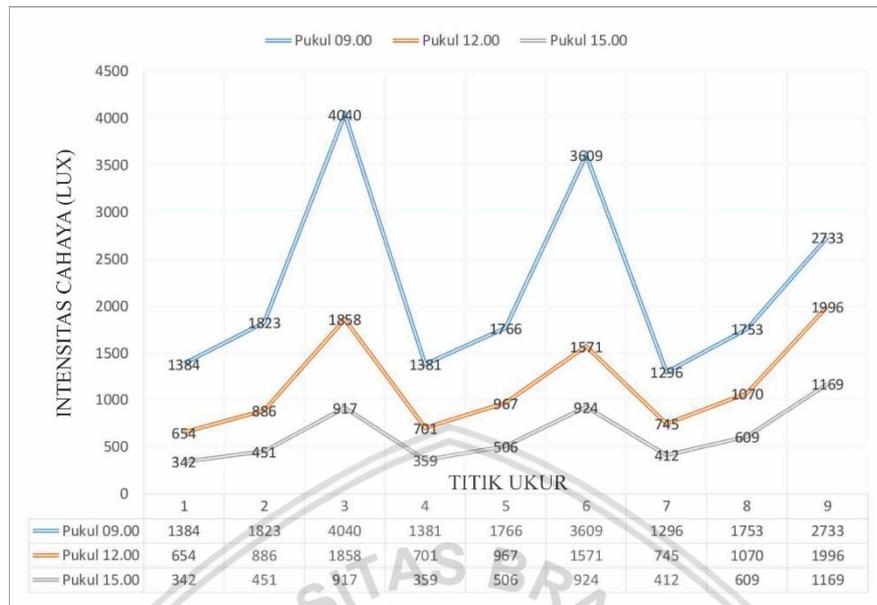


Tabel 4.27 Layout simulasi distribusi cahaya tahunan RK 2.5 (lux)

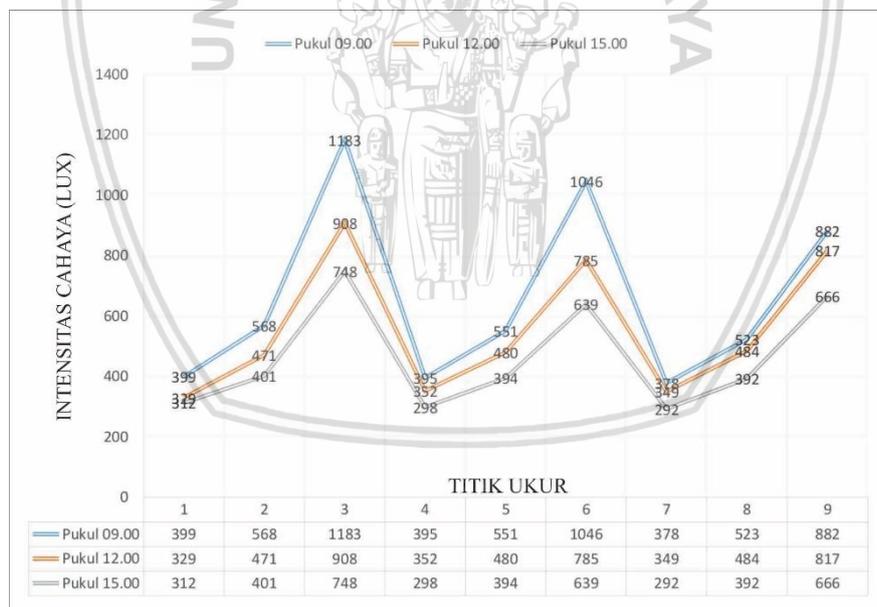


4.4.4 Ruang Kuliah 4.2

Berdasarkan grafik simulasi tahunan rata-rata intensitas tertinggi secara keseluruhan ruang kuliah 4.2 terjadi saat 21 Juni yaitu sebesar 1330 lux dengan rata-rata intensitas pencahayaan alami pada pukul 09.00 sebesar 2198 lux, pukul 12.00 sebesar 1160 lux, dan pukul 15.00 sebesar 632 lux. Sedangkan intensitas terendah secara keseluruhan terjadi saat 22 Desember yaitu sebesar 557 lux dengan rata-rata intensitas pencahayaan alami pada pukul 09.00 sebesar 658 lux, pukul 12.00 sebesar 552 lux, dan 15.00 sebesar 460 lux.

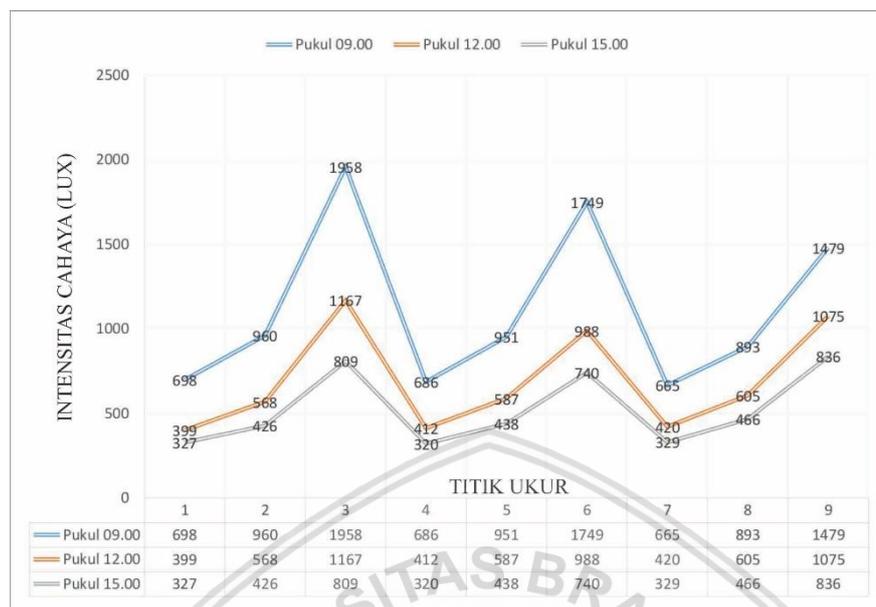


Gambar 4.60 Grafik simulasi intensitas cahaya 21 Juni RK 4.2



Gambar 4.61 Grafik simulasi intensitas cahaya 22 Desember RK 4.2





Gambar 4.62 Grafik simulasi intensitas cahaya 23 September RK 4.2

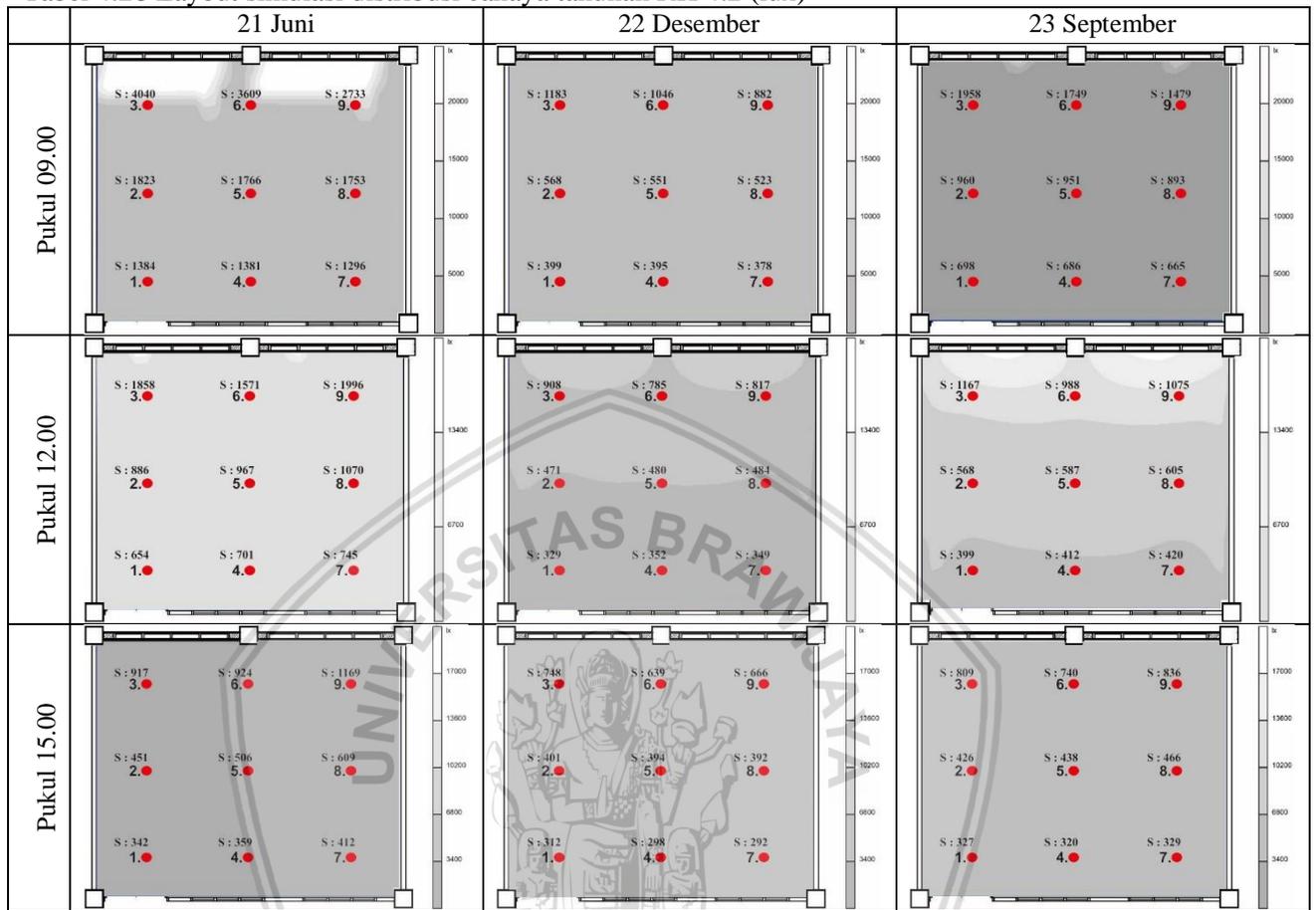
Pada ruang kuliah 4.2 intensitas cahaya tertinggi diperoleh pada tanggal 21 Juni pukul 09.00 dengan intensitas cahaya sebesar 4040 lux dengan rata-rata tingkat intensitas cahaya pada sisi terdekat dengan jendela yaitu titik 3 6 9 sebesar 3460 lux, titik 2 5 8 sebesar 1780 lux, titik 1 4 7 sebesar 1353 lux dan terdapat kontras dengan intensitas cahaya pada titik 7 yang berada di sudut ruang, akan tetapi kontras cahaya tidak cukup berarti dikarenakan besarnya intensitas cahaya tetap melebihi standar kenyamanan visual ruang kuliah.

Intensitas cahaya terendah pada ruang kuliah 4.2 diperoleh pada tanggal 22 Desember pukul 15.00 dengan intensitas cahaya sebesar 292 lux pada titik 7 dengan rata-rata tingkat intensitas cahaya pada sisi terjauh dari jendela yaitu titik 1 4 7 sebesar 390 lux, titik 2 5 8 sebesar 547 lux, titik 3 6 9 sebesar 1037 lux.

Untuk mengetahui distribusi penyebaran cahaya gelap dan terang kondisi simulasi dalam ruang perlu adanya layout distribusi cahaya. Berikut merupakan layout distribusi cahaya simulasi ruang kuliah 4.2 pada tanggal 21 Juni, 22 Desember dan 23 September saat pukul 09.00, pukul 12.00 dan pukul 15.00 tersebut :

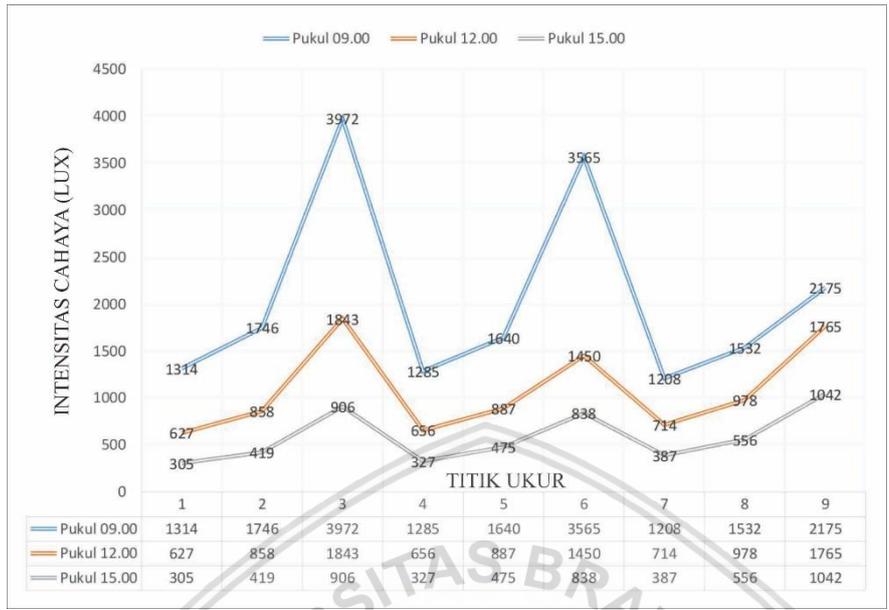


Tabel 4.28 Layout simulasi distribusi cahaya tahunan RK 4.2 (lux)

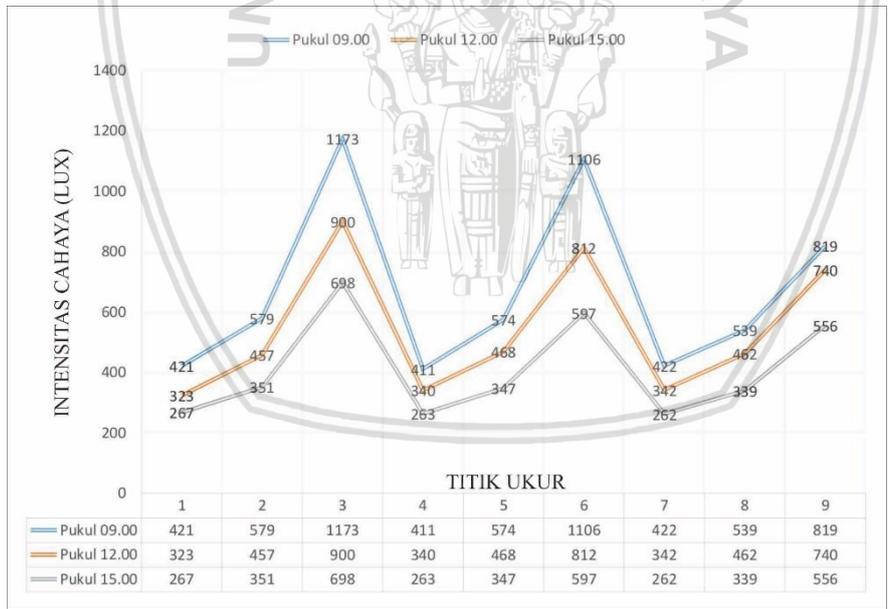


4.4.5 Ruang Kuliah 4.3

Berdasarkan grafik simulasi tahunan rata-rata intensitas tertinggi secara keseluruhan ruang kuliah 4.3 terjadi saat 21 Juni yaitu sebesar 1239 lux dengan rata-rata intensitas pencahayaan alami pada pukul 09.00 sebesar 2084 lux, pukul 12.00 sebesar 1086 lux, dan pukul 15.00 sebesar 583 lux. Sedangkan intensitas terendah secara keseluruhan terjadi saat 22 Desember yaitu sebesar 539 lux dengan rata-rata intensitas pencahayaan alami pada pukul 09.00 sebesar 671 lux, pukul 12.00 sebesar 538 lux, dan 15.00 sebesar 408 lux.

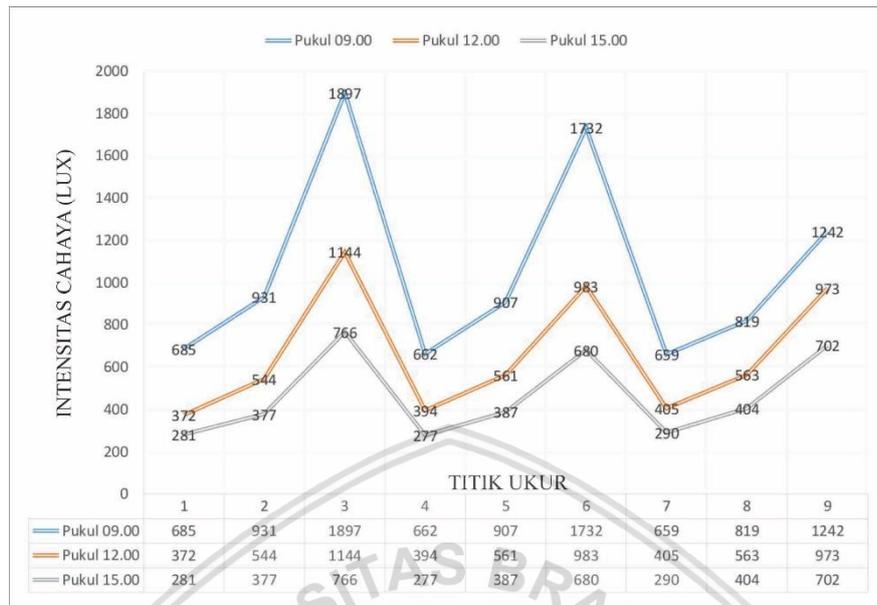


Gambar 4.63 Grafik simulasi intensitas cahaya 21 Juni RK 4.3



Gambar 4.64 Grafik simulasi intensitas cahaya 22 Desember RK 4.3





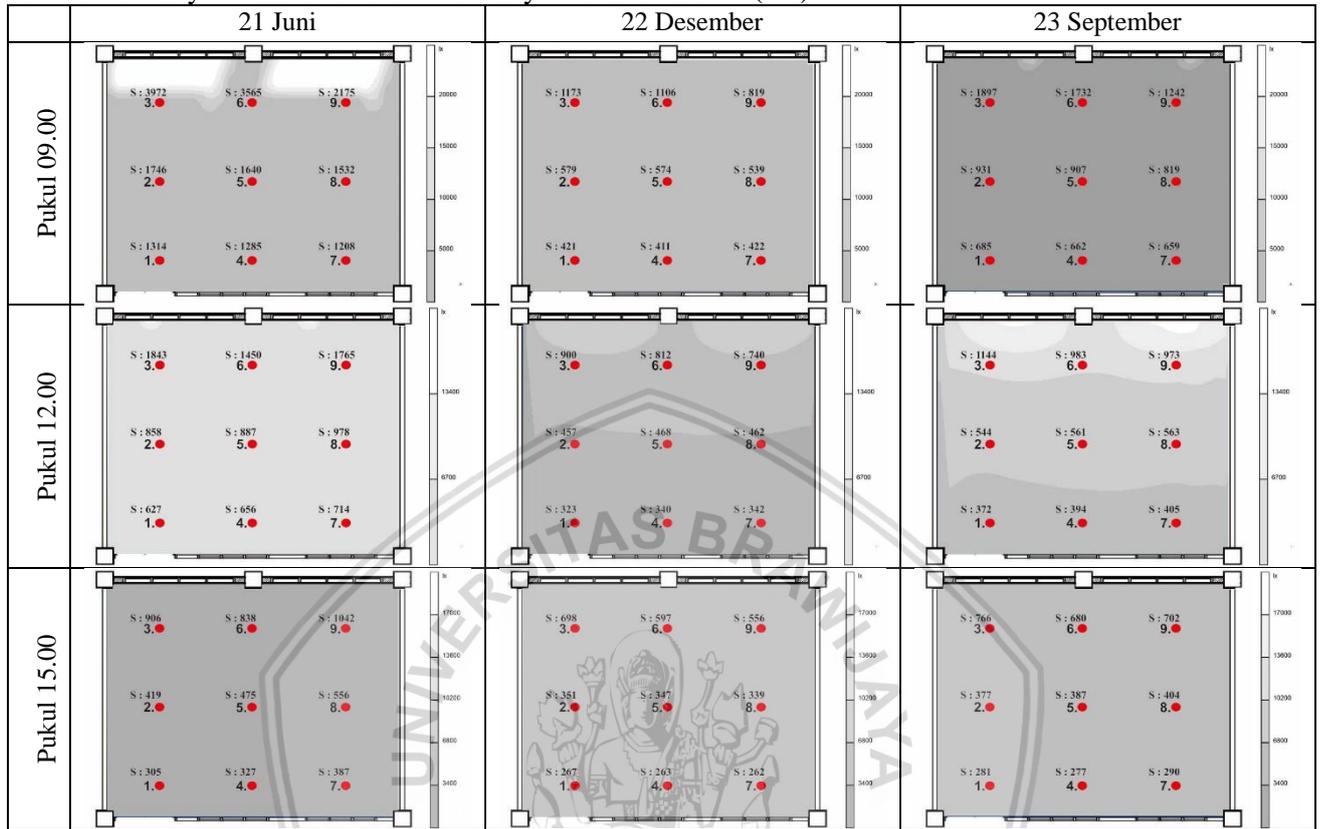
Gambar 4.65 Grafik simulasi intensitas cahaya 23 September RK 4.3

Pada ruang kuliah 4.3 intensitas cahaya tertinggi diperoleh pada tanggal 21 Juni pukul 09.00 dengan intensitas cahaya sebesar 3972 lux dengan rata-rata tingkat intensitas cahaya pada sisi terdekat dengan jendela yaitu titik 3 6 9 sebesar 3237 lux, titik 2 5 8 sebesar 1639 lux, titik 1 4 7 sebesar 1269 lux dan terdapat kontras dengan intensitas cahaya pada titik 7 yang berada di sudut ruang, akan tetapi kontras cahaya tidak cukup berarti dikarenakan besarnya intensitas cahaya tetap melebihi standar kenyamanan visual ruang kuliah.

Intensitas cahaya terendah pada ruang kuliah 4.3 diperoleh pada tanggal 22 Desember pukul 15.00 dengan intensitas cahaya sebesar 262 lux pada titik 7 dengan rata-rata tingkat intensitas cahaya pada sisi terjauh dari jendela yaitu titik 1 4 7 sebesar 264 lux, titik 2 5 8 sebesar 345 lux, titik 3 6 9 sebesar 617 lux.

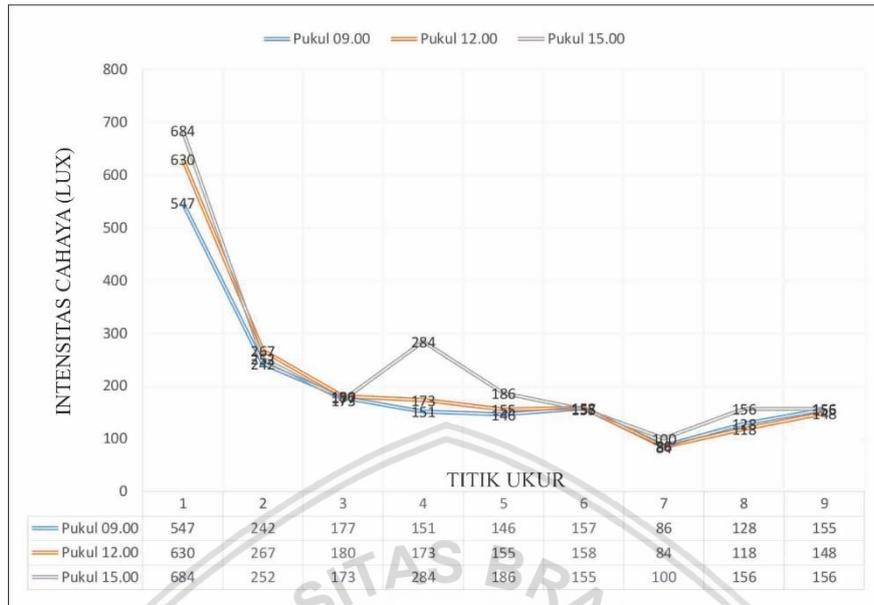
Untuk mengetahui distribusi penyebaran cahaya gelap dan terang kondisi simulasi dalam ruang perlu adanya layout distribusi cahaya. Berikut merupakan layout distribusi cahaya simulasi ruang kuliah 4.3 pada tanggal 21 Juni, 22 Desember dan 23 September saat pukul 09.00, pukul 12.00 dan pukul 15.00 tersebut :

Tabel 4.29 Layout simulasi distribusi cahaya tahunan RK 4.3 (lux)

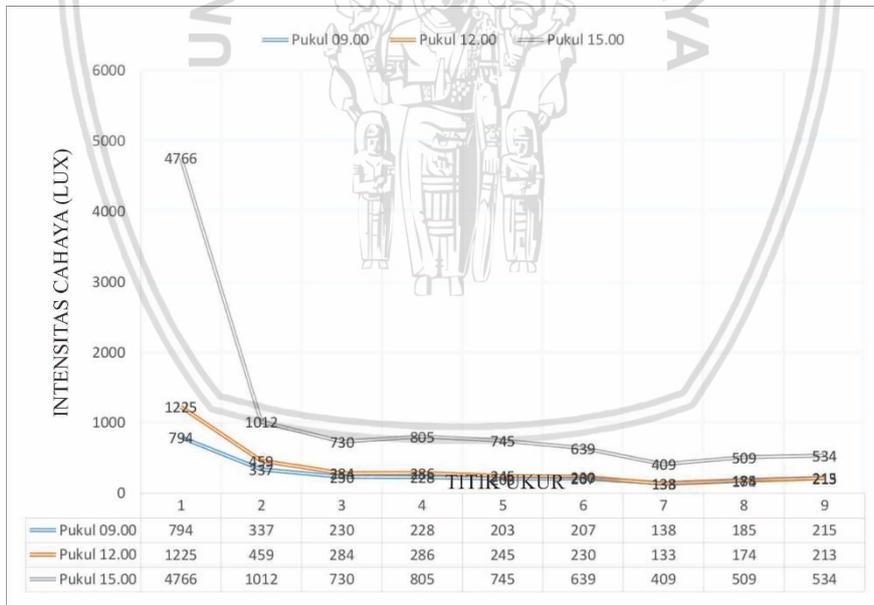


4.4.6 Ruang Kuliah 4.5

Berdasarkan grafik simulasi tahunan rata-rata intensitas tertinggi secara keseluruhan ruang kuliah 4.5 terjadi saat 22 Desember yaitu sebesar 590 lux dengan rata-rata intensitas pencahayaan alami pada pukul 09.00 sebesar 281 lux, pukul 12.00 sebesar 361 lux, dan pukul 15.00 sebesar 1127 lux. Sedangkan intensitas terendah secara keseluruhan terjadi saat 21 Juni yaitu sebesar 216 lux dengan rata-rata intensitas pencahayaan alami pada pukul 09.00 sebesar 198 lux, pukul 12.00 sebesar 212 lux, dan 15.00 sebesar 238 lux.

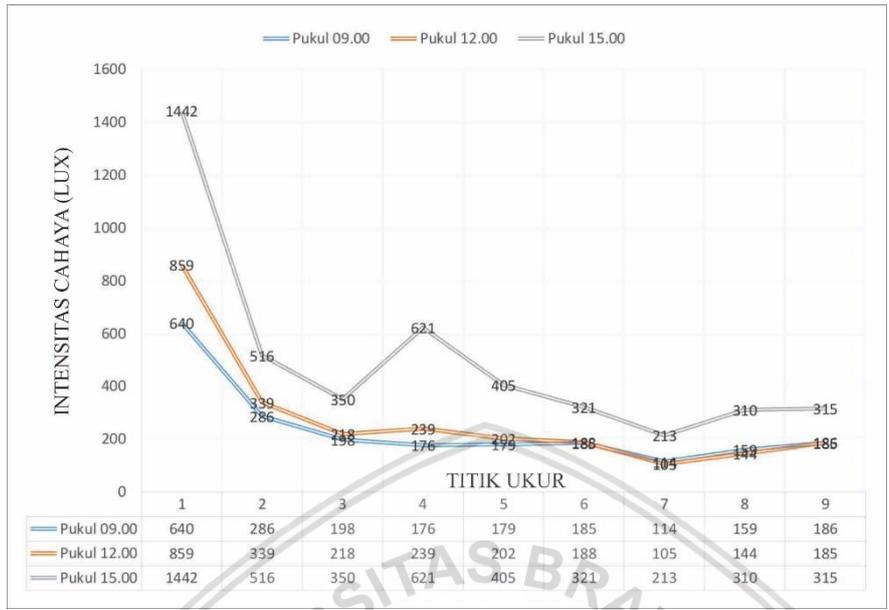


Gambar 4.66 Grafik simulasi intensitas cahaya 21 Juni RK 4.5



Gambar 4.67 Grafik simulasi intensitas cahaya 22 Desember RK 4.5





Gambar 4.68 Grafik simulasi intensitas cahaya 23 Sepember RK 4.5

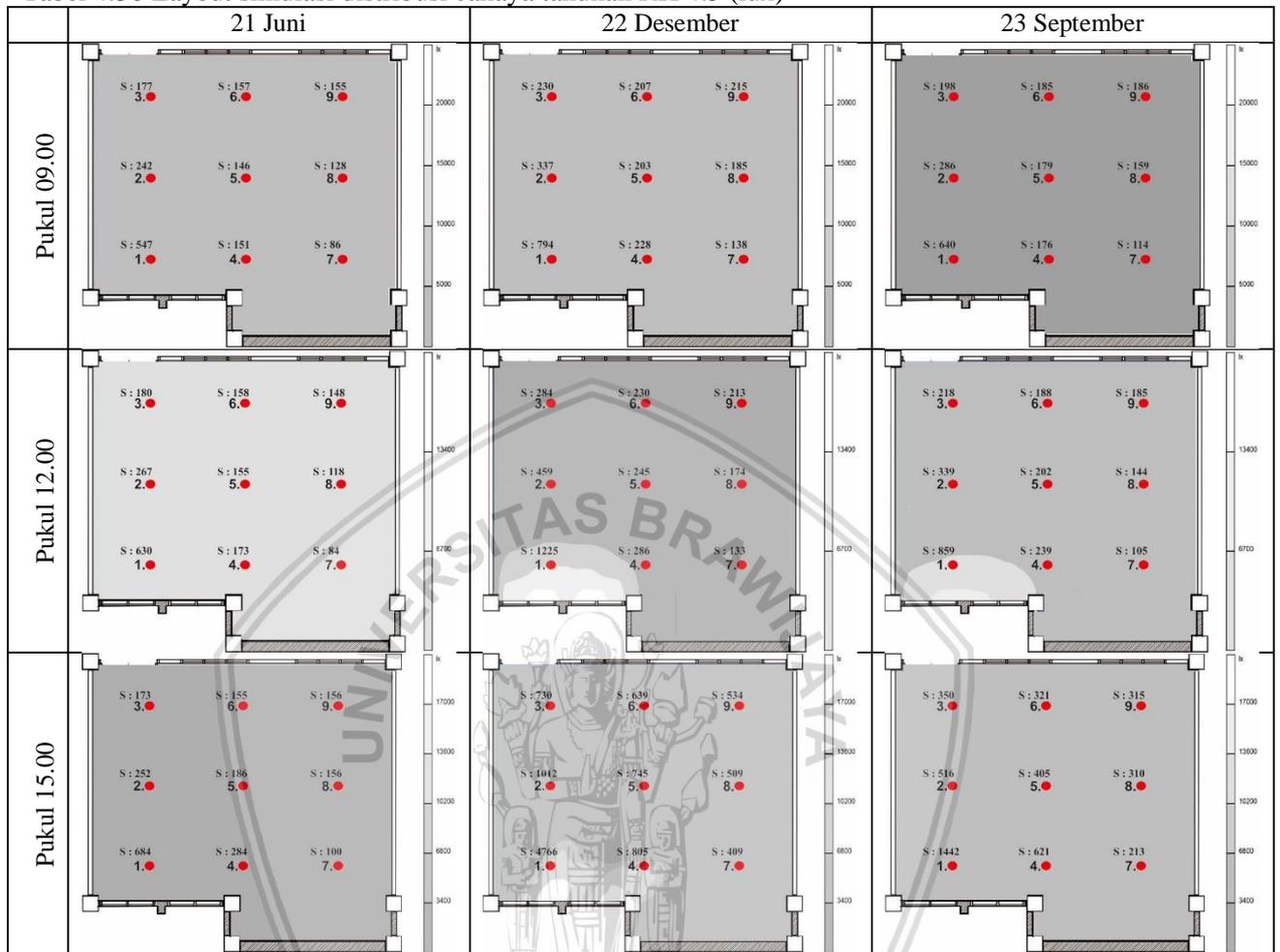
Pada ruang kuliah 4.5 intensitas cahaya tertinggi diperoleh pada tanggal 22 Desember pukul 15.00 dengan intensitas cahaya sebesar 4766 lux dengan rata-rata tingkat intensitas cahaya pada sisi terdekat dengan jendela yaitu titik 1 4 7 sebesar 1993 lux, titik 2 5 8 sebesar 755 lux, titik 3 6 9 sebesar 634 lux dan terdapat kontras intensitas cahaya antara titik 1 dengan titik 7, hal ini dapat menyebabkan kenyamanan visual terganggu. Karena selain adanya perbedaan intensitas cahaya yang terlalu jauh, titik 7 dan kondisi sekitarnya cenderung lebih gelap. Salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya intensitas cahaya alami dalam ruang kuliah 4.5 disebabkan oleh persentase bukaan yang hanya sebesar 7% dari luas lantai. Persentase bukaan selisih sebesar 13% dari standar, menurut SNI DPU No 1728-1989 standar bukaan sebesar 20% dari luas lantai.

Intensitas cahaya terendah pada ruang kuliah 4.5 diperoleh pada tanggal 21 Juni pukul 12.00 dengan intensitas cahaya sebesar 84 lux pada titik 7 dengan rata-rata tingkat intensitas cahaya pada sisi terdekat dari jendela yaitu titik 1 4 7 sebesar 295 lux, titik 2 5 8 sebesar 180 lux, titik 3 6 9 sebesar 162 lux.

Untuk mengetahui distribusi penyebaran cahaya gelap dan terang kondisi simulasi dalam ruang perlu adanyaanya layout distribusi cahaya. Berikut merupakan layout distribusi cahaya simulasi ruang kuliah 4.5 pada tanggal 21 Juni, 22 Desember dan 23 September saat pukul 09.00, pukul 12.00 dan pukul 15.00 tersebut :



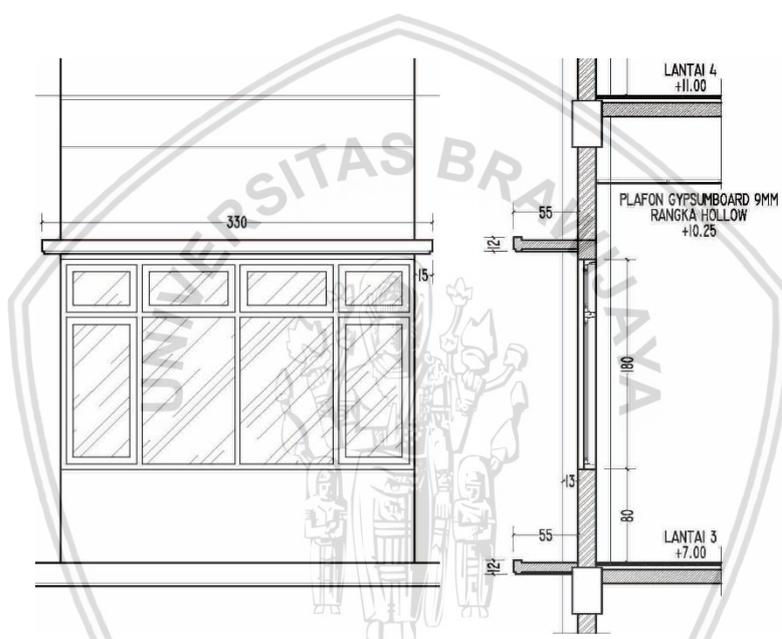
Tabel 4.30 Layout simulasi distribusi cahaya tahunan RK 4.5 (lux)



Diketahui dari analisis tahunan di atas intensitas cahaya tertinggi ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, dan 4.3 terjadi saat 21 juni sedangkan intensitas terendah terjadi saat 22 desember. Untuk ruang kuliah 2.5 dan 4.5 intensitas cahaya tertinggi terjadi saat 22 desember sedangkan intensitas terendah terjadi saat 21 Juni.

4.5 Analisis Sudut Bayang GBTP

Secara keseluruhan ruang kuliah memiliki *shading device*. Akan tetapi *shading device* tersebut tidak mampu mereduksi sinar matahari secara optimal, sehingga sinar matahari langsung dapat masuk ke dalam ruangan melalui jendela. Perancangan dan penerapan *shading device* akan lebih baik jika prosesnya menyesuaikan dengan sudut bayang matahari, yang terdiri dari sudut bayang horisontal (SBH) dan sudut bayang vertikal (SBV). Berikut adalah gambar rancangan dan penerapan eksisting *shading device* GBTP:



Gambar 4.69 Detail rancangan *shading devices* eksisting



Gambar 4.70 Foto *shading devices* eksisting

Pada analisis tahunan ini dilakukan simulasi tahunan pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5, 4.2, 4.3, dan 4.5 menggunakan *software* digital *Autodesk Ecotect Analysis* yang disimulasikan sesuai kedudukan matahari terhadap bumi yang akan mempengaruhi sudut

bayang matahari yang diperoleh oleh gedung objek penelitian. Hal ini dilakukan untuk mengetahui besaran sudut bayang horisontal (SBH) dan sudut bayang vertikal (SBV) ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5, 4.2, 4.3, dan 4.5 pada tanggal 21 Juni, 23 September, 22 Desember. Simulasi tahunan ini dilakukan pada pukul 09.00 , 12.00 dan 15.00 pada tiap ruang. Berikut hasil simulasi tersebut:

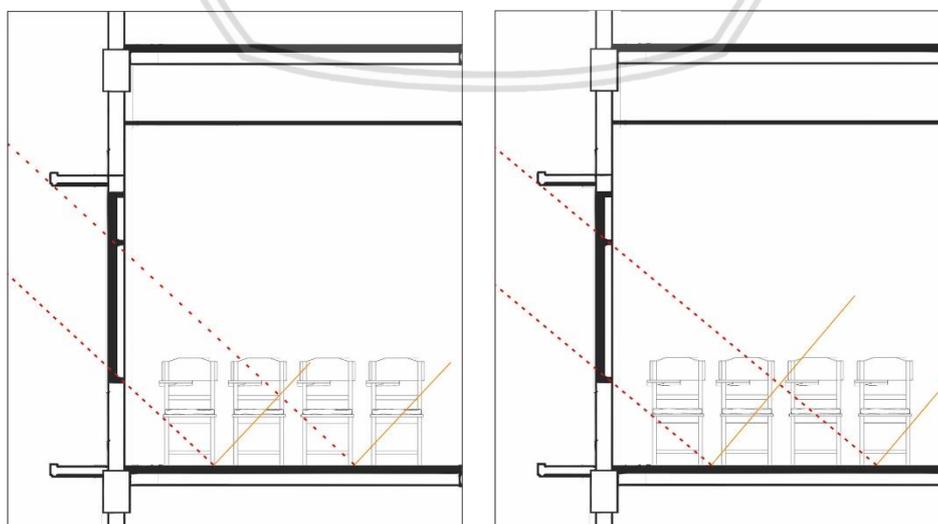
Tabel 4.31 Simulasi SBV & SBH RK 2.2, 2.3, 4.2 dan 4.3

	21 JUN			23 SEP			22 DES		
	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00
SBH	8.7°	-52.5°	-97°	38.7°	-89.7°	-124.1°	78°	165.4°	-153.5°
SBV	41.9°	69°	101.8°	60.2°	89.9°	128.6°	80.5°	106.8°	139.9°

Tabel 4.32 Simulasi SBV & SBH RK 2.5 dan 4.5

	21 JUN			23 SEP			22 DES		
	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00
SBH	-171.3°	127.5°	83°	-141.3°	90.3°	55.9°	-102°	-14.6°	26.5°
SBV	138.1°	111°	78.2°	119.8°	90.1°	51.4°	99.5°	73.2°	40.1°

Berdasarkan tabel diatas besaran sudut bayang horisontal (SBH) dan sudut bayang vertikal (SBV) menunjukkan besaran yang berbeda-beda sehingga akan mempengaruhi dimensi *shading device*, jenis *shading device* dan letak *shading device* dalam penerapannya. Rekomendasi dan simulasi *shading device* menggunakan sudut terkecil dari waktu yang telah ditentukan. Berikut visualisasi sudut datang matahari pada ruang-ruang objek penelitian:



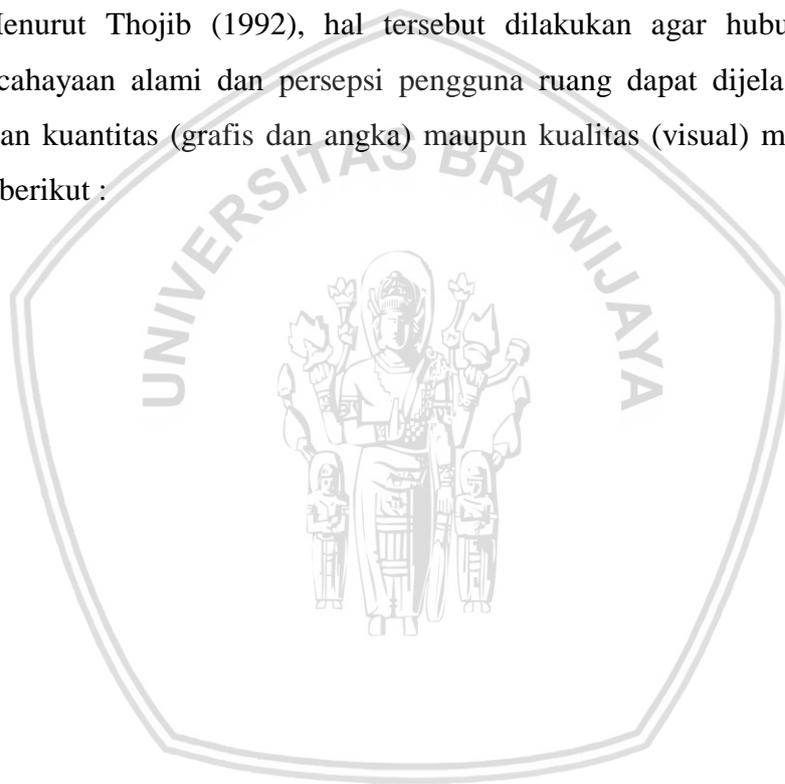
Gambar 4.71 Visualisasi SBV 40° dan 42° pada *shading devices*

Terlihat dari visualisasi siatas *shading devices* eksisting tidak mampu menghalangi sinar matahari langsung secara optimal, sehingga sinar matahari langsung dapat masuk ke dalam ruangan melalui jendela.

4.6 Respon Subjektif Pengguna Ruang Kuliah GBTP

4.6.1 Profil Persepsi Pengguna Ruang Kuliah

Berikut merupakan teknik fotografi tabel profil persepsi pengguna ruang kuliah objek penelitian, yang akan menunjukkan respon pengguna terhadap pencahayaan alami ruang kuliah. Menurut Thojib (1992), hal tersebut dilakukan agar hubungan antara karakteristik pencahayaan alami dan persepsi pengguna ruang dapat dijelaskan dengan gambaran penilaian kuantitas (grafis dan angka) maupun kualitas (visual) melalui teknik fotografi sebagai berikut :



Tabel 4.33 Kuesioner profil persepsi pengguna ruang kuliah

1. Bagaimana kesan pertama kali ketika memasuki ruang yang digunakan?	Tingkat kenyamanan Tingkat pencahayaan	Tidak nyaman Sangat gelap	1 2 3 4 5 1 2 3 4 5	Nyaman Sangat terang
2. Bagaimana kondisi pencahayaan alami di dalam ruang yang digunakan untuk melakukan kegiatan berikut:	Membaca Menulis Melihat papan tulis	Tidak cukup Tidak cukup Tidak cukup	1 2 3 4 5 1 2 3 4 5 1 2 3 4 5	Sangat cukup Sangat cukup Sangat cukup
3. Bagaimana kondisi cahaya yang menyilaukan dari jendela ruang?		Tak tertahankan	1 2 3 4 5	Tidak silau
4. Bagaimana kondisi terang pencahayaan alami secara umum yang ada dalam ruang?		Sangat gelap	1 2 3 4 5	Sangat terang
5. Kondisi pencahayaan alami tersebut membuat/ mempengaruhi/ menyebabkan anda?	Mengantuk Terganggu	Sangat pengaruh Sangat pengaruh	1 2 3 4 5 1 2 3 4 5	Tidak pengaruh Tidak pengaruh
6. Apakah cahaya menyebabkan refleksi pada bidang lantai, plafond, dan perabot pada meja kerja anda?		Ada, banyak	1 2 3 4 5	Tidak ada
7. Bagaimana refleksi cahaya pada bidang meja kerja anda?		Mengganggu	1 2 3 4 5	Tidak
8. Apakah bayangan tangan/badan anda menyebabkan bidang kerja anda terbayangi?		Ada, banyak	1 2 3 4 5	Tidak ada
9. Dari beberapa pertanyaan di atas, kondisi ruang yang digunakan menurut anda?		Jelek	1 2 3 4 5	Bagus
10. Bagaimanakah kesan akhir yang anda rasakan terhadap ruang tersebut?	Tingkat kenyamanan Tingkat pencahayaan	Tidak nyaman Sangat gelap	1 2 3 4 5 1 2 3 4 5	Nyaman Sangat terang

Sumber: Jusuf Thojib (1992)

Dilakukan analisa kolerasi dengan menjelaskan hubungan antara persepsi pengguna ruang dengan pencahayaan alami dalam ruang melalui teknik fotografi diatas akan dievaluasi hasilnya sebagai berikut :

- a. Jika pencahayaan alami ruang kuliah baik dan profil persepsi pengguna ruang positif dengan semua komponen persepsi pengguna yang cenderung positif dan respon baik, maka kondisi pencahayaan alami dan sumber masuknya cahaya dalam ruang tersebut telah sesuai dengan standar kenyamanan visual. Sehingga tidak diperlukan rekomendasi rekayasa tata pencahayaannya.

- b. Jika pencahayaan alami ruang kuliah baik dan profil persepsi pengguna ruang positif dengan semua komponen persepsi pengguna yang cenderung positif dan respon baik, akan tetapi kondisi pencahayaan alami dalam ruang tersebut tidak sesuai dengan standar kenyamanan visual. Maka tidak diperlukan rekomendasi atau dapat diberi rekomendasi rekayasa tata pencahayaannya.
- c. Jika pencahayaan alami ruang kuliah dirasa cukup dan profil persepsi pengguna ruang netral dengan semua komponen persepsi pengguna yang netral dan respon dirasa cukup, maka kondisi pencahayaan alami dan sumber masuknya cahaya dalam ruang tersebut cukup sesuai dengan standar kenyamanan visual. Sehingga dapat diperlukan rekomendasi rekayasa tata pencahayaannya.
- d. Jika pencahayaan alami ruang kuliah kurang dan profil persepsi pengguna ruang negatif dengan semua komponen persepsi pengguna yang negatif dan respon dirasa kurang baik, maka kondisi pencahayaan alami dan sumber masuknya cahaya dalam ruang tersebut tidak sesuai dengan standar kenyamanan visual. Sehingga diperlukan rekomendasi rekayasa tata pencahayaannya.

4.6.1.1 Profil Persepsi Pengguna Ruang Kuliah 2.2

Pada ruang kuliah 2.2 terdapat responden kuesioner profil persepsi pengguna ruang sebanyak 30 orang, dimana fotografi persepsi 4 dari 30 responden akan digambarkan. Berikut tabel kesan awal dan akhir pengguna ruang untuk menunjukkan kesan awal dan akhir responden saat memasuki dan menggunakan ruang :

Tabel 4.34 Kesan awal dan akhir pengguna ruang kuliah 2.2

		Skala penilaian				
		Sangat tidak sesuai	Tidak sesuai	Cukup sesuai	Sesuai	Berlebihan
Kesan awal	Tingkat kenyamanan	-	-	10 orang	15 orang	5 orang
	Tingkat pencahayaan	-	-	4 orang	9 orang	17 orang
Kesan akhir	Tingkat kenyamanan	-	-	3 orang	27 orang	-
	Tingkat pencahayaan	-	-	1 orang	24 orang	5 orang
Kondisi terang pencahayaan alami secara umum		-	-	11 orang	13 orang	6 orang

Dari hasil ke-empat *sample* fotografi respon terlampir dapat terlihat bahwa ruang kuliah 2.2 memiliki intensitas cahaya yang tinggi. Selain itu terdapat beberapa keluhan yang dirasakan oleh responden. Respon akan pantulan cahaya cenderung terjadi di area

yang dekat dengan jendela. Pantulan terjadi dikarenakan intensitas cahaya di area yang dekat dengan jendela terbilang tinggi yaitu sebesar 2000 – 3500 lux. Sementara respon tulisan tidak jelas disebabkan oleh jarak pandang pengguna ruang kuliah yang terlalu jauh dengan papan tulis.

Hubungan antara persepsi pengguna ruangan terhadap kondisi terang alami ruang kuliah 2.2 sesuai dan profil persepsi pengguna cenderung netral – negatif akan intensitas pencahayaan dalam ruang, sehingga dapat diperlukan rekomendasi rekayasa tata pencahayaannya. Terlihat dari respon diatas, 27 orang merasa sesuai dengan kenyamanan ruang akan tetapi 5 orang merasa intensitas pencahayaan ruang terlalu tinggi.

4.6.1.2 Profil Persepsi Pengguna Ruang Kuliah 2.3

Pada ruang kuliah 2.3 terdapat responden kuesioner profil persepsi pengguna ruang sebanyak 27 orang, dimana fotografi persepsi 4 dari 27 responden akan digambarkan. Berikut tabel kesan awal dan akhir pengguna ruang untuk menunjukkan kesan awal dan akhir responden saat memasuki dan menggunakan ruang :

Tabel 4.35 Kesan awal dan akhir pengguna ruang kuliah 2.3

		Skala penilaian				
		Sangat tidak sesuai	Tidak sesuai	Cukup sesuai	Sesuai	Berlebihan
Kesan awal	Tingkat kenyamanan	-	1 orang	12 orang	14 orang	-
	Tingkat pencahayaan	-	1 orang	11 orang	8 orang	7 orang
Kesan akhir	Tingkat kenyamanan	-	1 orang	19 orang	7 orang	-
	Tingkat pencahayaan	-	-	11 orang	9 orang	7 orang
Kondisi terang pencahayaan alami secara umum		-	-	4 orang	17 orang	6 orang

Dari hasil ke-empat *sample* fotografi respon terlampir dapat terlihat bahwa ruang kuliah 2.3 memiliki intensitas cahaya yang tinggi. Selain itu terdapat beberapa keluhan yang dirasakan oleh responden. Respon akan pantulan cahaya cenderung terjadi di area yang dekat dengan jendela. Pantulan terjadi dikarenakan intensitas cahaya di area yang dekat dengan jendela terbilang tinggi yaitu sebesar 2000 – 3500 lux. Terdapat juga responden yang merasa terganggu dan mengantuk pada kondisi pencahayaan tersebut. Sementara respon tulisan tidak jelas disebabkan oleh jarak pandang pengguna ruang kuliah yang terlalu jauh dengan papan tulis.

Hubungan antara persepsi pengguna ruangan terhadap kondisi terang alami ruang kuliah 2.3 cukup sesuai dan profil persepsi pengguna cenderung netral – negatif akan



intensitas pencahayaan dalam ruang, sehingga dapat diperlukan rekomendasi rekayasa tata pencahayaannya. Terlihat dari respon diatas, 19 orang merasa cukup sesuai dengan kenyamanan ruang akan tetapi 7 orang merasa intensitas pencahayaan ruang terlalu tinggi.

4.6.1.3 Profil Persepsi Pengguna Ruang Kuliah 2.5

Pada ruang kuliah 2.5 terdapat reponden kuesioner profil persepsi pengguna ruang sebanyak 23 orang, dimana fotografi persepsi 4 dari 23 responden akan digambarkan. Berikut tabel kesan awal dan akhir pengguna ruang untuk menunjukkan kesan awal dan akhir responden saat memasuki dan menggunakan ruang :

Tabel 4.36 Kesan awal dan akhir pengguna ruang kuliah 2.5

		Skala penilaian				
		Sangat tidak sesuai	Tidak sesuai	Cukup sesuai	Sesuai	Berlebihan
Kesan awal	Tingkat kenyamanan	4 orang	14 orang	5 orang	-	-
	Tingkat pencahayaan	6 orang	11 orang	6 orang	-	-
Kesan akhir	Tingkat kenyamanan	6 orang	11 orang	6 orang	-	-
	Tingkat pencahayaan	4 orang	14 orang	4 orang	1 orang	-
Kondisi terang pencahayaan alami secara umum		17 orang	4 orang	3 orang	-	-

Dari hasil ke-empat *sample* fotografi respon terlampir dapat terlihat bahwa ruang kuliah 2.5 memiliki intensitas cahaya yang sangat rendah mendekati 90 lux, distribusi cahaya tidak mampu menyebar hingga ujung ruang sehingga ruang terasa gelap. Tidak ada respon akan pantulan cahaya. Responden merasa terganggu dan mengantuk pada kondisi pencahayaan tersebut. Sementara respon tulisan tidak jelas disebabkan oleh jarak pandang pengguna ruang kuliah yang terlalu jauh dengan papan tulis dan kondisi ruang yang cenderung redup/gelap.

Hubungan antara persepsi pengguna ruangan terhadap kondisi terang alami ruang kuliah 2.5 tidak sesuai dan profil persepsi pengguna negatif akan intensitas pencahayaan dalam ruang, sehingga diperlukan rekomendasi rekayasa tata pencahayaannya. Terlihat dari respon diatas, 11 orang merasa tidak sesuai dengan kenyamanan ruang dan 14 orang merasa intensitas pencahayaan ruang terkesan gelap.

4.6.1.4 Profil Persepsi Pengguna Ruang Kuliah 4.2

Pada ruang kuliah 4.2 terdapat reponden kuesioner profil persepsi pengguna ruang sebanyak 12 orang, dimana fotografi persepsi 4 dari 12 responden akan digambarkan.



Berikut tabel kesan awal dan akhir pengguna ruang untuk menunjukkan kesan awal dan akhir responden saat memasuki dan menggunakan ruang :

Tabel 4.37 Kesan awal dan akhir pengguna ruang kuliah 4.2

		Skala penilaian				
		Sangat tidak sesuai	Tidak sesuai	Cukup sesuai	Sesuai	Berlebihan
Kesan awal	Tingkat kenyamanan	-	-	4 orang	5 orang	3 orang
	Tingkat pencahayaan	-	-	2 orang	1 orang	9 orang
Kesan akhir	Tingkat kenyamanan	-	-	1 orang	11 orang	-
	Tingkat pencahayaan	-	-	-	9 orang	3 orang
Kondisi terang pencahayaan alami secara umum		-	-	3 orang	5 orang	4 orang

Dari hasil ke-empat *sample* fotografi respon terlampir dapat terlihat bahwa ruang kuliah 4.2 memiliki intensitas cahaya yang tinggi. Selain itu terdapat beberapa keluhan yang dirasakan oleh responden. Respon akan pantulan cahaya cenderung terjadi di area yang dekat dengan jendela. Pantulan terjadi dikarenakan intensitas cahaya di area yang dekat dengan jendela terbilang tinggi yaitu sebesar 2000 – 3500 lux. Terdapat juga responden yang merasa terganggu dan mengantuk pada kondisi pencahayaan tersebut. Sementara respon tulisan tidak jelas disebabkan oleh jarak pandang pengguna ruang kuliah yang terlalu jauh dengan papan tulis.

Hubungan antara persepsi pengguna ruangan terhadap kondisi terang alami ruang kuliah 4.2 sesuai dan profil persepsi pengguna cenderung netral – negatif akan intensitas pencahayaan dalam ruang, sehingga dapat diperlukan rekomendasi rekayasa tata pencahayaannya. Terlihat dari respon diatas, 11 orang merasa sesuai dengan kenyamanan ruang akan tetapi 3 orang merasa intensitas pencahayaan ruang terlalu tinggi.

4.6.1.5 Profil Persepsi Pengguna Ruang Kuliah 4.3

Pada ruang kuliah 4.3 terdapat reponden kuesioner profil persepsi pengguna ruang sebanyak 15 orang, dimana fotografi persepsi 4 dari 15 responden akan digambarkan. Berikut tabel kesan awal dan akhir pengguna ruang untuk menunjukkan kesan awal dan akhir responden saat memasuki dan menggunakan ruang :



Tabel 4.38 Kesan awal dan akhir pengguna ruang kuliah 4.3

		Skala penilaian				
		Sangat tidak sesuai	Tidak sesuai	Cukup sesuai	Sesuai	Berlebihan
Kesan awal	Tingkat kenyamanan	-	1 orang	4 orang	10 orang	-
	Tingkat pencahayaan	-	1 orang	5 orang	2 orang	7 orang
Kesan akhir	Tingkat kenyamanan	-	1 orang	10 orang	4 orang	-
	Tingkat pencahayaan	-	-	5 orang	3 orang	7 orang
Kondisi terang pencahayaan alami secara umum		-	-	3 orang	7 orang	5 orang

Dari hasil ke-empat *sample* fotografi respon terlampir dapat terlihat bahwa ruang kuliah 4.3 memiliki intensitas cahaya yang tinggi. Selain itu terdapat beberapa keluhan yang dirasakan oleh responden. Respon akan pantulan cahaya cenderung terjadi di area yang dekat dengan jendela. Pantulan terjadi dikarenakan intensitas cahaya di area yang dekat dengan jendela terbilang tinggi yaitu sebesar 2000 – 3500 lux. Terdapat juga responden yang merasa terganggu dan mengantuk pada kondisi pencahayaan tersebut. Sementara respon tulisan tidak jelas disebabkan oleh jarak pandang pengguna ruang kuliah yang terlalu jauh dengan papan tulis.

Hubungan antara persepsi pengguna ruangan terhadap kondisi terang alami ruang kuliah 4.3 cukup sesuai dan profil persepsi pengguna cenderung netral – negatif akan intensitas pencahayaan dalam ruang, sehingga dapat diperlukan rekomendasi rekayasa tata pencahayaannya. Terlihat dari respon diatas, 10 orang merasa cukup sesuai dengan kenyamanan ruang akan tetapi 7 orang merasa intensitas pencahayaan ruang terlalu tinggi.

4.6.1.6 Profil Persepsi Pengguna Ruang Kuliah 4.5

Pada ruang kuliah 4.5 terdapat reponden kuesioner profil persepsi pengguna ruang sebanyak 13 orang, dimana fotografi persepsi 4 dari 13 responden akan digambarkan. Berikut tabel kesan awal dan akhir pengguna ruang untuk menunjukkan kesan awal dan akhir responden saat memasuki dan menggunakan ruang :

Tabel 4.39 Kesan awal dan akhir pengguna ruang kuliah 4.5

		Skala penilaian				
		Sangat tidak sesuai	Tidak sesuai	Cukup sesuai	Sesuai	Berlebihan
Kesan awal	Tingkat kenyamanan	2 orang	8 orang	3 orang	-	-
	Tingkat pencahayaan	3 orang	8 orang	2 orang	-	-
Kesan akhir	Tingkat kenyamanan	3 orang	6 orang	4 orang	-	-
	Tingkat pencahayaan	1 orang	10 orang	2 orang	-	-
Kondisi terang pencahayaan alami secara umum		10 orang	1 orang	2 orang	-	-

Dari hasil ke-empat *sample* fotografi respon terlampir dapat terlihat bahwa ruang kuliah 4.5 memiliki intensitas cahaya yang sangat rendah, distribusi cahaya tidak mampu menyebar hingga ujung ruang sehingga ruang terasa gelap. Tidak ada respon akan pantulan cahaya. Responden merasa terganggu dan mengantuk pada kondisi pencahayaan tersebut. Sementara respon tulisan tidak jelas disebabkan oleh jarak pandang pengguna ruang kuliah yang terlalu jauh dengan papan tulis dan kondisi ruang yang cenderung redup/gelap.

Hubungan antara persepsi pengguna ruangan terhadap kondisi terang alami ruang kuliah 4.5 tidak sesuai dan profil persepsi pengguna negatif akan intensitas pencahayaan dalam ruang, sehingga diperlukan rekomendasi rekayasa tata pencahayaannya. Terlihat dari respon diatas, 6 orang merasa tidak sesuai dengan kenyamanan ruang dan 10 orang merasa intensitas pencahayaan ruang terkesan gelap.

Dari hasil respon profil persepsi pengguna ke-enam ruang objek penelitian, terlihat bahwa terdapat sebuah proses persepsi terang yang mengakibatkan adanya perubahan kesan. Hal tersebut diawali dari kesan pertama pengguna memasuki ruang, kemudian ketika pengguna mengamati kondisi umum dan melakukan aktivitas dalam ruang, yang diakhiri dengan kesan terakhir pengguna ruang dalam ruangan tersebut. Respon kesan awal dan kesan akhir dapat berubah karena adanya proses adaptasi indera visual manusia, yang bertugas memproses informasi agar dapat dilihat dengan jelas saat berada pada ruang dengan tingkat pencahayaan tertentu. Berikut merupakan tabel hubungan respon pengguna terhadap pencahayaan alami secara keseluruhan :

Tabel 4.40 Kolerasi respon subjektif terhadap pencahayaan alami GBTP

Ruang Kuliah	Orientasi jendela	Respon tingkat kenyamanan	Respon tingkat pencahayaan	Kesimpulan	Rekayasa tata cahaya
2.2	Timur laut	10% netral 90% positif	96% negatif Terang & terlalu terang	Kurang nyaman	Diperlukan
2.3	Timur laut	70% netral 26% positif	60% negatif Terang & terlalu terang	Cukup nyaman	Dapat diperlukan
2.5	Barat daya	26% netral 74% negatif	78% negatif Gelap & terlalu gelap	Tidak nyaman	Diperlukan
4.2	Timur laut	9% netral 91% positif	100% negatif Terang & terlalu terang	Tidak nyaman	Diperlukan
4.3	Timur laut	66% netral 34% positif	66% negatif Terang & terlalu terang	Cukup nyaman	Dapat diperlukan
4.5	Barat daya	30% netral 38% negatif	84% negatif Gelap & terlalu gelap	Tidak nyaman	Diperlukan

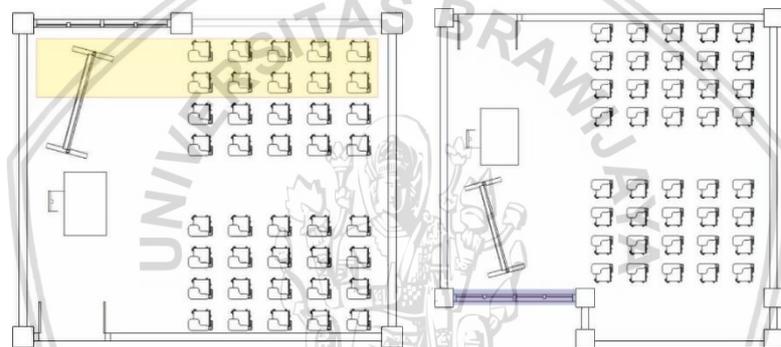
Dapat disimpulkan dari profil persepsi pengguna ruang terhadap pencahayaan alami ruang bahwa kondisi kuantitatif pencahayaan alami berbanding lurus dengan kondisi kualitatifnya. Sedangkan persepsi terang yang mengakibatkan adanya perubahan kesan terjadi karena adanya proses adaptasi indera visual manusia.

4.6.2 Pencahayaan Diharapkan Pengguna Ruang Kuliah

Respon subjektif terhadap kondisi pencahayaan pengguna ruang kuliah meliputi tentang pendapat penyebaran cahaya dan pencahayaan yang diinginkan. Berdasarkan hasil kuesioner responden merespon dan merasakan daerah yang mempunyai intensitas pencahayaan tertinggi pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, dan 4.3 berada di area yang dekat dengan jendela. Jendela pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2 dan 4.3 yang menghadap ke sisi timur laut juga menjadi salah satu faktor tersebut. Selain itu, hal tersebut juga disebabkan dari kurang efektifnya pembayangan oleh *shading device* eksisting. Sehingga pada sisi tertentu cahaya matahari langsung terpaparkan tanpa melewati suatu media yang dapat mengurangi intensitas cahaya yang langsung masuk ke area dalam ruang. Ruang yang mempunyai tingkat cahaya terendah ada pada ruang kuliah 2.5 dan 4.5, hal ini disebabkan sisi tersebut menghadap barat daya. Disisi lain persentase bukaan ruang 2.5 dan 4.5 hanya sebesar 7% dari luas lantai dimana menurut SNI DPU No 1728-1989 standar bukaan sebesar 20% dari luas lantai. Hal tersebut membuat berkurangnya intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruangan.

Tabel 4.41 Respon subjektif terhadap pencahayaan alami GBTP

No.		Respon Subjektif					
		R. 22	R. 23	R. 25	R. 42	R.43	R. 45
1.	Penyebaran cahaya						
	-Merata	13	17	1	7	5	2
	-Cukup merata	11	8	4	7	10	2
	-Tidak merata	-	-	19	-	-	14
2.	Cahaya yang diinginkan						
	-Pencahayaan Alami	6	6	8	10	9	10
	-Pencahayaan Buatan	4	7	4	2	1	3
	-Kombinasi Keduanya	14	12	12	2	5	5
3.	Total Responden	24	25	24	14	15	18
4.	Total Keseluruhan	120					



Gambar 4.72 Visualisasi daerah intensitas cahaya tertinggi

Berdasar respon dan kondisi eksisting intensitas cahaya diatas, masing-masing ruang kuliah memiliki kekurangan. Pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, dan 4.3 intensitas cahaya cenderung tinggi sehingga cahaya dapat didistribusikan hingga ujung kelas, akan tetapi intensitas cahaya yang terlalu tinggi akan menyebabkan kenyamanan visual pengguna ruang kuliah terganggu. Menurut hasil data kuesioner yang diperoleh pengguna ruang masih dapat menerima intensitas cahaya sebesar 150-550 lux dan menganggap *range* intensitas tersebut sebagai batas wajar/batas nyaman. Akan tetapi ketika intensitas melebihi 550 lux pengguna ruang merasa kurang nyaman, intensitas cahaya yang diterima oleh pengguna dirasa terlalu terang. Sedangkan pada ruang kuliah 2.5 dan 4.5 intensitas pencahayaan alami sebagian besar dibawah 150lux dirasa terlalu rendah, hal tersebut menyebabkan pendistribusian cahaya tidak mampu menyebar hingga ujung kelas dan mengakibatkan ruang terkesan gelap.

Kecenderungan mahasiswa dalam memilih sumber cahaya adalah kombinasi antara pencahayaan alami dan buatan atau pencahayaan alami saja. Hal ini dikarenakan jika pencahayaan alami saja pada beberapa ruang masih kurang mendapatkan penyebaran cahaya yang efektif. Pada beberapa ruangan sisi terdekat dengan jendela mendapatkan intensitas cahaya matahari yang terlalu tinggi. Sedangkan sisi terjauh tidak mendapatkan pemerataan persebaran cahaya yang cukup.

4.7 Rekomendasi GBTP

Berdasarkan hasil analisa visual, pengukuran, respon subjektif dan simulasi terlihat bahwa ruang kuliah ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, dan 4.3 tergolong dalam kategori terlalu terang dengan tingkat pencahayaan diatas 550Lux dan terkesan gelap pada ruang kuliah 2.5 dan 4.5. Berikut kesimpulan permasalahan kenyamanan visual di ruang kuliah GPTP:

Tabel 4.42 Permasalahan kenyamanan visual

Ruang kuliah			Studi literatur/teori		Keterangan
Ruang	Bentuk	Persegi panjang 6x7m	Kesesuaian		
	Dimensi	Panjang 6m, lebar, 7m,dan tinggi 3,3m	Sesuai		Kedalaman ruang kuliah 6 meter dimana pencahayaan alami dapat digunakan sebagai pencahayaan utama pada pukul 09.00 – 15.00
Jendela	Jenis	<i>Top hung</i> dan <i>fixed window</i>	Sesuai		
	Dimensi	Luas bukaan 26% (RK 22, 23, 42,dan 43) dan 7% (RK 25 dan 45) dari luas lantai. Rata-rata memiliki lebar dan tinggi, 275 cm x 200 cm		Tidak sesuai	Luas bukaan berdasarkan SNI DPU No 1728-1989 yang mana standar bukaan sebesar 20% dari luas lantai
	Orientasi	Timur laut dan barat daya	Sesuai		
<i>Shading Devices</i>	Jenis	<i>Overhang Horizontal</i>	Sesuai		Tipe <i>shading devices</i> sesuai dengan orientasi bukaan, akan tetapi tidak dapat menghalangi sudut datang matahari sehingga menyebabkan intensitas cahaya dalam ruang berlebih.
	Dimensi	Panjang mengikuti panjang jendela dengan T=12cm dan lebar=55cm		Tidak sesuai	
	Orientasi	Timur laut dan barat daya	Sesuai		

Rekomendasi dilakukan melalui beberapa tahap untuk menurunkan tingkat pencahayaan agar mendekati standar SNI 03-6197-2000. Berikut adalah tahapan desain pada ruang kuliah sebelum dan setelah rekomendasi desain.



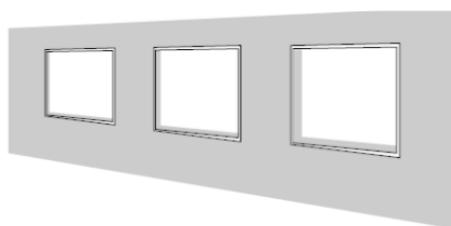
4.7.1 Tahap 1 Rekomendasi Bukaan/Jendela

Pada pembahasan dan analisis sebelumnya ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, dan 4.3 posisi bukaan berada pada sisi timur laut dengan tipe *top hung* dan *fixed window* pada bagian dinding timur laut yang berbatasan langsung dengan lingkungan luar gedung, dimensi jendela sebesar 275 cm x 200 cm. Selain itu salah satu faktor penyebab tingginya intensitas cahaya dikarenakan persentase bukaan ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2 dan 4.3 sebesar 26% dari luas lantai. Persentase bukaan 6% lebih besar dari standar, jika berdasarkan SNI DPU No 1728-1989 yang mana standar bukaan sebesar 20% dari luas lantai.

Sedangkan pada ruang 2.5 dan 4.5 menunjukkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang kuliah kurang dari standar kenyamanan visual. Posisi bukaan berada pada sisi barat daya dengan tipe *top hung* dan *fixed window* pada bagian dinding barat daya yang berbatasan langsung dengan lingkungan luar gedung. Jendela tersebut memiliki dimensi sebesar 135 cm x 180 cm. minimnya bukaan/jendela pada ruang 2.5 dan 4.5 menyebabkan intensitas cahaya yang terlalu rendah. Hal tersebut disebabkan oleh persentase bukaan ruang 2.5 dan 4.5 hanya sebesar 7% dari luas lantai, selisih sebesar 13% dari standar 20% dari luas lantai. Berikut merupakan alternatif dan simulasi bukaan/jendela yang dapat digunakan untuk ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5, 4.2, 4.3, dan 4.5 pada GPTP:

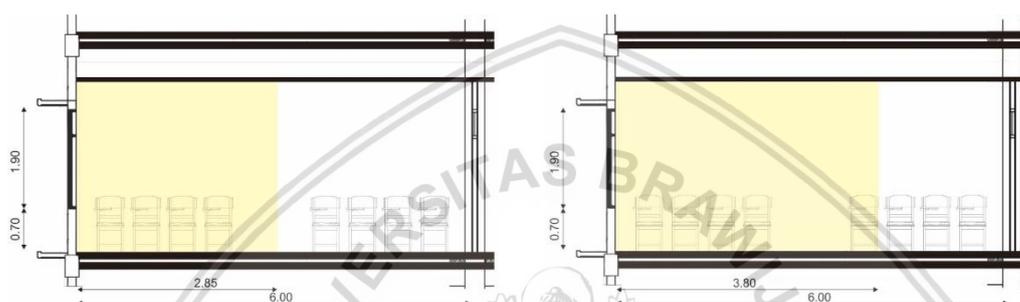
A. Alternatif A1

Penerapan letak Jendela yang sejajar menurut Thomas (2013) dapat mendistribusikan tingkat iluminasi yang diterima oleh indra penglihatan manusia lebih seragam. Sedangkan pemberian jarak antara jendela dapat menciptakan area terang yang lebih luas sekaligus menciptakan area sudut negatif yang bersifat gelap dibagian jarak antar jendela.



Gambar 4.73 Strip windows
Sumber : Thomas, 2013

Peletakan jendela tetap 75cm dari lantai, sehingga perubahan desain hanya pada bagian lebar jendela saja. Semakin tinggi letak jendela, semakin dalam zona penerangan yang berguna untuk mendistribusikan jumlah cahaya masuk dalam ruang dengan kedalaman tertentu. Distribusi dan intensitas cahaya yang cukup akan membuat kesan nyaman secara visual dan tidak mengakibatkan silau. Kedalaman dari zona penerangan biasanya 1.5-2 kali tinggi kepala jendela sehingga Dapat mendistribusikan cahaya lebih jauh.



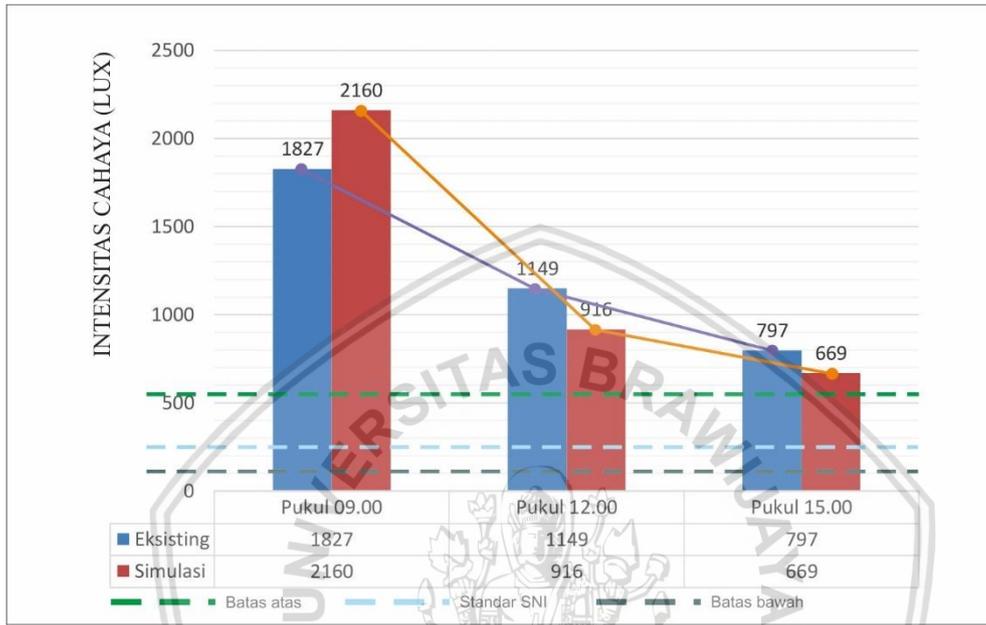
Gambar 4.74 Daylighting zone

Jendela tipe 1 diterapkan pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, dan 4.3 dengan dimensi 224 cm x 200 cm dengan tipe *top hung* dan *fixed window*. Persentase bukaan turun 6% dari luas sebelumnya. Sedangkan Jendela tipe 2 ditambahkan pada ruang kuliah 2.5 dan 4.5 dengan dimensi 72 cm x 200 cm yang terdiri dari 3 buah jendela bertipe *top hung*. Sehingga persentase seluruh bukaan/jendela *sample* objek penelitian sesuai dengan SNI DPU No 1728-1989 sebesar 20% dari luas lantai. Berikut gambar detail jendela tipe 1 dan tipe 2 yang diterapkan pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5, 4.2, 4.3, dan 4.5:

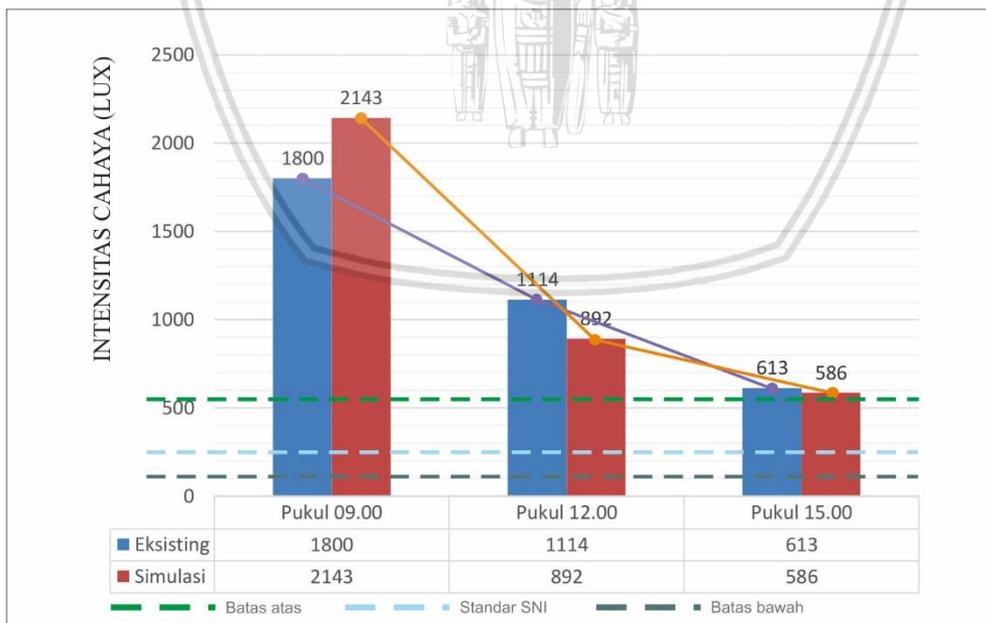
Tabel 4.43 Alternatif A1 jendela tipe 1

	Alternatif A1 RK 22,23,42,43	Alternatif A1 RK 25,45
Jendela Tipe 1		
Deskripsi	Jendela tipe 1 diterapkan pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, dan 4.3 dengan dimensi 224 cm x 200 cm. Terdiri dari 1 sisi jendela tipe <i>top hung</i> dan 2 sisi <i>fixed window</i> (kondisi <i>shading devices eksisting GBTP</i>)	Jendela tipe 2 diterapkan pada ruang kuliah 2.5 dan 4.5 dengan dimensi 82 cm x 200 cm. Terdiri dari 3 jendela tipe <i>top hung</i> dengan jarak antar jendela sebesar 35cm (kondisi <i>shading devices eksisting GBTP</i>).
Visualisasi Sebelum dan Sesudah		
Kinerja Jendela tipe 1	<p>Rata-rata intensitas cahaya</p> <p>RK 2.2 1258lux menjadi 1148lux (-110)</p> <p>RK 2.3 1176lux menjadi 1107lux (-69)</p> <p>RK 4.2 1209lux menjadi 1156lux (-53)</p> <p>RK 4.4 1155lux menjadi 1057lux (-98)</p>	<p>Rata-rata intensitas cahaya</p> <p>RK 2.5 206lux menjadi 942lux (+736)</p> <p>RK 4.5 237lux menjadi 725lux (+488)</p>
	<p>Intensitas cahaya RK 2.2 turun 9%</p> <p>Intensitas cahaya RK 2.3 turun 6%</p> <p>Intensitas cahaya RK 4.2 turun 4%</p> <p>Intensitas cahaya RK 4.3 turun 8%</p>	<p>Intensitas cahaya RK 2.5 naik 357%</p> <p>Intensitas cahaya RK 4.5 naik 205%</p>

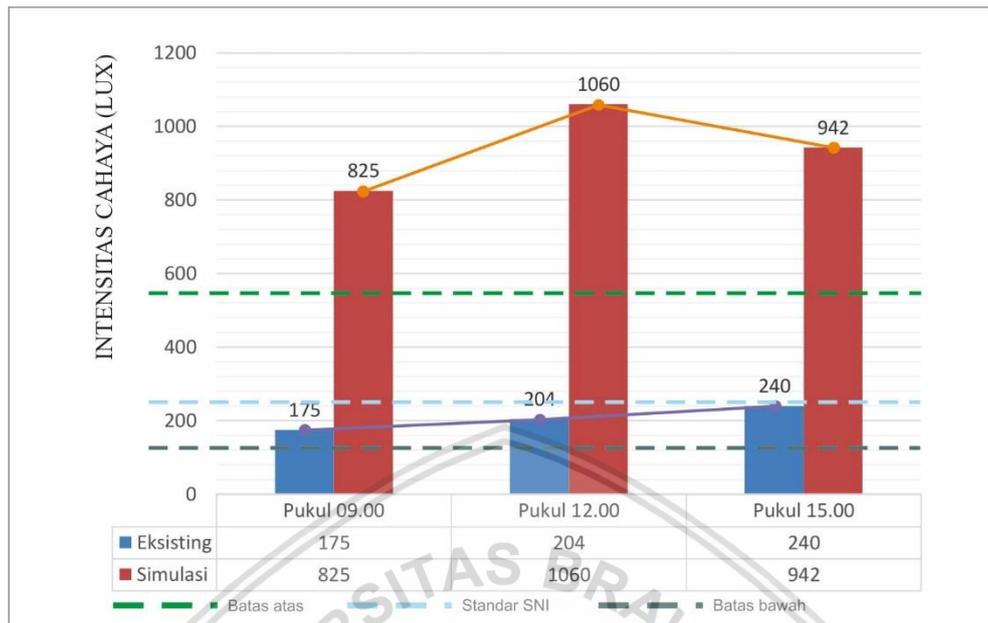
Berikut adalah grafik rata-rata intensitas cahaya hasil simulasi sebelum dan sesudah penerapan alternatif A1 Jendela tipe 1 pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5, 4.2, 4.3, dan 4.5 yang dilakukan pada 12 Mei 2018:



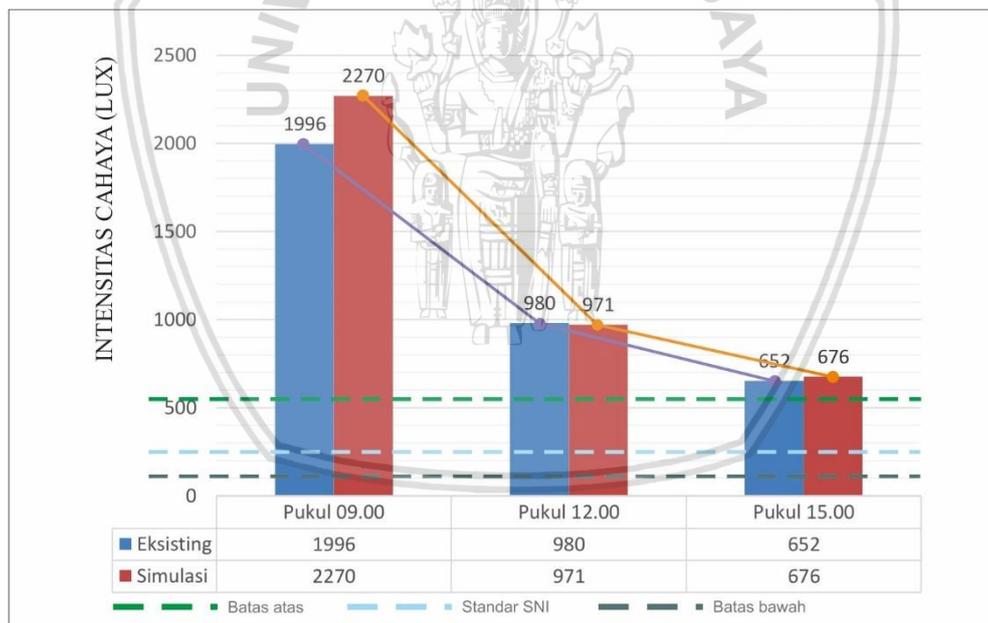
Gambar 4.75 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 1 RK 2.2



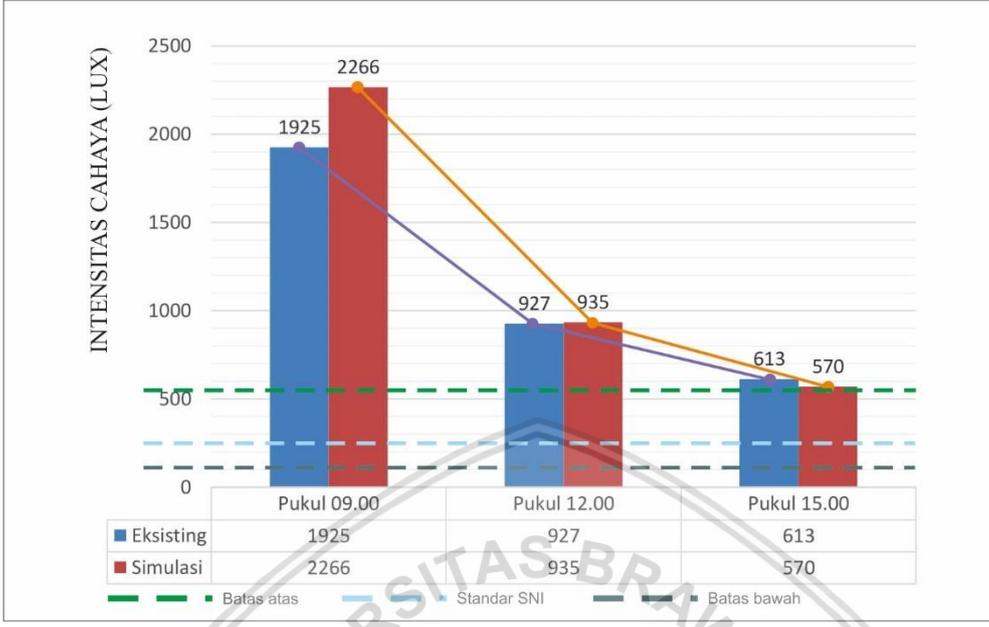
Gambar 4.76 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 1 RK 2.3



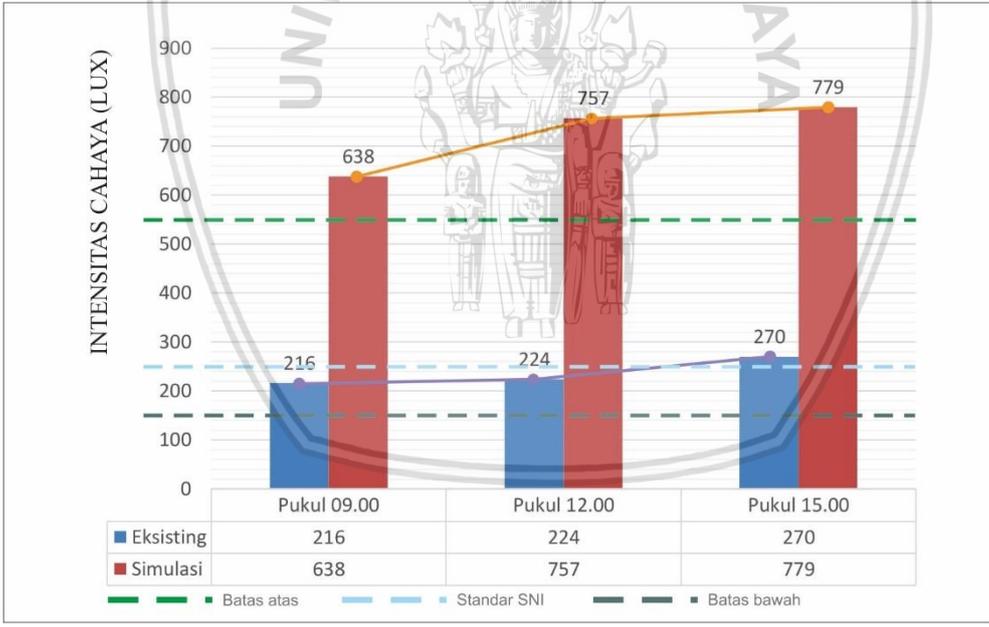
Gambar 4.77 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 1 RK 2.5



Gambar 4.78 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 1 RK 4.2



Gambar 4.79 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 1 RK 4.3



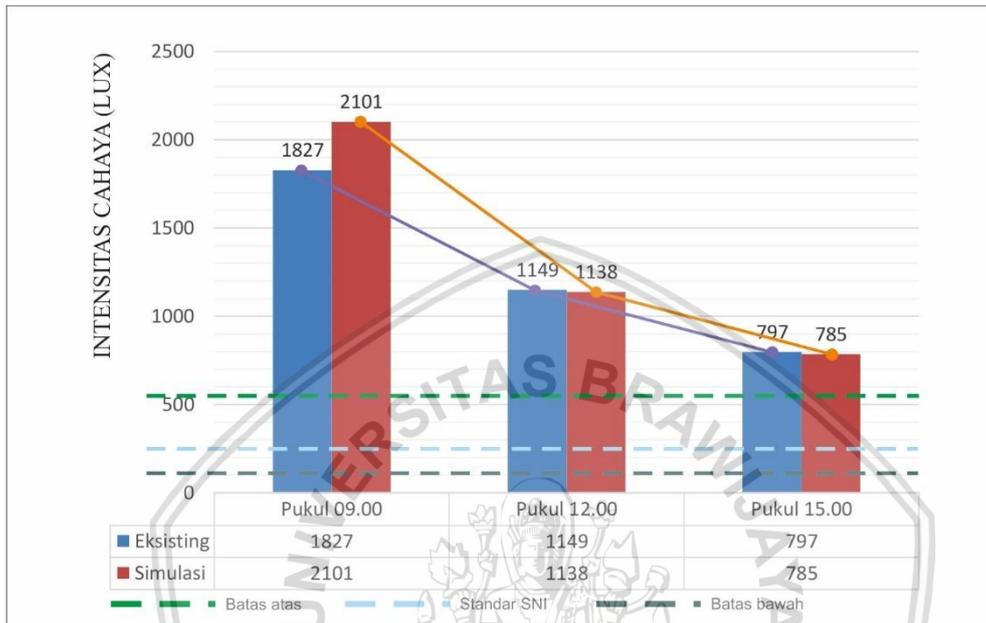
Gambar 4.79 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 1 RK 4.5

Berdasarkan grafik pada gambar diatas tingkat pencahayaan rekomendasi alternatif A1 jendela tipe 1 dapat menurunkan intensitas berlebih sebesar 4-9% pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, 4.3, dan meningkatkan intensitas 200-350% pada ruang kuliah 2.5 dan 4.5 yang sebelumnya cenderung gelap.

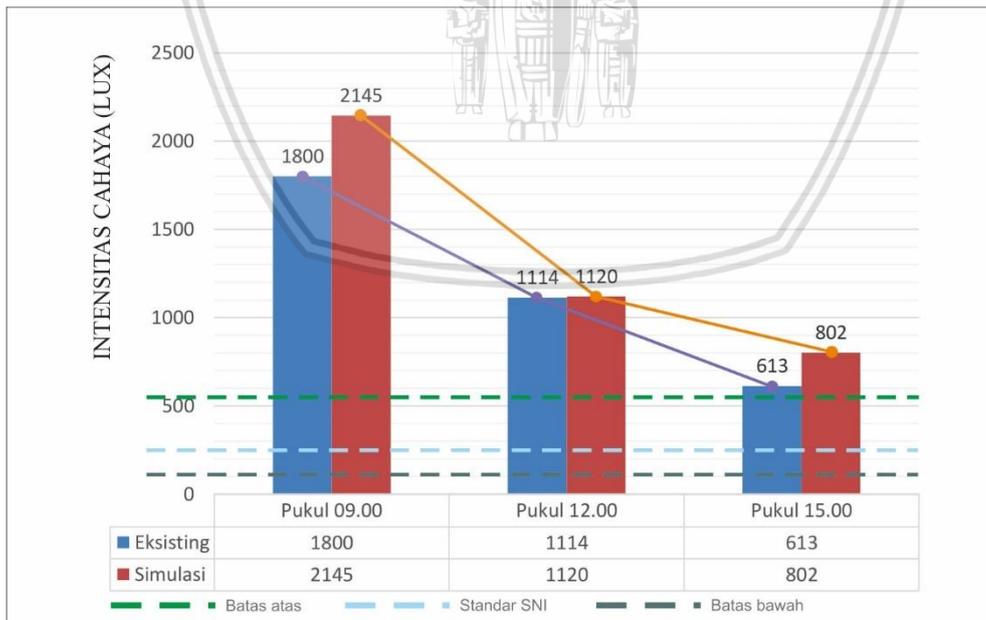
Tabel 4.44 Alternatif A1 jendela tipe 2

	Alternatif A1 RK 22,23,42,43	Alternatif A1 RK 25,45
Jendela Tipe 2		
Deskripsi	Jendela tipe 1 diterapkan pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, dan 4.3 dengan dimensi 224 cm x 220 cm. Terdiri dari 1 sisi jendela tipe <i>top hung</i> dan 2 sisi <i>fixed window</i> dengan peletakan <i>bouven</i> terpisah (kondisi <i>shading devices</i> eksisting GBTP)	Jendela tipe 2 diterapkan pada ruang kuliah 2.5 dan 4.5 dengan dimensi 82 cm x 200 cm. Terdiri dari 3 jendela tipe <i>top hung</i> dengan jarak antar jendela sebesar 35cm, peletakan <i>bouven</i> terpisah (kondisi <i>shading devices</i> eksisting GBTP).
Visualisasi Sebelum dan Sesudah		
Kinerja Jendela tipe 2	Rata-rata intensitas cahaya RK 2.2 1258lux menjadi 1341lux (+83) RK 2.3 1176lux menjadi 1356lux (+180) RK 4.2 1209lux menjadi 1414lux (+205) RK 4.4 1155lux menjadi 1390lux (+235)	Rata-rata intensitas cahaya RK 2.5 206lux menjadi 883lux (+677) RK 4.5 237lux menjadi 726lux (+489)
	Intensitas cahaya RK 2.2 naik 6% Intensitas cahaya RK 2.3 naik 15% Intensitas cahaya RK 4.2 naik 16% Intensitas cahaya RK 4.3 naik 20%	Intensitas cahaya RK 2.5 naik 328% Intensitas cahaya RK 4.5 naik 206%

Berikut adalah grafik rata-rata intensitas cahaya hasil simulasi sebelum dan sesudah penerapan alternatif A1 Jendela tipe 2 pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5, 4.2, 4.3, dan 4.5 yang dilakukan pada 12 Mei 2018:

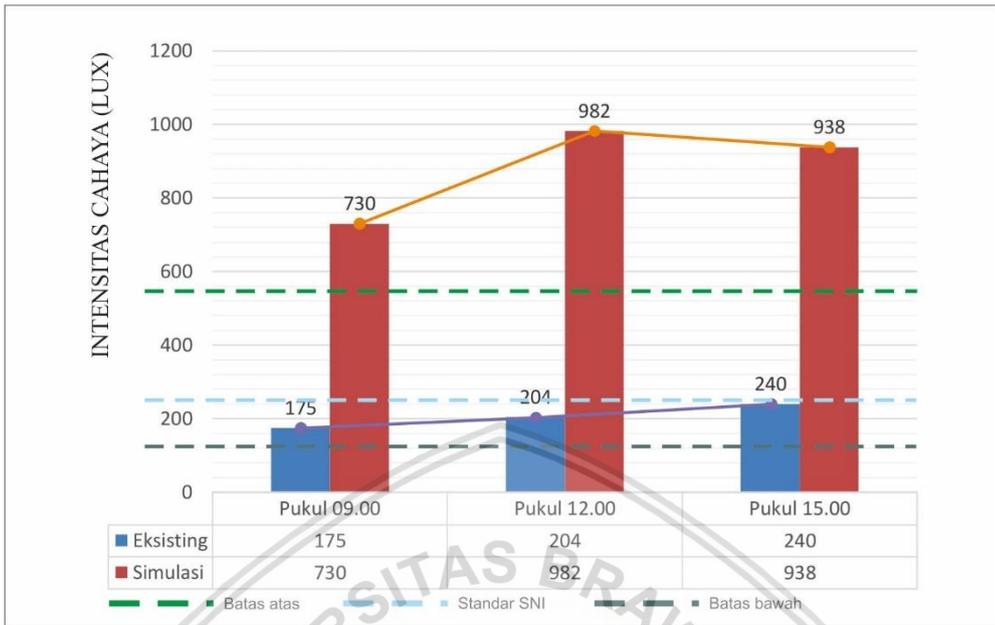


Gambar 4.80 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 2 RK 2.2

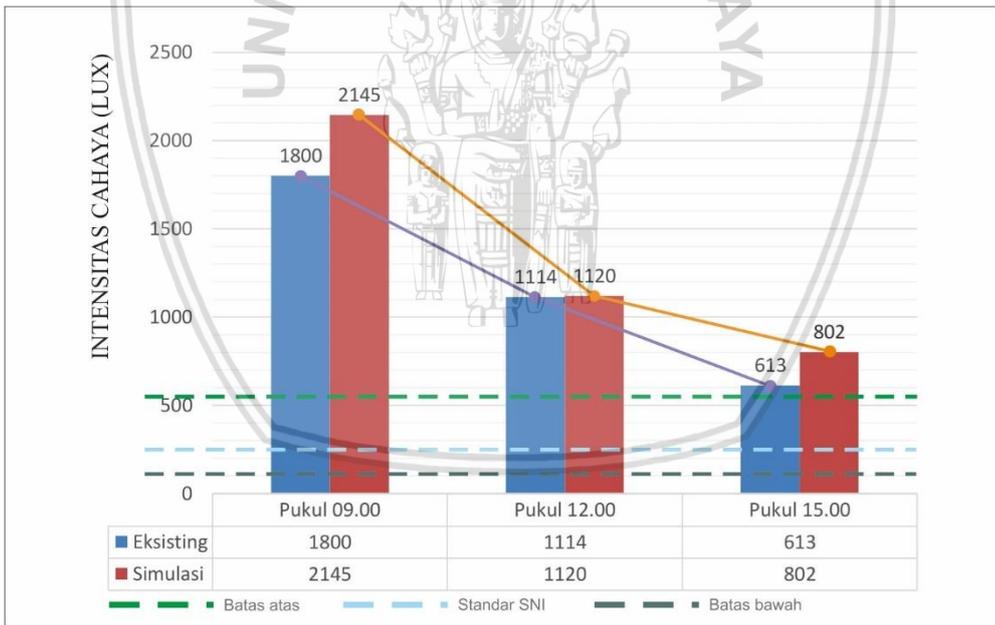


Gambar 4.81 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 2 RK 2.3



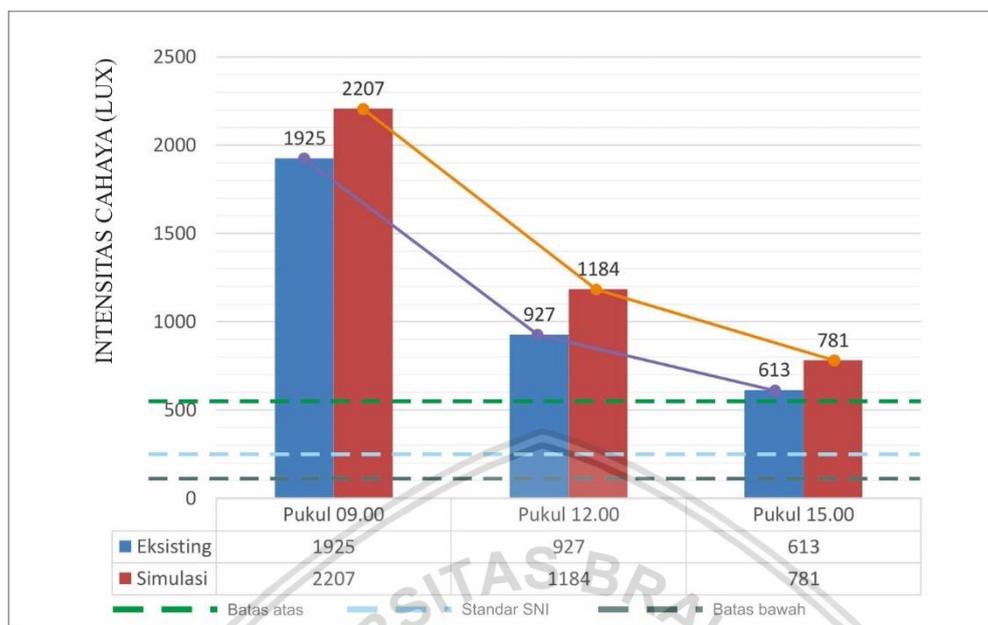


Gambar 4.82 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 2 RK 2.5

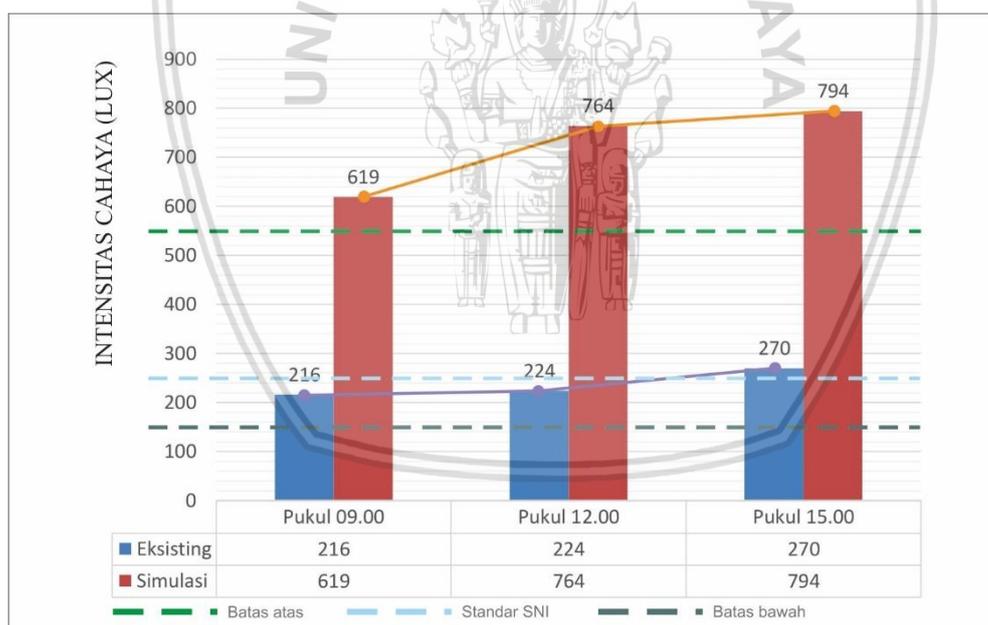


Gambar 4.83 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 2 RK 4.2





Gambar 4.84 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 2 RK 4.3



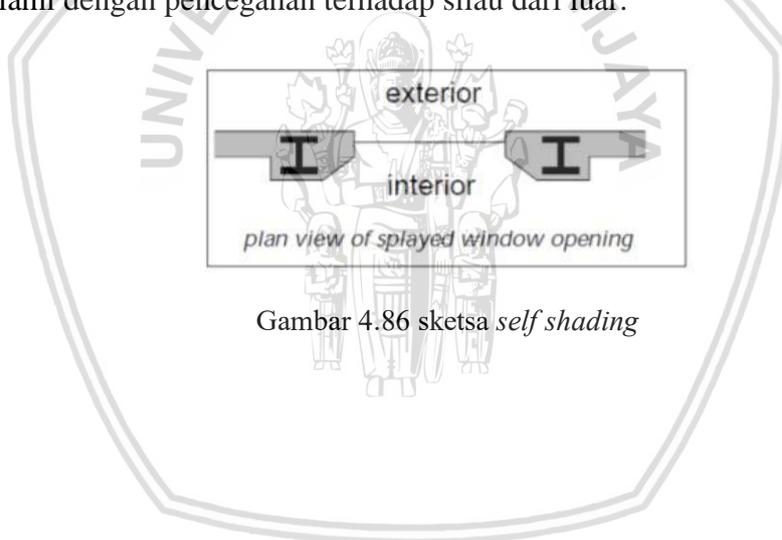
Gambar 4.85 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A1 tipe 2 RK 4.5

Berdasarkan grafik pada gambar diatas tingkat pencahayaan rekomendasi alternatif A1 jendela tipe 2 intensitas cahaya semakin naik 6-20% pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, 4.3, dan naik 205-328% pada ruang kuliah 2.5 dan 4.5 yang sebelumnya cenderung gelap. Pemisahan bagian *bouven* dari jendela menyebabkan zona penerangan cahaya yang masuk semakin luas karena kepala jendela semakin tinggi, akan tetapi intensitas cahaya (lux) yang

masuk semakin tinggi. Dilihat dari kondisi tersebut alternatif A1 jendela tipe 1 yang dipilih untuk dikembangkan lebih lanjut.

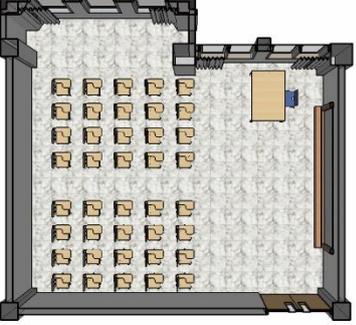
B. Alternatif A2

Penambahan pendekatan elemen interior yang menjorok ke dalam. Elemen interior yang dijadikan zona *buffer*, hal ini sekaligus dapat menciptakan elemen pembayang dan menyaring spektrum cahaya masuk yang juga berfungsi untuk menyaring silau dengan memanfaatkan elemen bangunan lainnya untuk mengintegrasikan pembayangan. Misalnya seperti unsur dekorasi jendela bagian samping, penambahan panel PV dan lain sebagainya agar dapat terintegrasikan antar struktural dan visual dengan interior ruang perkuliahan. Berikut visualisasi gambar potongan dengan kedalaman tertentu yang seakan menyediakan *self shading* berupa elemen interior sehingga menimbulkan integrasi yang baik antara pencahayaan alami dengan pencegahan terhadap silau dari luar:



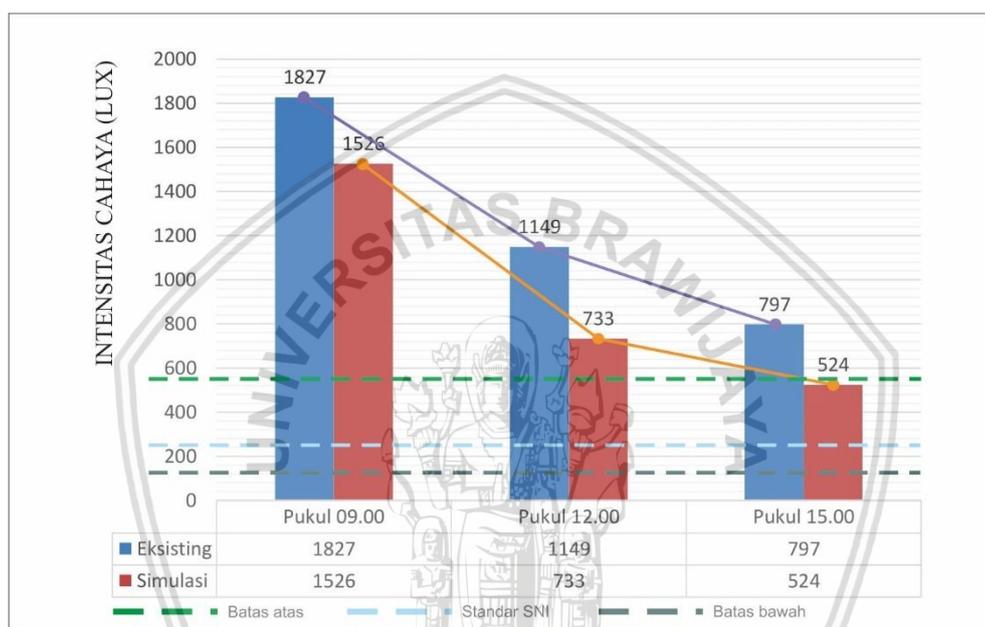
Gambar 4.86 sketsa *self shading*

Tabel 4.45 Alternatif A2 jendela tipe 1

		Alternatif A2 RK 22,23,42,43	Alternatif A2 RK 25,45
Visualisasi Sebelum dan Sesudah	Perspektif Sebelum dan Sesudah		
	Denah Sebelum dan Sesudah	 	 
Kinerja kombinasi		<p>Rata-rata intensitas cahaya</p> <p>RK 2.2 1258lux menjadi 928lux (-330)</p> <p>RK 2.3 1176lux menjadi 876lux (-300)</p> <p>RK 4.2 1209lux menjadi 940lux (-269)</p> <p>RK 4.4 1155lux menjadi 880lux (-275)</p>	<p>Rata-rata intensitas cahaya</p> <p>RK 2.5 206lux menjadi 782lux (+576)</p> <p>RK 4.5 237lux menjadi 636lux (+399)</p>

Intensitas cahaya RK 2.2 turun 26% Intensitas cahaya RK 2.3 turun 25% Intensitas cahaya RK 4.2 turun 22% Intensitas cahaya RK 4.3 turun 24%	Intensitas cahaya RK 2.5 naik 279% Intensitas cahaya RK 4.5 naik 168%
--	--

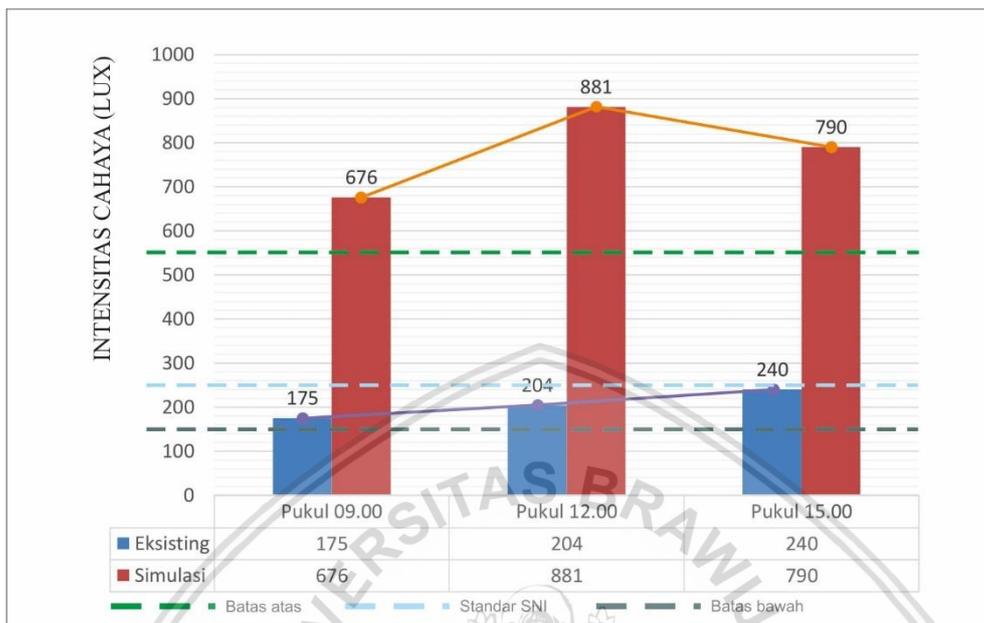
Berikut adalah grafik rata-rata intensitas cahaya hasil simulasi sebelum dan sesudah penerapan alternatif A2 Jendela tipe 1 pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5, 4.2, 4.3, dan 4.5 yang dilakukan pada 12 Mei 2018:



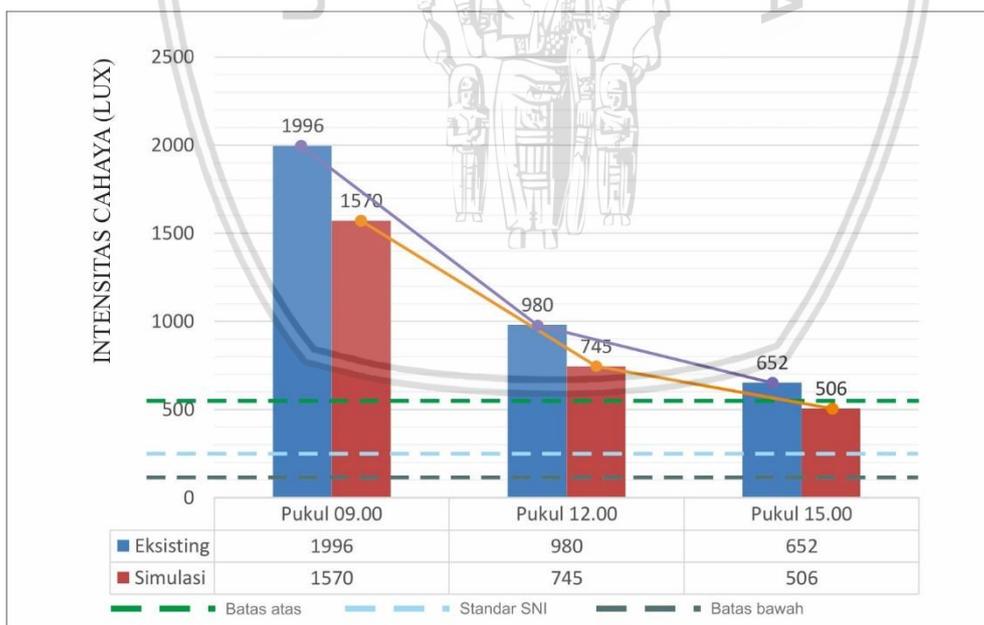
Gambar 4.87 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A2 jendela tipe 1 RK 2.2



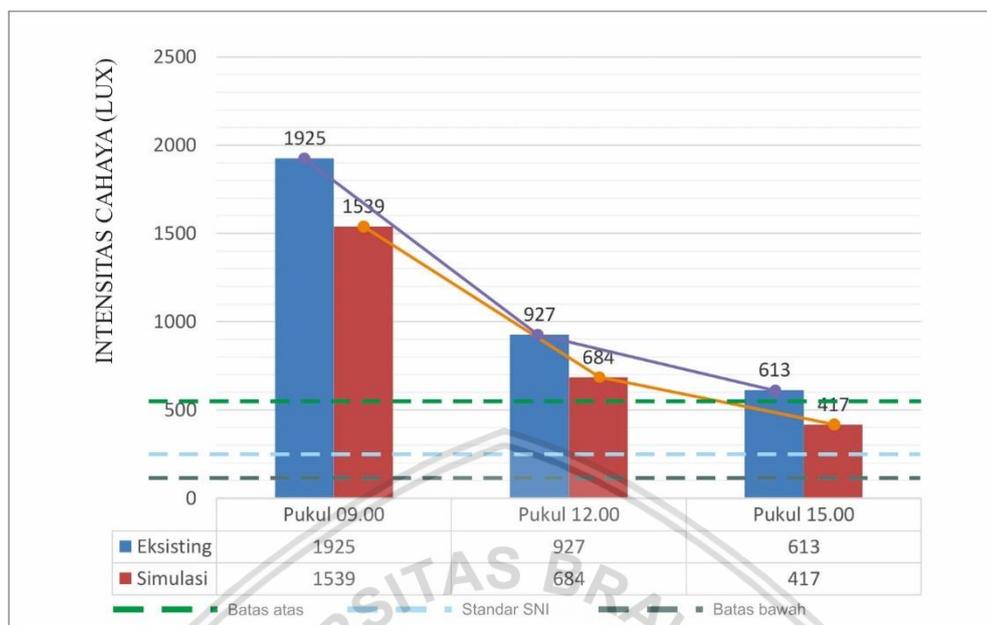
Gambar 4.88 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A2 jendela tipe 1 RK 2.3



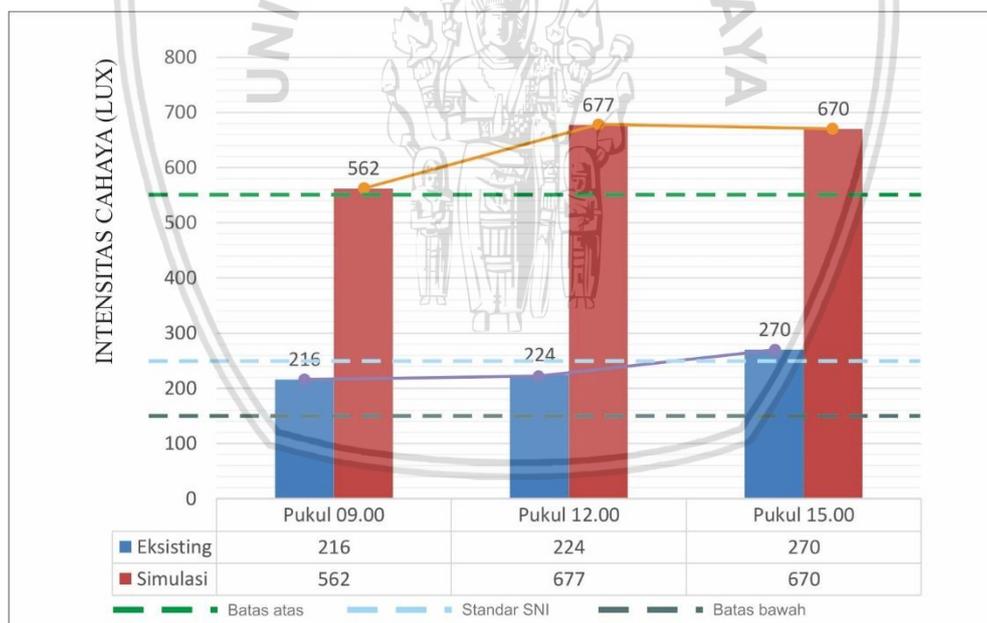
Gambar 4.7.89 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A2 jendela tipe 1 RK 2.5



Gambar 4.90 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A2 jendela tipe 1 RK 4.2



Gambar 4.91 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A2 jendela tipe 1 RK 4.3



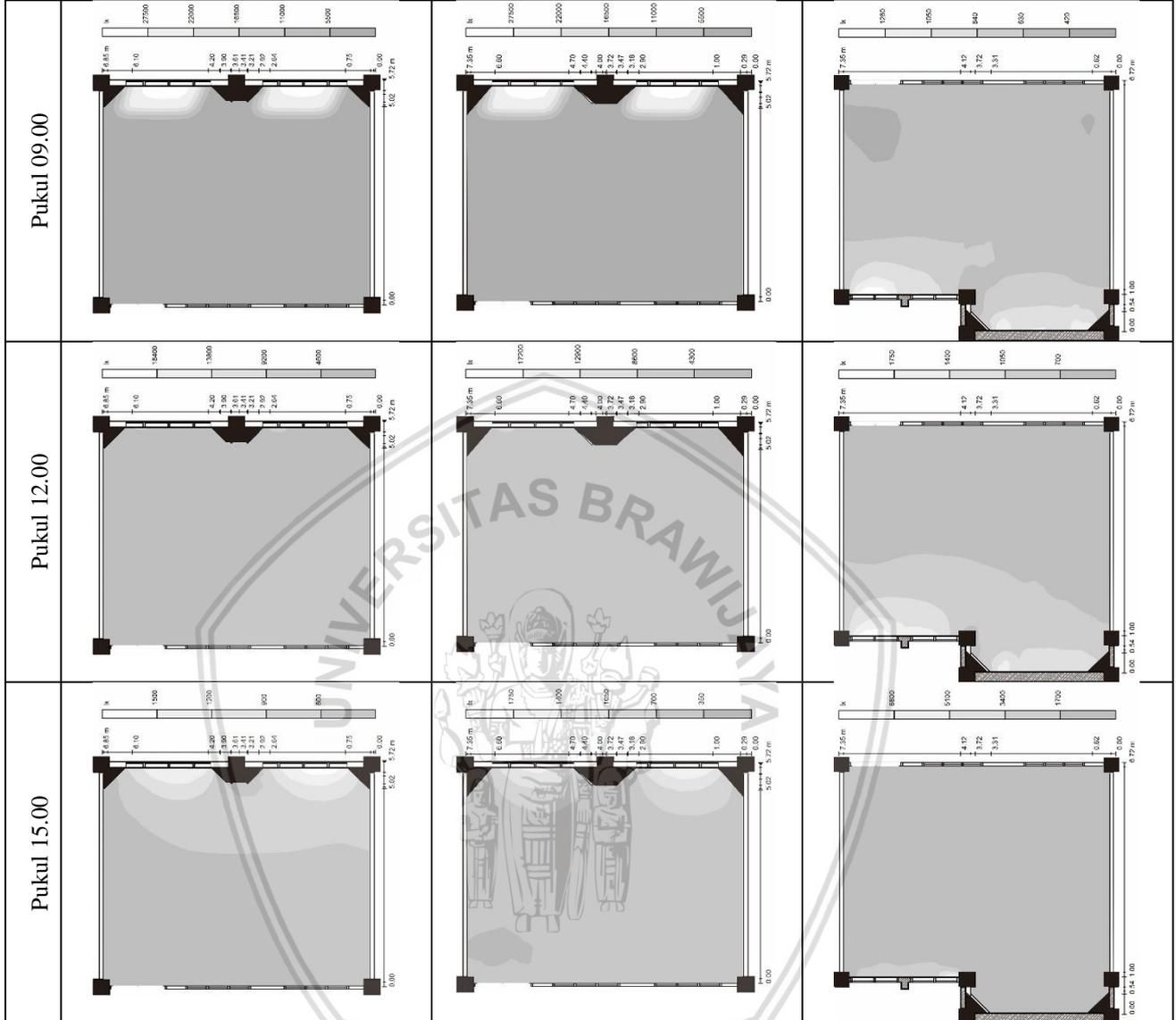
Gambar 4.92 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi A2 jendela tipe 1 RK 4.5

Berdasarkan grafik pada gambar diatas tingkat pencahayaan rekomendasi alternatif A2 jendela tipe 1 intensitas cahaya turun 22-26% pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, 4.3, dan naik 168-279% pada ruang kuliah 2.5 dan 4.5 yang sebelumnya cenderung gelap. Penerapan elemen *buffer* mampu mengurangi intensitas cahaya yang sebelumnya terbilang tinggi. Dilihat dari kondisi tersebut alternatif A2 jendela tipe 1 dapat dikembangkan lebih

lanjut. Berikut layout distribusi cahaya simulasi rekomendasi alternatif A2 jendela tipe 1 tersebut:

Tabel 4.46 layout distribusi cahaya simulasi rekomendasi alternatif A2 jendela tipe 1

	Ruang kuliah 2.2	Ruang kuliah 2.3	Ruang kuliah 2.5
Pukul 09.00			
Pukul 12.00			
Pukul 15.00			
	Ruang kuliah 4.2	Ruang kuliah 4.3	Ruang kuliah 4.5



4.7.2 Tahap 2 Rekomendasi Pembayang dan Penyaringan

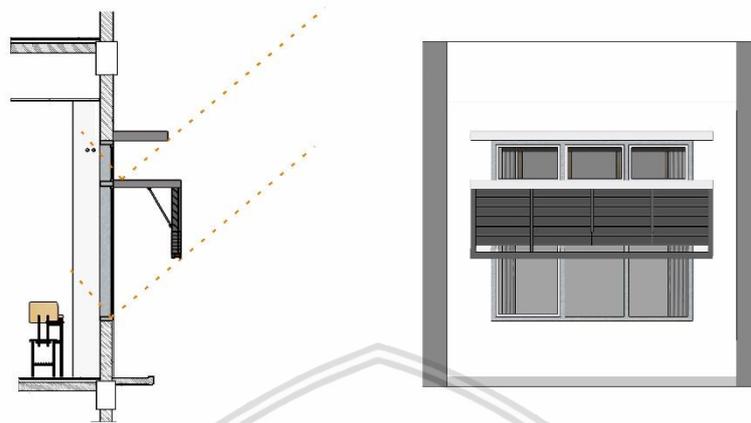
Pada Gedung baru Teknik Pengairan, semua bukaan memiliki pembayang. Pembayang tersebut memiliki ketebalan 12 cm, lebar 55 cm dengan panjang yang menyesuaikan ukuran tiap jendela. Akan tetapi pembayang tersebut tidak mampu mereduksi sinar matahari secara maksimal, sehingga sinar matahari langsung dapat masuk ke dalam ruangan melalui jendela. Berikut merupakan alternatif dan simulasi *shading devices* yang dapat digunakan untuk ruang kuliah 2.2, 23, 25, 42, 43, dan 4.5 pada GPTP



Tabel 4.47 Alternatif *shading devices*

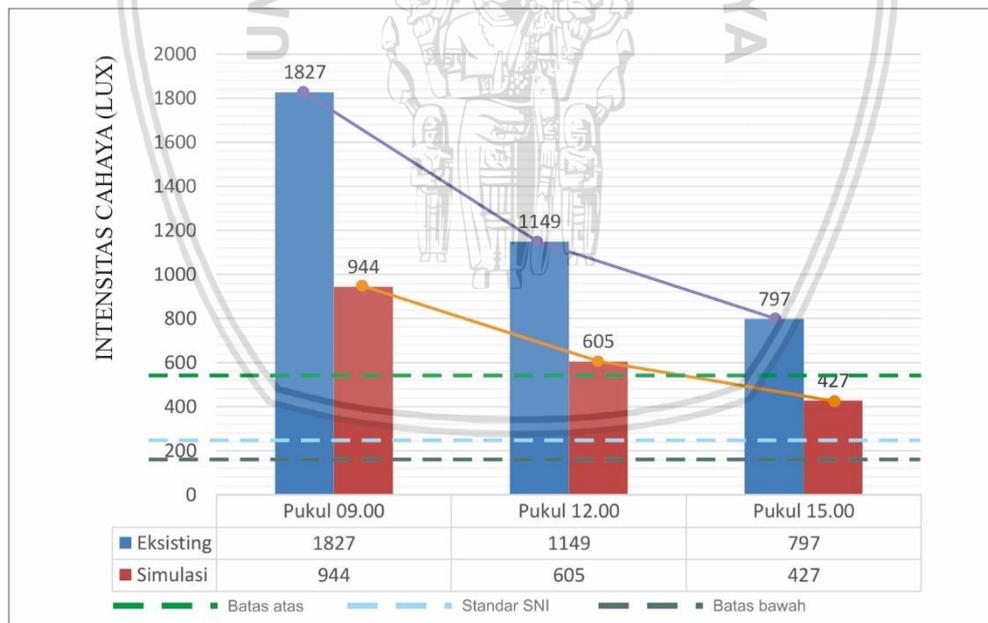
		Alternatif RK 22,23,25,42,43,45	Visualisasi <i>Shading Devices</i>
Tipe <i>Shading Devices</i>		<p>SBV 42° dari sisi timur laut SBV 40° dari sisi barat daya</p> <p>Tipe 3 : Terdiri dari 2 layer panjang 0,5m & 0,75m. <i>Shading devices</i> dibagi menjadi 2 bagian, membayangi bouven dan membayangi jendela. Berjenis <i>Overhang horizontal louvers vertical plane</i>.</p>	 
		<p>Tipe 4 : Terdiri dari 2 layer panjang 0,5m & 0,75m. <i>Shading devices</i> dibagi menjadi 2 bagian, membayangi bouven dan membayangi jendela, dengan tambahan layer di bagian samping dan tengah jendela. Berjenis <i>Eggcrate</i></p>	 
		<p>Tipe 5 : <i>Shading devices</i> tipe 3 yang dikombinasikan dengan <i>selfshading</i> agar membayangi jendela dan dapat dijadikan pembatas pandang unit pembuang panas AC yang terletak dibagian luar gedung</p>	 
Kinerja <i>Shading Devices</i>	Tipe 3	<p>Rata-rata intensitas cahaya RK 2.2 1258lux menjadi 659lux (-599) RK 2.3 1176lux menjadi 633lux (-543) RK 2.5 206lux menjadi 599lux (+393) RK 4.2 1209lux menjadi 725lux (-484) RK 4.4 1155lux menjadi 649lux (-506) RK 4.5 237lux menjadi 476lux (+239)</p>	<p>Intensitas cahaya RK 2.2 turun 47% Intensitas cahaya RK 2.3 turun 46% Intensitas cahaya RK 2.5 naik 190% Intensitas cahaya RK 4.2 turun 40% Intensitas cahaya RK 4.3 turun 43% Intensitas cahaya RK 4.5 naik 101%</p>
	Tipe 4	<p>Rata-rata intensitas cahaya RK 2.2 1258lux menjadi 494lux (-764) RK 2.3 1176lux menjadi 473lux (-703) RK 2.5 206lux menjadi 515lux (+309) RK 4.2 1209lux menjadi 538lux (-671) RK 4.4 1155lux menjadi 496lux (-659) RK 4.5 237lux menjadi 410lux (+173)</p>	<p>Intensitas cahaya RK 2.2 turun 61% Intensitas cahaya RK 2.3 turun 59% Intensitas cahaya RK 2.5 naik 150% Intensitas cahaya RK 4.2 turun 55% Intensitas cahaya RK 4.3 turun 57% Intensitas cahaya RK 4.5 naik 72%</p>
	Tipe 5	<p>Rata-rata intensitas cahaya RK 2.2 1258lux menjadi 503lux (-755) RK 2.3 1176lux menjadi 486lux (-690) RK 2.5 206lux menjadi 497lux (+291) RK 4.2 1209lux menjadi 522lux (-687) RK 4.4 1155lux menjadi 468lux (-687) RK 4.5 237lux menjadi 408lux (+171)</p>	<p>Intensitas cahaya RK 2.2 turun 60% Intensitas cahaya RK 2.3 turun 58% Intensitas cahaya RK 2.5 naik 141% Intensitas cahaya RK 4.2 turun 57% Intensitas cahaya RK 4.3 turun 59% Intensitas cahaya RK 4.5 naik 72%</p>

A. *Shading devices tipe 3*

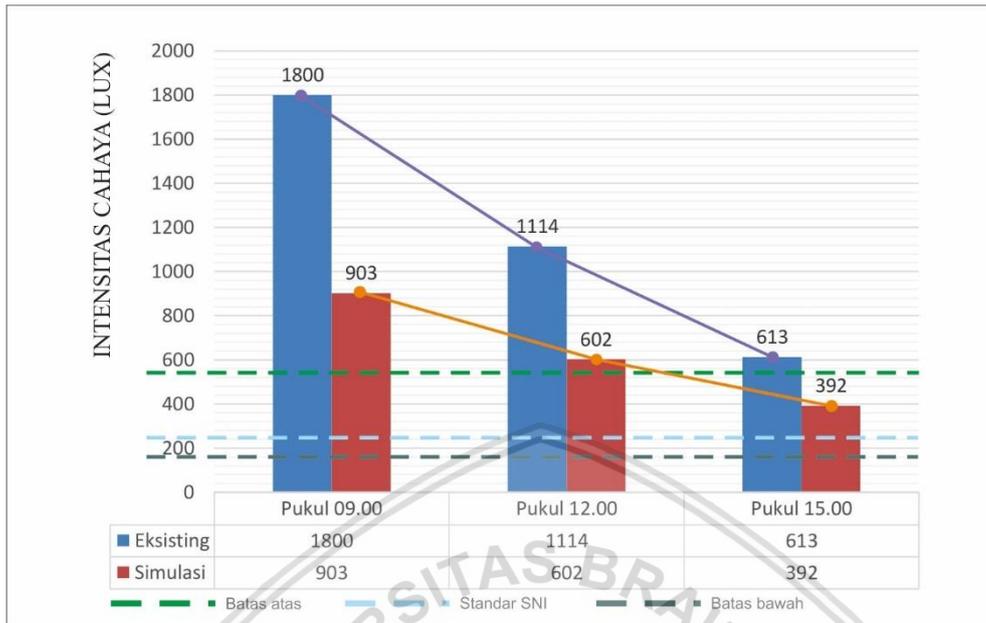


Gambar 4.93 *shading devices tipe 3*

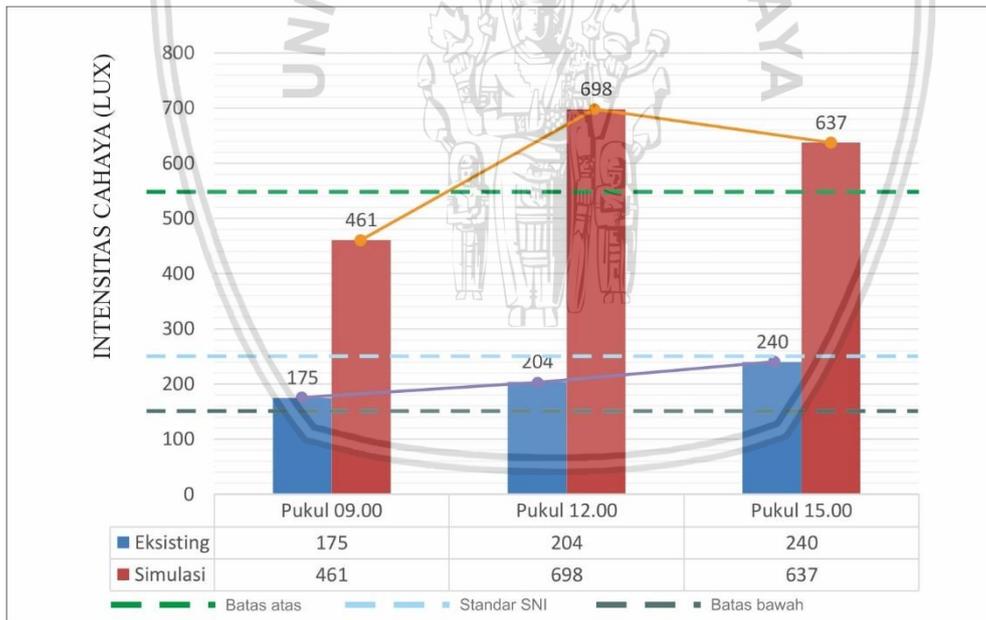
Berikut adalah grafik rata-rata intensitas cahaya hasil simulasi sebelum dan sesudah penerapan alternatif A2 Jendela tipe 1 dengan *Shading Devices tipe 3* pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5, 4.2, 4.3, dan 4.5 yang dilakukan pada 12 Mei 2018:



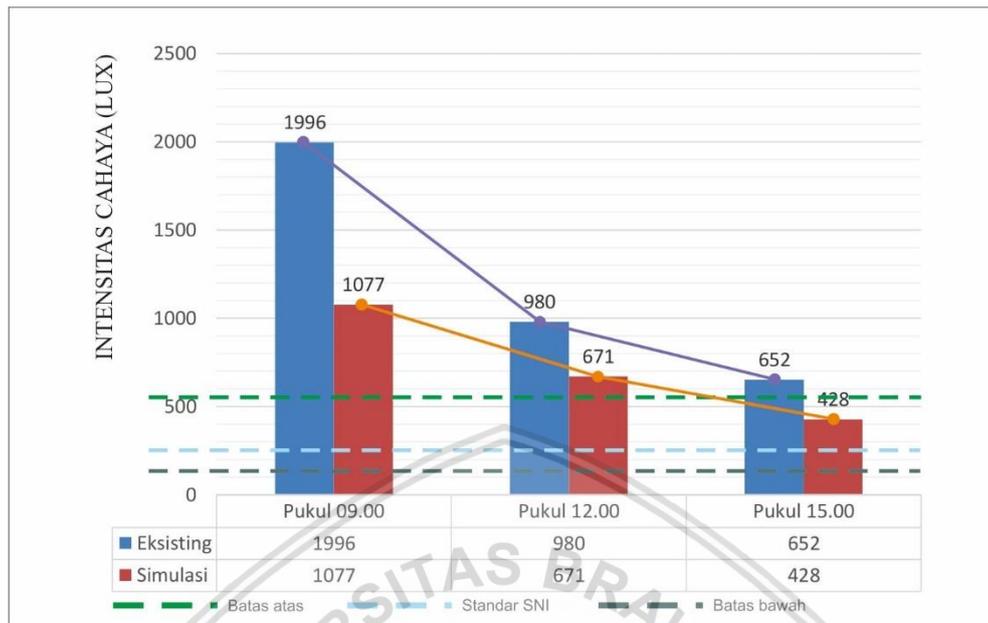
Gambar 4.94 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi *shading devices tipe 3* RK 2.2



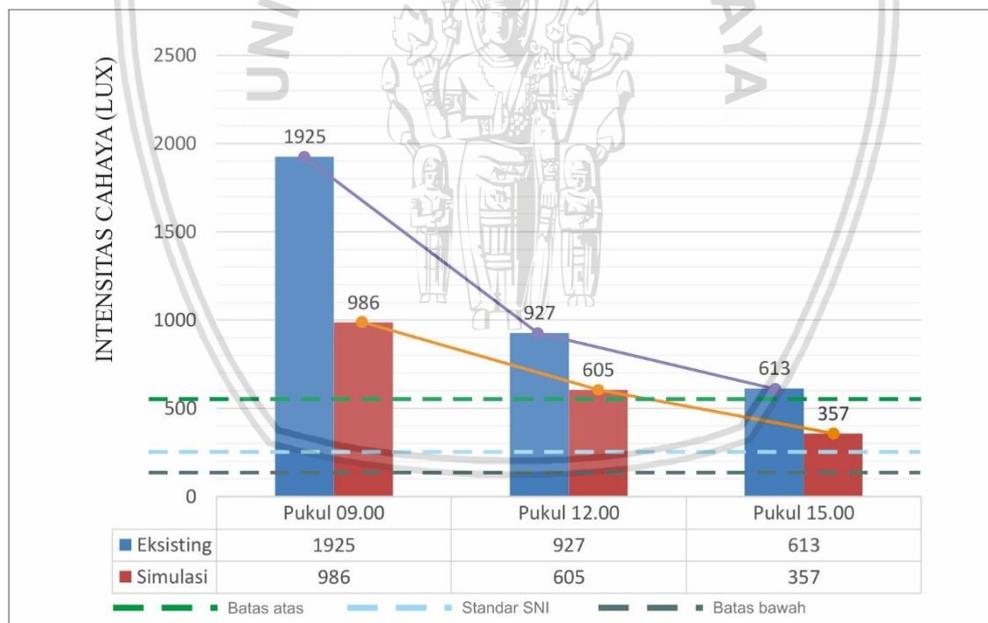
Gambar 4.95 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi *shading devices* tipe 3 RK 2.3



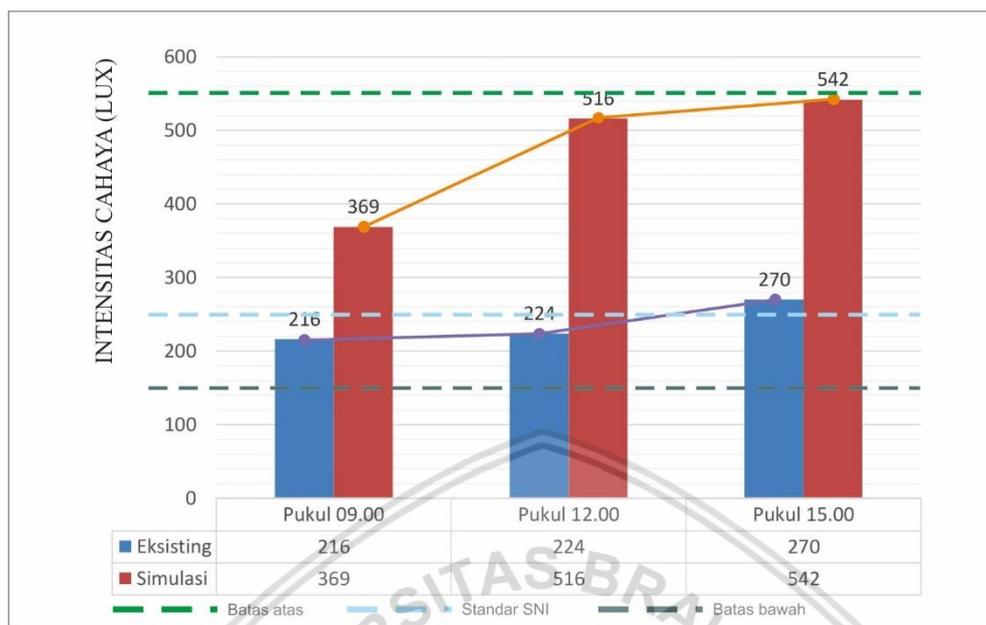
Gambar 4.96 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi *shading devices* tipe 3 RK 2.5



Gambar 4.97 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi *shading devices* tipe 3 RK 4.2



Gambar 4.98 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi *shading devices* tipe 3 RK 4.3



Gambar 4.99 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi *shading devices* tipe 3 RK 4.5

Berdasarkan grafik pada gambar di atas tingkat pencahayaan rekomendasi *shading devices* tipe 3 intensitas cahaya turun 40-47% pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, 4.3, dan naik 101-190% pada ruang kuliah 2.5 dan 4.5 yang sebelumnya cenderung gelap. Penerapan *shading devices* tipe 3 terbilang efektif dan menghasilkan rata-rata intensitas cahaya dalam ruang sebesar 623 lux. *Shading devices* dibagi menjadi 2 bagian, membayangi bouven dan membayangi jendela. Berjenis *overhang horizontal louvers vertical plane*.

Melalui hasil intensitas dan gambar visualisasi di lampiran, keseragaman nilai skema u_0 (*uniformity*) pencahayaan umum harus diantara 0,6 atau 0,8 dengan nilai 0.6 (baik), 0.7 (sangat baik), dan 0.8 (sempurna). Nilai *uniformity* yang didapatkan pada rekomendasi *shading devices* tipe 3 sebagai berikut :

Tabel 4.48 Tingkat pemerataan dan persentase zona nyaman

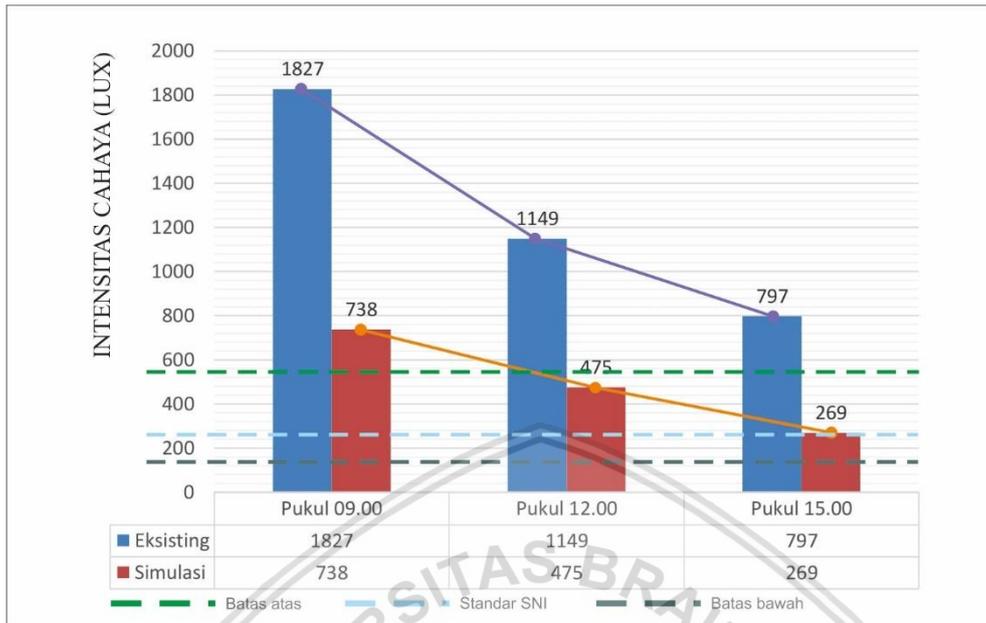
	RK 22	RK 23	RK 25	RK 42	RK 43	RK 45
Pukul 09.00	u0: 0.46 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 55% dari luas lantai	u0 : 0.41 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 53% dari luas lantai	u0 : 0.66 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 90% dari luas lantai	u0 : 0.42 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 42% dari luas lantai	u0 : 0.4 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 43% dari luas lantai	u0 : 0.6 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 92% dari luas lantai
Pukul 12.00	u0 : 0.5 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 70% dari luas lantai	u0 : 0.48 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 77% dari luas lantai	u0 : 0.65 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 52% dari luas lantai	u0 : 0.43 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 46% dari luas lantai	u0 : 0.43 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 55% dari luas lantai	u0 : 0.6 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 87% dari luas lantai
Pukul 15.00	u0 : 0.6 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 92% dari luas lantai	u0 : 0.51 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 86% dari luas lantai	u0 : 0.6 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 55% dari luas lantai	u0 : 0.54 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 93% dari luas lantai	u0 : 0.5 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 95% dari luas lantai	u0 : 0.6 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 82% dari luas lantai

B. *Shading devices* tipe 4

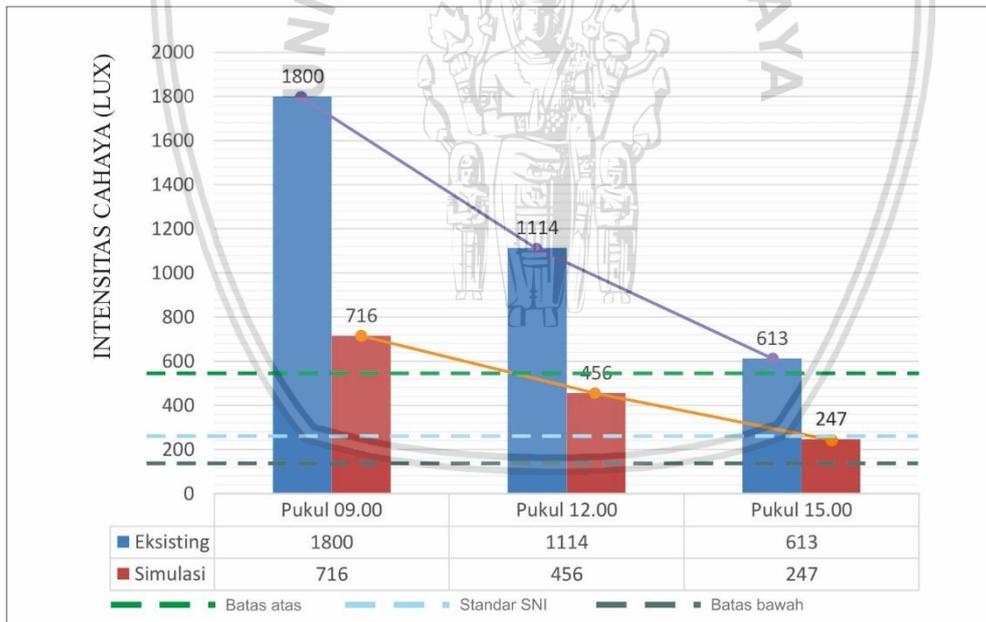


Gambar 4.100 *shading devices* tipe 4

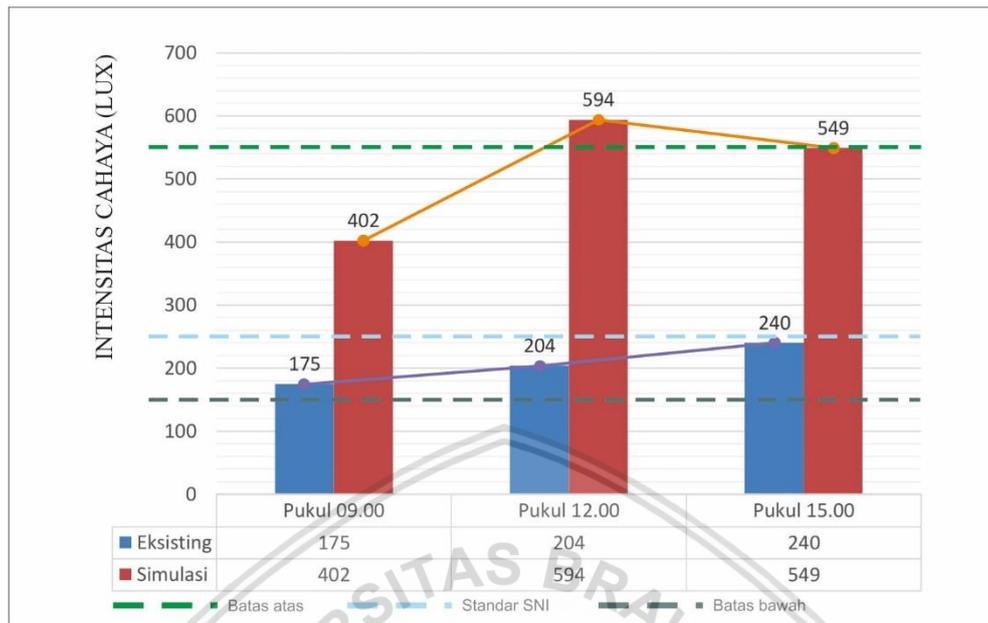
Berikut adalah grafik rata-rata intensitas cahaya hasil simulasi sebelum dan sesudah penerapan alternatif A2 Jendela tipe 1 dengan *Shading Devices* tipe 4 pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5, 4.2, 4.3, dan 4.5 yang dilakukan pada 12 Mei 2018:



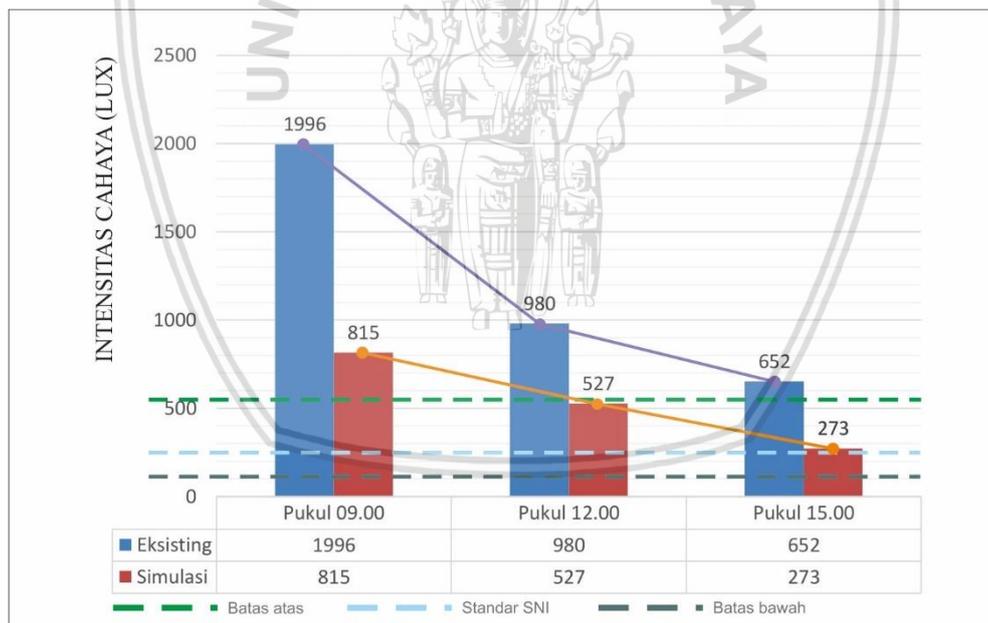
Gambar 4.101 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi *shading devices* tipe 4 RK 2.2



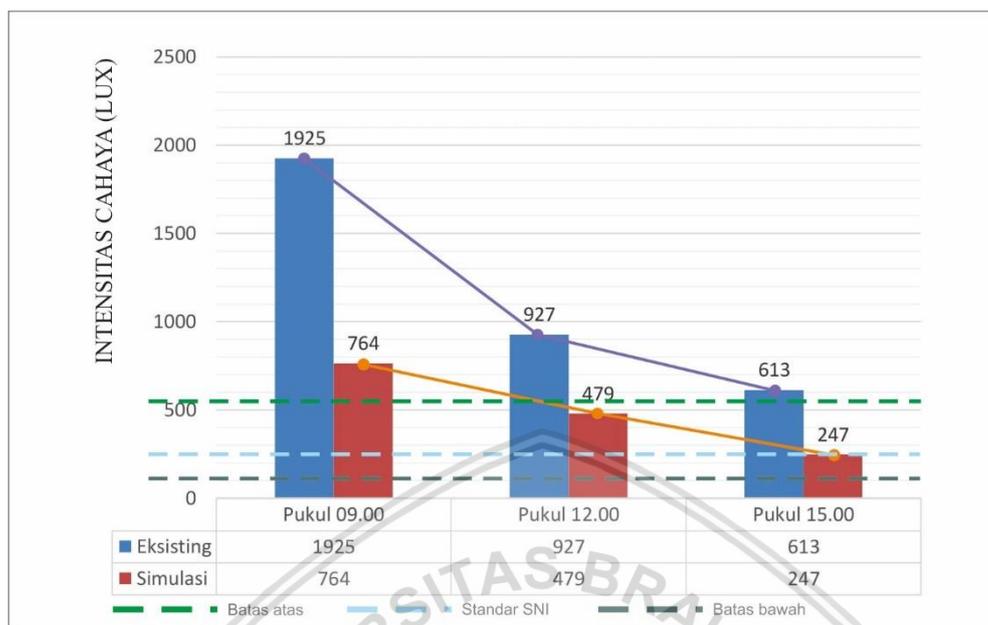
Gambar 4.102 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi *shading devices* tipe 4 RK 2.3



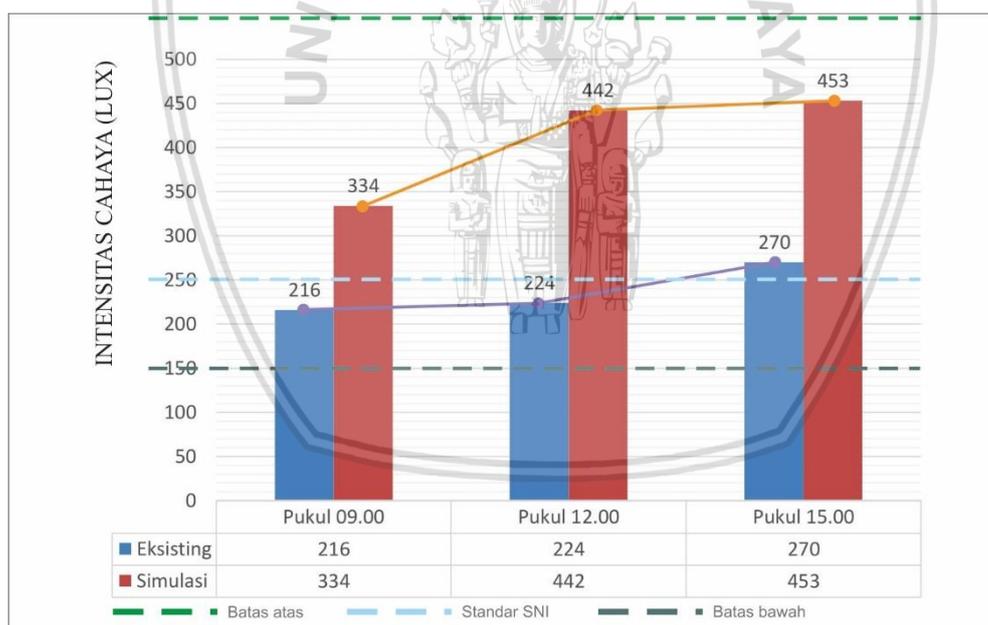
Gambar 4.103 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi *shading devices* tipe 4 RK 2.5



Gambar 4.104 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi *shading devices* tipe 4 RK 4.2



Gambar 4.105 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi *shading devices* tipe 4 RK 4.3



Gambar 4.106 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi *shading devices* tipe 4 RK 4.5

Berdasarkan grafik pada gambar di atas tingkat pencahayaan rekomendasi *shading devices* tipe 4 intensitas cahaya turun 55-61% pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, 4.3, dan naik 72-150% pada ruang kuliah 2.5 dan 4.5 yang sebelumnya cenderung gelap. Penerapan *shading devices* tipe 4 terbilang efektif dan menghasilkan rata-rata intensitas cahaya dalam ruang sebesar 487 lux. *Shading devices* berjenis *eggcrate* ini dibagi menjadi beberapa

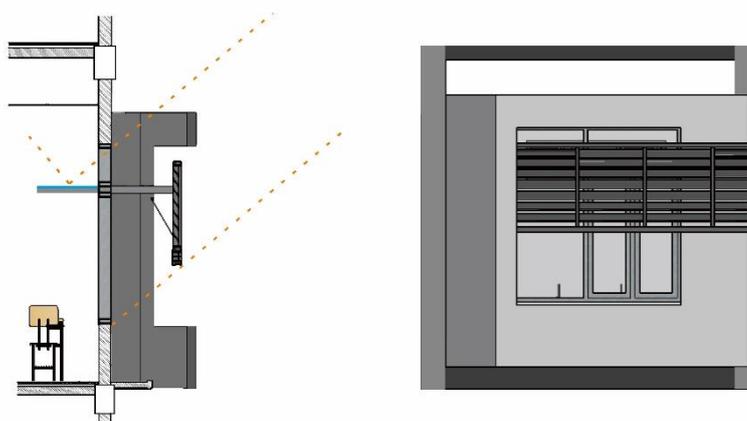
bagian yang membayangi bouven, membayangi jendela, dan membayangi bagian samping dan tengah jendela.

Melalui hasil intensitas dan gambar visualisasi di lampiran, keseragaman nilai skema u_0 (*uniformity*) pencahayaan umum harus diantara 0,6 atau 0,8 dengan nilai 0.6 (baik), 0.7 (sangat baik), dan 0.8 (sempurna). Nilai *uniformity* yang didapatkan pada rekomendasi *shading devices* tipe 4 sebagai berikut :

Tabel 4.49 Tingkat pemerataan dan persentase zona nyaman

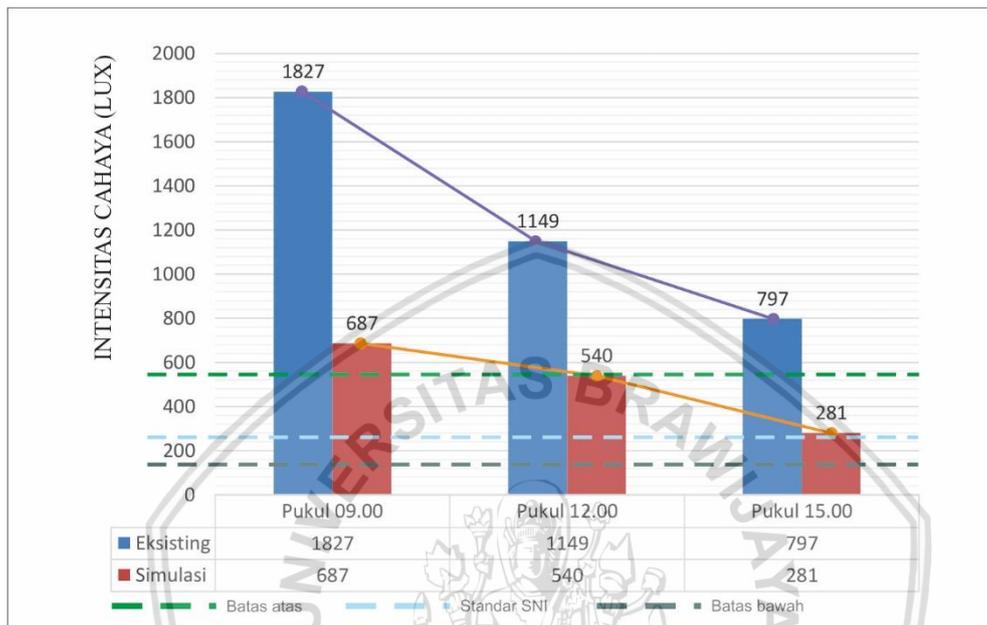
	RK 22	RK 23	RK 25	RK 42	RK 43	RK 45
Pukul 09.00	u_0 : 0.34 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 0% dari luas lantai	u_0 : 0.33 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 11% dari luas lantai	u_0 : 0.6 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 90% dari luas lantai	u_0 : 0.35 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 9% dari luas lantai	u_0 : 0.35 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 18% dari luas lantai	u_0 : 0.62 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 96% dari luas lantai
Pukul 12.00	u_0 : 0.6 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 76% dari luas lantai	u_0 : 0.6 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 73% dari luas lantai	u_0 : 0.65 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 86% dari luas lantai	u_0 : 0.63 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 74% dari luas lantai	u_0 : 0.6 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 77% dari luas lantai	u_0 : 0.59 tingkat pemerataan cukup baik. Sedangkan persentase zona nyaman 47% dari luas lantai
Pukul 15.00	u_0 : 0.68 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 63% dari luas lantai	u_0 : 0.56 tingkat pemerataan cukup baik. Sedangkan persentase zona nyaman 48% dari luas lantai	u_0 : 0.65 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 84% dari luas lantai	u_0 : 0.66 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 72% dari luas lantai	u_0 : 0.57 tingkat pemerataan cukup baik. Sedangkan persentase zona nyaman 51% dari luas lantai	u_0 : 0.6 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 68% dari luas lantai

C. Shading devices tipe 5

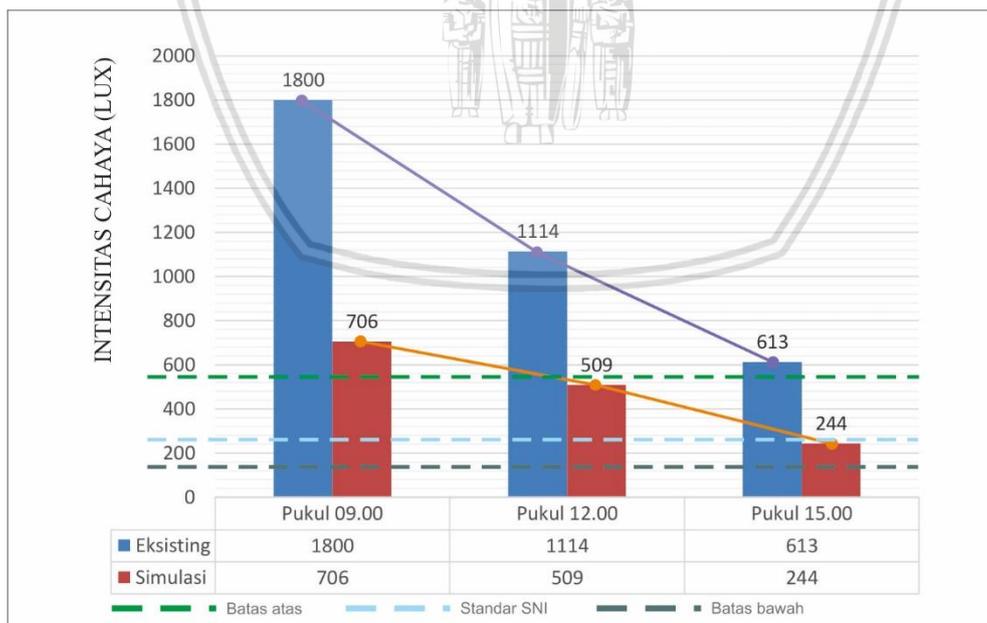


Gambar 4.107 shading devices tipe 5

Berikut adalah grafik rata-rata intensitas cahaya hasil simulasi sebelum dan sesudah penerapan alternatif A2 Jendela tipe 1 dengan *Shading Devices* tipe 5 pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5, 4.2, 4.3, dan 4.5 yang dilakukan pada 12 Mei 2018:

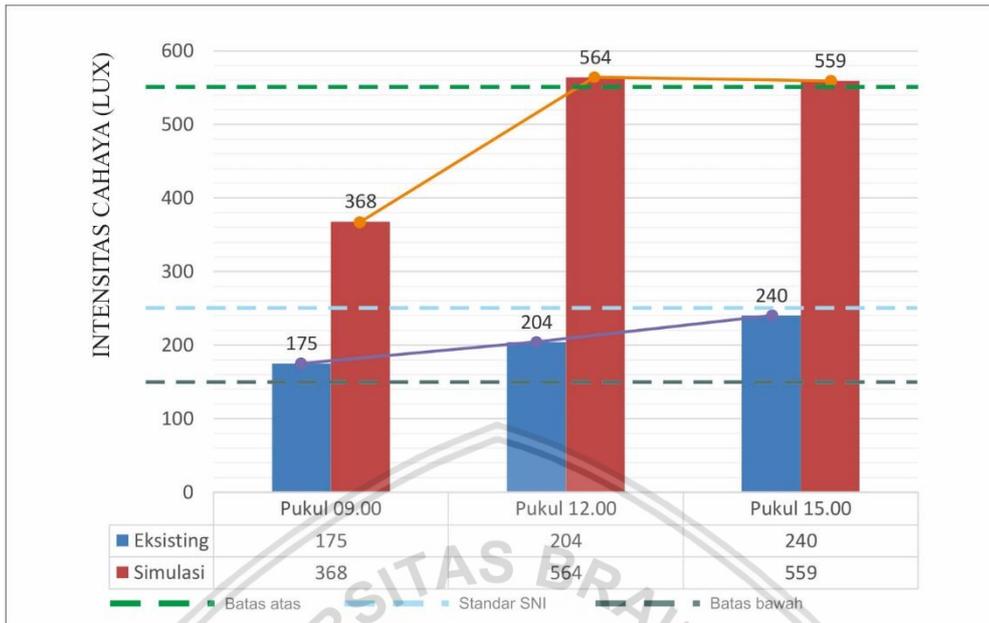


Gambar 4.108 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi *shading devices* tipe 4 RK 2.2

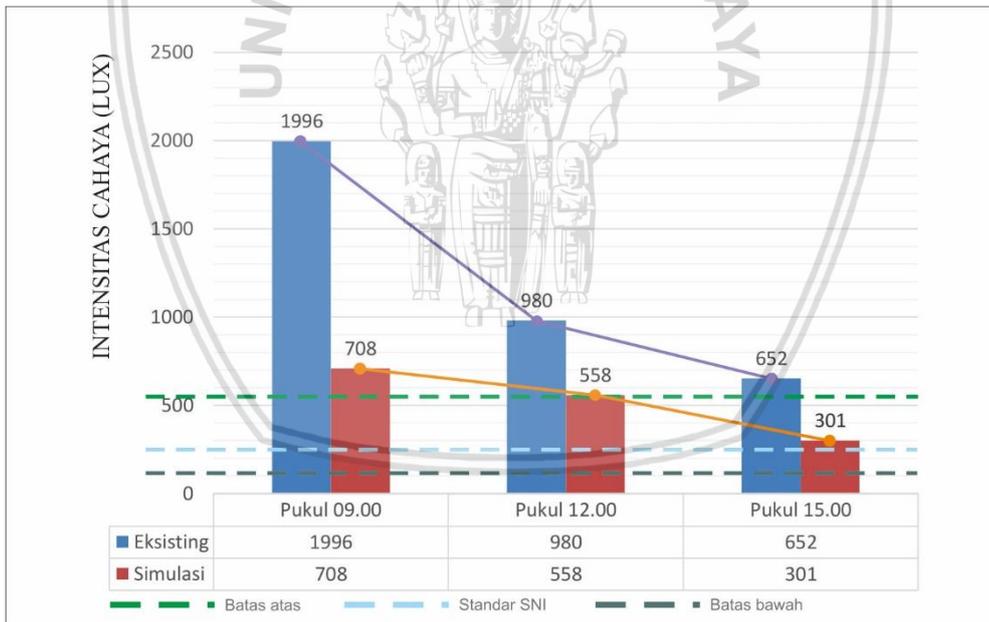


Gambar 4.109 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi *shading devices* tipe 4 RK 2.3

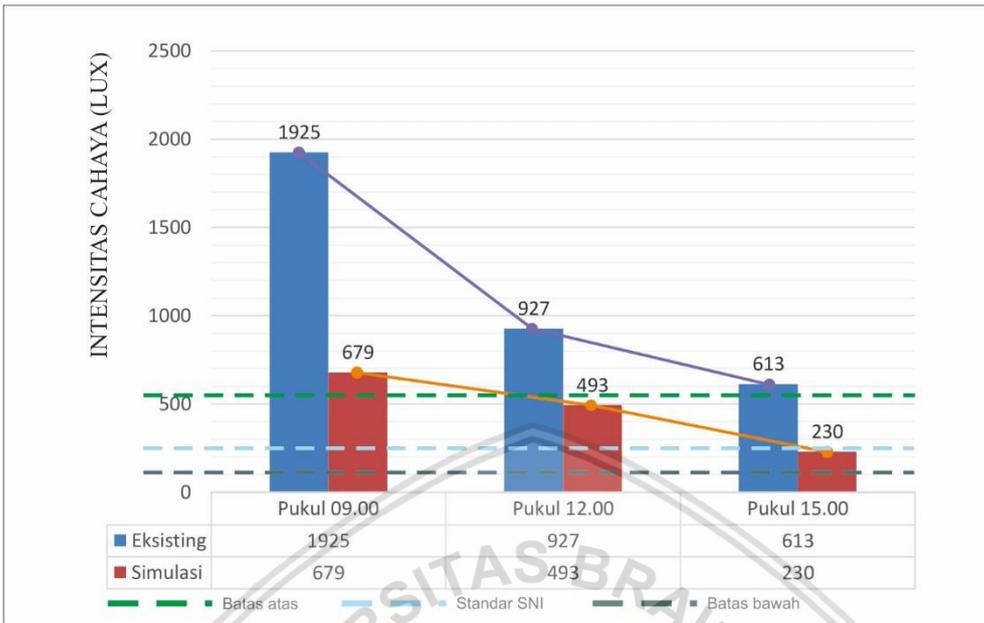




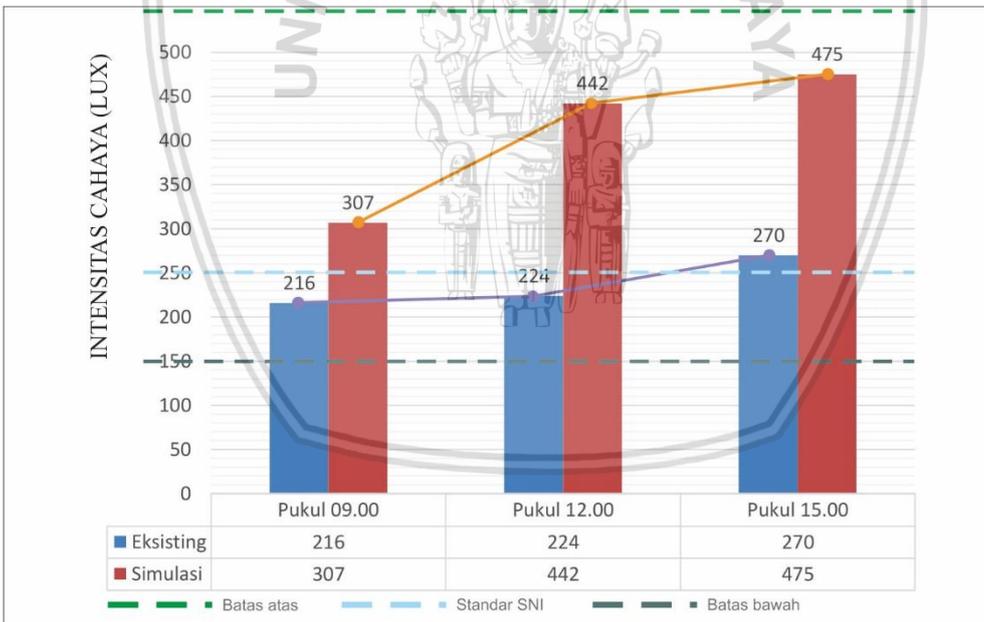
Gambar 4.110 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi *shading devices* tipe 4 RK 2.5



Gambar 4.111 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi *shading devices* tipe 4 RK 4.2



Gambar 4.112 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi *shading devices* tipe 4 RK 4.3



Gambar 4.113 Grafik perbandingan eksisting dan rekomendasi *shading devices* tipe 4 RK 4.5

Berdasarkan grafik pada gambar diatas tingkat pencahayaan rekomendasi *shading devices* tipe 5 intensitas cahaya turun 57-60% pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, 4.3, dan naik 72-141% pada ruang kuliah 2.5 dan 4.5 yang sebelumnya cenderung gelap. Penerapan *shading devices* tipe 5 terbilang efektif dan menghasilkan rata-rata intensitas cahaya dalam ruang sebesar 481 lux. *Shading devices* tipe 5 merupakan pengembangan *shading devices*



tipe 3 yang diselubungi dengan *selfshading* agar membayangi jendela dari sinar matahari langsung. Selain itu penerapan *shading devices* tipe 5 digunakan agar menghasilkan desain yang terkesan *unite*/menyatu dengan desain lama eksterior objek penelitian.

Melalui hasil intensitas dan gambar visualisasi di lampiran, keseragaman nilai skema u_0 (*uniformity*) pencahayaan umum harus diantara 0,6 atau 0,8 dengan nilai 0.6 (baik), 0.7 (sangat baik), dan 0.8 (sempurna). Nilai *uniformity* yang didapatkan pada rekomendasi *shading devices* tipe 5 sebagai berikut :

Tabel 4.50 Tingkat pemerataan dan persentase zona nyaman

	RK 22	RK 23	RK 25	RK 42	RK 43	RK 45
Pukul 09.00	u_0 : 0.57 tingkat pemerataan cukup baik. Sedangkan persentase zona nyaman 34% dari luas lantai	u_0 : 0.56 tingkat pemerataan cukup baik. Sedangkan persentase zona nyaman 37% dari luas lantai	u_0 : 0.66 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 94% dari luas lantai	u_0 : 0.54 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 36% dari luas lantai	u_0 : 0.54 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 40% dari luas lantai	u_0 : 0.6 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 81% dari luas lantai
Pukul 12.00	u_0 : 0.6 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 63% dari luas lantai	u_0 : 0.58 tingkat pemerataan cukup baik. Sedangkan persentase zona nyaman 72% dari luas lantai	u_0 : 0.6 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 42% dari luas lantai	u_0 : 0.63 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 64% dari luas lantai	u_0 : 0.6 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 76% dari luas lantai	u_0 : 0.59 tingkat pemerataan cukup baik. Sedangkan persentase zona nyaman 86% dari luas lantai
Pukul 15.00	u_0 : 0.65 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 66% dari luas lantai	u_0 : 0.5 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 37% dari luas lantai	u_0 : 0.6 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 43% dari luas lantai	u_0 : 0.57 tingkat pemerataan cukup baik. Sedangkan persentase zona nyaman 72% dari luas lantai	u_0 : 0.53 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 34% dari luas lantai	u_0 : 0.58 tingkat pemerataan cukup baik. Sedangkan persentase zona nyaman 82% dari luas lantai

Jika dilihat dari hasil ketiga rekomendasi desain *shading devices* di atas, dengan mempertimbangkan segi estetika arsitektural dan fungsional maka untuk ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, dan 4.3 menerapkan *shading devices* tipe 5. Sedangkan untuk ruang 25 dan 45 dapat menerapkan *shading devices* tipe 3. Hal itu dapat dilihat dari kinerja *shading* tipe 5 yang dapat mengurangi 57-60% intensitas cahaya berlebih pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, dan 4.3. Sedangkan penerapan *shading devices* tipe 3 dapat meningkatkan 100-190% intensitas cahaya pada ruang kuliah 25 dan 45 yang awalnya cenderung gelap.

Terlihat juga nilai (*uniformity*) yang didapatkan dari penerapan *shading devices* tipe 5 intensitas pencahayaan dalam ruang sample 2.2, 2.3, 4.2, dan 4.3 adalah 0.6, merupakan

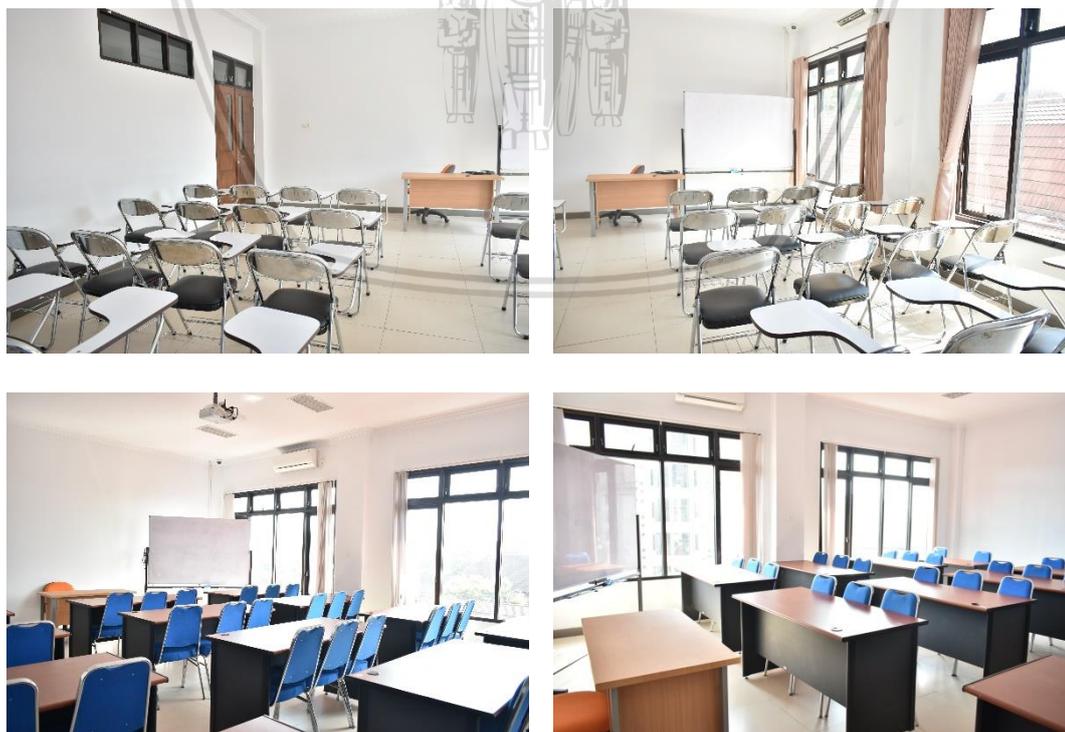


nilai pemerataan yang tergolong baik. Sedangkan nilai (*uniformity*) yang didapatkan dari penerapan *shading devices* tipe 3 intensitas pencahayaan dalam ruang sample 2.5 dan 4.5 adalah 0.65, merupakan nilai pemerataan yang tergolong lebih dari baik. Sehingga desain dan penerapan *shading devices* tipe 5 dan *shading devices* tipe 3 dapat dikembangkan lebih lanjut.

4.7.3 Tahap 3 Rekomendasi Bahan/Material dan Warna Interior

Interior ruang kuliah dalam mencapai kenyamanan visual juga harus diperhatikan. Elemen yang sangat mempengaruhi intensitas pencahayaan dalam ruang adalah material dan warna. Semakin tinggi tingkat reflektansi maka semakin tinggi juga intensitas pencahayaan yang terpantul dalam ruang. Sehingga pemilihan material dan warna harus di pertimbangkan.

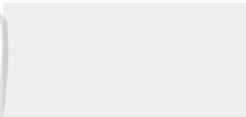
Warna putih yang diaplikasikan pada permukaan dinding lantai dan plafond membuat tingkat reflektansi di dalam ruang kuliah sangat tinggi (80-90%). Sehingga pencahayaan alami yang masuk harus disesuaikan atau sebaliknya ketika cahaya alami yang masuk cukup tinggi maka warna yang digunakan perlu diganti menjadi lebih gelap, sehingga tingkat reflektansi juga semakin mengecil.



Gambar 4.114 kondisi interior objek penelitian

Pada kondisi eksisting ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5, 4.2, 4.3, dan 4.5 pada GPTP menerapkan *finishing* lantai material granit 60x60cm dengan warna light cream reflektansi 85%, dinding bata ringan plester halus dengan warna *pure white* reflektansi 90%, dan plafon gymsumboard white dengan reflektansi 90%. Pada rekomendasi bahan/material dan warna, alternatif A2 jendela tipe 1 *shading device* tipe 3 dan 5 dikombinasikan masing-masing dengan 2 alternatif bahan/material dan warna yang dapat membuat tingkat reflektansi menurun. Berikut hasil alternatif bahan/material dan warna tersebut:

Tabel 4.51 Alternatif bahan/material dan warna

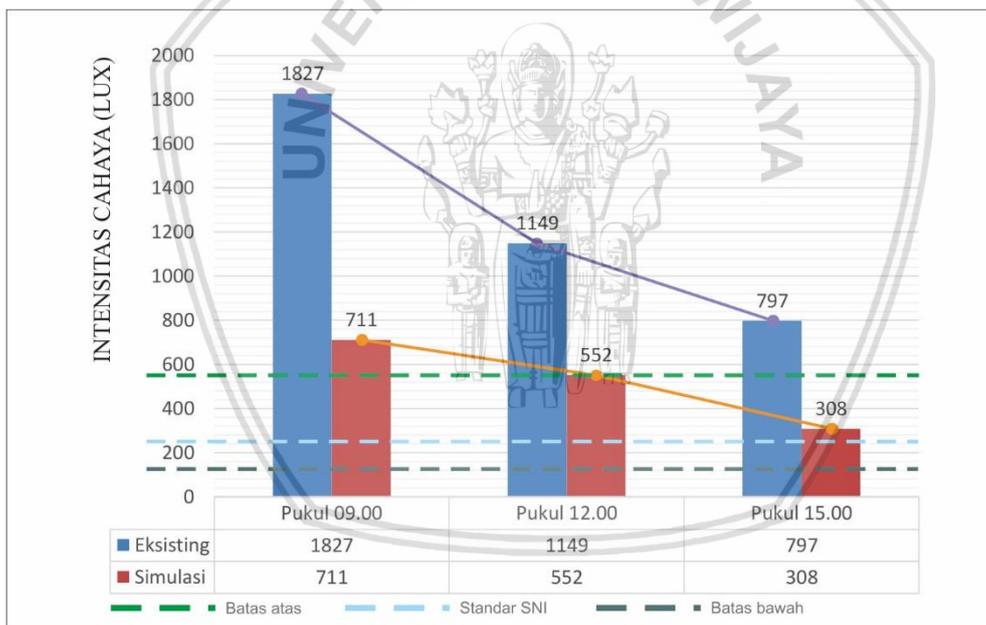
	Alternatif 1			Alternatif 2		
Lantai	Warna	Light brown	Reflektansi 71%	Warna	Dark brown	Reflektansi 60%
	material	Granit 60x60cm		material	Granit 60x60cm	
Dinding	Warna	Orchid white	Refektansi 70%	Warna	White Grey	Refektansi 66%
	material	Plester halus		material	Plester halus agak kasar	
Plafon	Warna	Grey white	Refektansi 80%	Warna	Grey white	Refektansi 61%
	material	Gymsum board		material	Perforated ACP	
Kinerja <i>Shading Devices</i> terpilih	Rata-rata intensitas cahaya RK 2.2 1258lux menjadi 524lux (-734) RK 2.3 1176lux menjadi 487lux (-689) RK 2.5 206lux menjadi 507lux (+301) RK 4.2 1209lux menjadi 638lux (-571) RK 4.4 1155lux menjadi 592lux (-563) RK 4.5 237lux menjadi 469lux (+232)			Rata-rata intensitas cahaya RK 2.2 1258lux menjadi 366lux (-895) RK 2.3 1176lux menjadi 339lux (-837) RK 2.5 206lux menjadi 331lux (+125) RK 4.2 1209lux menjadi 560lux (-649) RK 4.4 1155lux menjadi 518lux (-637) RK 4.5 237lux menjadi 282lux (+45)		
	Intensitas cahaya RK 2.2 turun 58% Intensitas cahaya RK 2.3 turun 58% Intensitas cahaya RK 2.5 naik 146% Intensitas cahaya RK 4.2 turun 47% Intensitas cahaya RK 4.3 turun 48% Intensitas cahaya RK 4.5 naik 97%			Intensitas cahaya RK 2.2 turun 71% Intensitas cahaya RK 2.3 turun 71% Intensitas cahaya RK 2.5 naik 60% Intensitas cahaya RK 4.2 turun 53% Intensitas cahaya RK 4.3 turun 55% Intensitas cahaya RK 4.5 naik 18%		

A. Alternatif 1 dengan *shading device* terpilih

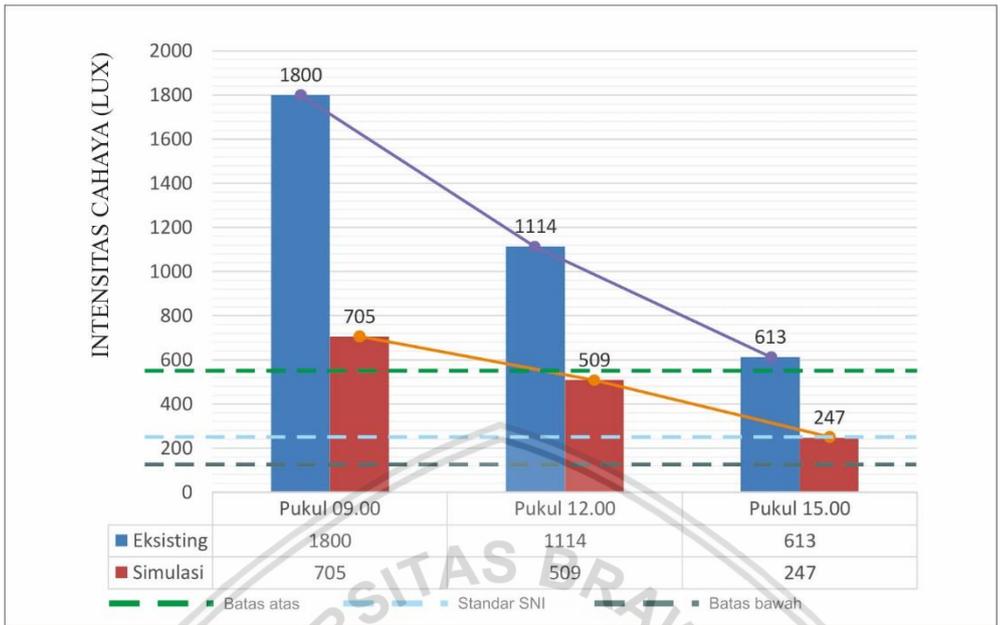


Gambar 4.115 visualisasi alternative material 1

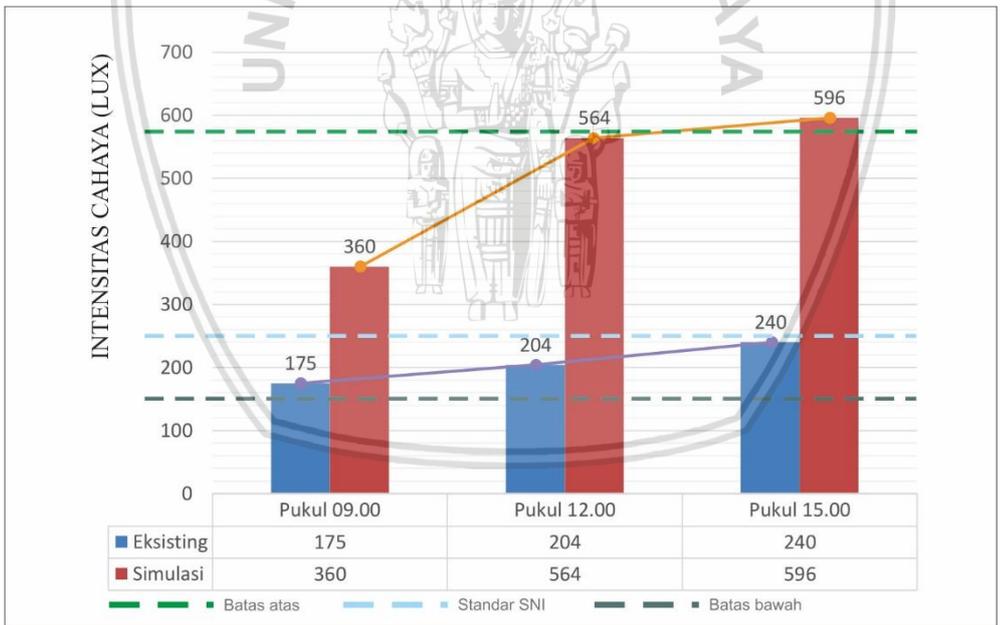
Berikut adalah grafik rata-rata intensitas cahaya hasil simulasi sebelum dan sesudah penerapan bahan/material dan warna alternatif 1 dengan A2 Jendela tipe 1 *Shading Devices* terpilih pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5, 4.2, 4.3, dan 4.5 yang dilakukan pada 12 Mei 2018:



Gambar 4.116 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan *shading devices* tipe 3 RK 2.2

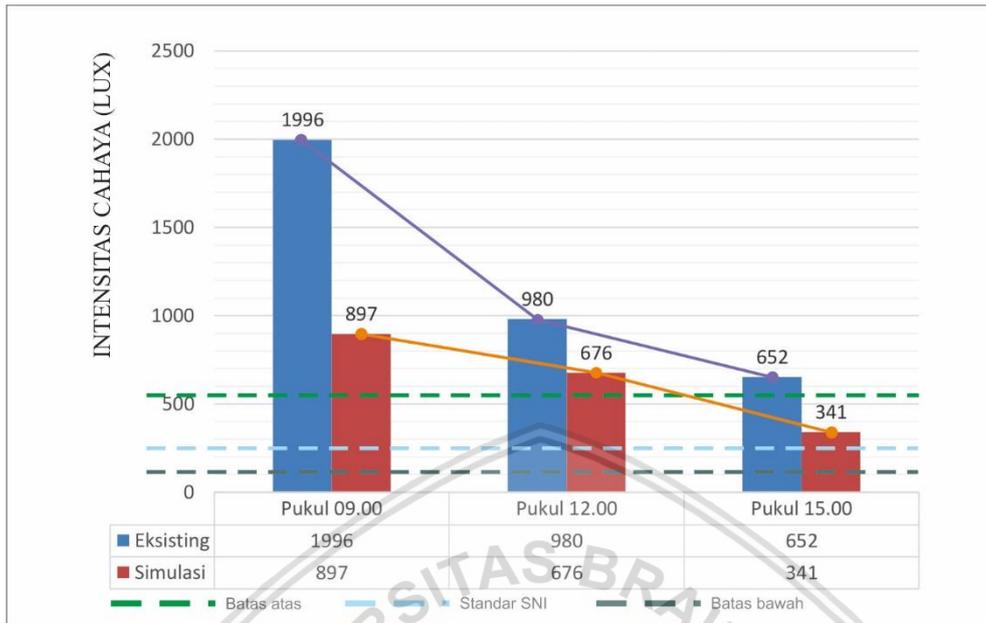


Gambar 4.117 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan *shading devices* tipe 3 RK 2.3

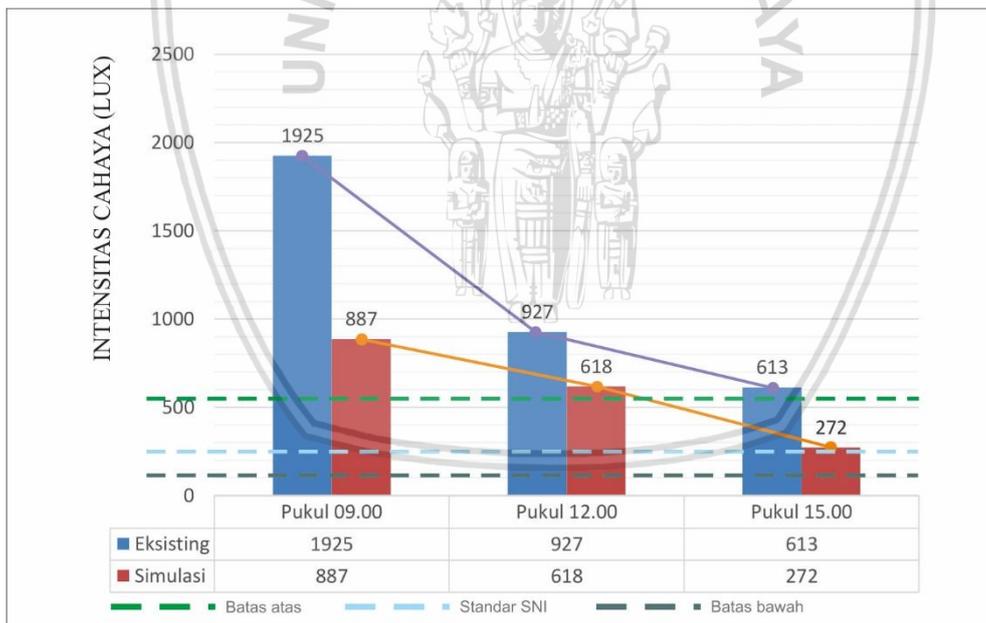


Gambar 4.118 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan *shading devices* tipe 3 RK 2.5

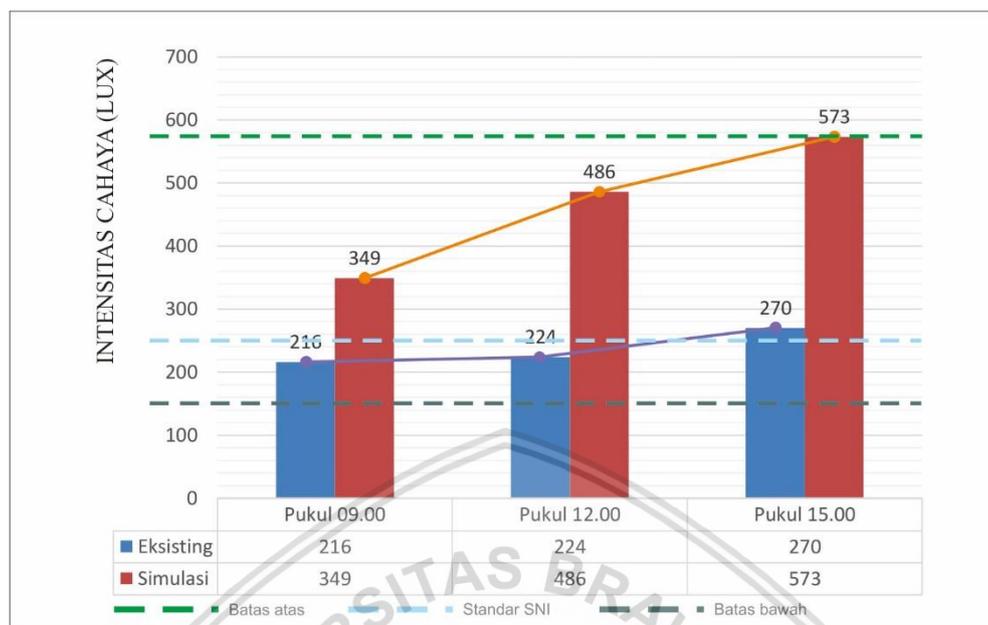




Gambar 4.119 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan *shading devices* tipe 3 RK 4.2



Gambar 4.120 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan *shading devices* tipe 3 RK 4.3



Gambar 4.121 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan *shading devices* tipe 3 RK 4.5

Berdasarkan grafik pada gambar di atas tingkat pencahayaan rekomendasi penerapan bahan/material dan warna alternatif 1 dengan A2 Jendela tipe 1 *Shading Devices* terpilih intensitas cahaya turun 47-58% pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, 4.3, dan naik 97-146% pada ruang kuliah 2.5 dan 4.5. Intensitas terendah pencahayaan alami yang dihasilkan pada alternatif ini sebesar 201 lux dan intensitas tertinggi sebesar 1126 lux dengan rata-rata keseluruhan intensitas cahaya dalam ruang sebesar 536 lux.

Melalui hasil intensitas dan gambar visualisasi di lampiran, keseragaman nilai skema u_0 (*uniformity*) pencahayaan umum harus diantara 0,6 atau 0,8 dengan nilai 0.6 (baik), 0.7 (sangat baik), dan 0.8 (sempurna). Nilai *uniformity* yang didapatkan pada rekomendasi penerapan bahan/material dan warna alternatif 1 dengan A2 Jendela tipe 1 *Shading Devices* terpilih sebagai berikut :

Tabel 4.52 Tingkat pemerataan dan persentase zona nyaman

	RK 22	RK 23	RK 25	RK 42	RK 43	RK 45
Pukul 09.00	u0: 0.66 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 28% dari luas lantai	u0 : 0.66 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 34% dari luas lantai	u0 : 0.64 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 94% dari luas lantai	u0 : 0.64 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 13% dari luas lantai	u0 : 0.66 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 15% dari luas lantai	u0 : 0.63 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 91% dari luas lantai
Pukul 12.00	u0 : 0.7 tingkat pemerataan sangat baik. Sedangkan persentase zona nyaman 63% dari luas lantai	u0 : 0.68 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 70% dari luas lantai	u0 : 0.65 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 57% dari luas lantai	u0 : 0.6 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 44% dari luas lantai	u0 : 0.68 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 50% dari luas lantai	u0 : 0.67 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 91% dari luas lantai
Pukul 15.00	u0 : 0.63 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 95% dari luas lantai	u0 : 0.6 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 37% dari luas lantai	u0 : 0.65 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 53% dari luas lantai	u0 : 0.64 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 95% dari luas lantai	u0 : 0.65 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 54% dari luas lantai	u0 : 0.66 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 87% dari luas lantai

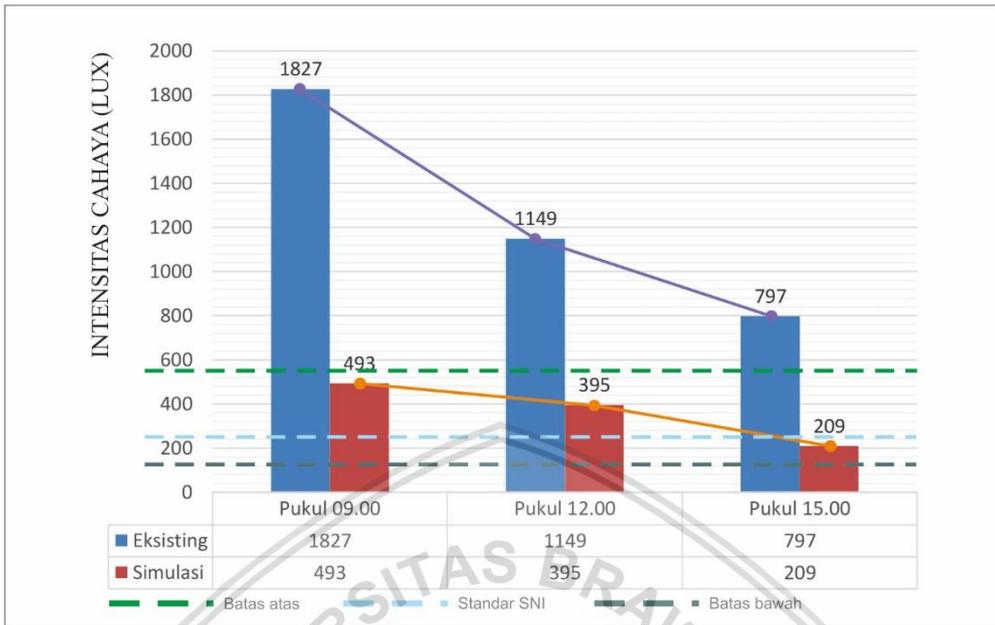
B. Alternatif 2 *shading device* terpilih



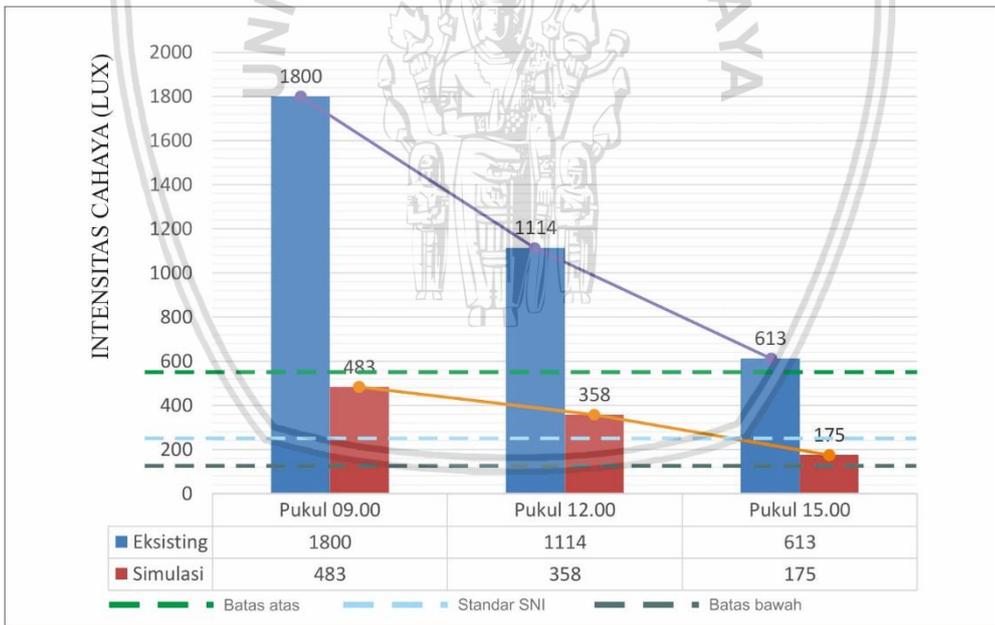
Gambar 4.122 visualisasi alternatif material 2

Berikut adalah grafik rata-rata intensitas cahaya hasil simulasi sebelum dan sesudah penerapan bahan/material dan warna alternatif 2 dengan A2 Jendela tipe 1 *Shading Devices* terpilih pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5, 4.2, 4.3, dan 4.5 yang dilakukan pada 12 Mei 2018:



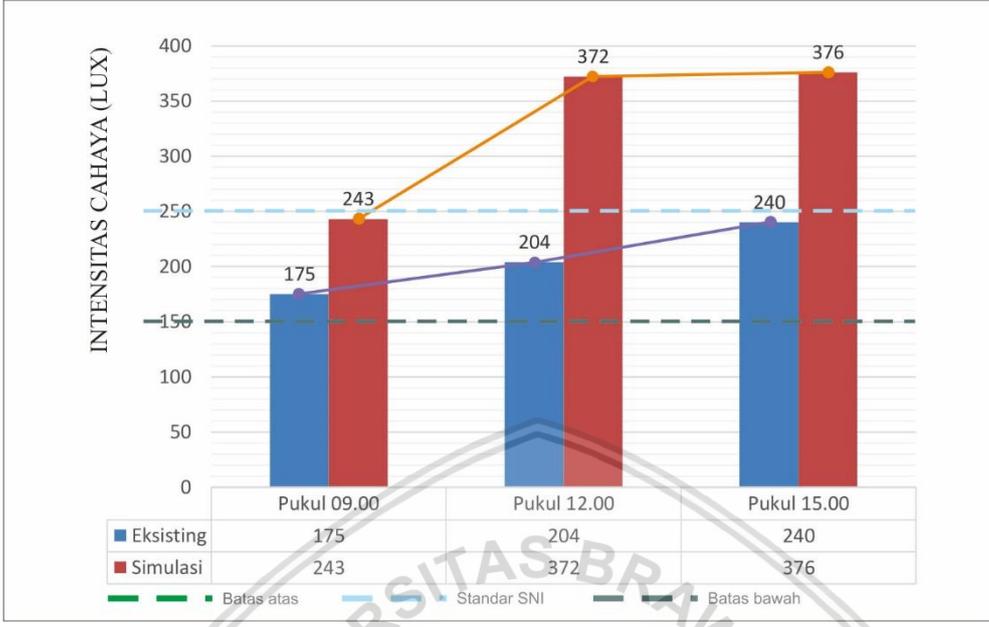


Gambar 4.123 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan *shading devices* tipe 4 RK 2.2

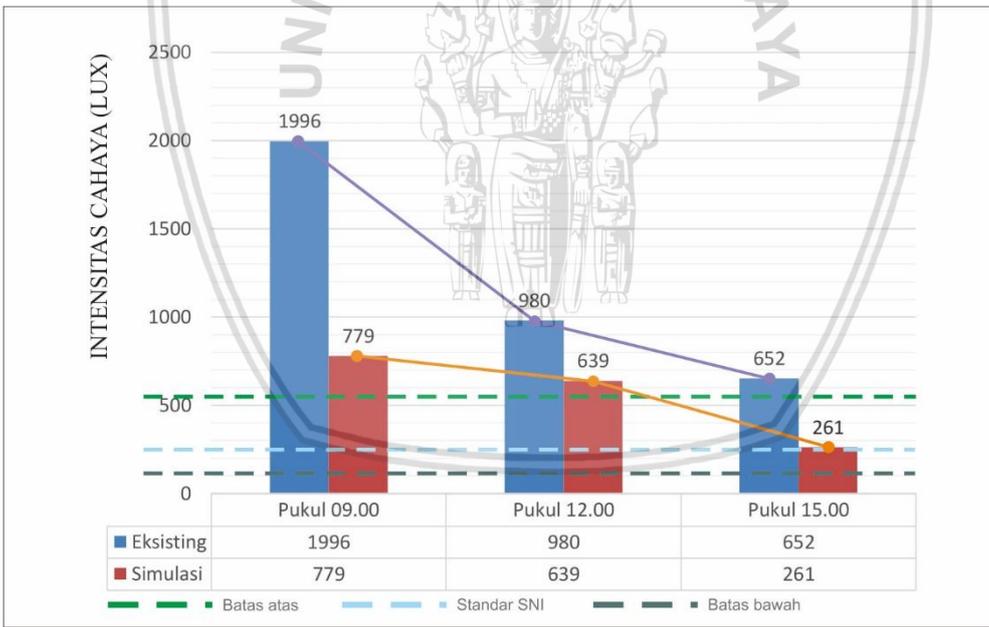


Gambar 4.124 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan *shading devices* tipe 4 RK 2.3

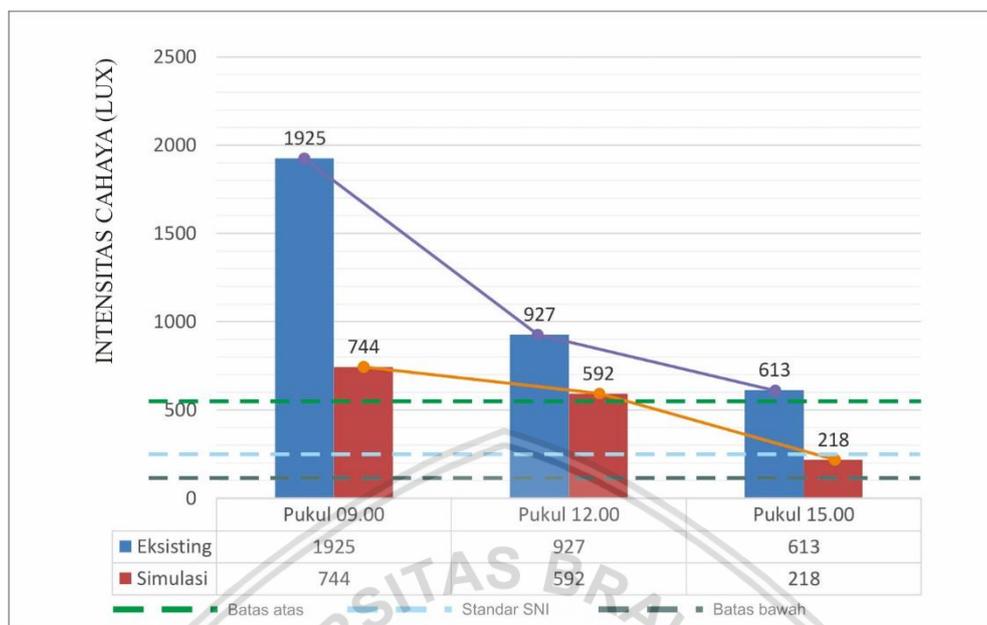




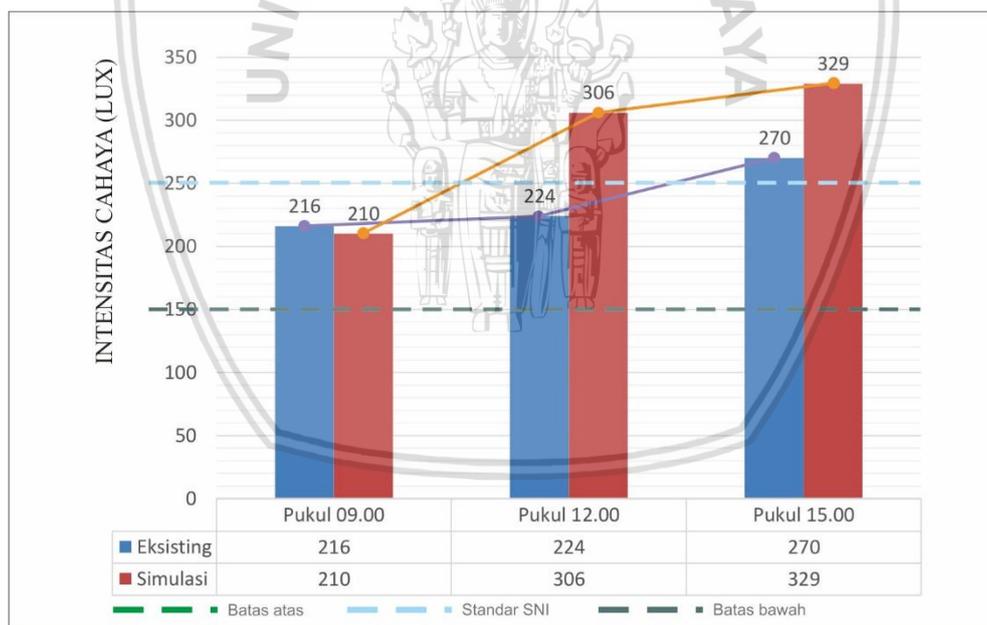
Gambar 4.125 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan *shading devices* tipe 4 RK 2.5



Gambar 4.126 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan *shading devices* tipe 4 RK 4.2



Gambar 4.127 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan *shading devices* tipe 4 RK 4.3



Gambar 4.128 Grafik eksisting dan rekomendasi alternatif 1 dengan *shading devices* tipe 4 RK 4.5

Berdasarkan grafik pada gambar diatas tingkat pencahayaan rekomendasi penerapan bahan/material dan warna alternatif 2 dengan A2 Jendela tipe 1 *Shading Devices* tipe 4 intensitas cahaya turun 53-71% pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, 4.3, dan naik 18-60% pada ruang kuliah 2.5 dan 4.5. Intensitas terendah pencahayaan alami yang dihasilkan

pada alternatif ini sebesar 171 lux dan intensitas tertinggi sebesar 878 lux dengan rata-rata keseluruhan intensitas cahaya dalam ruang sebesar 399 lux.

Melalui hasil intensitas dan gambar visualisasi di lampiran, keseragaman nilai skema u_0 (*uniformity*) pencahayaan umum harus diantara 0,6 atau 0,8 dengan nilai 0.6 (baik), 0.7 (sangat baik), dan 0.8 (sempurna). Nilai *uniformity* yang didapatkan pada rekomendasi penerapan bahan/material dan warna alternatif 2 dengan A2 Jendela tipe 1 *Shading Devices* terpilih sebagai berikut :

Tabel 4.53 Tingkat pemerataan dan persentase zona nyaman

	RK 22	RK 23	RK 25	RK 42	RK 43	RK 45
Pukul 09.00	u_0 : 0.52 tingkat pemerataan buruk. Sedangkan persentase zona nyaman 83% dari luas lantai	u_0 : 0.57 tingkat pemerataan cukup baik. Sedangkan persentase zona nyaman 81% dari luas lantai	u_0 : 0.66 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 30% dari luas lantai	u_0 : 0.59 tingkat pemerataan cukup baik. Sedangkan persentase zona nyaman 83% dari luas lantai	u_0 : 0.62 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 85% dari luas lantai	u_0 : 0.61 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 18% dari luas lantai
Pukul 12.00	u_0 : 0.56 tingkat pemerataan cukup baik. Sedangkan persentase zona nyaman 66% dari luas lantai	u_0 : 0.57 tingkat pemerataan cukup baik. Sedangkan persentase zona nyaman 68% dari luas lantai	u_0 : 0.63 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 87% dari luas lantai	u_0 : 0.65 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 64% dari luas lantai	u_0 : 0.64 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 60% dari luas lantai	u_0 : 0.58 tingkat pemerataan cukup baik. Sedangkan persentase zona nyaman 66% dari luas lantai
Pukul 15.00	u_0 : 0.62 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 28% dari luas lantai	u_0 : 0.58 tingkat pemerataan cukup baik. Sedangkan persentase zona nyaman 22% dari luas lantai	u_0 : 0.57 tingkat pemerataan cukup baik. Sedangkan persentase zona nyaman 85% dari luas lantai	u_0 : 0.72 tingkat pemerataan sangat baik. Sedangkan persentase zona nyaman 34% dari luas lantai	u_0 : 0.68 tingkat pemerataan baik. Sedangkan persentase zona nyaman 34% dari luas lantai	u_0 : 0.55 tingkat pemerataan cukup baik. Sedangkan persentase zona nyaman 82% dari luas lantai

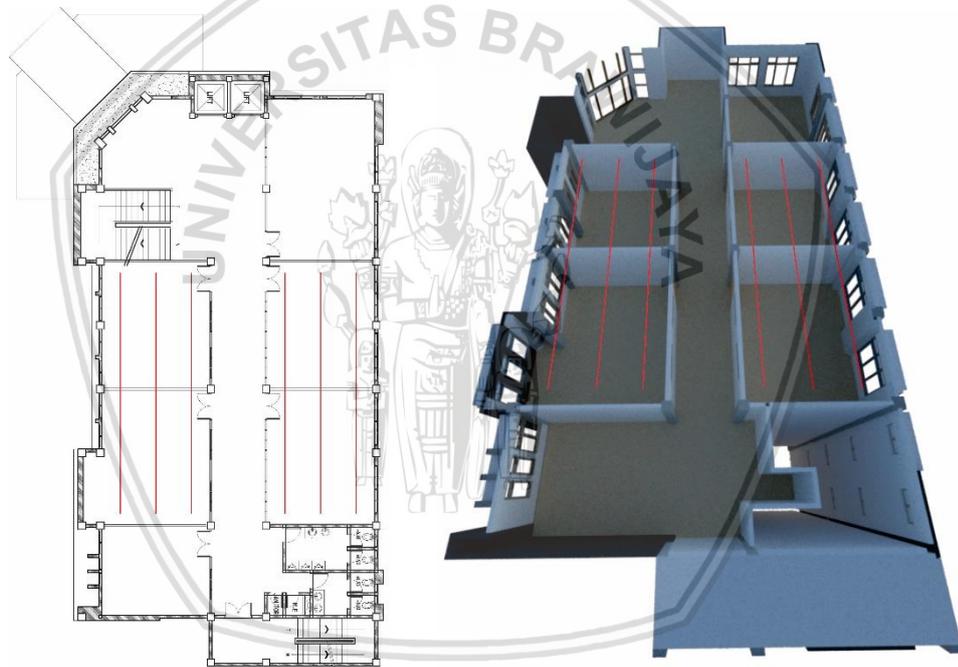
Jika dilihat hasil kedua rekomendasi di atas maka rekomendasi terpilih untuk ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, dan 4.3 adalah alternatif material 2, dikarenakan memiliki intensitas terendah sebesar 114 lux dan intensitas tertinggi sebesar 1174 lux dengan tingkat pemerataan cahaya yang sangat baik yaitu sebesar 0.6 – 0.7. Sedangkan penerapan rekomendasi alternatif material 1 untuk ruang kuliah 2.5 dan 4.5, dikarenakan memiliki intensitas terendah sebesar 259 lux dan intensitas tertinggi sebesar 1050 lux dengan tingkat pemerataan cahaya yang baik yaitu sebesar 0.55 – 0.66.

Selain itu kinerja rekomendasi ini juga terbilang efektif dikarenakan pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, dan 4.3 dapat mengurangi intensitas cahaya eksisting sebesar 53-71%

dan meningkatkan intensitas cahaya sebesar 97-140% pada ruang kuliah 2.5 dan 4.5 yang awal kondisinya cenderung gelap.

4.7.4 Tahap 4 Rekomendasi Sistem Pencahayaan Buatan

Pada keadaan cuaca yang buruk pencahayaan buatan juga dibutuhkan. Bangunan dengan pencahayaan alami yang baik dapat membantu tingkat ke efisien kebutuhan listrik. Ketika pengguna tidak lagi memerlukan cahaya buatan, maka dapat dimatikan karena sudah terbantu oleh pencahayaan alami. Susunan instalasi pencahayaan buatan yang baik menurut Schierz (2005) diletakkan dalam garis paralel terhadap sumber pencahayaan alami (bukaan/jendela) disetiap orientasi.



Gambar 4.129 Visualisasi jaringan paralel pencahayaan buatan

4.7.5 Visualisasi Rekomendasi Gedung Objek Penelitian

Berdasarkan hasil keempat tahap rekomendasi di atas maka telah terjadi perubahan desain terhadap bukaan/jendela, *shading devices*, dan reflektansi bahan/material bagian dalam ruang sehingga dapat menghasilkan perentase zona nyaman visual yang lebih dari 60% dari luas lantai dengan tingkat pemerataan cahaya yang baik. Sehingga berikut merupakan visualisasi objek penelitian sebelum dan sesudah rekomendasi :

No.	Visualisasi Sebelum Rekomendasi	Visualisasi Sesudah Rekomendasi
1.	 <p data-bbox="261 1193 528 1223">Perspektif barat sebelum</p>	 <p data-bbox="820 1193 1086 1223">Perspektif barat sesudah</p>
2.	 <p data-bbox="261 1724 528 1753">Perspektif depan sebelum</p>	 <p data-bbox="820 1724 1086 1753">Perspektif depan sesudah</p>





BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Gedung Baru Teknik Pengairan memiliki 9 ruang perkuliahan. Beberapa diantaranya yang menjadi objek penelitian adalah ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5, 4.2, 4.3, dan 4.5. Dari ruang kuliah tersebut beberapa ruang memiliki permasalahan yang berbeda terhadap distribusi intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang. Berdasarkan hasil analisa visual, pengukuran, kuesioner, dan simulasi dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

A. Kuesioner

Berdasarkan hasil kuesioner responden merespon dan merasakan daerah yang mempunyai intensitas pencahayaan tertinggi pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, dan 4.3 berada di area yang dekat dengan jendela. Intensitas cahaya yang terlalu tinggi menyebabkan kenyamanan visual pengguna ruang terganggu. Pengguna ruang masih dapat menerima intensitas cahaya sebesar 150-550lux dan menganggap *range* intensitas tersebut sebagai batas wajar/batas nyaman. Akan tetapi ketika intensitas melebihi 550lux pengguna ruang merasa kurang nyaman, intensitas cahaya yang diterima oleh pengguna dirasa terlalu terang. Sedangkan pada ruang kuliah 2.5 dan 4.5 kenyamanan visual pengguna ruang terganggu dikarenakan tingkat pencahayaan alami yang rendah dan distribusi cahaya yang tidak merata.

B. Bukaian/Jendela

Redesain dimensi jendela ekesisting 275 cm x 200 cm dan 135 cm x 180 cm. Persentase bukaian 6% lebih besar dari standar dan selisih sebesar 13%, jika berdasarkan SNI DPU No 1728-1989 yang mana standar bukaian sebesar 20% dari luas lantai. Penerapan alternatif A2 jendela tipe 1 dapat menurunkan intensitas cahaya berlebih sebesar 22-26% pada ruang objek penelitian.

C. *Shading devices*

Penggunaan *shading devices* berfungsi menghalangi sinar matahari langsung masuk dalam ruang, sehingga sinar matahari yang masuk adalah sinar yang telah terbayangi.

Jika dilihat dari hasil ketiga rekomendasi desain *shading devices*, ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, dan 4.3 menerapkan *shading devices* tipe 5. Sedangkan untuk ruang 2.5 dan 4.5 dapat menerapkan *shading devices* tipe 3. Hal itu dapat dilihat dari kinerja *shading* tipe 5 yang dapat mengurangi 57-60% intensitas cahaya berlebih pada ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, dan 4.3. Sedangkan penerapan *shading devices* tipe 3 dapat meningkatkan 100-190% intensitas cahaya pada ruang kuliah 25 dan 45 yang awalnya cenderung gelap. Nilai pemerataan (*uniformity*) yang didapatkan dari penerapan *shading devices* tipe 5 dan tipe 3 adalah nilai yang tergolong baik yaitu 0.6 dan 0.65.

D. Bahan/Material dan Warna

Penggunaan kombinasi material dan warna dengan tingkat reflektansi rendah dapat mengurangi tingkat intensitas cahaya berlebih. Dilihat hasil kedua rekomendasi di atas maka rekomendasi terpilih untuk ruang kuliah 2.2, 2.3, 4.2, dan 4.3 adalah alternatif material 2, dapat mengurangi intensitas cahaya eksisting sebesar 53-71% dengan tingkat pemerataan cahaya yang sangat baik yaitu sebesar 0.6 – 0.7. Sedangkan penerapan untuk ruang kuliah 2.5 dan 4.5 adalah rekomendasi alternatif material 1, dapat meningkatkan intensitas cahaya sebesar 97-140%, dengan tingkat pemerataan cahaya yang baik yaitu sebesar 0.55 – 0.66.

E. Sistem pencahayaan buatan

Saat cuaca buruk pencahayaan buatan juga dibutuhkan sebagai pendukung pencahayaan alami. Susunan instalasi pencahayaan buatan yang baik yaitu dengan garis instalasi paralel terhadap sumber pencahayaan alami (bukaan/jendela) disetiap orientasi dinding ruang.

Berdasarkan tahapan penelitian di atas Kenyamanan visual ruang kuliah 2.2, 2.3, 2.5, 4.2, 4.3, dan 4.5 dapat tercapai dengan kondisi yang lebih baik melalui penerapan persentase luas jendela yang sesuai standar, *shading devices* dengan tipe yang sesuai dengan sudut datang matahari, penggunaan bahan/material dan reflektansi warna interior yang menyesuaikan intensitas cahaya dalam ruang dan adanya sistem pencahayaan buatan yang berfungsi mendukung pencahayaan alami.

5.2 Saran

Diharapkan penelitian ini dapat menjadi acuan atau sebagai sumber referensi untuk penelitian selanjutnya yang berfokus pada tema yang sama. Dalam pengembangannya diharap pengaruh pencahayaan alami pada kenyamanan visual pengguna ruang tertentu dapat dieksplor lebih lanjut baik dari aspek fisik bangunan dan respon subjektif pengguna ruangnya.





DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional 2001. *Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung*. http://pibbanten.go.id/pdf/bgn_gdg/SNI_03_6575_2001.PDF.
- Badan Standarisasi Nasional. 2001. *Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung*. http://pibbanten.go.id/pdf/bgn_gdg/SNI_03_2396_2001.PDF.
- Badan Standarisasi Nasional 2000. *Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan*. http://pibbanten.go.id/pdf/bgn_gdg/SNI_03_6197_2000.PDF.
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1405/MENKES/SK/XI/2002 Tentang
Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri.
- Kementrian Kesehatan. 1998. Keputusan No. 261/Menkes/SK/11/1998 tentang
Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja. Menteri Kesehatan Indonesia: Jakarta.
- Dhini, Dwi Risky F. (2016). Evaluasi Bukaian Pencahayaan Alami Untuk Mendapatkan
Kenyamanan Visual Pada Ruang Perkuliahan.
- Hakim, L. (2014). Analisa Performa Sistem Pencahayaan Ruang Kelas Mengacu Pada
Standar Kegiatan Konservasi Energi. Program Studi Teknik Mekatronika,
Politeknik Caltex Riau
- Hendra, H. (2012). Tingkat Pencahayaan Pada Perpustakaan di Lingkungan Universitas
Indonesia
- Irnawati, I. (2014). Evaluasi Kondisi Pencahayaan Alami Pada Ruang Kantor Di Menara
Balaikota Makassar. Fakultas Teknik Jurusan Arsitektur Universitas Hasanuddin
Makassar
- Kristanto, Luciana (2004). Penelitian Terhadap Kuat Penerangan dan Hubungannya
dengan
Angka Reflektansi Warna Dinding, Studi Kasus Ruang kuliah Unika Widya
Mandala Surabaya
- Kurniasih, S. (2014). Optimasi Sistem Pencahayaan Pada Ruang kuliah Universitas Budi
Luhur. Program Studi Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Budi Luhur.

- Nurdiah, Esti Asih (2007). Pengaruh Lingkungan Penerangan Terhadap Kualitas Ruang Pada Dua Tipe Ruang Kantor, Studi Kasus : Gedung Graha Pena. Program studi Arsitektur lingkungan, Jurusan Arsitektur ITS. Surabaya.
- Soegijanto. (2002). Pengaruh Selubung Bangunan Terhadap Penggunaan Energi dalam Bangunan. Disampaikan dalam Seminar Arsitektur Hemat Energi, Universitas Kristen Petra, 23 Nopember 2002.
- Sukawi, Dwiyanto,A (2013). Kajian Optimasi Pencahayaan Alami pada Ruang Perkuliahan, Studi Kasus Ruang Kuliah Jurusan Arsitektur FT UNDIP. Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.
- Thojib, Jusuf (1992). Kajian Rancangan Penerangan Alami dan Persepsi Pemakai Pada Bangunan Kampus. (Studi Kasus Gedung Kuliah dan Laboratorium di Kampus Institut Teknologi Bandung Dan Universitas Brawijaya)
- Thojib, Jusuf (2013). Kenyamanan Visual Melalui Pencahayaan Alami Pada Kantor. (Studi Kasus Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang)
- Choirul Amin, dkk. 2010. 125 Desain Jendela. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Evans, Benjamin H. 1981. *Daylight in Architecture*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Egan, M. D., & Olgyay, V. 1983. *Architectural Lighting* (2nd Edition ed.). New York: McGraw-Hill.
- Gunadi, Indra. 2007. 101 Desain Jendela. Jakarta: Penerbit Penebar Swadaya
- Krier, Rob, Architecture Composition. Academic Edition, Great Britain. 1988.
- Lechner, Norbert, 2007. Heating, Cooling, Lighting: Metode Desain untuk Arsitektur, PT Raja Grafindo Persada, Jakarta
- Marunung, P. 2012. Pencahayaan Alami dalam Arsitektur. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Siswanto, A. 1993. Penerangan. Jakarta: Balai Pelayanan Ergonomi KesKer1987.
Tekanan Panas. Surabaya: Balai Hiperkes dan KesKer
- Steffy, Gary, 2002. Architectural Lighting Design, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Thomas, Ellen. 2013. *Tips for Daylighting with Windows*. US: Departemen of Energy

LAMPIRAN



