

**REKAYASA TATA CAHAYA ALAMI PADA RUANG KELAS  
PONDOK PESANTREN DARUL HIKAM MOJOKERTO**

**SKRIPSI**

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

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**SEPTIAN PRADANA JEFRY YUWONO  
NIM. 145060500111026**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018**





## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun tugas akhir skripsi yang berjudul **“Rekayasa Tata Cahaya Alami pada Ruang Kelas Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto”** dengan baik dan lancar.

Tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah untuk memenuhi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Sarjana Jurusan Arsitektur Universitas Brawijaya Malang.

Dalam penyelesaian skripsi ini, penulis telah mendapatkan bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Herry Santosa, ST., MT. Selaku Ketua Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Bapak Ir. Heru Sufianto, M.Arch.St., Ph.D. Selaku Ketua Program Studi Sarjana Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Ibu Wasiska Iyati, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang senantiasa selalu memberikan arahan serta bimbingan dalam penyusunan skripsi yang lebih baik.
4. Bapak Agung Murti Nugroho, ST., MT., Ph.D. Selaku Dosen Penguji 1 yang telah memberikan arahan, masukan, serta kritik kepada penyusun untuk skripsi yang lebih baik.
5. Ibu Eryani Nurma Yulita, ST., MT., M.Sc Selaku Dosen Penguji 2 yang telah memberikan masukan, arahan, serta kritik dalam penyusunan skripsi yang lebih baik.
6. Kedua orang tua dan keluarga yang telah banyak memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
7. Seluruh sahabat dan teman-teman yang selalu memberikan dukungan semangat dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas skripsi ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak, khususnya mahasiswa.

Malang, Desember 2018

Penulis



Halaman ini sengaja dikosongkan



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Rumusan Masalah .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
1.7 Kerangka Pemikiran .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1. Ruang Kelas .....	7
2.2. Kenyamanan Visual .....	9
2.3. Pencahayaan Alami .....	10
2.3.1. Strategi pencahayaan alami .....	10
2.3.2. Faktor pencahayaan alami .....	10
2.3.3. Jendela/Bukaan .....	11
2.3.4. <i>Shading</i> .....	14
2.3.5. Jenis kaca .....	16
2.3.6. <i>Light shelve</i> .....	17
2.3.7. <i>Light pipe</i> .....	19
2.4. Warna Ruang dan Perabot.....	20
2.5. Tinjauan Terdahulu .....	21
2.6. Kerangka Teori.....	23
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>25</b>
3.1 Metode Umum Penelitian.....	25
3.2 Tahapan Penelitian .....	25
3.3 Lokasi Penelitian .....	26
3.4 Waktu Penelitian .....	27
3.5 Objek Penelitian, Ruangan yang Diteliti, dan Titik Pengukuran .....	27

3.5.1	Objek Penelitian.....	27
3.5.2	Ruang yang Diteliti.....	27
3.5.3	Titik Pengukuran.....	27
3.6	Metode Pengumpulan Data.....	29
3.6.1	Jenis data.....	30
3.6.2	Metode analisis.....	30
3.6.3	Metode sintesis.....	31
3.7	Alat dan Bahan Penelitian.....	31
3.8	Variabel Penelitian.....	32
3.8.1	Variabel bebas.....	32
3.8.2	Variabel terikat.....	32
3.9	Kerangka Metode Penelitian.....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>35</b>
4.1	Deskripsi Objek Penelitian.....	35
4.1.1	Analisis kondisi eksisting.....	38
4.2	Hasil Pengukuran Tingkat Pencahayaan Alami Eksisting.....	46
4.3	Hasil Simulasi Tingkat Pencahayaan Alami Eksisting.....	54
4.4	Perbandingan Hasil Pengukuran dan Simulasi Tingkat Pencahayaan Alami Eksisting.....	63
4.5	Analisis Alternatif Rekomendasi Desain Buka-an & Pembayang / Tata Cahaya Alami.....	65
4.5.1	Analisis permasalahan.....	65
4.5.2	Analisis alternatif.....	68
4.6	Simulasi Alternatif Rekomendasi Desain.....	76
4.6.1	Tahap simulasi rekomendasi pergantian material kaca SD, SMP dan SMA.....	76
4.6.2	Tahap simulasi rekomendasi desain Ruang Kelas SD (2) lantai 2.....	93
4.6.3	Tahap simulasi rekomendasi desain Ruang Kelas SMP (1) lantai 2.....	98
4.6.4	Tahap simulasi rekomendasi desain Ruang Kelas SMP (2) lantai 2.....	108
4.6.5	Tahap simulasi rekomendasi desain Ruang Kelas SMA (1) lantai 3.....	113
4.6.6	Tahap simulasi rekomendasi desain Ruang Kelas SMA (2) lantai 3.....	118
4.6.7	Tahap simulasi estetika.....	123
4.7	Analisis Perbandingan Rekomendasi Desain Terbaik Dengan Eksisting.....	131
4.7.1	Diagram perbandingan eksisting dengan rekomendasi terbaik.....	131
4.7.2	Visualisasi eksisting dan rekomendasi terbaik.....	132
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>137</b>
5.1	Kesimpulan.....	137

5.2	Saran.....	138
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>139</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>141</b>





Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan kurikulum K13 dengan KTSP.....	8
Tabel 2. 2 Tingkat Pencahayaan.....	9
Tabel 2. 3 Jenis Kaca.....	16
Tabel 2. 3 Tinjauan Terdahulu .....	21
Tabel 3. 1 Pencatatan Data Pengukuran .....	29
Tabel 4.1 Rasio Buka-an Eksisting .....	43
Tabel 4. 2 Reflektansi Interior Ruang Kelas SD .....	44
Tabel 4. 3 Reflektansi Interior Ruang Kelas SMP Dan SMA .....	45
Tabel 4. 4 Perbandingan aktivitas K13 dengan KTSP .....	45
Tabel 4. 5 Gambaran Ruang yang Diteliti .....	47
Tabel 4. 6 Pengukuran Eksisting Ruang Kelas SD (1).....	50
Tabel 4. 7 Pengukuran Eksisting Ruang Kelas SD (2).....	50
Tabel 4. 8 Pengukuran Eksisting Ruang Kelas SMP (1).....	51
Tabel 4. 9 Pengukuran Eksisting Ruang Kelas SMP (2).....	52
Tabel 4. 10 Pengukuran Eksisting Ruang Kelas SMA (1) .....	53
Tabel 4. 11 Pengukuran Eksisting Ruang Kelas SMA (2) .....	53
Tabel 4.12 Perbandingan Data Eksisting Ruang Kelas SD (1) .....	64
Tabel 4.13 Perbandingan Data Eksisting Ruang Kelas SD (2) .....	64
Tabel 4.14 Perbandingan Data Eksisting Ruang Kelas SMP (1) .....	64
Tabel 4.15 Perbandingan Data Eksisting Ruang Kelas SMP (2) .....	64
Tabel 4.16 Perbandingan Data Eksisting Ruang Kelas SMA (1).....	65
Tabel 4.17 Perbandingan Data Eksisting Ruang Kelas SMA (2).....	65
Tabel 4.18 SBV dan SBH Ruang Kelas SD Sisi Utara .....	66
Tabel 4.19 SBV dan SBH Ruang Kelas SD Sisi Selatan .....	66
Tabel 4.20 SBV dan SBH Ruang Kelas SMP Sisi Barat .....	67
Tabel 4.21 SBV dan SBH Ruang Kelas SMP Sisi Timur .....	67
Tabel 4.22 SBV dan SBH Ruang Kelas SMP Sisi Barat .....	68
Tabel 4. 23 SBV dan SBH Ruang Kelas SMP Sisi Barat .....	68
Tabel 4.24 Analisis Rekomendasi Dimensi Buka-an .....	70
Tabel 4. 25 Pembuktian penggunaan top lighting. ....	71
Tabel 4. 26 Spesifikasi Material Kaca.....	73
Tabel 4.27 Analisis Rekomendasi Shading.....	74

Tabel 4.28 Penerapan Material “Sunergy Clear” (Tahap 1A) .....	77
Tabel 4.29 Penerapan Material “T-Sunlux” (Tahap 1B).....	78
Tabel 4.30 Penerapan Material “Sunergy Clear” (Tahap 1A) .....	79
Tabel 4.31 Penerapan Material “T-Sunlux” (Tahap 1B).....	80
Tabel 4.32 Penerapan Material “Sunergy Clear” (Tahap 1A) .....	81
Tabel 4.33 Penerapan Material “T-Sunlux” (Tahap 2B).....	82
Tabel 4.34 Eksisting Ruang Kelas SD (1) (Rasio Bukaannya 20%) .....	83
Tabel 4.35 Rekomendasi 1A SD (1) (Rasio Bukaannya 31%) .....	84
Tabel 4.36 Rekomendasi 1B SD (1) (Rasio Bukaannya 33%) .....	85
Tabel 4.37 Hasil Simulasi Rekomendasi 1A SD (1).....	86
Tabel 4.38 Hasil Simulasi Rekomendasi 1B SD (1) .....	87
Tabel 4.39 Rekomendasi 2A SD (1) .....	88
Tabel 4.40 Rekomendasi 2B SD (1).....	89
Tabel 4.41 Hasil Simulasi Rekomendasi 2A SD (1).....	90
Tabel 4.42 Hasil Simulasi Rekomendasi 2B SD (1) .....	91
Tabel 4.43 Kesimpulan Ruang Kelas SD (1) .....	92
Tabel 4.44 Hasil Simulasi Rekomendasi 1A SD (2).....	93
Tabel 4.45 Hasil Simulasi Rekomendasi 1B SD (2) .....	94
Tabel 4.46 Hasil Simulasi Rekomendasi 2A SD (2).....	95
Tabel 4.47 Hasil Simulasi Rekomendasi 2B SD (2) .....	96
Tabel 4.48 Kesimpulan Ruang Kelas SD (2) .....	97
Tabel 4.49 Eksisting Ruang Kelas SMP (1) (Rasio Bukaannya 19%) .....	98
Tabel 4.50 Rekomendasi 1A Ruang Kelas SMP dan SMA (Rasio Bukaannya 36%).....	99
Tabel 4.51 Rekomendasi 1B Ruang Kelas SMP dan SMA (Rasio Bukaannya 51%).....	100
Tabel 4.52 Hasil Simulasi Rekomendasi 1A SMP (1) .....	101
Tabel 4.53 Hasil Simulasi Rekomendasi 1B SMP (1) .....	102
Tabel 4.54 Tabel Rekomendasi 2A Ruang Kelas SMP dan SMA (1) .....	103
Tabel 4.55 Rekomendasi 2B Ruang Kelas SMP dan SMA (1).....	104
Tabel 4.56 Hasil Simulasi Rekomendasi 2A SMP (1) .....	105
Tabel 4.57 Hasil Simulasi Rekomendasi 2B SMP (1) .....	106
Tabel 4.58 Kesimpulan Ruang Kelas SMP (1) .....	107
Tabel 4.59 Hasil Simulasi Rekomendasi 1A SMP (2) .....	108
Tabel 4.60 Hasil Simulasi Rekomendasi 1B SMP (2) .....	109
Tabel 4.61 Hasil Simulasi Rekomendasi 2A SMP (2).....	110

Tabel 4. 62 Hasil Simulasi Rekomendasi 2B SMP (2) .....	111
Tabel 4. 63 Kesimpulan Ruang Kelas SMP (2) .....	112
Tabel 4. 64 Hasil Simulasi Rekomendasi 1A Ruang Kelas SMA (1) .....	113
Tabel 4. 65 Hasil Simulasi Rekomendasi 1B Ruang Kelas SMA (1) .....	114
Tabel 4. 66 Hasil Simulasi Rekomendasi 2A Ruang Kelas SMA (1) .....	115
Tabel 4. 67 Hasil Simulasi Rekomendasi 2B Ruang Kelas SMA (1) .....	116
Tabel 4. 68 Kesimpulan Ruang Kelas SMA (1) .....	117
Tabel 4. 69 Hasil Simulasi Rekomendasi 1A Ruang Kelas SMA (2) .....	118
Tabel 4. 70 Hasil Simulasi Rekomendasi 1B Ruang Kelas SMA (2) .....	119
Tabel 4. 71 Hasil Simulasi Rekomendasi 2A Ruang Kelas SMA (2) .....	120
Tabel 4. 72 Hasil Simulasi Rekomendasi 2B Ruang Kelas SMA (2) .....	121
Tabel 4. 73 Kesimpulan Ruang Kelas SMA (2) .....	122
Tabel 4. 74 Eksisting Estetika .....	124
Tabel 4. 72 Rekomendasi Estetika .....	124
Tabel 4. 76 Hasil Simulasi Rekomendasi 3A Ruang Kelas SMP .....	125
Tabel 4. 77 Hasil Simulasi Rekomendasi 3B Ruang Kelas SMP .....	126
Tabel 4. 78 Kesimpulan Rekomendasi Estetika Ruang Kelas SMP .....	127
Tabel 4. 79 Hasil Simulasi Rekomendasi 3A Ruang Kelas SMA .....	128
Tabel 4. 80 Hasil Simulasi Rekomendasi 3A Ruang Kelas SMA .....	129
Tabel 4. 81 Kesimpulan Rekomendasi Estetika Ruang Kelas SMA .....	130
Tabel 4. 82 Kesimpulan Bab 4 .....	134



Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kerangka pemikiran.....	5
Gambar 2.1 Tata rancang pencahayaan alami .....	11
Gambar 2.2 Minimum bukaan terhadap ruang kerja .....	12
Gambar 2. 3 Eksternal shading.....	14
Gambar 2.4 Tipe shading device vertikal dan horizontal .....	15
Gambar 2. 5 Penentuan shading berdasarkan SBV dan SBH .....	16
Gambar 2.6 Light shelve .....	18
Gambar 2.7 Perbedaan penggunaan bukaan biasa dengan light shelve .....	18
Gambar 2.8 Tipikal desain light pipe .....	19
Gambar 2.9 Pengukuran intensitas cahaya pada koridor tanpa jendela .....	19
Gambar 2.10 Kerangka teori .....	23
Gambar 3.1 Titik ukur menurut Badan Standarisasi Nasional. ....	28
Gambar 3.2 Titik ukur ruang kelas SD.....	28
Gambar 3.3 Titik ukur ruang kelas SMP dan SMA. ....	28
Gambar 3. 4 Simulasi dengan kondisi eksisting.....	29
Gambar 3.5 Kerangka metode penelitian .....	33
Gambar 4.1 Site plan lokasi pondok pesantren .....	35
Gambar 4.2 Batasan bangunan .....	36
Gambar 4.3 Tampak depan bangunan .....	36
Gambar 4.4 Batas utara bangunan .....	37
Gambar 4.5 Batas selatan bangunan.....	37
Gambar 4. 6 Batas barat bangunan .....	37
Gambar 4. 7 Batas barat bangunan .....	38
Gambar 4. 8 Tampak tapak bangunan .....	38
Gambar 4.9 Orientasi bangunan .....	38
Gambar 4.10 Pembayangan bangunan 21 Juni.....	39
Gambar 4.11 Pembayangan bangunan 21 Juni.....	39
Gambar 4.12 Pembayangan bangunan 21 Juni.....	39
Gambar 4. 13 Fokus objek.....	40
Gambar 4.14 Letak eksisting bukaan .....	41
Gambar 4.15 Eksisting bukaan sisi barat.....	41
Gambar 4.16 Eksisting roster beton .....	41

Gambar 4.17 Eksisting jendela ruang kelas SD .....	42
Gambar 4.18 Eksisting jendela tipikal ruang kelas SMP dan SMA.....	42
Gambar 4.19 Eksisting tampak luar jendela ruang kelas SMP dan SMA.....	42
Gambar 4.20 Tata perabot eksisting.....	44
Gambar 4.21 Dominan kebutuhan cahaya K13 .....	45
Gambar 4.22 Prioritas kebutuhan cahaya.....	46
Gambar 4.23 Letak ruang yang diteliti.....	46
Gambar 4.24 Eksisting ruang kelas SD (1) pagi .....	54
Gambar 4.25 Eksisting ruang kelas SD (1) siang.....	55
Gambar 4.26 Eksisting ruang kelas SD (1) sore .....	55
Gambar 4.27 Eksisting ruang kelas SD (2) pagi .....	56
Gambar 4.28 Eksisting ruang kelas SD (2) siang.....	56
Gambar 4.29 Eksisting ruang kelas SD (2) sore .....	57
Gambar 4.30 Eksisting ruang kelas SMP (1) pagi .....	57
Gambar 4.31 Eksisting ruang kelas SMP (1) siang.....	58
Gambar 4.32 Eksisting ruang kelas SMP (1) sore .....	58
Gambar 4.33 Eksisting ruang kelas SMP (2) pagi .....	59
Gambar 4.34 Eksisting ruang kelas SMP (2) siang.....	59
Gambar 4.35 Eksisting ruang kelas SMP (2) sore .....	60
Gambar 4.36 Eksisting ruang kelas SMA (1) pagi.....	60
Gambar 4.37 Eksisting ruang kelas SMA (1) siang .....	61
Gambar 4.38 Eksisting ruang kelas SMA (1) sore.....	61
Gambar 4.39 Eksisting ruang kelas SMA (2) pagi.....	62
Gambar 4.40 Eksisting ruang kelas SMA (2) siang.....	62
Gambar 4.41 Eksisting ruang kelas SMA (2) sore.....	63
Gambar 4.42 Eksisting posisi bukaan ruang kelas .....	69
Gambar 4.43 Area ruang kelas SD.....	71
Gambar 4.44 Dimensi top lighting .....	72
Gambar 4.45 Detail top lighting.....	73
Gambar 4.46 Detail top lighting.....	73
Gambar 4.47 Perbandingan brightshelf.....	75
Gambar 4.48 Detail brightshelf .....	76
Gambar 4.49 Visualisasi brightshelf .....	76
Gambar 4.50 Grafik rekomendasi SD (1) .....	92

Gambar 4.51 Grafik rekomendasi SD (2).....	97
Gambar 4. 52 Grafik rekomendasi SMP (1).....	107
Gambar 4. 53 Grafik rekomendasi SMP (2).....	112
Gambar 4. 54 Grafik rekomendasi SMA (1).....	117
Gambar 4. 55 Grafik rekomendasi SMA (2).....	122
Gambar 4. 56 Implementasi logo ke ornamen.....	123
Gambar 4. 57 Desain kusen.....	123
Gambar 4. 58 Desain shading.....	123
Gambar 4. 59 Desain pagar.....	123
Gambar 4. 60 Grafik rekomendasi estetika SMP.....	127
Gambar 4. 61 Grafik rekomendasi estetika SMA.....	130
Gambar 4. 62 Grafik perbandingan eksisting-rekomendasi terbaik.....	131
Gambar 4. 63 Ruang kelas SD lantai 2 eksisting.....	132
Gambar 4. 64 Ruang kelas SD lantai 2 rekomendasi terbaik.....	132
Gambar 4. 65 Ruang kelas SMP dan SMA eksisting.....	133
Gambar 4. 66 Ruang kelas SMP dan SMA rekomendasi terbaik.....	133



Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto Eksisting Massa Bangunan .....	141
Lampiran 2. Foto Eksisting Ruang Kelas Sd.....	142
Lampiran 3. Foto Eksisting Ruang Kelas SMP dan SMA .....	143
Lampiran 4. Data Pengukuran Eksisting .....	144
Lampiran 5. Hasil Simulasi Rekomendasi .....	146
Lampiran 6. Denah dan Potongan .....	148





Halaman ini sengaja dikosongkan



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pencahayaan merupakan suatu hal dasar yang digunakan makhluk hidup untuk menangkap objek secara visual. Sistem yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber utama disebut pencahayaan alami. Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang dilalui garis khatulistiwa, hal itu membuat Indonesia mendapatkan cahaya setiap tahunnya. Maka dari itu seharusnya Indonesia dapat memanfaatkan energi matahari secara maksimal khususnya dibidang pencahayaan.

Pencahayaan alami dapat menghemat listrik dan membunuh kuman. Untuk mencapai kualitas visual yang nyaman dengan kondisi pencahayaan seperti lingkungan luar, bangunan memerlukan bukaan sebesar 1/5 dari luas lantai (Neufert, 1996). Penggunaan sistem pencahayaan alami sering dijumpai di berbagai bangunan salah satunya adalah ruang kelas. Berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Republik Indonesia nomor 24 tahun 2007 mengenai Standar Sarana dan Prasarana, syarat seperti luasan minimum, sirkulasi, dan pencahayaan dibutuhkan dalam menunjang aktivitas pada ruang kelas. Menurut Badan Standarisasi Nasional, 2000, tentang konservasi energi pada sistem pencahayaan menyebutkan bahwa standar tingkat pencahayaan rata-rata yang digunakan pada ruang kelas guna mencapai kenyamanan visual adalah sebesar 250 lux.

Ruang kelas merupakan salah satu jenis ruangan pada bangunan pendidikan yang memiliki peranan penting sebagai sarana aktivitas utama pada fungsi bangunan. Aktivitas pada ruang kelas tersebut adalah kegiatan belajar-mengajar yang diantaranya ialah membaca, menulis dan menggambar. Pencahayaan diperlukan guna menunjang kegiatan tersebut. Cahaya yang cukup dan memenuhi standar dapat mempengaruhi kenyamanan dan kesehatan mata pengguna.

Objek penelitian merupakan salah satu bangunan pendidikan yang berupa pondok pesantren bernama Pondok Pesantren Darul Hikam ini berlokasi di Jawa Timur tepatnya di Kota Mojokerto. Pondok Pesantren merupakan pendidikan tradisional yang dimana siswa nya tinggal bersama dan mendapatkan bimbingan dari kiai (sebutan guru di pesantren) dan terdapat asrama sebagai tempat tinggal santri. Umumnya pondok pesantren dikelilingi oleh



tembok sebagai bentuk pengawasan keluar masuknya santri sesuai peraturan yang berlaku. Pemilihan objek yang berupa pondok pesantren ini dilatar belakangi dengan kondisi sekolah ataupun ruang kelas pada kebanyakan pondok pesantren di Indonesia yang kurang memperhatikan aspek kenyamanan dalam bidang arsitektur khususnya kenyamanan visual. Lokasi objek tepatnya berada di dusun Tambaksuruh desa Tambakagung kecamatan Puri kabupaten Mojokerto ini dipilih melalui pertimbangan standar pondok tersebut yang sudah mencakup skala internasional. Bangunan ini memanfaatkan pencahayaan alami sebagai pencahayaan utama pada siang hari. Orientasi dimensi terluas massa bangunan pondok pesantren ini menghadap arah datangnya sinar matahari, dan kondisi lingkungan di daerah tersebut cukup terik. Berdasarkan BMKG kabupaten Mojokerto tercatat rata-rata suhu di siang hari yaitu 31°C dengan suhu maksimum 34 °C setiap tahunnya. Hal tersebut berkesinambungan dengan intensitas cahaya matahari yang datang.

Pondok Pesantren Darul Hikam ini mempunyai ketinggian bangunan 3 lantai dan mempunyai beberapa massa bangunan yang dibedakan sesuai fungsi. Diantaranya terdapat ruang kelas, ruang guru, ruang asrama putra, ruang asrama putri, ruang guru, rumah pengurus, masjid, tempat makan, dan lain-lain. Fokus penelitian ini terdapat pada ruang kelas yang mempunyai aktivitas dominan pada pondok pesantren ini. Kegiatan belajar-mengajar yang menggunakan ruang kelas dimulai pada jam 7 pagi hingga 4 sore dimana pada jam-jam tersebut pencahayaan alami sangat dibutuhkan.

Pada bangunan sekolah Pondok Pesantren Darul Hikam ini mempunyai beberapa jenis jenjang pendidikan dimulai dari playgroup hingga SMA, namun tidak terdapat tanda atau signage dari pembagian pendidikan pada massa bangunan sekolah pondok pesantren ini. Massa bangunan sekolah pondok pesantren ini mempunyai orientasi dimensi bangunan terluas berisi ruang kelas SMP dan SMA yang menghadap ke arah barat dan timur yang merupakan arah datang matahari, sehingga ruang-ruang pada bangunan tersebut memerlukan perhatian khusus pada bukaan (jendela) agar ruangan tidak panas dan silau.

Bangunan mempunyai tipe single koridor dengan bukaan tipikal di sisi koridor. Namun hampir dari setengah bukaan tersebut menggunakan material kaca es, hal tersebut merupakan salah satu cara perancang Pondok Pesantren Darul Hikam untuk mengurangi intensitas cahaya yang berlebih (silau) yang disebabkan oleh orientasi bangunan eksisting tersebut. Namun, cara tersebut belum cukup menyelesaikan. Pada sisi bangunan yang tidak berkoridor menggunakan roster beton yang disusun secara cluster persegi dengan dimensi yang cukup lebar pada lantai 2 dan 3 tiap ruangnya. Dengan keadaan tersebut, pencahayaan pada ruang kelas SMP & SMA menjadi kurang merata. Sedangkan pada ruang kelas SD,

pencahayaan alami yang masuk pada ruangan tersebut masih sangat kurang (gelap). Hal tersebut dikarenakan letak ruang kelas yang terbayang oleh massa bangunan asrama dan pencahayaan hanya bias masuk melalui sisi utara dan selatan bangunan.

Berdasarkan informasi yang disebutkan diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa perbedaan ketinggian dengan fungsi yang sejenis diperlukan intensitas cahaya yang sama. Namun perlu diadakan penyesuaian kembali yang dikarenakan orientasi bangunan yang menghadap arah datangnya cahaya matahari. Maka dari itu diperlukan adanya evaluasi pencahayaan alami yang merujuk ke rekayasa pada bukaan ruang kelas di Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto tersebut.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Berikut merupakan identifikasi masalah yang mengacu pada latar belakang:

1. Orientasi dimensi bangunan terluas (ruang kelas SMP & SMA ) menghadap langsung ke timur dan barat (arah datang cahaya matahari). Sedangkan pada ruang kelas SD, letak ruang kelas yang terbayangi oleh massa bangunan asrama menyebabkan kurangnya pencahayaan pada ruangan.
2. Dimensi bukaan pada ruang kelas SMP dan SMA yang lebar pada sisi barat menyebabkan silau pada ruangan.

## **1.3 Rumusan Masalah**

Berdasarkan dari latar belakang dan identifikasi masalah yang ada, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja tata cahaya alami eksisting pada ruang kelas Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto?
2. Bagaimana rekayasa tata cahaya alami pada ruang kelas Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto untuk meningkatkan kenyamanan visual ?

## **1.4 Batasan Masalah**

Batasan-batasan masalah yang digunakan dalam penelitian yaitu:

1. Objek studi yang akan diteliti yaitu ruang kelas pada Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto;
2. Elemen yang dikaji berupa bukaan (jendela);

3. Pengujian dilakukan menggunakan metode eksperimental dengan bantuan software DIALux 4.12;
4. Standar yang digunakan yaitu Badan Standarisasi Nasional, 2001, mengenai tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung.

### **1.5 Tujuan Penelitian**

Berikut adalah tujuan dari penelitian ini:

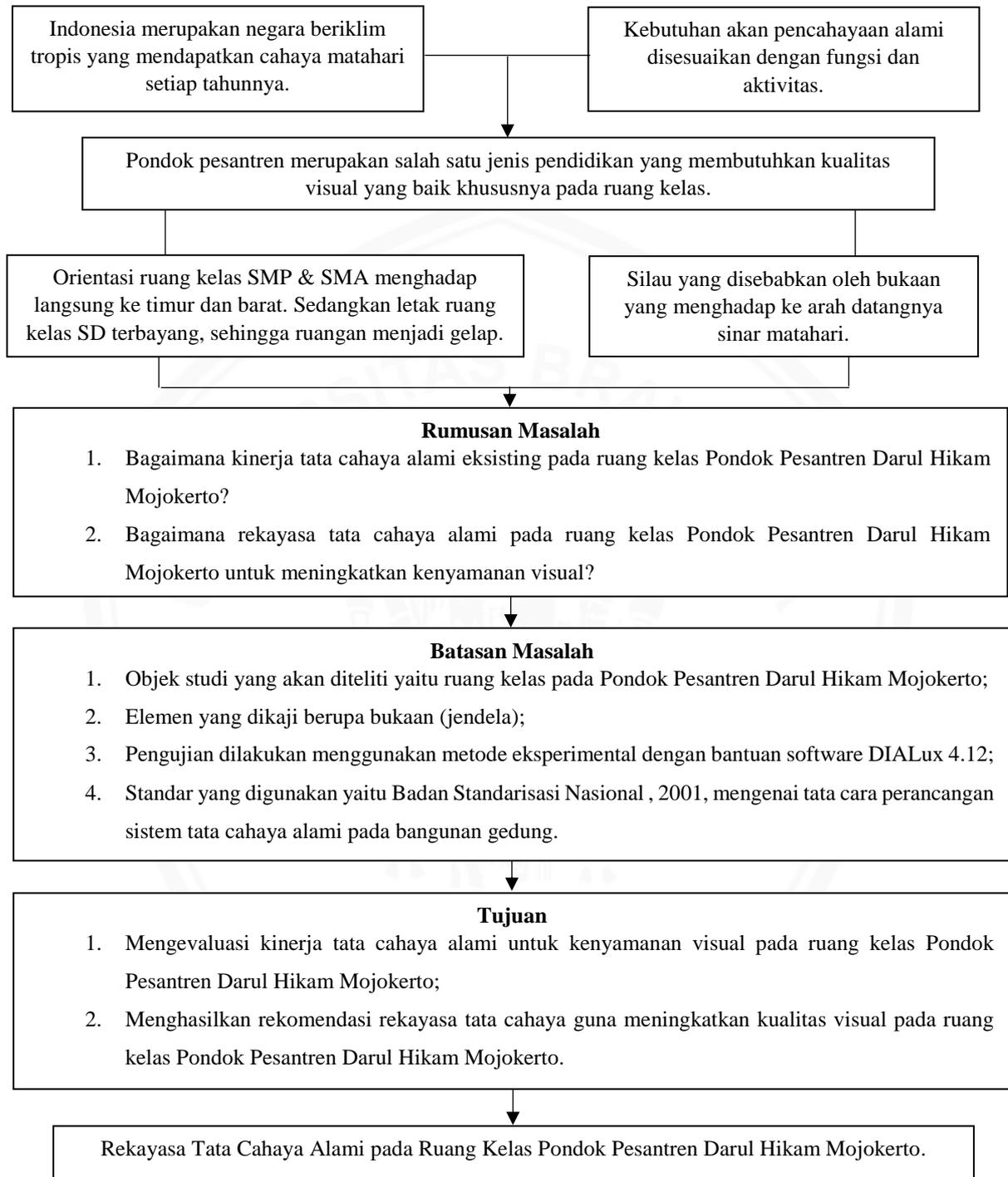
1. Mengevaluasi kinerja tata cahaya alami untuk kenyamanan visual pada ruang kelas Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto;
2. Menghasilkan rekomendasi rekayasa tata cahaya guna meningkatkan kualitas visual pada ruang kelas Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto.

### **1.6 Manfaat Penelitian**

Penelitian tentang rekayasa tata cahaya alami pada ruang kelas Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Sebagai pengetahuan tambahan mengenai tata cahaya alami pada ruang kelas.
2. Menjadi bahan acuan atau rekomendasi desain untuk mengatur tata cahaya alami pada ruang kelas pondok pesantren di Indonesia.

## 1.7 Kerangka Pemikiran



Gambar 1.1 Kerangka pemikiran



Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Ruang Kelas

Menurut Peraturan Menteri Pendidikan Nasional RI nomor 24 tahun 2007, ruang kelas adalah salah satu jenis ruangan dalam bangunan sekolah, yang mempunyai fungsi sebagai sarana untuk kegiatan belajar mengajar (KBM). Ukuran, pencahayaan alami, sirkulasi udara, dan persyaratan lainnya adalah merupakan standar dan parameter yang telah dibakukan oleh pihak berwenang terkait pada ruang kelas. Syarat-syarat tersebut antara lain:

1. Ruang kelas berfungsi sebagai tempat pembelajaran teori. Praktek dilaksanakan hanya menggunakan peralatan khusus yang mudah diadakan.
2. Kuota minimum ruang kelas sama dengan kuota rombongan belajar.
3. Daya tampung maksimum adalah 32 peserta didik.
4. Rasio minimum luas ruang kelas 2 m/peserta didik. Sedangkan untuk peserta didik kurang dari 15 orang, luas minimum ruang kelas 30 m.
5. Lebar minimum ruang kelas 5 m.
6. Pencahayaan yang memadai harus dimiliki ruang kelas guna menunjang aktivitas membaca dan memberikan pandangan ke luar ruangan.
7. Pintu pada ruang kelas harus strategis agar mudah dijangkau baik oleh guru maupun siswa saat terjadinya bahaya. Selain itu dapat dikunci agar aman.

Objek yang diteliti merupakan jenis bangunan pendidikan berbasis asrama berupa pondok pesantren. Perbedaan paling mendasar antara pondok pesantren dan sekolah pada umumnya terletak pada kurikulum nya. K13 merupakan kurikulum yang digunakan pada pondok pesantren, sedangkan KTSP merupakan kurikulum yang digunakan pada sekolah umum.

Tabel 2. 1 Perbedaan kurikulum K13 dengan KTSP

No.	Kurikulum 2013	KTSP
1.	SKL (Standar Kompetensi Lulusan) ditentukan terlebih dahulu, melalui Permendikbud No 54 Tahun 2013. Setelah itu baru ditentukan Standar Isi, yang berbentuk Kerangka Dasar Kurikulum, yang dituangkan dalam Permendikbud No 67, 68, 69, dan 70 Tahun 2013	Standar Isi ditentukan terlebih dahulu melalui Permendiknas No 22 Tahun 2006. Setelah itu ditentukan SKL (Standar Kompetensi Lulusan) melalui Permendiknas No 23 Tahun 2006
2.	Mata pelajaran tertentu mendukung kompetensi tertentu. Untuk semua jenjang.	Tiap mata pelajaran mendukung semua kompetensi. Untuk semua jenjang.
4.	Bahasa Indonesia sebagai penghela Mapel lain (sikap keterampilan berbahasa). Untuk jenjang SD.	Bahasa Indonesia sejajar dengan Mapel lain. Untuk jenjang SD.
5.	Semua mata pelajaran diajarkan terkait dan terpadu dengan pendekatan yang sama (saintifik) melalui mengamati, menanya, mencoba, dan menalar. Untuk semua jenjang.	Tiap mata pelajaran diajarkan dengan pendekatan yang berbeda. Untuk semua jenjang.
6.	Jumlah jam pelajaran per minggu lebih banyak dan jumlah mata pelajaran lebih sedikit dibanding KTSP	Jumlah jam pelajaran lebih sedikit dan jumlah mata pelajaran lebih banyak dibanding Kurikulum 2013

Menurut Elliot, 2000, kurikulum 2013 lebih menekankan pada *integrated curriculum*. Pendekatan ini mirip dengan *Major approach to learning with acognitive approach*. Dia menyatakan model pendekatan ini memiliki 3 ciri, antara lain:

1. Belajar haruslah meaningful (bermakna);
2. Belajar haruslah discovery learning (belajar mendapatkan penemuan, cari tahu);
3. Belajar haruslah konstruktivisme (belajar secara konstruktif menurut teori konstruktivisme).

Selain itu, pada banyak hal pendekatan implementasi pembelajaran pada Kurikulum 2013 senada dengan pendekatan *Thinking Skills and problem solving* (Keterampilan berfikir dan pemecahan masalah).

## 2.2. Kenyamanan Visual

Kondisi visual atau penglihatan yang dirasakan oleh manusia, terhadap lingkungan visualnya disebut dengan kenyamanan visual. Pencahayaan yang baik dimana mata dapat melihat apa yang ada disekitarnya dengan jelas dan nyaman dibutuhkan guna mendapatkan kondisi visual yang ideal dibutuhkan.

Menurut Mark Karlen, 2007, dalam mendesain bangunan yang memanfaatkan cahaya alami secara maksimal perlu memperhatikan aktifitas sebagai berikut :

1. Mengorientasikan arah bangunan dan menampilkan permukaan bangunan guna memperoleh pencahayaan alami secara optimal.
2. Menggunakan bukaan bangunan yang dapat meneruskan pencahayaan alami yang cukup dengan memperhitungkan musim, cuaca, dan siklus matahari.
3. Mengurangi radiasi matahari dengan melindungi bukaan dan fasade.
4. Menambahkan peralatan kontrol cahaya seperti tirai dan kerai, untuk kebutuhan pengguna mengontrol cahaya yang masuk dari bukaan.

Kenyamanan visual berkaitan dengan ketentuan standar pencahayaan dan standar silau yang diizinkan. Faktor yang mempengaruhi kegiatan visual misalnya pencahayaan berpengaruh dalam kegiatan belajar mengajar dalam ruang kelas (Lechner, 2015). Standar kenyamanan visual pada ruang terdapat pada Badan Standarisasi Nasional, 2000, dengan tingkat kenyamanan visual yang disesuaikan terhadap tiap kebutuhan dan aktifitas bangunannya. Tingkat pencahayaan pada kelas direkomendasikan sebesar 250 lux.

Tabel 2. 2 Tingkat Pencahayaan

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok Renderasi Warna	Temperatur warna		
			warm white < 3.300 K	cool white 3.300 K-5.300 K	daylight > 5.300 K
<b>LEMBAGA PENDIDIKAN</b>					
Ruang Kelas	250	1 atau 2		√	√
Perpustakaan	300	1 atau 2		√	√
Laboratorium	500	1 atau 2		√	√
Ruang Gambar	750	1		√	√
Kantin	200	1 atau 2	√	√	

Sumber: Badan Standarisasi Nasional, 2000

## 2.3. Pencahayaan Alami

Cahaya yang berasal atau bersumber dari sinar matahari disebut sebagai pencahayaan alami. Lubang pada bangunan yang terdapat pada elemen bangunan seperti dinding (bukaan) dapat menjadi sarana masuknya pencahayaan alami. Orientasi bangunan, massa bangunan, fasade bangunan, serta elemen penghalang bangunan dari internal dapat juga menjadi pengaruh intensitas masuknya cahaya alami ke bangunan.

### 2.3.1. Strategi pencahayaan alami

Pada umumnya distribusi pencahayaan alami pada ruangan dicapai secara *side lighting* (pencahayaan samping) dan *top lighting* (pencahayaan atas). Sistem pencahayaan *side lighting* sering digunakan dalam ruangan fungsi kelas (KBM). Orientasi, pencahayaan atap, bentuk, ruang, warna dan bukaan yang berbeda antara pencahayaan dan pemandangan merupakan strategi yang perlu diperhatikan dalam pengaplikasian pencahayaan alami pada iklim tropis (Lechner, 2015). Menurut Lechner, 2015, dalam menyusun strategi pencahayaan juga dikerucutkan kedalam strategi dasar jendela, terdapat tujuh strategi dasar jendela, yaitu:

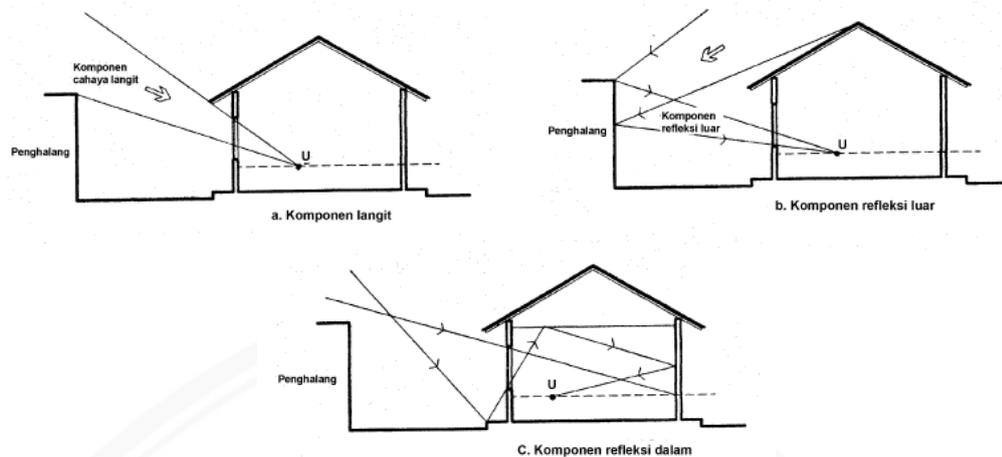
1. Jendela harus tinggi, tersebar merata, dan pada area yang optimal;
2. Sebisa mungkin letakan jendela lebih dari satu sisi, untuk penyebaran cahaya yang lebih baik;
3. Tata letak jendela dekat dengan dinding interior, untuk memantulkan cahaya yang masuk sehingga cahaya berkurang silaunya;
4. Perbesar dinding untuk mengurangi kontras antara jendela dan dinding;
5. Saring cahaya alami;
6. Lindungi jendela dari sinar matahari yang berlebihan;
7. Gunakan peneduh yang bergerak.

### 2.3.2. Faktor pencahayaan alami

Badan Standarisasi Nasional, 2001, berisi tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung, hal itu digunakan sebagai faktor dan terdapat tiga komponen, yaitu:

1. Langit (fl), merupakan pencahayaan langsung yang berasal dari cahaya langit;
2. Refleksi luar (flr), merupakan pencahayaan yang didapat dari hasil refleksi benda-benda disekitar bangunan;

3. Refleksi dalam (fld), merupakan pencahayaan yang didapat dari hasil refleksi permukaan dalam ruangan.



Gambar 2.1 Tata rancang pencahayaan alami  
Sumber: Badan Standarisasi Nasional, 2001

### 2.3.3. Jendela/Bukaan

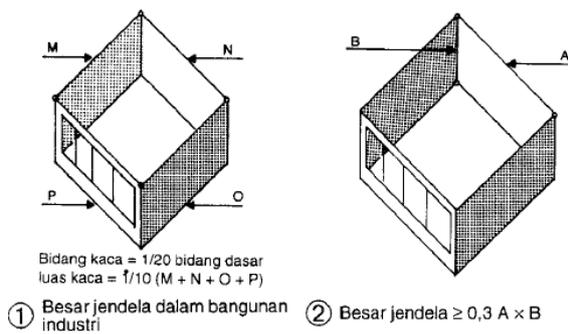
Jendela atau bukaan merupakan salah satu aspek paling kompleks dari lingkungan kelas. Jendela dapat menyediakan suatu kelas dengan pencahayaan alami, pandangan-pandangan, ventilasi dan komunikasi dengan dunia luar. Jendela juga dapat memberikan ketidaknyamanan termasuk silau maupun kebisingan. Rancangan dan bentuk jendela untuk ruang kelas adalah pertimbangan yang paling akhir. Ukuran, posisi, karakteristik seksional, dan berhubungan dengan permukaan lainnya akhirnya mendefinisikan pengalaman luminasi di dalam ruang kelas. Perhatian selalu pada ukuran jendela atau daerah kaca, karena dampak dari daerah kaca dapat menyebabkan gangguan pencahayaan yaitu silau. Ukuran jendela dan pengaruhnya pada pencahayaan alami harus selalu dipertimbangkan dari perspektif yang lebih luas termasuk kenyamanan para murid dan guru saat proses belajar mengajar berlangsung. Dalam tugas untuk menentukan ukuran jendela harus kembali kepada program objektif dan kriteria seperti seberapa banyak cahaya yang dibutuhkan. Tinggi atau rendahnya level iluminasi harus sesuai (Fredrickson, 2003).

Menurut Lechner, 2015, bukaan pada bangunan adalah cara untuk memasukkan pencahayaan alami ke dalam bangunan. Iluminasi terbesar pada bangunan terdapat pada jendela sehingga diperlukan strategi untuk mengatasi silau dan intensitas terang pada jendela sebagai berikut.

1. Jendela pada bangunan harus tinggi, tersebar merata, dan berada pada area optimal
2. Peletakkan jendela pada dua sisi dinding menggunakan pencahayaan bilateral

3. Peletakkan jendela yang berdekatan dengan dinding interior sebagai pemantul cahaya
4. Untuk mengurangi kontras antara jendela dan dinding, perbesar ratio area dinding
5. Sinar matahari dapat disaring dan diperlembut melalui pemanfaatan vegetasi
6. *Shading device* dengan warna cat terang untuk menghalangi sinar matahari langsung namun masih memantulkan penyebaran cahaya yang merata ke dalam bangunan.

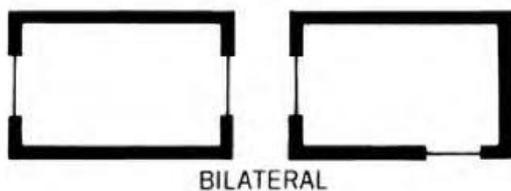
Menurut Neufert, 1996, Jendela merupakan alat yang sangat penting untuk menerangi ruangan dalam dengan memanfaatkan cahaya siang hari yang cukup. Untuk keperluan tersebut lubang cahaya matahari berkembang menjadi suatu bagian penting yang bercorak. Setiap tempat kerja membutuhkan sebuah jendela penghubung luar. Bidang jendela yang tembus cahaya harus meliputi minimal 1/5 bidang dasar ruang kerja. Luas keseluruhan semua jendela harus meliputi minimal 1/10 luas keseluruhan semua dinding.



Gambar 2.2 Minimum bukaan terhadap ruang kerja

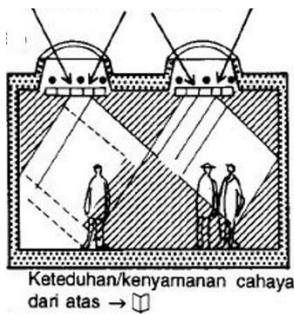
Sumber : Neufert, 1996

Selain itu, jendela terbagi menjadi dua jenis, yaitu jendela atas dan jendela samping. Peletakkan jendela samping lebih dari satu dinding (pencahayaannya bilateral) pada ruang dapat mendistribusikan pencahayaan lebih baik dan dapat mengurangi silau. Jendela di setiap dinding menerangi dinding yang berdekatan. Oleh karena itu dapat mengurangi kontras antara jendela dan dinding sekitarnya (Lechner, 2015).



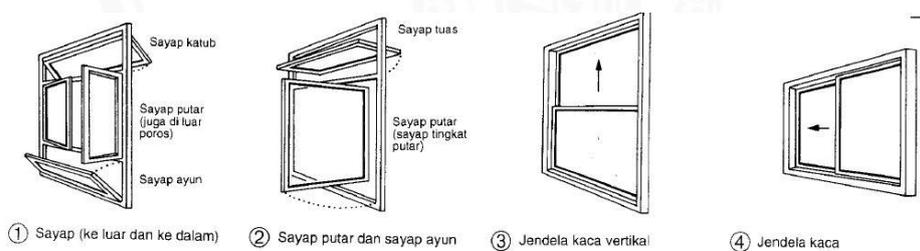
Gambar 2. 3 Sistem jendela samping bilateral  
Sumber: Neufert, 1996

Menurut Lechner, 2015, potensi penggunaan jendela atas menjadikan penerangan yang masuk lebih tinggi dengan jangkauan area yang luas. Sayangnya, pencahayaan atas juga memiliki beberapa kekurangan. Strategi pencahayaan atas kurang tepat diaplikasikan pada bangunan bertingkat karena tidak memenuhi kebutuhan akan visual. Pencahayaan atas dapat menimbulkan silau. Hal ini dapat dihindari dengan meletakkan pencahayaan atas pada area yang tidak bersinggungan langsung dengan kebutuhan utama ruangan. Penggunaan pemantul juga dapat menjadi solusi akan silau yang ditimbulkan oleh penggunaan pencahayaan atas ini.

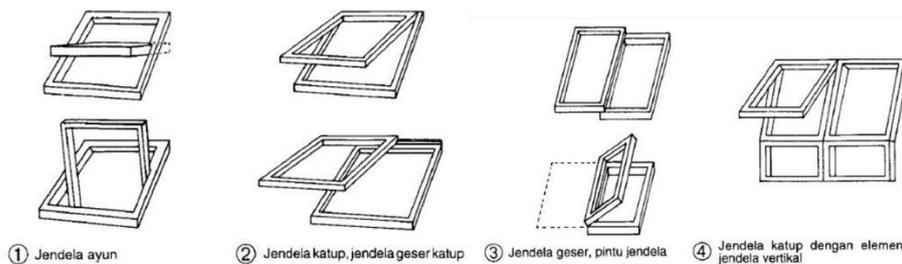


Gambar 2. 4 Top lighting dengan pemantul  
Sumber: Neufert, 1996

Penentuan jenis jendela dengan penyesuaian kebutuhan fungsi dan aktivitas didalam nya perlu diperhatikan guna menunjang kualitas fungsi ruang tersebut Berikut merupakan macam-macam jendela :



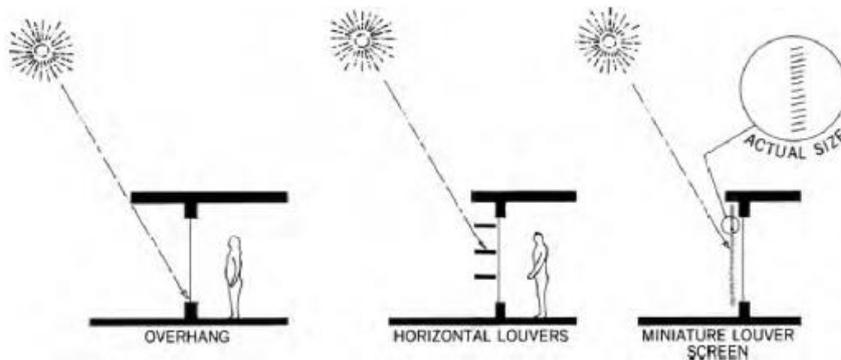
Gambar 2. 5 Macam jendela samping  
Sumber: Neufert, 1996



Gambar 2. 6 Macam jendela atas  
Sumber: Neufert, 1996

### 2.3.4. Shading

*Shading* adalah salah satu strategi *sustainability* yang penting khususnya pada wilayah tropis. Oleh karena itu, jenis, ukuran, dan lokasi *shading device* ini akan bergantung pada ukuran komponen langsung, difus, dan pantulan dari total beban surya. Komponen yang dipantulkan biasanya paling baik dikontrol dengan mengurangi reflektifitas permukaan yang menyinggung, dan ini sering dicapai dengan penggunaan tanaman (Lechner, 2015).

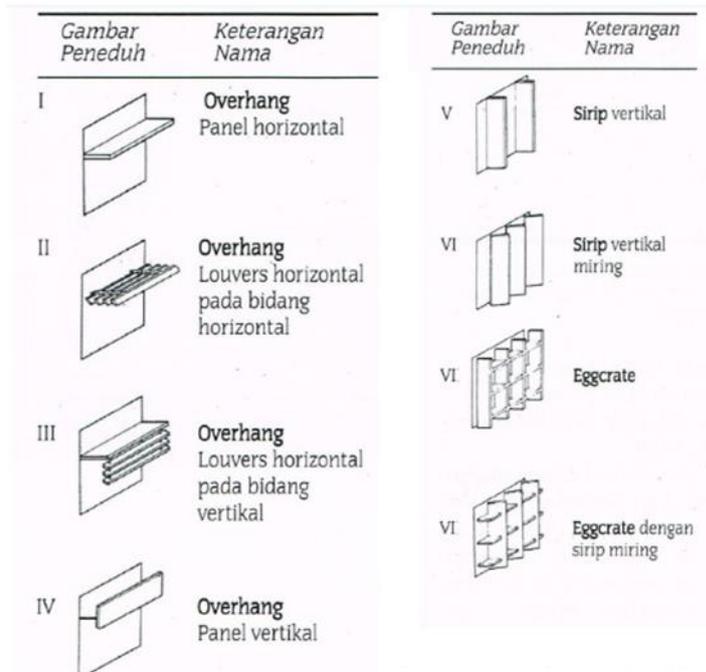


Gambar 2. 7 Eksternal shading  
Sumber: Lechner, 2015

Pembayang/peneduh matahari dibutuhkan untuk mereduksi panas dan silau yang masuk ke dalam bangunan melalui bukaan di selubung bangunan. Penentuan posisi, dimensi, dan bentuk *shading device* akan menentukan performa visual pada bangunan. *Shading Devices* (Syam, 2013) terbagi atas dua tipe, antara lain:

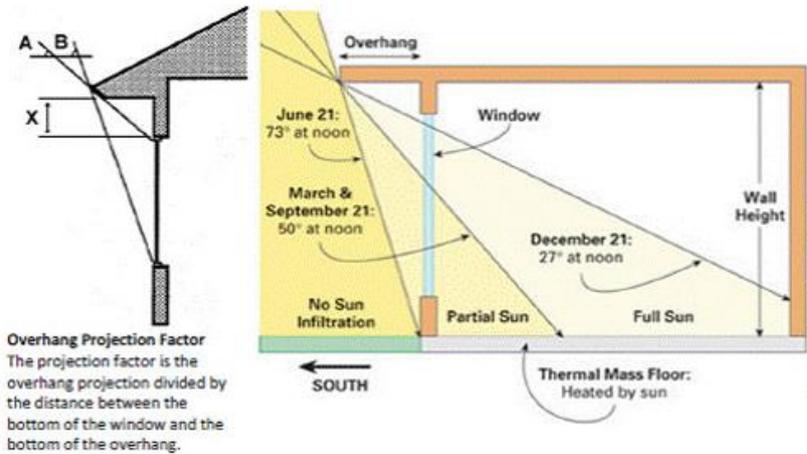
- a. Tipe vertikal (*vertical shading devices*) yaitu jenis yang memberikan naungan dengan bentuk vertikal atau berdiri. *Vertical devices* mengatur sudut rendah jatuh cahaya dengan menutup area yang “bermasalah” apabila terkena cahaya. Jenis ini sederhana dan akan sangat bermanfaat apabila digunakan untuk mendukung fungsi horizontal *shading devices*. Secara umum, dapat dikatakan bahwa *shading devices* jenis ini kurang baik dalam memantulkan cahaya. Elemen vertikal seperti dinding dan kolom seharusnya saling berkaitan dengan elemen horisontal sehingga membentuk pola kubus. Penyudutan sisi timur dan barat ke arah selatan dan utara meningkatkan ketidakfungsian vertikal *devices* untuk melindungi bangunan dari cahaya matahari, dan tidak efektif dalam memberikan sudut pandang arah timur dan barat.
- b. Tipe horizontal (*horizontal shading devices*), yaitu jenis yang memberikan naungan dengan bentuk horisontal. *Horizontal devices* atau dapat dikatakan sebagai *overhang* diperlukan untuk kontrol silau dan pembuat naungan yang berfungsi menurut musim iklimnya. Pada umumnya *overhang* disambungkan dengan atap. Pada iklim tropis biasanya *overhang* mempunyai ukuran yang lebih lebar untuk membuat naungan yang

besar dan diletakkan di sisi timur dan barat guna melindungi bukaan atau jendela untuk ventilasi udara. Naungan yang cukup merupakan syarat utama keberhasilan perancangan pencahayaan alami bangunan. Beberapa ada yang merancang cahaya dengan *system overhang* tidak berbentuk solid untuk *shading devices*, karena *overhangs* ini dapat mengatur efek cahaya yang masuk dengan melipat atau terbuka.



Gambar 2.8 Tipe *shading device* vertikal dan horizontal  
Sumber: Lechner, 2015

Setiap bangunan mempunyai orientasi, waktu, dan tempat yang berbeda. Dari hal tersebut radiasi matahari dan intensitas matahari yang diterima pun berbeda-beda. Maka dari itu diperlukan pengetahuan mengenai SBH (Sudut Bayangan Horisontal) dan SBV (Sudut Bayangan Vertikal) matahari. Dalam mengetahui SBV dan SBH perlu adanya simulasi dengan sunpath diagram yang berfungsi sebagai data arah datangnya cahaya matahari pada lokasi yang ditentukan.



Gambar 2. 9 Penentuan shading berdasarkan SBV dan SBH  
Sumber: Green, 2016

### 2.3.5. Jenis kaca

Saat ini jenis kaca sangat beragam diproduksi sesuai dengan penggunaannya dalam bangunan. Menurut Garg, 2007, jenis kaca yang penting dan sering digunakan sebagai bahan bangunan dapat dikelompokkan sebagai berikut.

Tabel 2. 3 Jenis Kaca

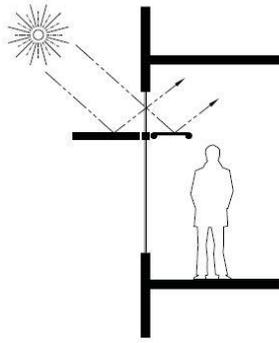
Jenis Kaca	Deskripsi
Kaca Normal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Clear glass</i>, kaca yang jelas dan transparan yang memberikan bayangan objek dibelakangnya dengan sangat jelas</li> <li>2. <i>Tinted glass</i>, kaca yang telah diberi tambahan oksidan dari suatu jenis metal tertentu untuk mengurangi efek silau terhadap mata</li> <li>3. <i>Patterned, figured or rolled glass</i>, merupakan jenis kaca dekoratif yang tembus pandang dengan pola tertentu disalah satu permukaannya</li> <li>4. <i>Wire glass</i>, merupakan kaca yang diproduksi untuk perlindungan terhadap kebakaran</li> <li>5. <i>Extra clear glass</i>, merupakan jenis kaca yang digunakan untuk tujuan estetika atau privasi karena dapat melindungi objek dibagian belakang dengan permukaan yang sangat halus</li> </ol>
<i>Laminated Glass</i>	Kelebihan: Dapat mengurangi resiko retakan/pecah, bahkan dapat mengamankan Gedung dari peluru, benda berat atau ledakan kecil, Penghalang yang baik terhadap kebisingan, Perlindungan terhadap sinar ultravioletbahkan mencapai 99%, Mengurangi resiko pecahan puing akibatbencana seperti gempa, angin kencang atau badai, Dapat memepertahankan warna dan umur bangunan.

Jenis Kaca	Deskripsi
<i>Tempered or Toughened Glass</i>	Kelebihan: Sulit untuk pecah, walaupun pecah, akan menjadi bagian-bagian yang sangat kecil sehingga tidak membahayakan penghuni, Lebih kuat 4-5 kali dari kaca normal dengan ketebalan yang sama, Sangat kuat terhadap perubahan suhu mencapai 2500 C, dibandingkan kaca normal yang hanya dapat bertahan pada perubahan suhu 400 C.
<i>Heat strengthened glass</i>	Merupakan jenis <i>tempered glass</i> yang diperkuat secara termal dengan menginduksi tekanan permukaan. Kaca ini memiliki kekuatan mekanik 2 kali dibandingkan <i>tempered glass</i> biasa. Lebih tahan terhadap kerusakan akibat suhu dan pengurangan terhadap distorsi.
<i>Heat Soaked Tempered Glass</i>	Glass merupakan jenis kaca yang diproduksi dengan teknik perendaman untuk mengurangi resiko kerusakan yang diakibatkan proses produksi.
Reflective glass	Kelebihan: estetika, mengurangi panas dan silau pada eksterior bangunan, mengurangi beban AC, dapat merefleksi cahaya tanpa mengurangi sifat transparansi.
<i>Insulating Glass Unit (Double Glazing)</i>	Merupakan jenis kaca pabrikan yang terbuat dari 2 atau lebih kaca panel dengan rongga udara diantara lapisannya. Kelebihan: dapat mengurangi transmisi panas, mengurangi panas pada bangunan, mengurangi tingkat kebisingan dari luar.
Cermin atau <i>Mirror</i>	Cermin merupakan jenis kaca reflektif dengan tingkat refleksi yang tinggi.

### 2.3.6. Light shelf

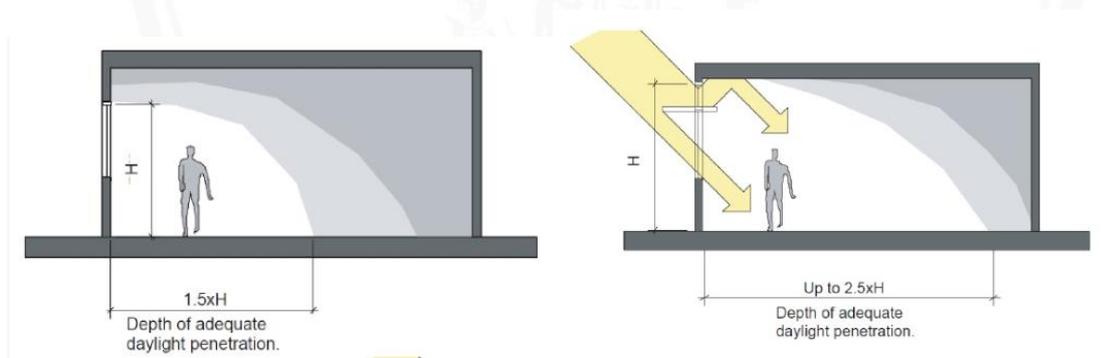
*Light shelf* adalah permukaan horizontal yang memantulkan cahaya ke dalam gedung. *Light shelf* ditempatkan di atas tingkat pandangan mata dan memiliki permukaan dengan tingkat gesek kecil (licin) yang memantulkan sinar matahari ke langit-langit dan ke dalam ke ruang.

*Light shelf* biasanya digunakan di gedung perkantoran bertingkat tinggi dan rendah, serta bangunan institusional. Desain ini umumnya digunakan pada sisi yang menghadap ke khatulistiwa dari bangunan, di mana sinar matahari maksimum ditemukan, dan sebagai hasilnya paling efektif. Tidak hanya *light shelf* yang memungkinkan cahaya menembus bangunan, mereka juga dirancang untuk naungan di dekat jendela guna membantu mengurangi silau jendela. Rak-rak eksterior umumnya merupakan perangkat bayangan yang lebih efektif daripada rak-rak interior. Kombinasi rak eksterior dan interior akan bekerja paling baik dalam memberikan gradien pencahayaan yang merata.



Gambar 2.10 *Light shelf*  
Sumber: Lechner, 2015

*Light Shelf* dapat memantulkan cahaya lebih dalam ke ruang, penggunaan lampu pijar dan lampu *fluorescent* dapat dikurangi atau sepenuhnya dihilangkan, tergantung pada ruang. *Light Shelf* memungkinkan cahaya matahari menembus ruang hingga 2,5 kali jarak antara lantai dan bagian atas jendela. Hari ini, teknologi rak cahaya canggih memungkinkan untuk meningkatkan jarak hingga 4 kali. Di ruang-ruang seperti ruang kelas dan kantor, rak lampu telah terbukti meningkatkan kenyamanan penghuni dan produktivitas. Namun *light shelf* mungkin tidak cocok untuk semua iklim. Sistem ini umumnya digunakan dalam iklim ringan dan tidak di iklim tropis atau gurun karena panas matahari yang kuat. Iklim panas ini, dibandingkan dengan iklim ringan, membutuhkan bukaan jendela yang sangat kecil untuk mengurangi jumlah infiltrasi panas.

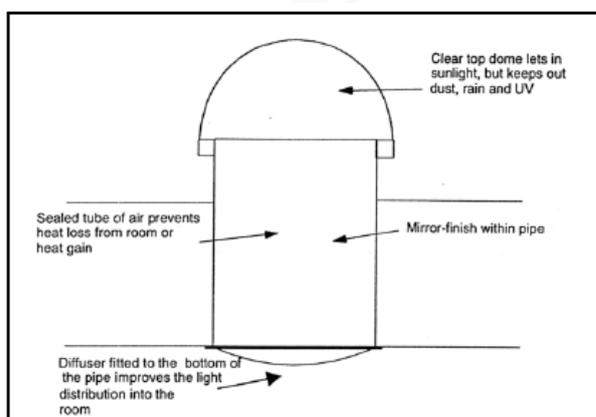


Gambar 2.11 Perbedaan penggunaan bukaan biasa dengan *light shelf*  
Sumber: Lechner, 2015

Alternatif untuk *light shelf* pada pencahayaan alami termasuk pada penggunaan tirai dan *louver* eksterior. Penggunaan tirai dapat mereduksi manfaat cahaya matahari namun dapat mengurangi silau yang mempengaruhi kenyamanan visual pada ruangan.

### 2.3.7. Light pipe

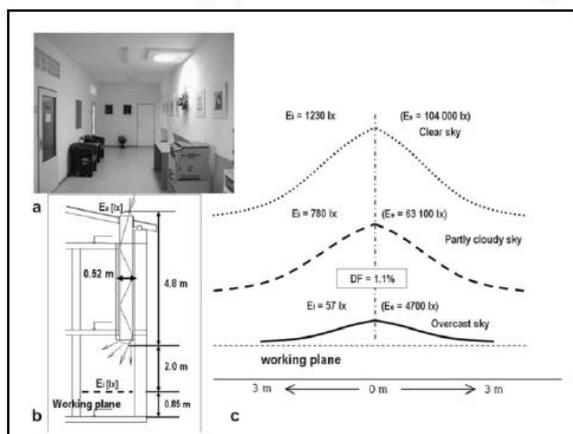
Kischkoweit (2002) membagi sistem daylighting menjadi beberapa macam jenis salah satunya adalah berupa *shading system primary using diffuse skylight* dengan sistem *prismatic panels*. Sistem tersebut tepat digunakan disemua iklim yang sering kita kenal dengan sebutan *light pipe* atau *tube pipe*. *Light pipe* adalah struktur fisik yang digunakan untuk mentransmisikan atau mendistribusikan cahaya alami atau buatan untuk tujuan penerangan, dan merupakan contoh dari terusan gelombang optik. Dalam aplikasi *light pipe* dibagi menjadi dua kategori besar: struktur berongga yang mengandung cahaya dengan refleksi eksternal total, dan padatan transparan yang mengandung cahaya oleh refleksi internal total.



Gambar 2.12 Tipikal desain *light pipe*

Sumber: Oakley et al, 2000

Penggunaan *light pipe* dibandingkan dengan *skylight* konvensional lebih menguntungkan. *Light pipe* mampu mereduksi panas dengan baik dan lebih fleksibel digunakan dalam ruang. Namun konektivitas kontak visual dengan ruang luar tidak ada.



Gambar 2.13 Pengukuran intensitas cahaya pada koridor tanpa jendela

Sumber: Mohelnikova, 2009

Pemasangan *light pipe* dapat menjadi pertimbangan dikarenakan dapat juga mereduksi pencahayaan yang berlebih. Dibandingkan dengan lampu buatan, *Light pipe* memiliki keuntungan menyediakan cahaya alami dan menghemat energi. Cahaya yang ditransmisikan bervariasi sepanjang hari; Seharusnya ini tidak diinginkan, *light pipe* dapat dikombinasikan dengan cahaya buatan dalam pengaturan. Tetapi dengan konteks kenyamanan visual terdapat satu aspek yang tidak terpenuhi yakni konektivitas visual dengan ruang luar.

#### 2.4. Warna Ruang dan Perabot

Menurut Pedoman Standarisasi Bangunan Dan Perabot Sekolah oleh Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan (2011). Luas lubang cahaya sebaiknya berkisar antara 20-50% dari luas lantai. Syarat-syarat minimum Pedoman Standarisasi Bangunan Dan Perabot Sekolah oleh Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan seperti inilah untuk memenuhi fungsi bukaan untuk kesehatan. Oleh sebab itu, apabila persyaratan tersebut tidak terpenuhi, maka dampak-dampak negatif yang mengancam kesehatan seperti sesak nafas, rasa penggap dan bau dalam ruangan yang tidak diinginkan senantiasa mengganggu hidung akan dialami oleh penghuninya. Pedoman perencanaan ini berisi mengenai ketentuan-ketentuan yang harus diperhatikan saat melakukan penataan perabot dalam ruang kelas dan laboratorium komputer di bangunan pendidikan.

1. Perletakan lubang cahaya harus di bawah langit-langit dan dijamin tidak memasukkan cahaya matahari secara langsung yang dapat memanaskan ruang dan menimbulkan silau.
2. Memperhatikan jarak satu perabot dengan perabot lainnya.
3. Memperhatikan jarak deret perabot (meja-kursi) terdepan dengan papan tulis.
4. Arah menghadapnya perabot agar tidak menimbulkan silau.
5. Standar tingkat pencahayaan alami untuk ruang kelas yaitu 250 lux.

Warna pada pencahayaan berhubungan dengan reflektansi dinding terhadap pencahayaan. Stein & Reynolds (1992) menyatakan bahwa dalam sistem warna Munsell, brillianc (value) dari suatu pigmen atau pewarnaan cahaya. Brilliance/value yang lebih tinggi, fakto reflektansinya juga lebih tinggi. Saat putih ditambahkan ke suatu pigmen, hasilnya ialah tin (warna yang lebih muda); penambahan hitam menghasilkan suatu shade (warna yang lebih gelap).

## 2.5. Tinjauan Terdahulu

Tabel 2. 4 Tinjauan Terdahulu

<b>Judul</b>	<b>Desain Pencahayaan alami Pada Ruang Kelas SMA Negeri 9 Surabaya</b>	<b>Analisis Tingkat Pencahayaan Alami (Studi Kasus Ruang Kelas SMA Negeri 9 Makassar)</b>	<b>Lighting Performace pada Ruang Kelas di Bangunan Bersejarah</b>
<b>Penulis dan Penerbit</b>	Linda Budiman dan Hedy C. Indrani Program Studi Desain Interior, Fakultas Seni dan Desain, Universitas Kristen Petra. Penerbit Jurnal Dimensi Interior, vol. 10, no. 1, Juni 2012, halaman 33–41	Aan Kurniawan Jurusan Pend. Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar, tahun 2014	Rani Prihatmanti dan Maria Yohana Susan dari Architecture Department, Universiti Sains Malaysia dan Arsitektur Interior, Universitas Ciputra, Surabaya. Penerbit jurnal Aksent Volume 2 Nomor 1 Oktober 2016
<b>Tujuan</b>	Mencari solusi sistem pencahayaan yang optimal pada ruang kelas SMA Negeri 9 Surabaya.	Mengetahui apakah tingkat pencahayaan alami yang ditimbulkan oleh cahaya matahari pada ruang kelas SMA Negeri 9 Makassar sudah sesuai standar dalam rangka menciptakan kenyamanan (thermal dan visual comfort) bagi penghuninya dalam suasana belajar dan untuk kesehatan bagi pengguna ruang.	Meneliti keadaan pencahayaan di dalam ruang dari beberapa bangunan bersejarah yang telah di-adaptive reuse menjadi sekolah menengah atas di Surabaya. Hal ini untuk mengetahui apakah bangunan bersejarah tersebut sudah memenuhi standar untuk pencahayaan dalam kelas atau belum
<b>Metode Penelitian</b>	Eksperimental dengan pendekatan kuantitatif	Deskriptif Kuantitatif:	Kuantitatif dengan data kualitatif
<b>Variabel Penelitian</b>	Sistem pencahayaan, jenis material, warna.	Bukaan, dimensi ruang, orientasi bangunan	Jendela, Pembayang
<b>Instrumen</b>	Luxmeter, kamera, <i>software</i> DiaLux 4.12.	Luxmeter, kamera, dan AutoCAD	Luxmeter, kamera, <i>software</i> DiaLux 4.12.

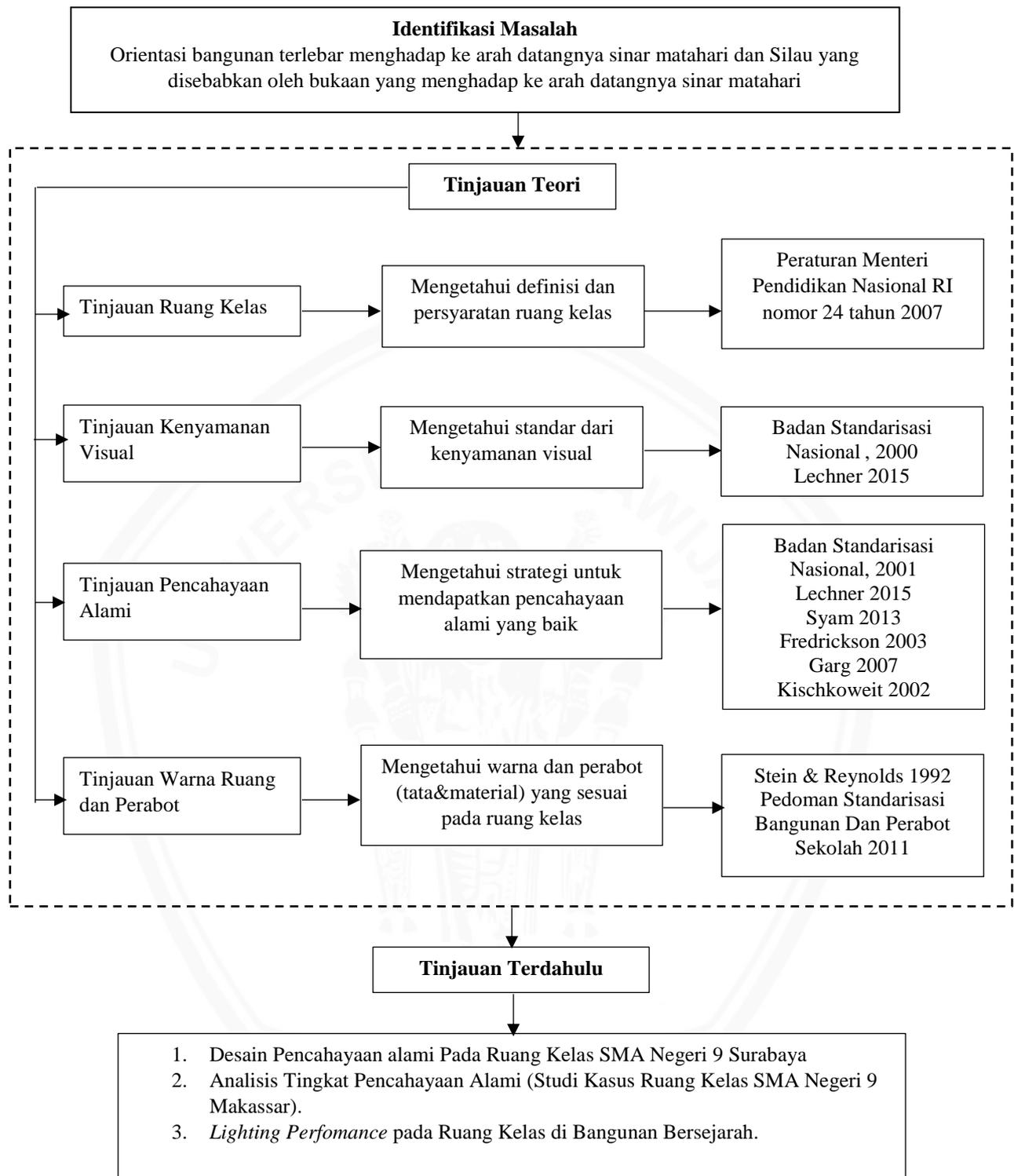
<b>Hasil</b>	<p>Pada penelitian ini, oprimasi penyebaran cahaya yang berdampak pada kenyamanan visual dipengaruhi oleh perubahan interior dan <i>finishing</i>.</p> <p>Selain itu perubahan warna pada bagian interior meningkatkan intensitas cahaya serta menciptakan suasana pada ruang.</p>	<p>Ruang kelas SMA Negeri 9 Makassar, memerlukan pencahayaan buatan karena kurangnya intensitas cahaya alami yang masuk ke dalam ruangan, dan perlu adanya penataan kembali perabot dalam ruang kelas,</p> <p>Dalam perancangan bangunan lembaga pendidikan, khususnya pencahayaan alami perlu memerhatikan orientasi bangunan, luas bukaan minimal 20% dan pemilihan warna dan material yang mendukung pencahayaan alami.</p>	<p>Berdasarkan hasil analisis indoor lighting assessment yang telah dilakukan di SMA 9, illuminance level di ketiga sekolah tersebut dibawah standar yang telah ditentukan, yaitu kurang dari 250 lux. Olahan data statistik menunjukkan responden kurang puas. Kurang baiknya kualitas pencahayaan dapat berpengaruh terhadap academic performance secara signifikan. Penambahan bangunan, pembayang, dll harus sesuai dengan conservation guideline yang sudah ditetapkan.</p>
--------------	--	--	--

Metode yang digunakan penelitian terdahulu mayoritas menggunakan kuantitatif. Data yang diambil melalui pengukuran eksisting kemudian disimulasikan dengan kondisi bangunan eksisting guna membandingkan antara hasil eksisting dengan simulasi.

Masalah yang ditemui pada tiap jurnal relatif hampir sama, antara lain kurangnya intensitas pencahayaan pada ruangan, luas bukaan yang kurang maksimal, dan tidak meratanya pencahayaan pada ruangan. Solusi yang ditawarkan berupa perubahan warna pada interior, penambahan bukaan, dan penambahan pembayang.

Bangunan yang diteliti merupakan Podok Pesantren, khususnya pada ruang kelas. Warna interior pada eksisting ruangan tersebut sudah mendukung pencahayaan alami, solusi yang dapat digunakan pada penelitian ini berupa memperluas bukaan, dan penambahan pembayang yang menyesuaikan eksisting pada Pondok Pesantren Darul Hikam ini.

## 2.6. Kerangka Teori



Gambar 2.14 Kerangka teori

Halaman ini sengaja dikosongkan



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metode Umum Penelitian

Setiap penelitian mempunyai tujuan dan kegunaan tertentu. Secara umum, tujuan penelitian ada tiga macam, yaitu yang bersifat penemuan, pembuktian, dan pengembangan. Metode yang digunakan dalam proses penelitian rekayasa tata cahaya alami pada ruang kelas pondok pesantren Darul Hikam Mojokerto, yaitu deskriptif evaluatif sebagai tahapan pertama yang berisi *observasi* (pengamatan) dan pengumpulan (pengukuran) data di lapangan. Metode eksperimental dipilih sebagai tahapan kedua, yakni data maupun sampel yang didapat dari tahap satu diolah sesuai standar pencahayaan yang diacu. Eksperimen ini dilaksanakan dengan bantuan program komputer Dialux 4.13 untuk mensimulasikan rekomendasi desain.

#### 3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan proses yang akan dilakukan saat penelitian. Tahapan ini dilakukan secara berurutan, mulai dari identifikasi masalah hingga memunculkan rekomendasi desain. Berikut merupakan tahapannya:

1. Identifikasi masalah

Tahapan ini merupakan tahap untuk mengklasifikasi permasalahan dalam pencahayaan perpustakaan. Permasalahan yang muncul merupakan hal-hal yang mempengaruhi kenyamanan visual dalam ruang koleksi perpustakaan. Pada ruang kelas ditemukan permasalahan, yaitu orientasi dimensi bangunan terpanjang menghadap kearah timur dan barat. Dimensi bukaan yang lebar pada arah datangnya sinar matahari menyebabkan silau pada ruangan.

2. Pengumpulan data

Data yang dikumpulkan merupakan data primer dan data sekunder. Data primer berupa data yang diambil secara langsung dengan mengamati dan dokumentasi ruang-ruang koleksi perpustakaan. Sedangkan data sekunder didapat dari studi literatur untuk menyusun teori dan memperoleh informasi mengenai tata cahaya

pada ruang kelas selengkap mungkin. Studi literatur yang digunakan mulai dari buku literatur, jurnal, hingga Standar Nasional Indonesia (SNI).

### 3. Simulasi

Simulasi dilakukan dengan setelah pengumpulan data, kemudian data tersebut dilakukan simulasi menggunakan program komputer Dialux 4.13 dan dicari validasinya.

### 4. Analisis

Hasil dari simulasi tersebut dianalisis berdasarkan aktivitas dan kebutuhan tingkat pencahayaannya. Analisis ini menggunakan metode evaluatif. Hal ini untuk menentukan kondisi eksisting dilapangan sudah sesuai dengan standar atau belum.

### 5. Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk penilaian kinerja pencahayaan alami yang ada pada ruang kelas Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto. Penilaian ini didapat dari hasil analisis dan diproses lagi pada tahap ini untuk mendapatkan hipotesis awal mengenai pencahayaan alami pada ruang kelas tersebut.

### 6. Sintesis (rekomendasi desain)

Sintesis ini merupakan rekomendasi desain untuk mengatasi permasalahan yang ada. Rekomendasi desain dilakukan dengan membuat modeling pada program komputer Dialux 4.13. Hasil rekomendasi kemudian disesuaikan dengan standar. Rekomendasi ini diolah dengan mencoba-coba variabel hingga mendapatkan hasil yang sesuai.

### 7. Kesimpulan dan saran

Pada tahapan kesimpulan ini berisikan simpulan dari kondisi eksisting pencahayaan alami pada ruang kelas Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto, serta penjelasan dari rekomendasi desain yang telah dilakukan. Saran merupakan masukan dari penulis untuk penelitian berikutnya.

## 3.3 Lokasi Penelitian

Penelitian merupakan salah satu jenis bangunan pendidikan yakni Pondok Pesantren Darul Hikam Dussn Tambaksuruh Desa Tambakagung, Kecamatan Puri Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur 61363, yang mempunyai luas  $\pm 2.560 \text{ m}^2$ .

### **3.4 Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 13-14 Juli. Waktu pelaksanaan dibagi menjadi tiga (3), yaitu pada pukul 08.00 WIB s/d selesai, 12.00 WIB-selesai, dan 15.00 WIB s/d selesai. Waktu penelitian disesuaikan dengan jam aktif ruangan yaitu pukul 07.00 WIB s/d 15.30 WIB dan dilakukan dalam dua hari pada ruangan yang berbeda. Pengukuran dilaksanakan dengan keadaan lampu dipadamkan dan gordena terbuka.

### **3.5 Objek Penelitian, Ruangan yang Diteliti, dan Titik Pengukuran**

#### **3.5.1 Objek Penelitian**

Gedung sekolah Pondok Pesantren Darul Hikam. Dusun Tambaksuruh, Desa Tambakagung, Kecamatan Puri, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur 61363.

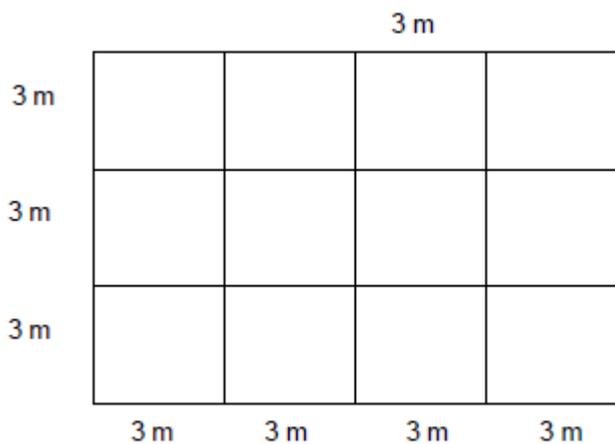
#### **3.5.2 Ruangan yang Diteliti**

Sampel pada penelitian ini berupa beberapa ruang kelas pada Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto. Pengambilan sampel dilakukan pada 2 ruang kelas pada lantai 2 dengan posisi kelas yang berbeda kondisi lingkungan dan 1 ruang kelas pada lantai 3. Pemilihan ruang berdasarkan kelompok jenjang pendidikan yang berbeda serta kondisi lingkungan pada gedung sekolah pondok. Perbedaan kondisi lingkungan yang dimaksud adalah orientasi ruang kelas terhadap arah datangnya cahaya matahari dan perbedaan pembayang (massa pembayang) yang terdapat pada ruang kelas. Variabel yang diteliti pada ruang kelas antara lain jendela/bukaan, pembayang yang meliputi eksternal dan internal, intensitas pencahayaan alami, dan distribusi pencahayaan alami.

#### **3.5.3 Titik Pengukuran**

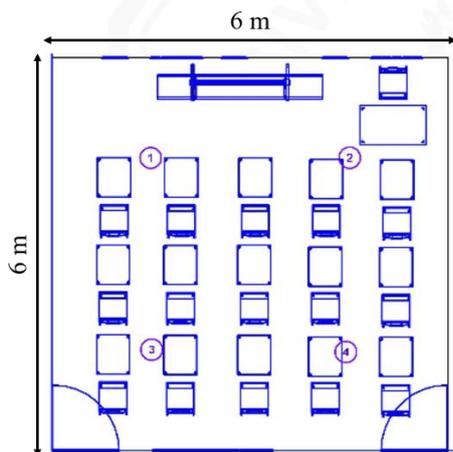
Pengukuran dilakukan pada sampel yang telah ditentukan yaitu pada lantai 2 dan 3 gedung kelas Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto. Titik pengukuran mengacu pada Badan Standarisasi Nasional, 2004, mengenai pengukuran intensitas penerangan di tempat kerja dan Badan Standarisasi Nasional, 2001, mengenai tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung dengan penentuan titik pengukuran pada penerangan umum: titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan pada setiap jarak tertentu setinggi 0,75 meter dari lantai. Penentuan titik ukur utama (TUU) diambil dari jarak  $\frac{1}{3}d$  dari bukaan pada ruang dan titik ukur samping (TUS) diambil dengan jarak 0,5 meter dari dinding samping yang juga berada pada jarak  $\frac{1}{3}d$  dengan  $d$  merupakan jarak antar dinding yang berhadapan. Berikut letak titik ukur.

1. Standar titik ukur yang digunakan adalah ruangan dengan Luas antara 10 meter persegi sampai 100 meter persegi: titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan adalah pada jarak setiap 3 (tiga) meter.

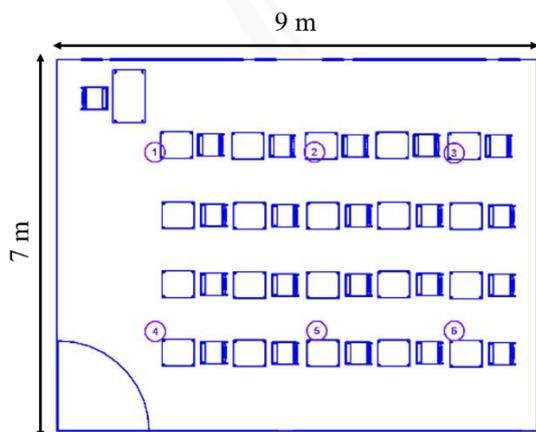


Gambar 3.1 Titik ukur menurut Badan Standarisasi Nasional.

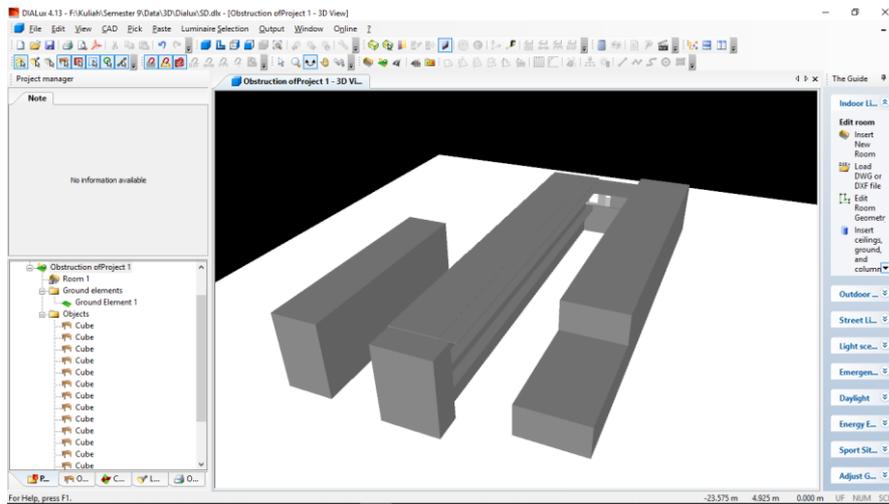
Sumber: Badan Standarisasi Nasional, 2004



Gambar 3.2 Titik ukur ruang kelas SD



Gambar 3.3 Titik ukur ruang kelas SMP dan SMA.



Gambar 3. 4 Simulasi dengan kondisi eksisting

Simulasi pengukuran data pada software dilakukan dengan menyesuaikan keadaan lingkungan sekitar objek ruang kelas yang diteliti. Hal tersebut bertujuan agar hasil yang diukur pada software sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Persyaratan pengukuran disesuaikan dengan kondisi tempat pekerjaan dilakukan. Data yang telah diambil dimasukkan pada tabel yang telah tersedia pada Badan Standarisasi Nasional, 2004, sebagai berikut.

Tabel 3. 1 Pencatatan Data Pengukuran

Ruang	Hasil (lux)			Rata-rata
	Pengukuran I	Pengukuran II	Pengukuran III	

### 3.6 Metode Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data utama pada penelitian ini, data data sekunder menjadi data pendukung atau acuan untuk tahap berikutnya.

### 3.6.1 Jenis data

#### A. Data Primer

Perolehan data primer sebagai data utama ini didapatkan secara langsung dengan melakukan:

1. Observasi/survei lapangan

Data ini diambil dengan mengunjungi Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto, dengan mengukur intensitas cahaya pada ruang kelas yang dipilih.

2. Dokumentasi

Mengambil beberapa foto, untuk mendukung hasil pengukuran.

#### B. Data Sekunder

Studi literatur yang digunakan untuk mendukung penelitian ini, mulai dari buku, jurnal, hingga skripsi terdahulu yang membahas mengenai pencahayaan pada perpustakaan ataupun sejenisnya. Literatur yang digunakan antara lain:

1. Badan Standarisasi Nasional, 2001, mengenai Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung;
2. Badan Standarisasi Nasional, 2001, mengenai Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung;
3. Badan Standarisasi Nasional, 2001, tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan;
4. Data – data teori pencahayaan, ruang kelas, bukaan, dan elemen material;
5. *Heating, Cooling, Lighting Metode Desain untuk Arsitektur* oleh Nobeit Lechner;
6. Data Arsitek jilid 1 oleh Ernst Neufert.
7. Serta pedoman lainnya.

### 3.6.2 Metode analisis

Pada proses analisis dilakukan dengan menggunakan metode kuantitatif, yaitu kegiatan analisis data terkait objek penelitian dituliskan berdasarkan pengambilan data awal dari penglihatan dan pengukuran secara langsung. Kemudian, dilakukan perbandingan antara kondisi eksisting dengan simulasi yang dilakukan menggunakan software Dialux 4.12. untuk dicari nilai *relative error* nya. Menurut Chen, 2014, rumus perhitungan *relative error* sebagai berikut.

$$RE = | (MI-SI)/MI | \times 100\% \quad \text{Keterangan : MI = Besaran iluminasi Terukur}$$

$$SI = \text{Iluminasi simulasi}$$

Berdasarkan rumus diatas, MI merupakan besaran iluminasi terukur, sedangkan SI adalah iluminasi simulasi. Nilai *relative error* dianggap valid jika hasil menunjukkan angka dibawah 20%. Jika hasil *relative error* menunjukkan angka diatas 20% (tidak valid), dapat disebabkan oleh alasan-alasan sebagai berikut.

1. Hasil pengukuran mewakili keseluruhan pencahayaan alami dalam kurun waktu setengah jam, sedangkan hasil simulasi hanya pada satu momen.
2. Reflektansi dan transmitansi material pada simulasi berbeda dengan eksisting ruang.
3. Kondisi langit yang berbeda antar pengukuran eksisting dan simulasi.

### 3.6.3 Metode sintesis

Pada proses sintesis menghasilkan rekomendasi desain yang dilakukan dengan metode eksperimental, yang dilakukan dengan simulasi digital menggunakan *software* Dialux 4.12. Pada tahapan ini eksperimen dilakukan secara berurutan dengan menggunakan variabel yang paling sedikit mengubah ruang tersebut. Diawali dengan jendela yang meliputi posisi, dimensi dan jenis kaca dilanjutkan dengan pembayang yang meliputi eksternal dan internal. Sehingga pada akhirnya akan mendapatkan kondisi ruang yang sesuai dengan kenyamanan visual dalam konteks pencahayaannya. Parameter kenyamanan visual ditinjau dari area yang mempunyai intensitas pencahayaan standar. Batasan minimum intensitas pencahayaan standar bagi ruang kelas yakni 250 lux yang berdasar pada Badan Standarisasi Nasional, 2011, (Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan) dengan batas maksimum standar intensitas pencahayaan yaitu 350 lux. Nilai maksimum tersebut didapat dari standar intensitas pencahayaan pada perpustakaan dengan pertimbangan aktivitas dalam ruang yang serupa. Hasil dari simulasi ini berupa tampilan visualisasi 3D, *greyscale*, dan *isoline*, grafik, dan tabel.

### 3.7 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan merupakan peralatan untuk memperoleh data yang diinginkan sesuai dengan tujuan penelitian. Dalam penelitian ini alat yang digunakan untuk mengambil data beserta peralatan pendukungnya yaitu:

1. Lux meter, alat yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya pada ruang kelas;
2. Kamera, untuk mendokumentasikan proses penelitian;
3. Kertas dan alat tulis, untuk mencatata hasil pengukuran.

### **3.8 Variabel Penelitian**

#### **3.8.1 Variabel bebas**

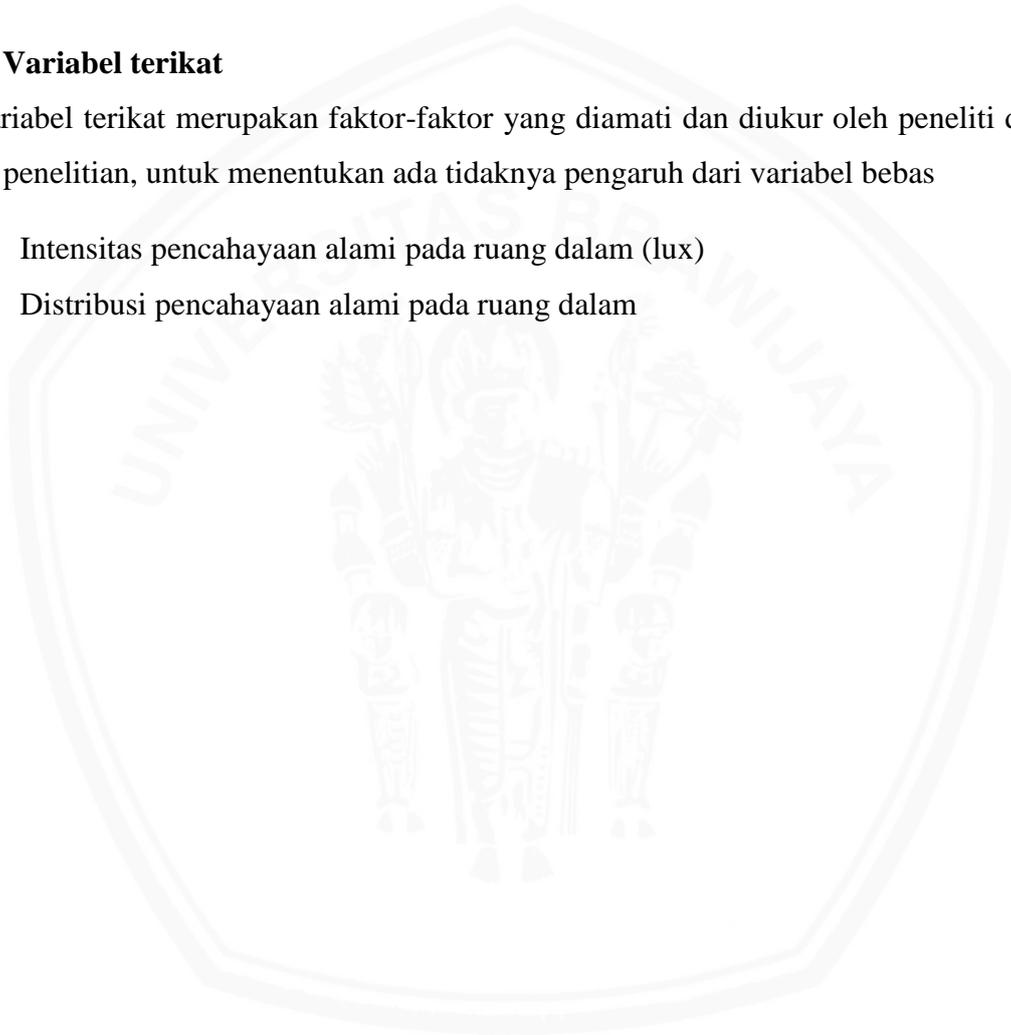
Variabel bebas yakni faktor-faktor yang nantinya akan diukur, dipilih, dan dimanipulasi oleh peneliti untuk melihat hubungan di antara fenomena atau peristiwa yang diteliti atau diamati.

1. Jendela, meliputi posisi, dimensi, dan jenis kaca (material)
2. Pembayang matahari, meliputi eksternal dan internal

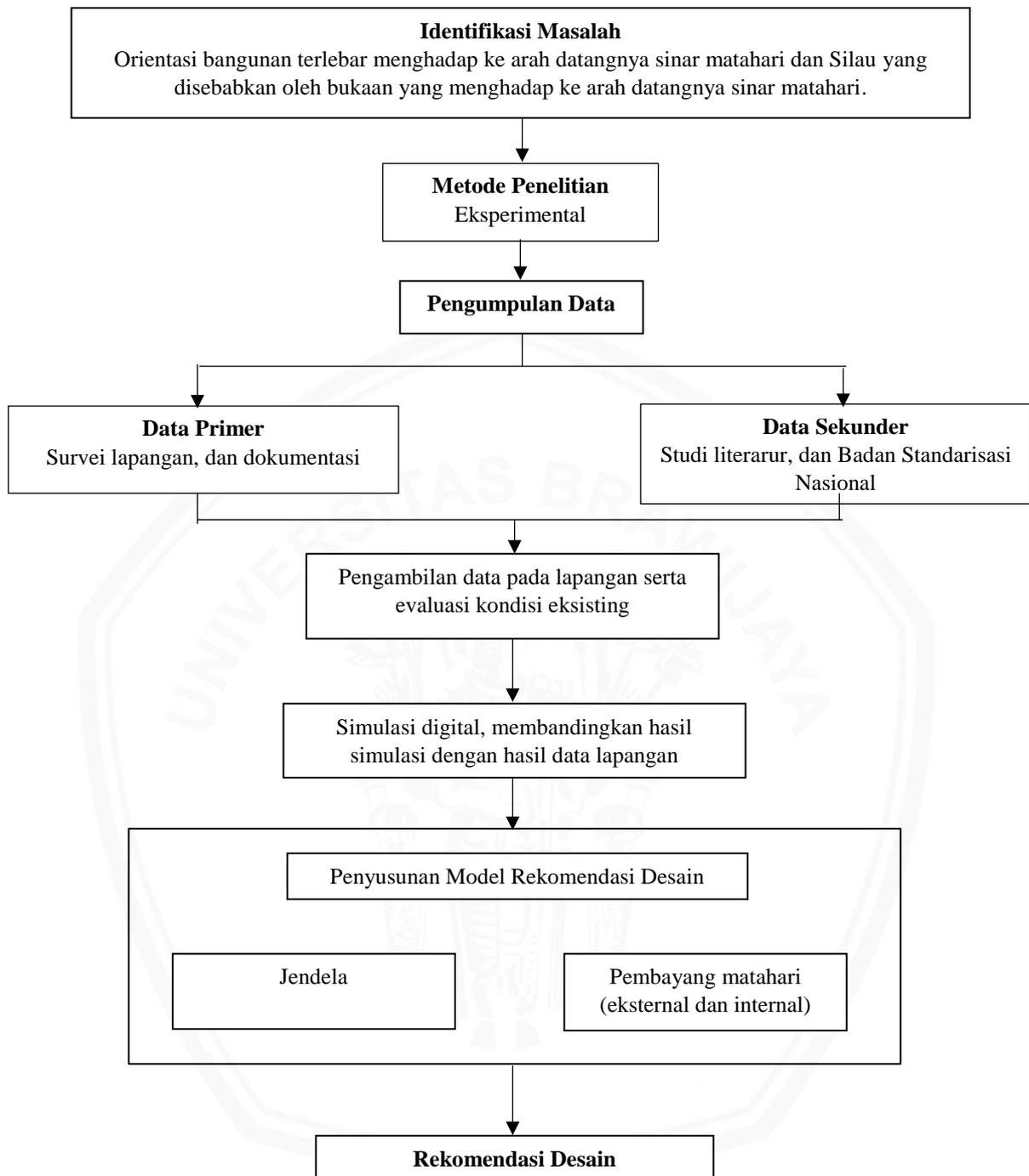
#### **3.8.2 Variabel terikat**

Variabel terikat merupakan faktor-faktor yang diamati dan diukur oleh peneliti dalam sebuah penelitian, untuk menentukan ada tidaknya pengaruh dari variabel bebas

1. Intensitas pencahayaan alami pada ruang dalam (lux)
2. Distribusi pencahayaan alami pada ruang dalam



### 3.9 Kerangka Metode Penelitian



Gambar 3.5 Kerangka metode penelitian

Halaman ini sengaja dikosongkan



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Deskripsi Objek Penelitian

Objek yang diteliti adalah ruang kelas pada Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto. Lokasi dari objek ini berada di Dusun Tambaksuruh Desa Tambakagung, Kecamatan Puri Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur. Batas-batas bangunan Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto antara lain sebagai berikut.

1. Bagian Utara berbatasan dengan rumah warga dengan ketinggian 1 lantai.
2. Bagian Selatan berbatasan dengan lahan kosong.
3. Bagian Barat berbatasan dengan toko sembako.
4. Bagian Timur berbatasan dengan rumah pengelola pondok dengan ketinggian 3 lantai.



Gambar 4.1 Site plan lokasi pondok pesantren

Berikut bangunan eksisting sekitar Pondok Pesantren Darul Hikam:



Gambar 4.2 Batasan bangunan



Gambar 4.3 Tampak depan bangunan



Gambar 4.4 Batas utara bangunan



Gambar 4.5 Batas selatan bangunan



Gambar 4. 6 Batas barat bangunan



Gambar 4. 7 Batas barat bangunan

Pondok Pesantren Darul Hikam ini mempunyai ketinggian bangunan 3 lantai dan mempunyai beberapa massa bangunan yang dibedakan sesuai fungsi. Arah hadap bangunan berorientasi ke arah utara dengan sisi bangunan terpanjang menghadap timur dan barat. Meninjau dari data bangunan sekitar, bangunan yang mempengaruhi datangnya cahaya matahari adalah bagian timur. Massa bangunan pengelola dengan ketinggian  $\pm 15$  m dengan jarak antar bangunan  $\pm 8$  m. Selain sisi bangunan tersebut tidak ditemui masalah dikarenakan ketinggian bangunan sekitar hanya 1 lantai.



Gambar 4. 8 Tampak tapak bangunan

#### 4.1.1 Analisis kondisi eksisting

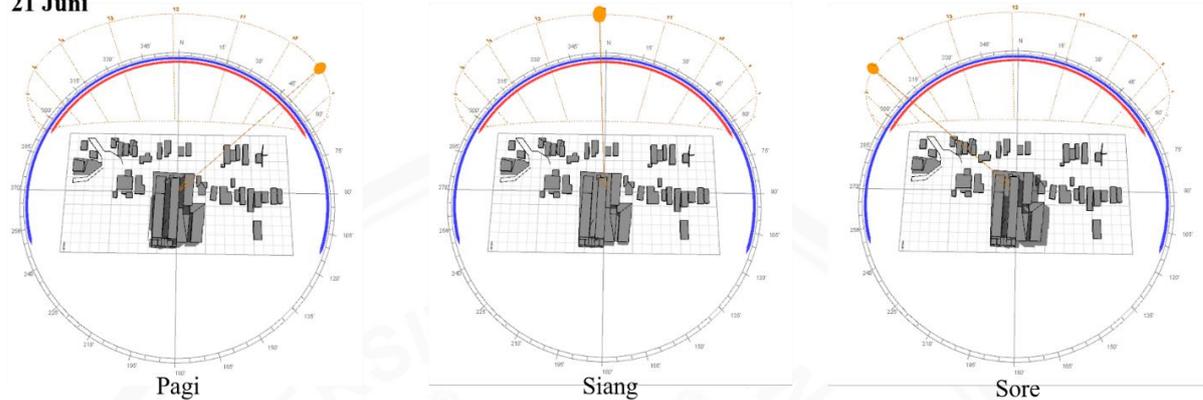
##### 1. Orientasi



Gambar 4.9 Orientasi bangunan

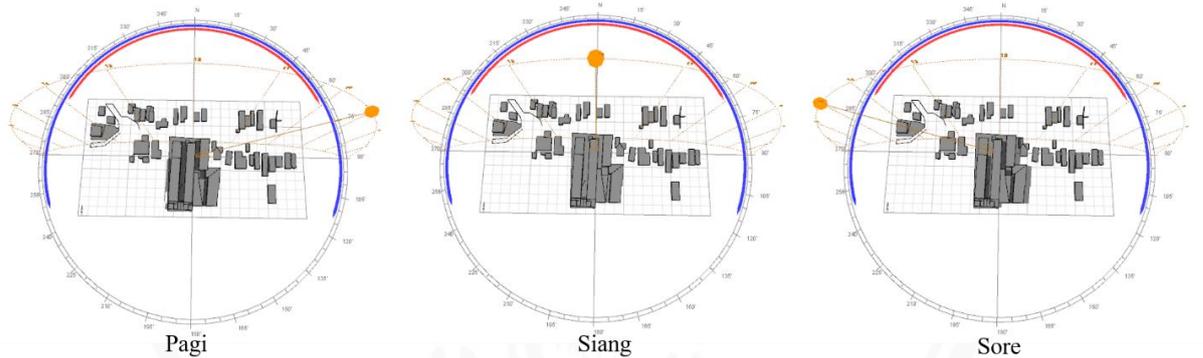
Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto terletak pada  $7^{\circ}30'41.0''$  Lintang Selatan  $112^{\circ}27'48.5''$  Bujur Timur. Bangunan ini memiliki ketinggian 2-3 lantai dan bangunan sekitar dengan ketinggian 1-2 lantai. Orientasi bangunan ini menghadap ke utara dengan dimensi bangunan terpanjang menghadap ke timur dan barat. Berikut merupakan pembayangan yang terjadi pada tapak.

**21 Juni**



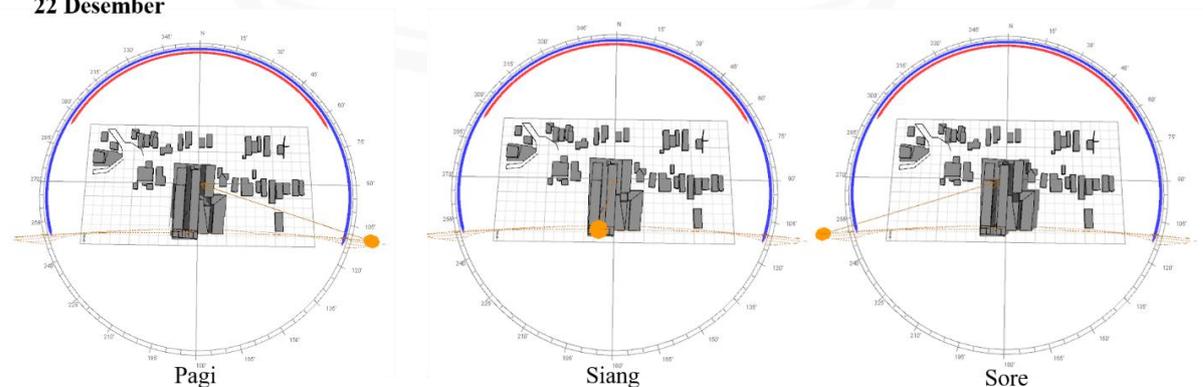
Gambar 4.10 Pembayangan bangunan 21 Juni

**21 Maret**



Gambar 4.11 Pembayangan bangunan 21 Juni

**22 Desember**



Gambar 4.12 Pembayangan bangunan 21 Juni

Pembayangan yang terjadi pada sekitar tapak tidak terlalu berdampak pada bangunan, hanya pada sisi timur bangunan terdapat massa bangunan pengelola dengan ketinggian 3 lantai. Pengoptimalan pencahayaan alami dapat dimanfaatkan, hal ini dapat ditinjau dari pembayang sekitar bangunan yang tidak terlalu mempengaruhi pencahayaan pada bangunan.

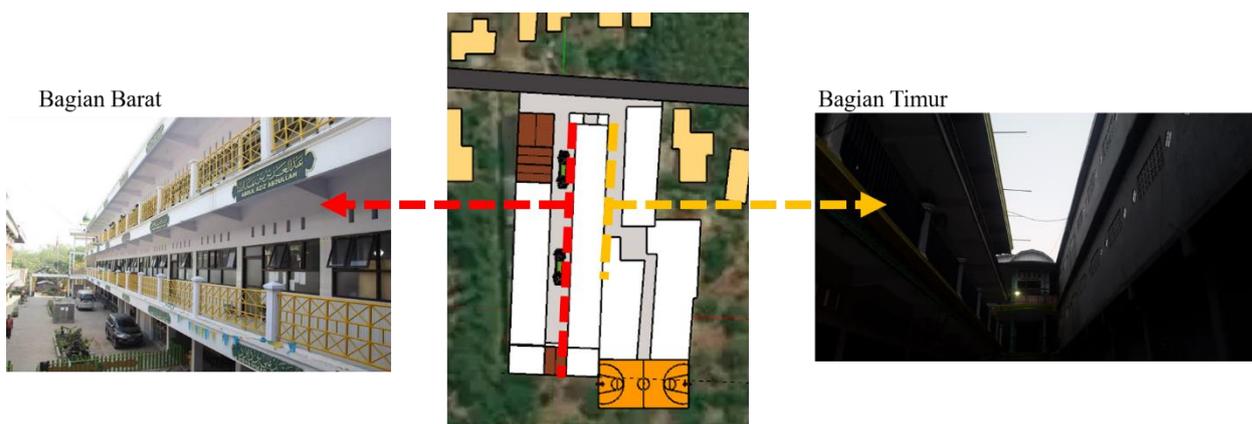


Gambar 4. 13 Fokus objek

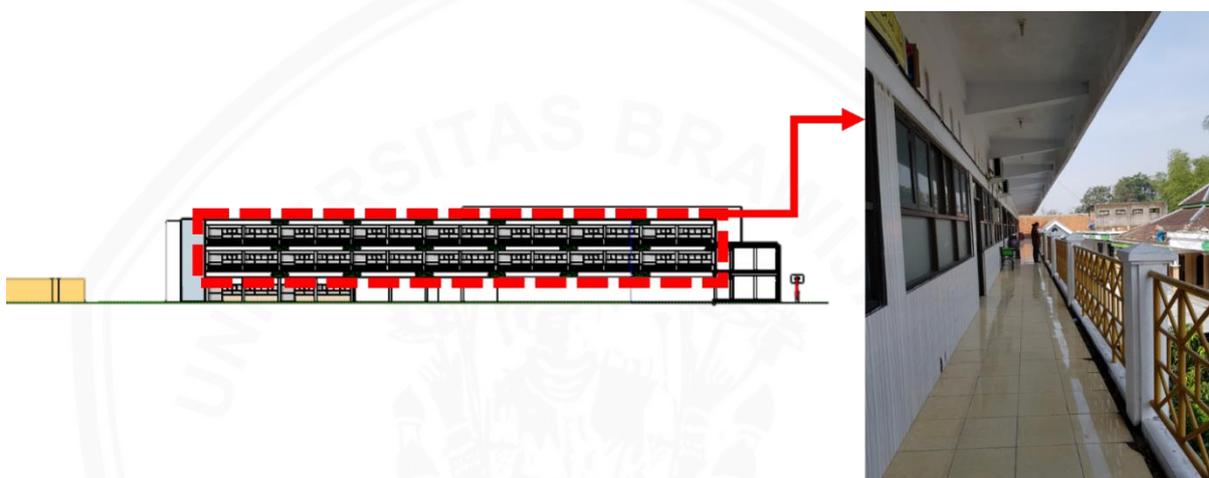
Fokus objek yang diteliti merupakan ruang kelas pada Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto yang dibagi menjadi 2 zona berdasarkan letak lantai. Area bangunan yang diteliti berupa ruang kelas yang dibagi menjadi 3 berdasarkan tingkatan pendidikannya (SD, SMP, SMA). Tiap tingkat pendidikan diambil 2 sample ruang kelas yang berdasar pada letak dan kondisi eksisting ruang kelas.

## 2. Eksisting Bukaan pada Bangunan

Massa bangunan sekolah pada Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto ini memanfaatkan sistem pencahayaan alami pada siang hingga sore. Jenis bukaan pada eksisting ruang kelas berupa bukaan samping (side lighting). Bukaan tersebut berada di sisi terpanjang bangunan yaitu timur dan barat. Pada bukaan sisi barat terdapat koridor yang berdimensi 1,6m beserta pembayangannya (shading). Sedangkan pada sisi bukaan timur tidak terdapat pembayang cahaya.

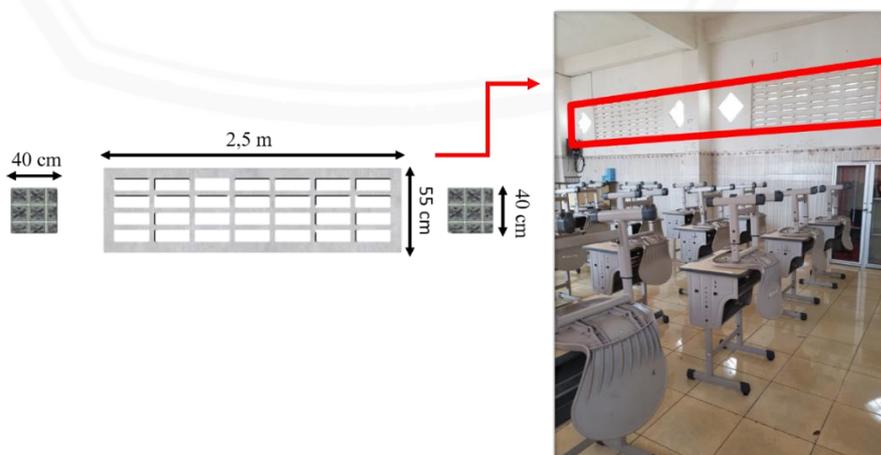


Gambar 4.14 Letak eksisting bukaan

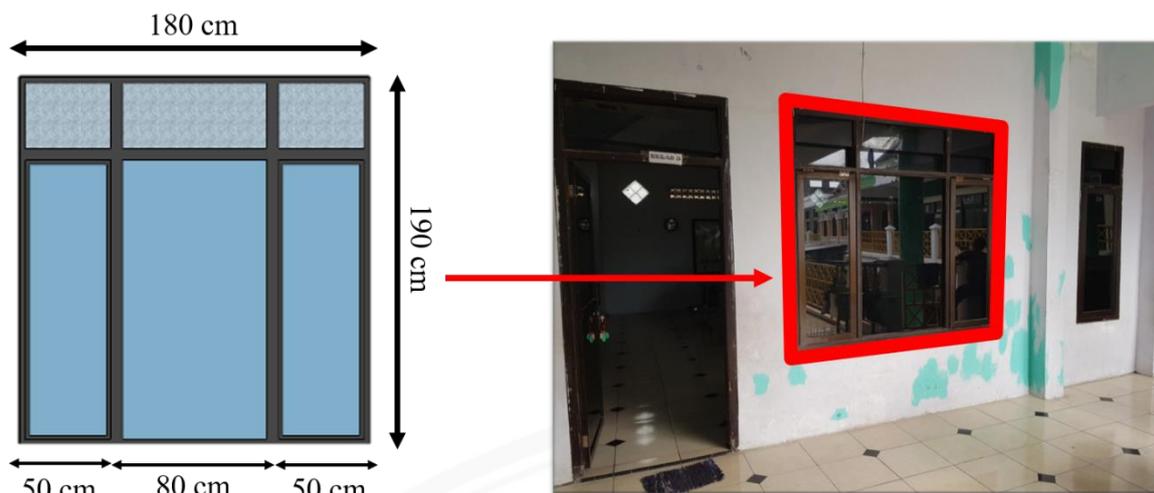


Gambar 4.15 Eksisting bukaan sisi barat

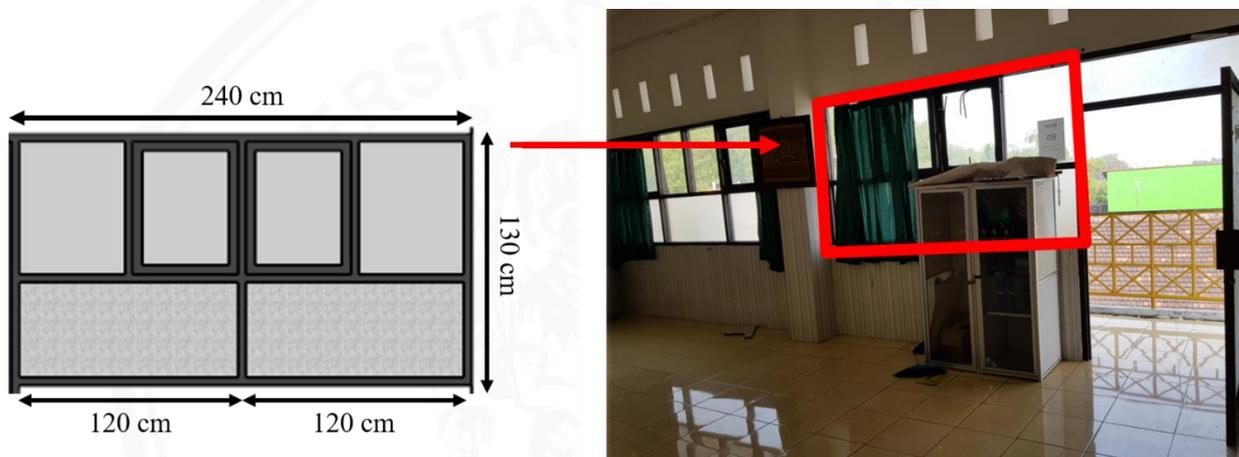
Pada sistem pencahayaan samping (*sidelighting*), hal seperti jenis, dimensi, dan material bukaan mempengaruhi distribusi cahaya yang masuk ke dalam ruang. Pada ruang kelas Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto ini mempunyai beberapa jenis bukaan sebagai berikut.



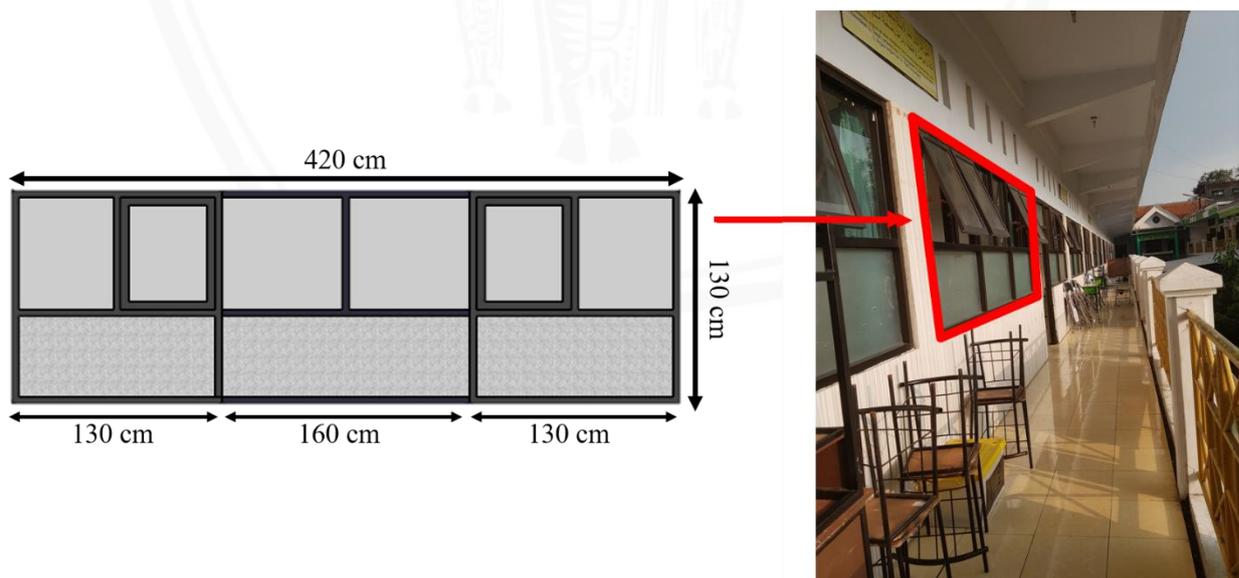
Gambar 4.16 Eksisting roster beton



Gambar 4.17 Eksisting jendela ruang kelas SD



Gambar 4.18 Eksisting jendela tipikal ruang kelas SMP dan SMA



Gambar 4.19 Eksisting tampak luar jendela ruang kelas SMP dan SMA

Ruang kelas di Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto ini mempunyai tipe bukaan yang tipikal. Kombinasi jenis jendela *awning* dan *fixed window* digunakan pada sisi ruang yang bersebelahan dengan koridor. Pada tiap ruang kelas juga dijumpai roster beton dan glass block pada sisi yang berlainan dengan jendela diatas. Dikarenakan ruang kelas berhadapan langsung dengan arah barat, material kaca es digunakan pada beberapa jendela yang bermaksud untuk mereduksi cahaya matahari yang berlebihan, dari hal tersebut dapat diketahui bahwa terdapat permasalahan dalam distribusi pencahayaan alami pada ruang kelas.

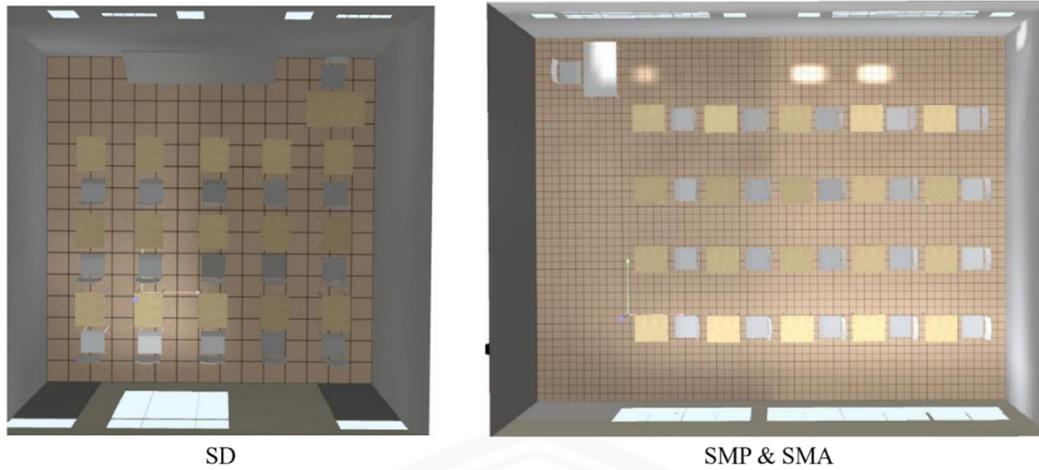
Menurut Badan Standarisasi Nasional, 2001, jendela, bukaan, pintu dan sarana lainnya dengan luas ventilasi tidak kurang dari 5% terhadap luas lantai dari ruangan yang membutuhkan cahaya yang cukup. Menurut SNI Departemen Pekerjaan Umum perbandingan ideal antara luas ruang dengan luas jendela adalah 20% untuk memenuhi syarat ruangan yang sehat. Sedangkan berdasarkan Neufert, Bidang jendela yang tembus cahaya harus meliputi minimal 20% bidang dasar ruang kerja. Analisis kesesuaian bukaan dilakukan untuk mengetahui presentase bukaan pada eksisting ruang kelas. Hal tersebut dapat ditentukan melalui perbandingan luas area bukaan dan luas ruangan.

Tabel 4.1 Rasio Bukaan Eksisting

<b>Ruang</b>	<b>Luas Bukaan</b>	<b>Luas Dinding</b>	<b>Rasio Bukaan</b>
Ruang Kelas SD	8,2 m <sup>2</sup>	36 m <sup>2</sup>	23%
Ruang Kelas SMP	12 m <sup>2</sup>	63 m <sup>3</sup>	19%
Ruang Kelas SMA	12 m <sup>2</sup>	63 m <sup>3</sup>	19%

### 3. Tata Ruang Perabot

Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto merupakan bangunan dengan fungsi pendidikan. Ruangan dengan fungsi utama pada pondok ini terletak pada lantai 2 dan 3 massa utama bangunan sekolah. Untuk tingkatan SD dan SMP terdapat pada lantai 2 serta SMA pada lantai 3 dengan tata ruang perabot sebagai berikut.



Gambar 4.20 Tata perabot eksisting

Pada umumnya ruang kelas berfungsi sebagai tempat aktivitas belajar dan mengajar. Tata letak perabot pada ruang kelas berbentuk linier. Perabot dalam tiap ruangan berupa kursi dan meja siswa serta guru yang bermaterial kayu dengan kaki kursi dari besi. Selain itu terdapat papan tulis sebagai arah hadap orientasi meja siswa. Perbedaan tata letak perabot pada tiap kelas hanya terdapat pada jumlah perabot dan orientasi. Pada ruang kelas SD orientasi perabot menghadap kearah selatan, sedangkan SMP dan SMA sebaliknya yaitu utara. Penggunaan material dalam ruangan juga berpengaruh pada besar kecil nya intensitas cahaya. Maka dari itu perlu diketahui nilai *reflectance* setiap material di dalam ruangan sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Reflektansi Interior Ruang Kelas SD

Elemen Ruang	Material	Warna	Nilai	
			Reflectance (%)	Standar Nilai Refleksi Cahaya (%) (Dharmaprawira, 2002)
Lantai	Keramik 30cm x 30cm	Coklat Muda	30	20-30
Dinding	Bata Finishing	Putih	50	40-50
Plafond	Plat Beton	Putih	80	30-80
Meja dan Kursi	Kayu	Coklat Muda	20	50-60

Tabel 4. 3 Reflektansi Interior Ruang Kelas SMP Dan SMA

Elemen Ruang	Material	Warna	Nilai Reflectance (%)	Standar Nilai Refleksi Cahaya (%) (Dharmaprawira, 2002)
Lantai	Keramik 30cm x 30cm	Coklat Muda	30	20-30
Dinding	Bata Finishing	Putih	50	40-50
Plafond	Gypsum	Putih	80	30-80
Meja dan Kursi	Kayu	Coklat Muda	20	50-60

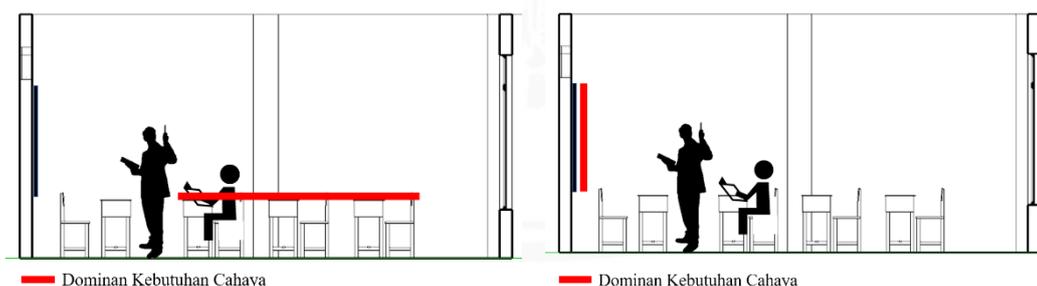
#### 4. Aktivitas

Berdasarkan perbandingan kurikulum 2013 yang digunakan pada pondok pesantren dengan KTSP yang digunakan oleh sekolah umum, diambil kesimpulan perbandingan aktivitas pada tiap ruang kelas sebagai berikut.

Tabel 4. 4 Perbandingan aktivitas K13 dengan KTSP

K13	KTSP
Semua mata pelajaran saling berkaitan. Pengajar hanya <b>menjelaskan dasar dari materi pelajaran di awal</b> , lalu murid melakukan pengamatan, diskusi antar siswa dan dengan guru, <i>trial and error</i> , serta menalar. Penerapan tersebut bertujuan agar siswa menjalani proses untuk memahami setiap materi yang diberikan dan memperdalam softskill dan hardskill. K13 menerapkan sistem pendidikan karakter.	Tiap mata pelajaran diajarkan dengan pendekatan yang berbeda. Pengajar <b>menjelaskan materi secara rinci</b> . Aktivitas di dalam ruang dominan pada pengamatan (mengamati).

Berdasarkan tabel diatas, dapat disimpulkan dominan aktivitas yang membutuhkan pencahayaan sebagai berikut



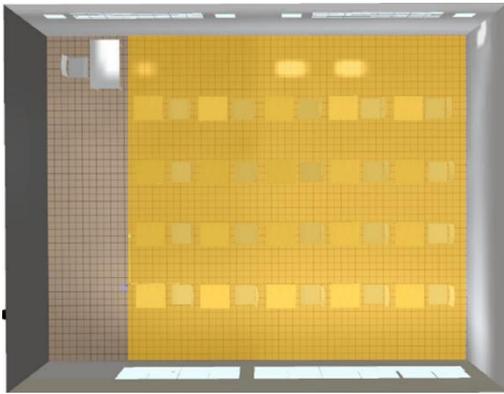
Dominan kebutuhan cahaya K13

Dominan kebutuhan cahaya KTSP

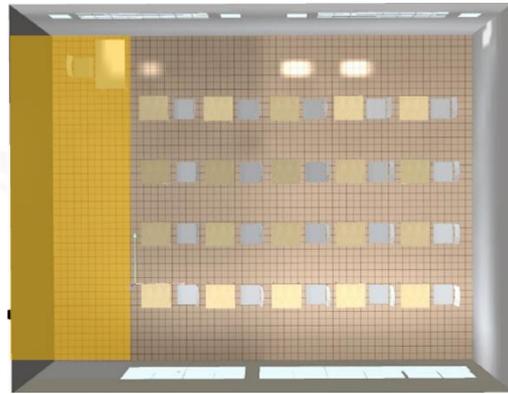
Gambar 4.21 Dominan kebutuhan cahaya K13

Garis merah merupakan kebutuhan cahaya terhadap aktivitas yang ada pada tiap kurikulum. Dominan aktivitas yang terjadi pada ruangan dengan sistem K13 berada pada area bangku siswa. Kesimpulan tersebut didapat berdasarkan aktivitas pengamatan oleh siswa ke papan tulis hanya sedikit dikarenakan materi hanya dijelaskan secara umum pada awal pembukaan materi pelajaran. Setelah itu siswa berproses memahami dan mendalami

materi melalui diskusi antar siswa maupun dengan guru, selain itu proses *trial and error* juga dilakukan tiap siswa dengan bantuan bimbingan dari guru. Sedangkan pada kurikulum KTSP, banyak aktivitas pengamatan oleh siswa ke papan tulis dikarenakan materi dijelaskan secara rinci oleh pengajar. Maka dari itu didapatkan simpulan *zoning* dengan perbedaan urgensi kebutuhan intensitas cahaya sesuai aktivitas sebagai berikut.



Prioritas kebutuhan cahaya K13

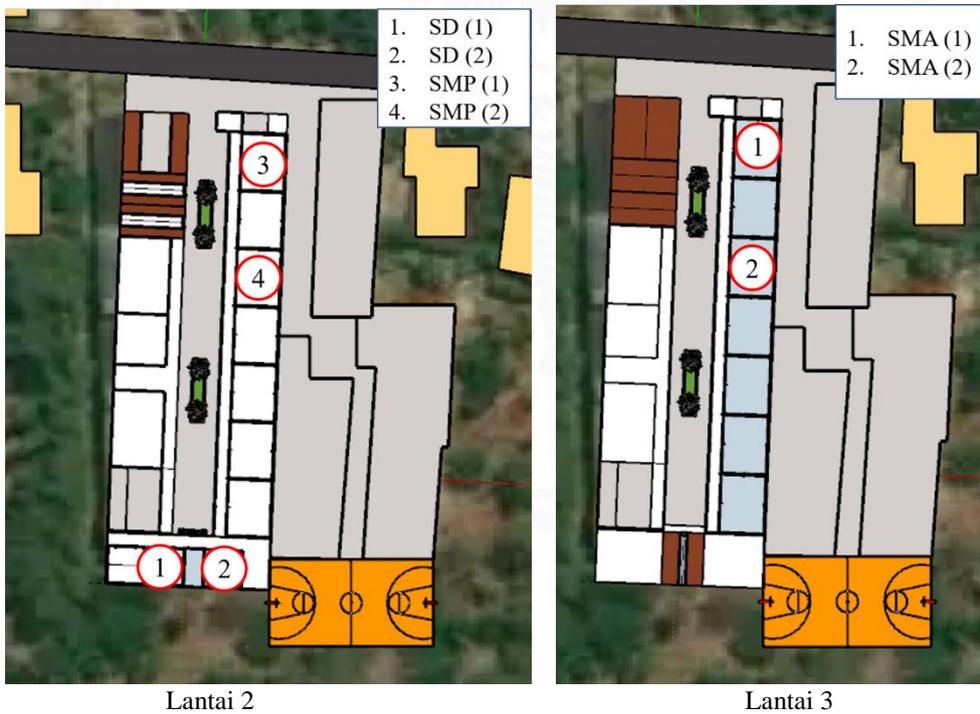


Prioritas kebutuhan cahaya KTSP

Gambar 4.22 Prioritas kebutuhan cahaya

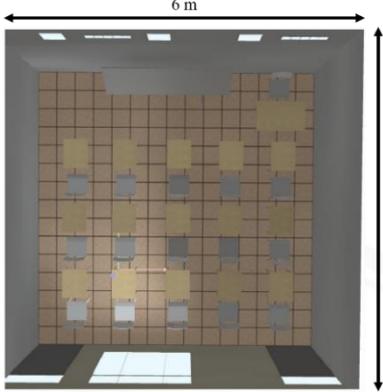
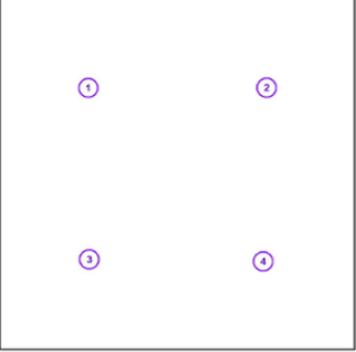
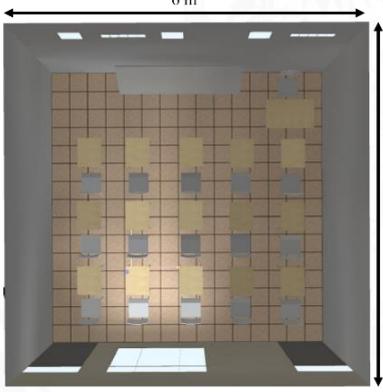
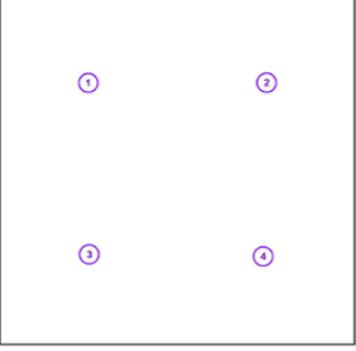
#### 4.2 Hasil Pengukuran Tingkat Pencahayaan Alami Eksisting

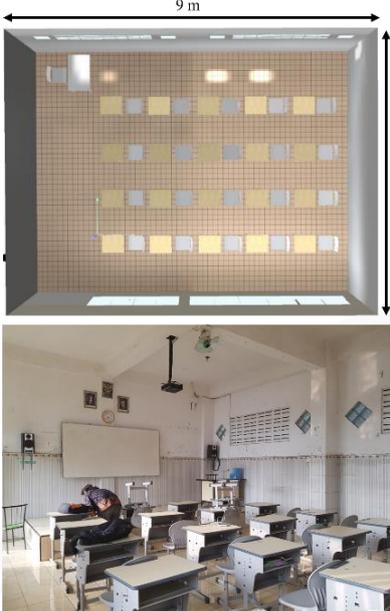
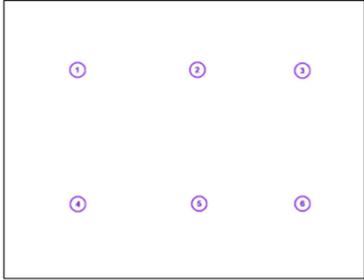
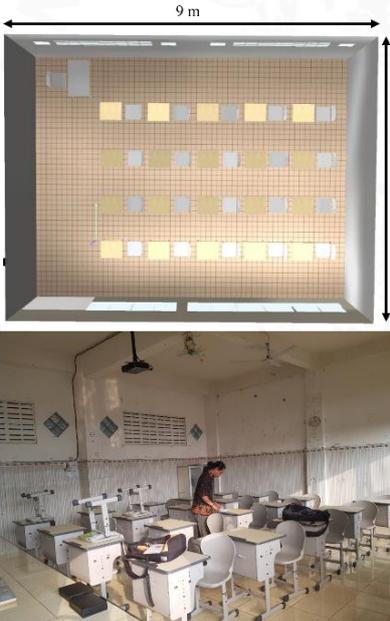
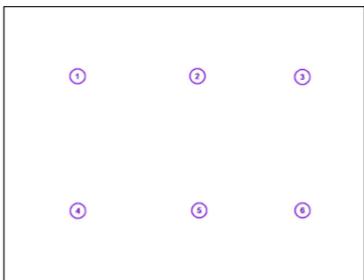
Berikut merupakan gambaran besar mengenai daftar ruang yang diteliti.

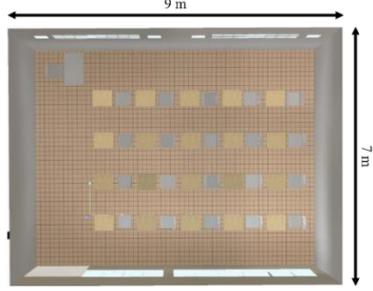
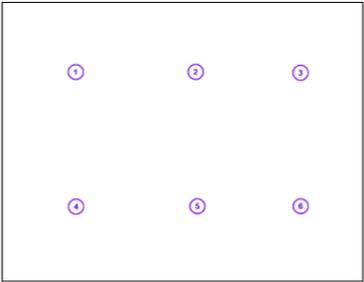
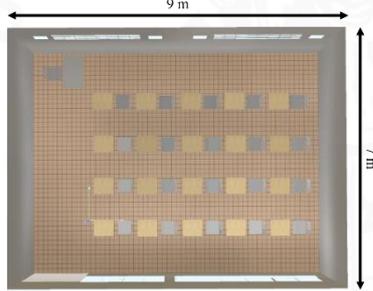
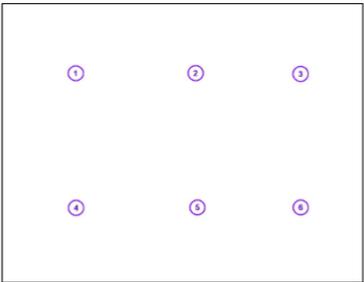


Gambar 4.23 Letak ruang yang diteliti

Tabel 4. 5 Gambaran Ruang yang Diteliti

No	Nama Ruang	Dimensi Ruang	Titik Ukur	Rasio Bukaannya
1	Ruang Kelas SD (1)	<p>Luas ruangan 6m x 6m : 36 m<sup>2</sup></p>  		23%
2	Ruang Kelas SD (2) Luas ruangan 36 m <sup>2</sup>	<p>Luas ruangan 6m x 6m : 36 m<sup>2</sup></p>  		23%

No	Nama Ruang	Dimensi Ruang	Titik Ukur	Rasio Bukaan
3	Ruang Kelas SMP (1) Luas ruangan 63 m <sup>2</sup>	<p>Luas ruangan 9m x 7m : 63 m<sup>2</sup></p> 		19%
4	Ruang Kelas SMP (2) Luas ruangan 63 m <sup>2</sup>	<p>Luas ruangan 9m x 7m : 63 m<sup>2</sup></p> 		19%

No	Nama Ruang	Dimensi Ruang	Titik Ukur	Rasio Bukaan
5	Ruang Kelas SMA (1) Luas ruangan 63 m <sup>2</sup>	Luas ruangan 9m x 7m : 63 m <sup>2</sup>  		19%
6	Ruang Kelas SMA (2) Luas ruangan 63 m <sup>2</sup>	Luas ruangan 9m x 7m : 63 m <sup>2</sup>  		19%

### 1. Ruang Kelas SD

Ruang kelas SD terletak pada lantai 2 dan memiliki luas ruang 36 m<sup>2</sup>. Titik ukur untuk pengukuran langsung intensitas pencahayaan alami ditentukan berdasarkan Badan Standarisasi Nasional, 2001, yaitu apabila ruangan memiliki luas kurang dari 100 m<sup>2</sup>, maka titik ukur ditentukan setiap 3 m dengan 4 jumlah titik ukur. Pengukuran menggunakan luxmeter dan dilakukan pada hari jumat, 13 dan 14 Juli 2018, dalam sehari pengukuran

dilakukan 3 kali pengukuran, yaitu pukul 08.45- selesai, pukul 12.32 - selesai, dan pukul 15.30 – selesai. Pengukuran dilakukan saat cuaca cerah, keadaan pencahayaan buatan ruang tidak menyala dan gordena terbuka.

Pada ruang kelas SD lantai 2 ini didapatkan besaran lux pada setiap titik ukurnya sebagai berikut.

#### A. SD (1)

Tabel 4. 6 Pengukuran Tingkat Pencahayaan Alami Eksisting Ruang Kelas SD (1)

TABEL PENGUKURAN

Nama ruang : R. Kelas SD Lt. 2  
Tgl pengukuran: 13 Juli 2018

No	Titik Ukur	Waktu	Pagi (cerah berawan)			Siang (cerah)			Sore (cerah)					
			Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL	
1	A	9:25	125	15900	0,0078616	12:36	26	21600	0,001204	15:32	32	19300	0,001658	
2	C	9:31	110	15900	0,0069182	12:40	21	21600	0,000972	15:36	35	19300	0,001813	
3	D	9:34	92	14800	0,0062162	12:42	15	27800	0,00054	15:38	18	17500	0,001029	
4	F	9:40	67	14800	0,004527	12:46	28	27800	0,001007	15:42	26	17500	0,001486	
			98,5	15350	0,0063808				22,5	24700	0,000931			
												27,75	18400	0,001496

Berdasarkan tabel pengukuran intensitas pencahayaan diatas, dapat dijelaskan bahwa intensitas cahaya pada ruang kelas SD (1) belum memenuhi standar Badan Standarisasi Nasional ruang kelas yaitu 250 lux. Data pengukuran eksisting ruang kelas menunjukkan tingkat pencahayaan yang berkisar antara 15-125 lux dengan rata-rata 49,5 lux.

#### B. SD (2)

Tabel 4. 7 Pengukuran Tingkat Pencahayaan Alami Eksisting Ruang Kelas SD (2)

TABEL PENGUKURAN

Nama ruang : R. Kelas SD Lt. 2  
Tgl pengukuran: 14 Juli 2018

No	Titik Ukur	Waktu	Pagi (cerah berawan)			Siang (cerah berawan)			Sore (cerah berawan)					
			Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL	
1	1	9:25	32	15500	0,002065	12:36	96	38700	0,002481	15:32	37	19600	0,001888	
2	3	9:31	25	15500	0,001613	12:40	82	38700	0,002119	15:36	39	19600	0,00199	
3	4	9:34	28	15900	0,001761	12:42	195	34300	0,005685	15:38	19	18400	0,001033	
4	6	9:40	23	15900	0,001447	12:46	175	34300	0,005102	15:42	25	18400	0,001359	
			27	15700	0,001721				137	36500	0,003847			
												30	19000	0,001567

Berdasarkan tabel pengukuran intensitas pencahayaan diatas, dapat dijelaskan bahwa intensitas cahaya pada ruang kelas SD (2) belum memenuhi standar Badan Standarisasi Nasional ruang kelas yaitu 250 lux. Data pengukuran eksisting ruang kelas menunjukkan tingkat pencahayaan yang berkisar antara 19-195 lux dengan rata-rata 64,6 lux.

## 2. Ruang Kelas SMP

Ruang kelas SMP terletak pada lantai 2 dan memiliki luas ruang 63 m<sup>2</sup>, maka titik ukur ditentukan setiap 3 m dengan 6 jumlah titik ukur. Pengukuran menggunakan luxmeter dan dilakukan pada hari Jumat, 13 dan 14 Juli 2018, dalam sehari pengukuran dilakukan 3 kali pengukuran, yaitu pukul 08.45- selesai, pukul 12.32 - selesai, dan pukul 15.30 – selesai. Pengukuran dilakukan saat cuaca cerah, keadaan pencahayaan buatan ruang tidak menyala dan gordena terbuka.

Pada ruang kelas SMP lantai 2 ini didapatkan besaran lux pada setiap titik ukurnya sebagai berikut.

### A. SMP (1)

Tabel 4. 8 Pengukuran Tingkat Pencahayaan Alami Eksisting Ruang Kelas SMP (1)

TABEL PENGUKURAN

Nama ruang : R. Kelas SMP Lt. 2  
Tgl pengukuran: 13 Juli 2018

No	Titik Ukur	Waktu	Pagi (cerah berawan)			Siang (cerah)			Sore (cerah)				
			Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL
1	A	8:45	143	14800	0,009662	12:32	110	36700	0,002997	15:30	262	19400	0,013505
2	B	8:48	141	14800	0,009527	12:34	116	36700	0,003161	15:32	237	19400	0,012216
3	C	8:51	158	14800	0,010676	12:36	107	36700	0,002916	15:34	253	19400	0,013041
4	D	8:54	125	13600	0,009191	12:38	121	38500	0,003143	15:36	289	18200	0,015879
5	E	8:57	192	13600	0,014118	12:40	187	38500	0,004857	15:38	431	18200	0,023681
6	F	9:00	191	13600	0,014044	12:42	187	38500	0,004857	15:40	370	18200	0,02033
			158,33	14200	0,011203		138	37600	0,003655		307	18800	0,016442

Berdasarkan tabel pengukuran intensitas pencahayaan diatas, dapat dijelaskan bahwa intensitas cahaya pada ruang kelas SMP (1) belum memenuhi standar Badan Standarisasi Nasional ruang kelas yaitu 250 lux. Data pengukuran eksisting ruang kelas menunjukkan tingkat pencahayaan yang berkisar antara 107-431 lux dengan rata-rata 201,1 lux. Pada distribusi pencahayaan sore hari, beberapa titik menunjukkan angka yang mendekati standar. Titik tertinggi terletak di sebelah area bukaan yaitu 431 lux, sedangkan titik terendah berada pada area samping roster beton yaitu 237 lux. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan dalam ruang kelas SMP (1) tidak merata.

## B. SMP (2)

Tabel 4. 9 Pengukuran Tingkat Pencahayaan Alami Eksisting Ruang Kelas SMP (2)

TABEL PENGUKURAN

Nama ruang : R. Kelas SMP Lt. 2  
Tgl pengukuran: 14 Juli 2018

No	Titik Ukur	Waktu	Pagi (cerah berawan)			Siang (cerah berawan)				Sore (cerah berawan)					
			Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL		
1	1	8:45	197	15300	0,0128758	12:32	179	35200	0,005085	15:30	273	19100	0,014293		
2	2	8:48	195	15300	0,0127451	12:34	182	35200	0,00517	15:32	284	19100	0,014869		
3	3	8:51	194	15300	0,0126797	12:36	184	35200	0,005227	15:34	291	19100	0,015236		
4	4	8:54	177	14800	0,0119595	12:38	105	36900	0,002846	15:36	321	17800	0,018034		
5	5	8:57	181	14800	0,0122297	12:40	109	36900	0,002954	15:38	263	17800	0,014775		
6	6	9:00	165	14800	0,0111486	12:42	97	36900	0,002629	15:40	299	17800	0,016798		
			184,8333	15050	0,0122731			142,6667	36050	0,003985			288,5	18450	0,015667

Berdasarkan tabel pengukuran intensitas pencahayaan diatas, dapat dijelaskan bahwa intensitas cahaya pada ruang kelas SMP (2) belum memenuhi standar Badan Standarisasi Nasional ruang kelas yaitu 250 lux. Data pengukuran eksisting ruang kelas menunjukkan tingkat pencahayaan yang berkisar antara 97-321 lux dengan rata-rata 205,33 lux. Pada distribusi pencahayaan sore hari sudah menunjukkan angka tingkat pencahayaan yang berada pada kisaran zona nyaman yaitu 250-350 lux. beberapa titik menunjukkan angka yang mendekati standar.

### 3. Ruang Kelas SMA

Ruang kelas SMA terletak pada lantai 3 dan memiliki luas ruang 63 m<sup>2</sup>, maka titik ukur ditentukan setiap 3 m dengan 6 jumlah titik ukur. Pengukuran menggunakan luxmeter dan dilakukan pada hari Jumat, 13 dan 14 Juli 2018, dalam sehari pengukuran dilakukan 3 kali pengukuran, yaitu pukul 08.45- selesai, pukul 12.32 - selesai, dan pukul 15.30 – selesai. Pengukuran dilakukan saat cuaca cerah, keadaan pencahayaan buatan ruang tidak menyala dan gordena terbuka.

Pada ruang kelas SMA lantai 3 ini didapatkan besaran lux pada setiap titik ukurnya sebagai berikut.

## A. SMA (1)

Tabel 4. 10 Pengukuran Tingkat Pencahayaan Alami Eksisting Ruang Kelas SMA (1)

TABEL PENGUKURAN

Nama ruang : R. Kelas SMA Lt. 3

Tgl pengukuran: 13 Juli 2018

No	Titik Ukur	Waktu	Pagi (cerah berawan)			Siang (cerah)			Sore (cerah berawan)							
			Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL			
1	A	9:05	210	14700	0,0142857	13:05	317	36200	0,008757	15:10	184	16900	0,010888			
2	B	9:08	216	14700	0,0146939	13:07	321	36200	0,008867	15:12	167	16900	0,009882			
3	C	9:11	203	14700	0,0138095	13:09	382	36200	0,010552	15:14	179	16900	0,010592			
4	D	9:14	203	13900	0,0146043	13:11	309	34000	0,009088	15:16	221	17600	0,012557			
5	E	9:17	194	13900	0,0139568	13:13	432	34000	0,012706	15:18	275	17600	0,015625			
6	F	9:20	192	13900	0,0138129	13:15	440	34000	0,012941	15:20	252	17600	0,014318			
			203	14300	0,0141939				366,8333	35100	0,010485			213	17250	0,01231

Berdasarkan tabel pengukuran intensitas pencahayaan diatas, dapat dijelaskan bahwa intensitas cahaya pada ruang kelas SMA (1) beberapa titik memenuhi Badan Standarisasi Nasional ruang kelas yaitu 250 lux. Data pengukuran eksisting ruang kelas menunjukkan tingkat pencahayaan yang berkisar antara 179-440 lux dengan rata-rata 260,94 lux. Pada distribusi pencahayaan siang dan sore hari, beberapa titik menunjukkan angka yang mendekati standar (zona nyaman 250-350 lux). Pada siang hari titik 5 dan 6 yang berdekatan dengan jendela melebihi batas zona nyaman. Sedangkan pada sore hari, hanya titik yang bersebelahan dengan jendela yang memenuhi range zona nyaman. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan dalam ruang kelas SMA (1) tidak merata.

## B. SMA (2)

Tabel 4. 11 Pengukuran Tingkat Pencahayaan Alami Eksisting Ruang Kelas SMA (2)

TABEL PENGUKURAN

Nama ruang : R. Kelas SMA Lt. 3

Tgl pengukuran: 14 Juli 2018

No	Titik Ukur	Waktu	Pagi (cerah)			Siang (cerah)			Sore (cerah)							
			Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL			
1	1	9:05	218	15200	0,014342	13:05	197	35500	0,005549	15:10	182	17200	0,010581			
2	2	9:08	223	15200	0,014671	13:07	183	35500	0,005155	15:12	175	17200	0,010174			
3	3	9:11	199	15200	0,013092	13:09	166	35500	0,004676	15:14	169	17200	0,009826			
4	4	9:14	199	14800	0,013446	13:11	152	31300	0,004856	15:16	147	18000	0,008167			
5	5	9:17	187	14800	0,012635	13:13	148	31300	0,004728	15:18	143	18000	0,007944			
6	6	9:20	188	14800	0,012703	13:15	163	31300	0,005208	15:20	133	18000	0,007389			
			202,3333	15000	0,013482				168,1667	33400	0,005029			158,1667	17600	0,009014

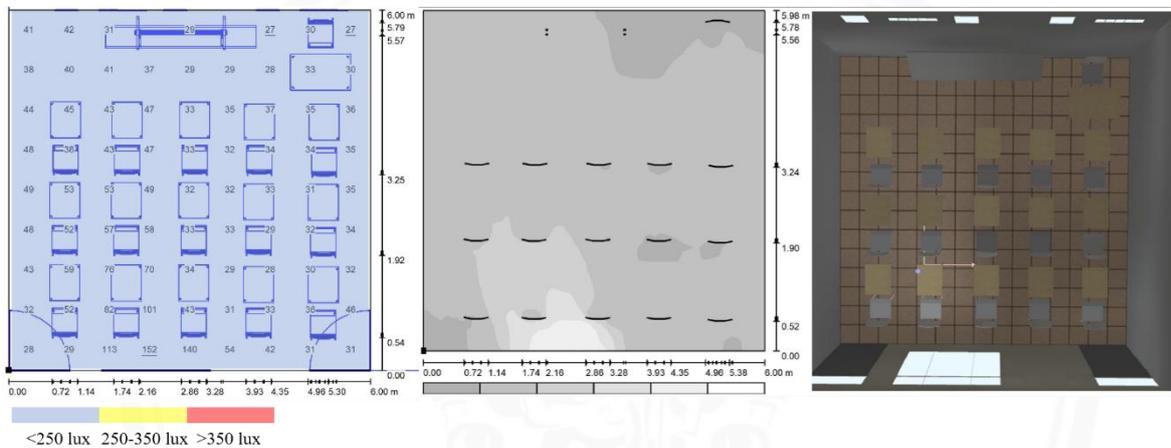
Berdasarkan tabel pengukuran intensitas pencahayaan diatas, dapat dijelaskan bahwa intensitas cahaya pada ruang kelas SMA (2) belum memenuhi standar Badan Standarisasi Nasional ruang kelas yaitu 250 lux. Data pengukuran eksisting ruang kelas menunjukkan tingkat pencahayaan yang berkisar antara 133-223 lux dengan rata-rata 176,2 lux.

### 4.3 Hasil Simulasi Tingkat Pencahayaan Alami Eksisting

Simulasi diperlukan guna mengetahui tingkat pencahayaan alami pada ruang kelas dengan menggunakan software Dialux 4.12. Proses pengerjaan simulasi dimulai dengan membuat permodelan dengan kondisi yang semirip mungkin dengan eksisting. Hal itu bertujuan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang sesuai/mendekati dengan hasil pengukuran lapangan agar data yang didapatkan bisa dikatakan *valid*. Simulasi diatur pada tanggal dan waktu yang sama sesuai dengan pengukuran lapangan yaitu tanggal 13 Juli 2018 dan 14 Juli 2018 pada pagi (08.45), siang (12.30), dan sore (15.00).

#### 1. Ruang Kelas SD (1)

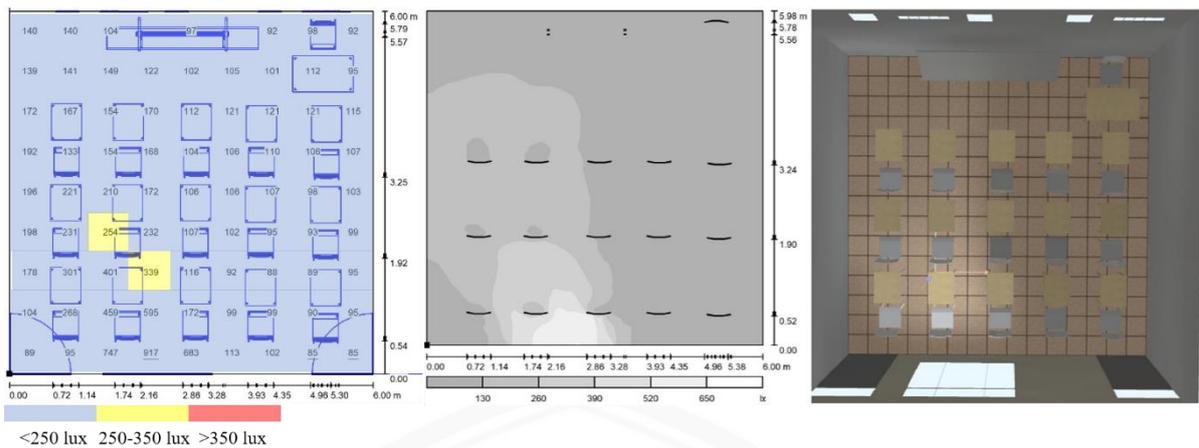
##### A. Pagi



Gambar 4.24 Tingkat pencahayaan alami eksisting ruang kelas SD (1) pagi

Berdasarkan hasil simulasi ruang kelas SD (1) pada pagi hari dapat disimpulkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang tersebut belum memenuhi standar. Pada *grayscale*, distribusi pencahayaan alami terlihat tidak merata dan hanya terfokus pada satu area di sisi utara.

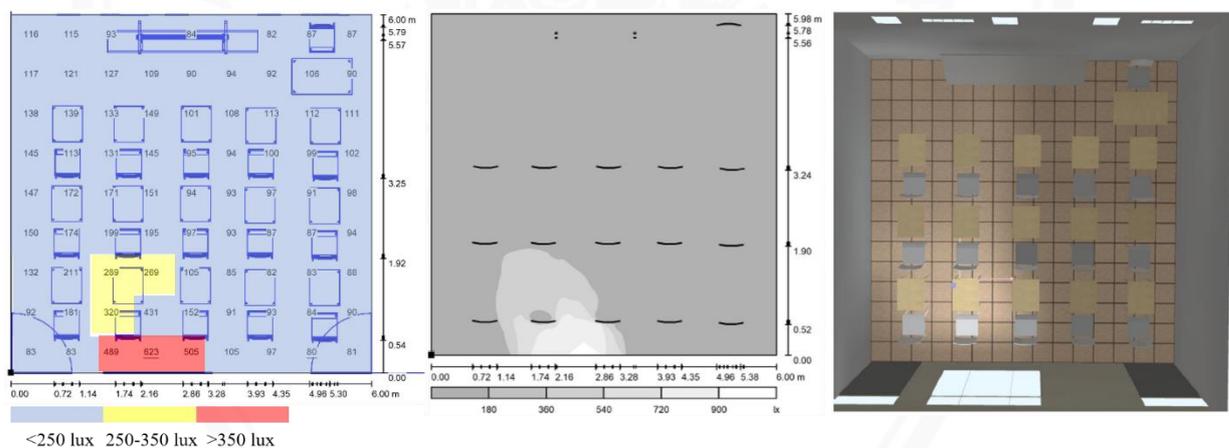
## B. Siang



Gambar 4.25 Tingkat pencahayaan alami eksisting ruang kelas SD (1) siang

Berdasarkan data hasil simulasi ruang kelas SD (1) pada siang hari dapat disimpulkan bahwa area yang memenuhi standar intensitas pencahayaan alami pada ruang tersebut hanya 2% dari keseluruhan ruangan yang memenuhi standar. Pada *grayscale*, distribusi pencahayaan alami terlihat lebih baik dari pagi hari namun tetap belum merata.

## C. Sore



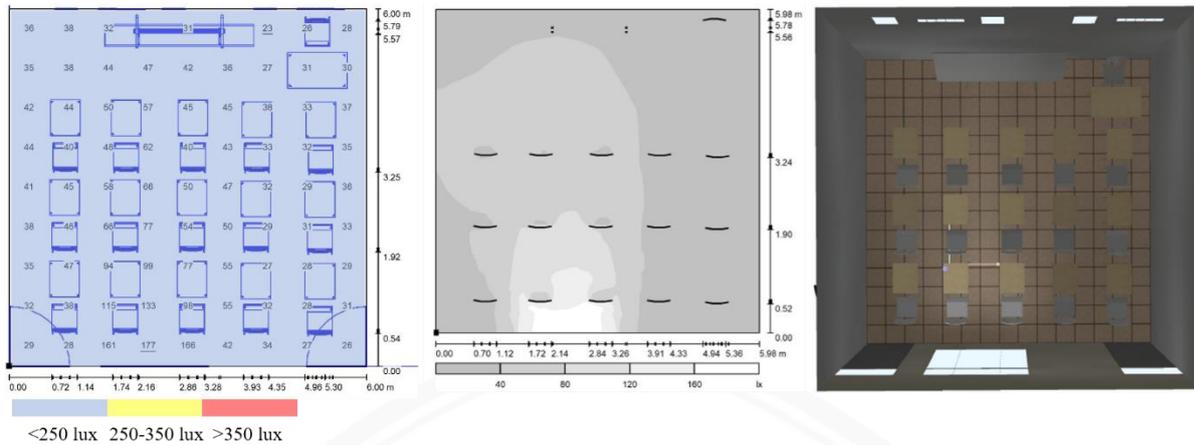
Gambar 4.26 Tingkat pencahayaan alami eksisting ruang kelas SD (1) sore

Berdasarkan data hasil simulasi ruang kelas SD (1) pada sore hari dapat disimpulkan bahwa area yang memenuhi standar intensitas pencahayaan alami pada ruang tersebut hanya 3% dari keseluruhan ruangan yang memenuhi standar. Pada *grayscale*, distribusi pencahayaan alami terlihat lebih baik dari siang hari namun tetap belum merata.

Hasil simulasi adalah simulasi yang di lakukan pada pagi, siang dan sore hari dengan kondisi penerangan buatan semua dimatikan dan *gorden* terbuka. Rata-rata cahaya pada ruang ini 143 lux.

2. Ruang Kelas SD (2)

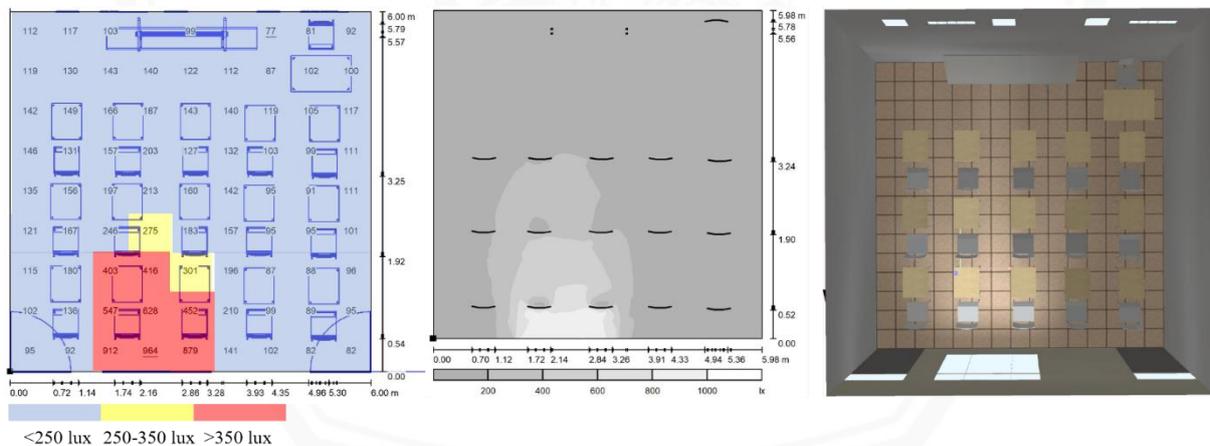
A. Pagi



Gambar 4.27 Tingkat pencahayaan alami eksisting ruang kelas SD (2) pagi

Berdasarkan hasil simulasi ruang kelas SD (2) pada pagi hari dapat disimpulkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang tersebut belum memenuhi standar. Pada *grayscale*, distribusi pencahayaan alami terlihat tidak merata dan hanya terfokus pada satu area di sisi utara.

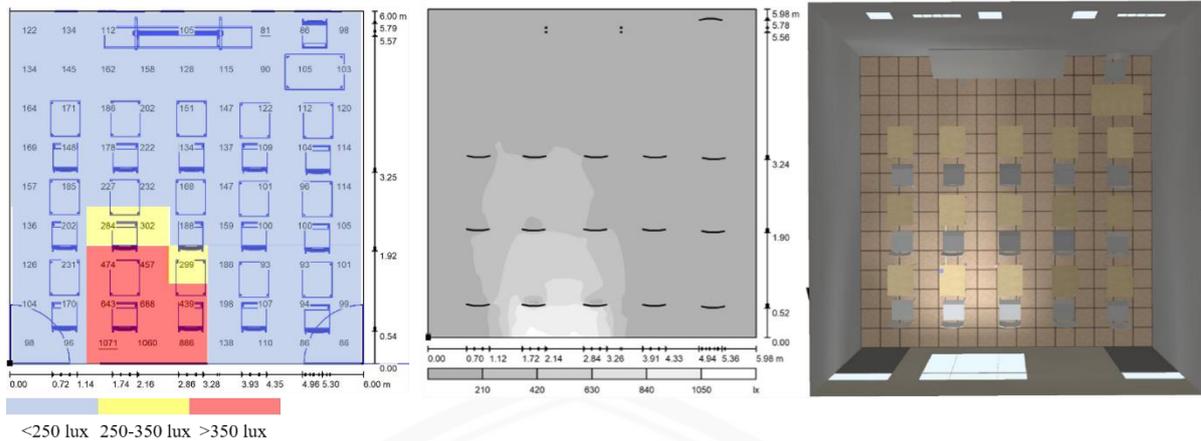
B. Siang



Gambar 4.28 Tingkat pencahayaan alami eksisting ruang kelas SD (2) siang

Berdasarkan data hasil simulasi ruang kelas SD (2) pada siang hari dapat disimpulkan bahwa area yang memenuhi standar intensitas pencahayaan alami pada ruang tersebut hanya 2% dari keseluruhan ruangan yang memenuhi standar. Pada *grayscale*, distribusi pencahayaan alami terlihat lebih baik dari pagi hari namun tetap belum merata.

### C. Sore



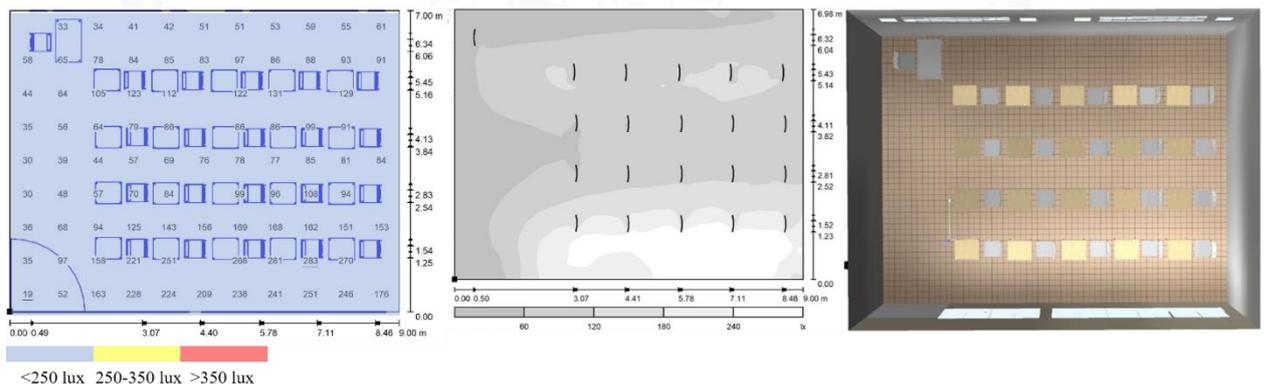
Gambar 4.29 Tingkat pencahayaan alami eksisting ruang kelas SD (2) sore

Berdasarkan data hasil simulasi ruang kelas SD (2) pada sore hari dapat disimpulkan bahwa intensitas area yang memenuhi standar pencahayaan alami pada ruang tersebut hanya 3% dari keseluruhan ruangan yang memenuhi standar. Pada *grayscale*, distribusi pencahayaan alami terlihat lebih baik dari siang hari namun tetap belum merata.

Hasil simulasi adalah simulasi yang dilakukan pada pagi, siang dan sore hari dengan kondisi penerangan buatan semua dimatikan dan *gorden* terbuka. Rata-rata cahaya pada ruang ini 152 lux.

## 3. Ruang Kelas SMP (1)

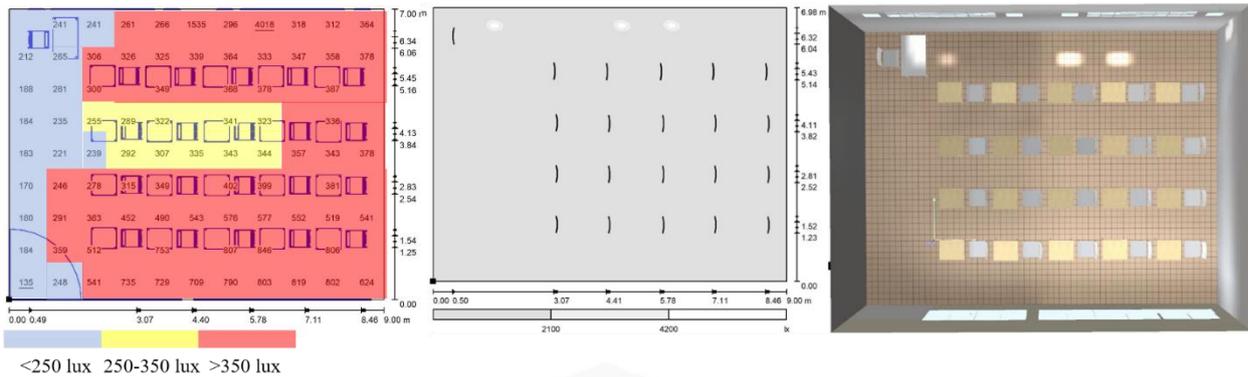
### A. Pagi



Gambar 4.30 Tingkat pencahayaan alami eksisting ruang kelas SMP (1) pagi

Berdasarkan hasil simulasi ruang kelas SMP (1) pada pagi hari dapat disimpulkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang tersebut belum memenuhi standar. Pada *grayscale*, distribusi pencahayaan alami terlihat tidak merata dan hanya terfokus pada satu area di sisi barat.

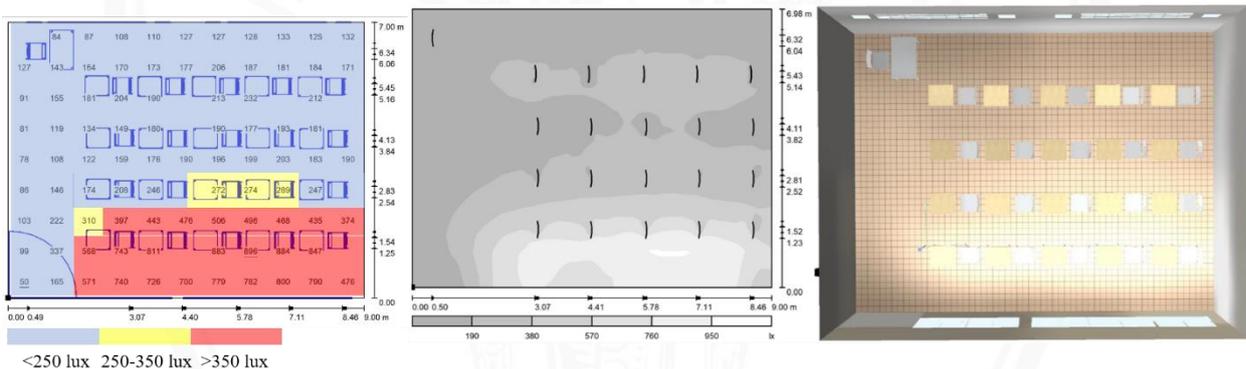
## B. Siang



Gambar 4.31 Tingkat pencahayaan alami eksisting ruang kelas SMP (1) siang

Berdasarkan data hasil simulasi ruang kelas SMP (1) pada siang hari dapat disimpulkan bahwa area yang memenuhi standar intensitas pencahayaan alami pada ruang tersebut sebesar 9% dari keseluruhan ruangan yang memenuhi standar. Pada *grayscale*, distribusi pencahayaan alami terlihat lebih baik dari pagi hari namun tetap belum merata.

## C. Sore



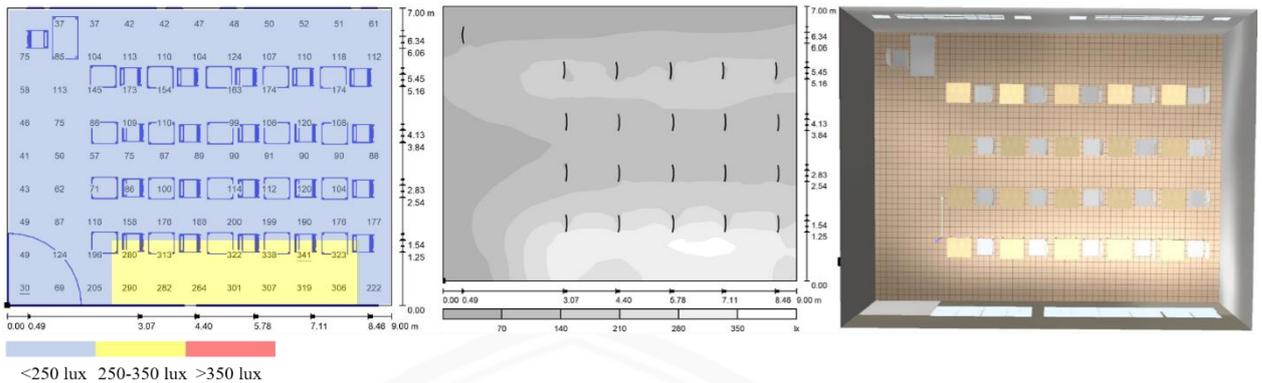
Gambar 4.32 Tingkat pencahayaan alami eksisting ruang kelas SMP (1) sore

Berdasarkan data hasil simulasi ruang kelas SMP (1) pada sore hari dapat disimpulkan bahwa intensitas area yang memenuhi standar pencahayaan alami pada ruang tersebut hanya 3% dari keseluruhan ruangan yang memenuhi standar. Pada *grayscale*, distribusi pencahayaan alami terlihat pencahayaan terfokus pada sisi barat.

Hasil simulasi adalah simulasi yang di lakukan pada pagi, siang dan sore hari dengan kondisi penerangan buatan semua dimatikan dan *gorden* terbuka. Rata-rata cahaya pada ruang ini 201 lux.

#### 4. Ruang Kelas SMP (2)

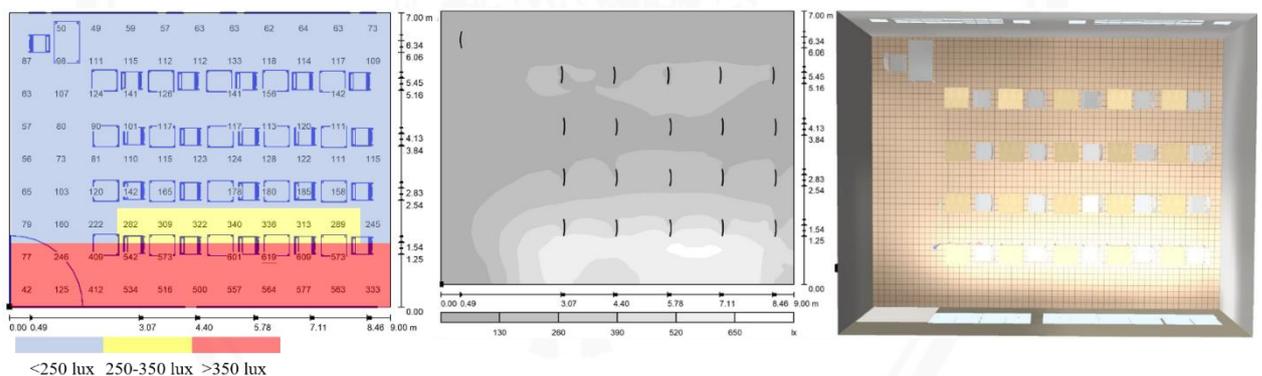
##### A. Pagi



Gambar 4.33 Tingkat pencahayaan alami ksisting ruang kelas SMP (2) pagi

Berdasarkan data hasil simulasi ruang kelas SMP (2) pada siang hari dapat disimpulkan bahwa area yang memenuhi standar intensitas pencahayaan alami pada ruang tersebut sebesar 11% dari keseluruhan ruangan yang memenuhi standar. Pada *grayscale*, distribusi pencahayaan alami terfokus pada sisi barat dan mulai terlihat merata namun belum memenuhi standar.

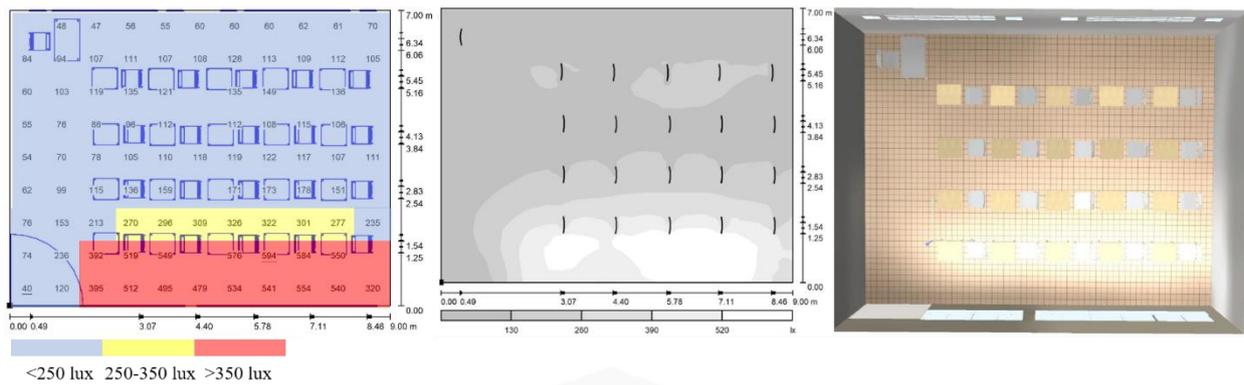
##### B. Siang



Gambar 4.34 Tingkat pencahayaan alami eksisting ruang kelas SMP (2) siang

Berdasarkan data hasil simulasi ruang kelas SMP (2) pada siang hari dapat disimpulkan bahwa area yang memenuhi standar intensitas pencahayaan alami pada ruang tersebut sebesar 7% dari keseluruhan ruangan yang memenuhi standar. Pada *grayscale*, distribusi pencahayaan alami terfokus pada sisi barat dan kurang merata.

### C. Sore



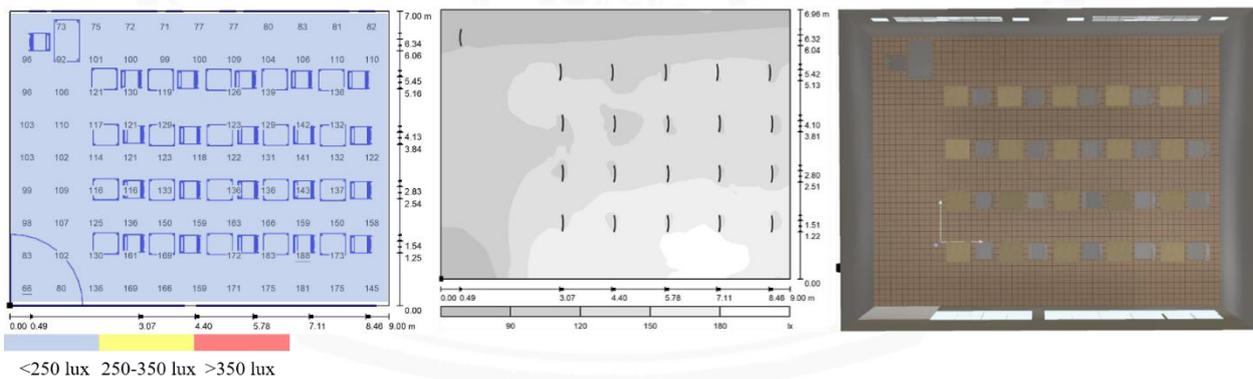
Gambar 4.35 Tingkat pencahayaan alami eksisting ruang kelas SMP (2) sore

Berdasarkan data hasil simulasi ruang kelas SMP (2) pada sore hari dapat disimpulkan bahwa area yang memenuhi standar intensitas pencahayaan alami pada ruang tersebut sebesar 6% dari keseluruhan ruangan yang memenuhi standar. Pada *grayscale*, distribusi pencahayaan alami terfokus pada sisi barat dan kurang merata.

Hasil simulasi adalah simulasi yang dilakukan pada pagi, siang dan sore hari dengan kondisi penerangan buatan semua dimatikan dan *gorden* terbuka. Rata-rata cahaya pada ruang ini 207 lux.

## 5. Ruang Kelas SMA (1)

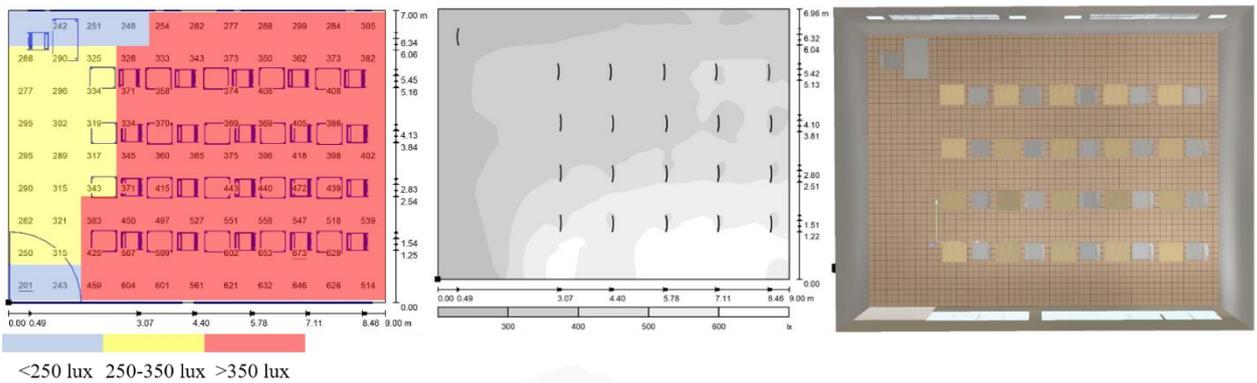
### A. Pagi



Gambar 4.36 Tingkat pencahayaan alami eksisting ruang kelas SMA (1) pagi

Berdasarkan hasil simulasi ruang kelas SMA (1) pada pagi hari dapat disimpulkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang tersebut belum memenuhi standar. Pada *grayscale*, distribusi pencahayaan alami terlihat mulai merata namun belum memenuhi standar.

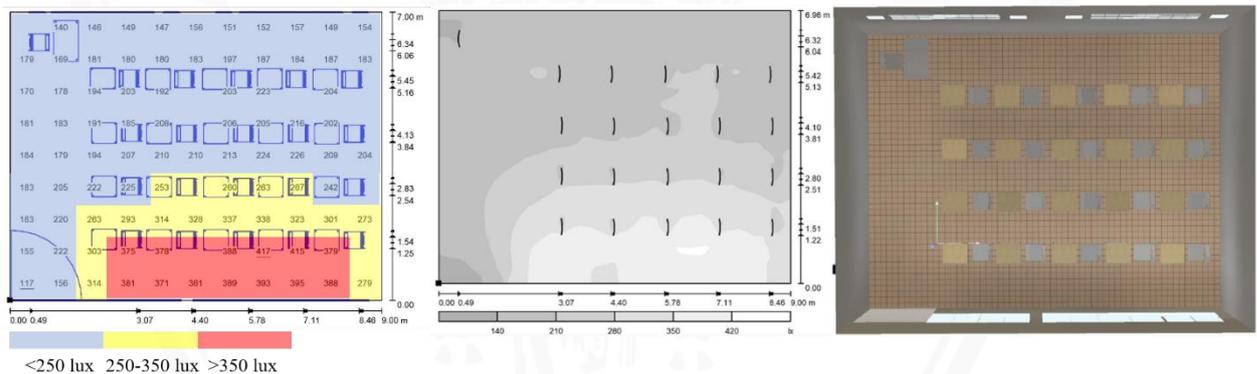
## B. Siang



Gambar 4.37 Tingkat pencahayaan alami eksisting ruang kelas SMA (1) siang

Berdasarkan data hasil simulasi ruang kelas SMA (1) pada siang hari dapat disimpulkan bahwa area yang memenuhi standar intensitas pencahayaan alami pada ruang tersebut sebesar 17% dari keseluruhan ruangan yang memenuhi standar. Pada *grayscale*, distribusi pencahayaan alami terfokus pada sisi barat dan terlihat mulai merata namun belum memenuhi standar.

## C. Sore



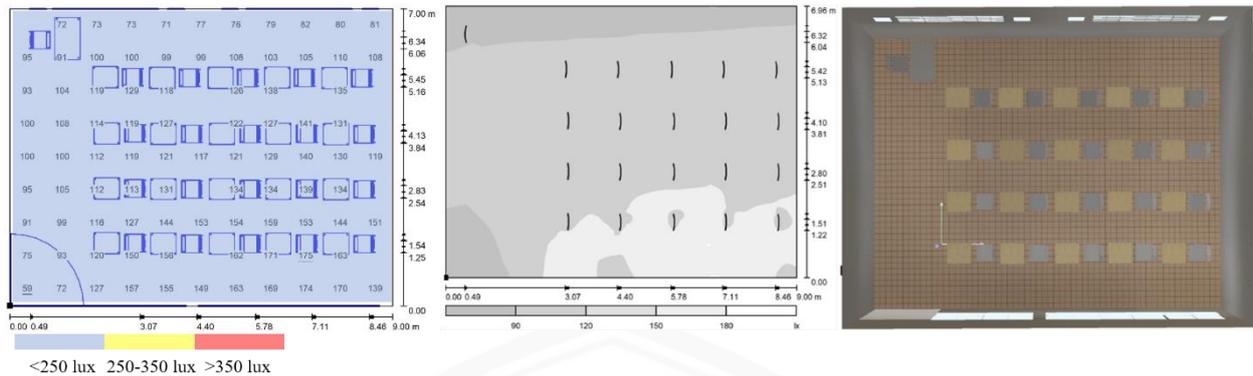
Gambar 4.38 Tingkat pencahayaan alami eksisting ruang kelas SMA (1) sore

Berdasarkan data hasil simulasi ruang kelas SMA (2) pada sore hari dapat disimpulkan bahwa area yang memenuhi standar intensitas pencahayaan alami pada ruang tersebut sebesar 12% dari keseluruhan ruangan yang memenuhi standar. Pada *grayscale*, distribusi pencahayaan alami terfokus pada sisi barat dan kurang merata.

Hasil simulasi adalah simulasi yang dilakukan pada pagi, siang dan sore hari dengan kondisi penerangan buatan semua dimatikan dan *gorden* terbuka. Rata-rata cahaya pada ruang ini 311 lux.

## 6. Ruang Kelas SMA (2)

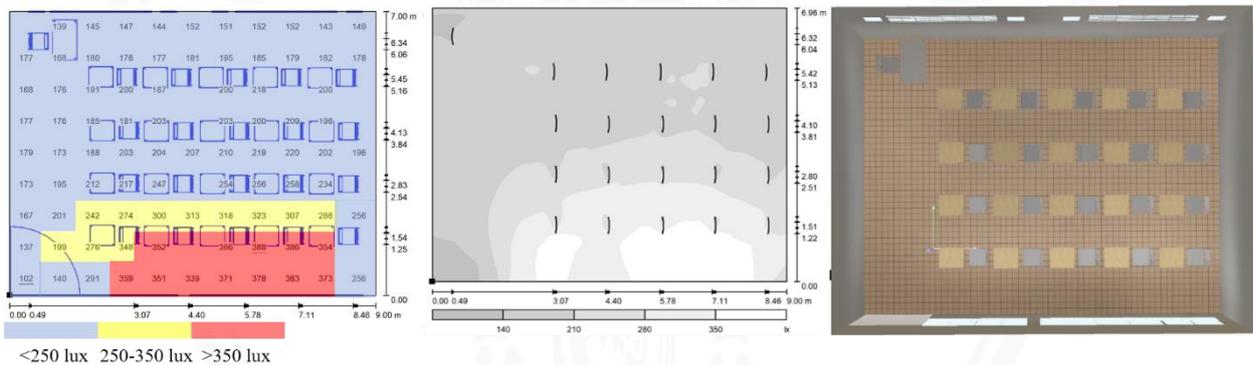
### A. Pagi



Gambar 4.39 Tingkat pencahayaan alami eksisting ruang kelas SMA (2) pagi

Berdasarkan hasil simulasi ruang kelas SMA (2) pada pagi hari dapat disimpulkan bahwa intensitas pencahayaan alami pada ruang tersebut belum memenuhi standar. Pada *grayscale*, distribusi pencahayaan alami terlihat mulai merata namun belum memenuhi standar.

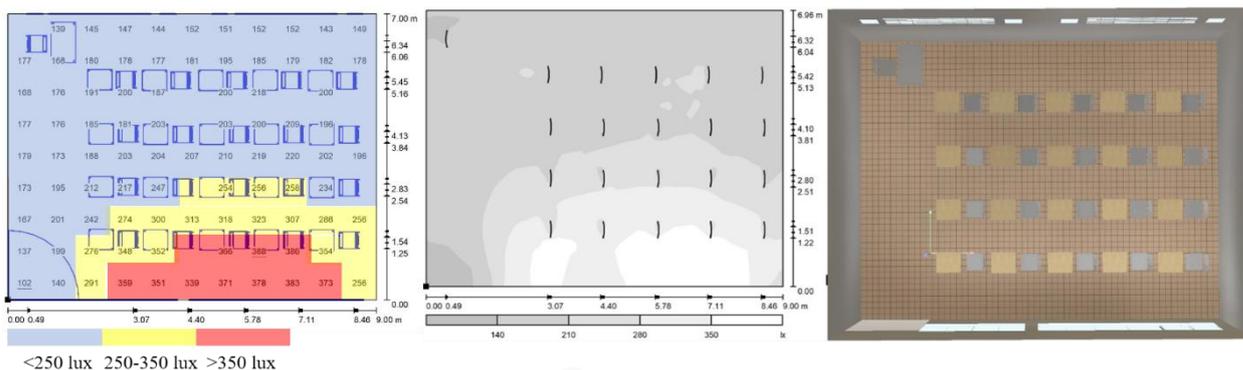
### B. Siang



Gambar 4.40 Tingkat pencahayaan alami eksisting ruang kelas SMA (2) siang

Berdasarkan data hasil simulasi ruang kelas SMA (2) pada siang hari dapat disimpulkan bahwa area yang memenuhi standar intensitas pencahayaan alami pada ruang tersebut sebesar 9% dari keseluruhan ruangan yang memenuhi standar. Pada *grayscale*, distribusi pencahayaan alami terfokus pada sisi barat dan terlihat mulai merata namun belum memenuhi standar.

## C. Sore



Gambar 4.41 Tingkat pencahayaan alami eksisting ruang kelas SMA (2) sore

Berdasarkan data hasil simulasi ruang kelas SMA (2) pada sore hari dapat disimpulkan bahwa area yang memenuhi standar intensitas pencahayaan alami pada ruang tersebut sebesar 17% dari keseluruhan ruangan yang memenuhi standar. Pada *grayscale*, distribusi pencahayaan alami terfokus pada sisi barat dan terlihat mulai merata namun belum memenuhi standar.

Hasil simulasi adalah simulasi yang di lakukan pada pagi, siang dan sore hari dengan kondisi penerangan buatan semua dimatikan dan *gorden* terbuka. Rata-rata cahaya pada ruang ini 229 lux.

#### 4.4 Perbandingan Hasil Pengukuran dan Simulasi Tingkat Pencahayaan Alami Eksisting

Pada penelitian ini hasil pengukuran akan dibandingkan dengan hasil simulasi guna mengetahui keakuratan hasil perhitungan di lapangan. Simulasi dilakukan menggunakan aplikasi Dialux 4.12. Hari dan waktu yang digunakan dalam simulasi menggunakan waktu yang digunakan pada pengukuran langsung di lapangan. Semakin kecil nilai *relative error* maka semakin kecil perbedaan hasil pengukuran lapangan dengan simulasi.

Pada uji validasi diambil pada setiap ruang yang diteliti yaitu ruang kelas SD, SMP, dan SMA yang dilakukan pada tanggal 13-14 Juli 2018 (pagi,siang,sore) dengan kondisi *gorden* terbuka.

Tabel 4.12 Perbandingan Data Eksisting Ruang Kelas SD (1)

Nama ruang : R. Kelas SD Lt. 2  
Tgl pengukuran: 13 Juli 2018

Titik ukur	Pagi (09:35)		Relative error	Siang (12:36)		Relative error	Sore (15:32)		Relative error	
	Eksisting	Simulasi		Eksisting	Simulasi		Eksisting	Simulasi		
1	36	42	14%	134	157	15%	151	184	18%	
2	29	35	17%	116	120	3%	109	130	16%	
3	83	75	11%	287	313	8%	364	433	16%	
4	29	27	7%	79	96	18%	91	103	12%	
Relative error			12%				11%			
Rata-rata Relative error										13%

Tabel 4.13 Perbandingan Data Eksisting Ruang Kelas SD (2)

Nama ruang : R. Kelas SD (2) Lt. 2  
Tgl pengukuran: 14 Juli 2018

Titik ukur	Pagi (09:35)		Relative error	Siang (12:36)		Relative error	Sore (15:32)		Relative error	
	Eksisting	Simulasi		Eksisting	Simulasi		Eksisting	Simulasi		
1	48	52	8%	175	173	1%	172	193	11%	
2	29	34	15%	88	109	19%	95	114	17%	
3	74	89	17%	313	376	17%	372	455	18%	
4	26	32	-19%	96	97	1%	93	105	11%	
Relative error			5%				10%			
Rata-rata Relative error										10%

Tabel 4.14 Perbandingan Data Eksisting Ruang Kelas SMP (1)

Nama ruang : R. Kelas SMP Lt. 2  
Tgl pengukuran: 13 Juli 2018

Titik ukur	Pagi (09:35)		Relative error	Siang (12:36)		Relative error	Sore (15:32)		Relative error	
	Eksisting	Simulasi		Eksisting	Simulasi		Eksisting	Simulasi		
1	143	120	16%	110	120	8%	262	221	19%	
2	141	121	14%	116	121	4%	237	219	8%	
3	158	132	16%	107	132	19%	253	221	14%	
4	125	107	14%	121	107	13%	289	357	19%	
5	192	172	10%	187	172	9%	431	519	17%	
6	191	162	15%	187	162	15%	370	465	20%	
Relative error			14%				11%			
Rata-rata Relative error										14%

Tabel 4.15 Perbandingan Data Eksisting Ruang Kelas SMP (2)

Nama ruang : R. Kelas SMP (2) Lt. 2  
Tgl pengukuran: 14 Juli 2018

Titik ukur	Pagi (09:35)		Relative error	Siang (12:36)		Relative error	Sore (15:32)		Relative error	
	Eksisting	Simulasi		Eksisting	Simulasi		Eksisting	Simulasi		
1	177	175	1%	143	152	6%	171	146	17%	
2	181	156	16%	127	143	11%	158	137	15%	
3	165	178	7%	144	147	2%	162	141	15%	
4	197	174	13%	231	255	9%	273	245	11%	
5	195	199	2%	284	348	18%	284	334	15%	
6	194	187	4%	308	311	1%	291	298	2%	
Relative error			7%				8%			
Rata-rata Relative error										9%

Tabel 4.16 Perbandingan Data Eksisting Ruang Kelas SMA (1)

Nama ruang : R. Kelas SMA Lt. 3  
Tgl pengukuran: 13 Juli 2018

Titik ukur	Pagi (09:35)		Siang (12:36)		Sore (15:32)		Relative error		
	Eksisting	Simulasi	Eksisting	Simulasi	Eksisting	Simulasi			
1	210	215	2%	317	371	15%	184	216	15%
2	216	209	3%	321	384	16%	167	210	20%
3	203	230	12%	382	430	11%	179	215	17%
4	203	210	3%	309	377	18%	221	261	15%
5	241	291	17%	432	529	18%	275	331	17%
6	237	281	16%	440	530	17%	252	312	19%
Relative error			9%		16%		17%		
Rata-rata Relative error			14%						

Tabel 4.17 Perbandingan Data Eksisting Ruang Kelas SMA (2)

Nama ruang : R. Kelas SMA (2) Lt. 3  
Tgl pengukuran: 14 Juli 2018

Titik ukur	Pagi (09:35)		Siang (12:36)		Sore (15:32)		Relative error		
	Eksisting	Simulasi	Eksisting	Simulasi	Eksisting	Simulasi			
1	149	133	12%	222	266	17%	187	213	12%
2	137	127	8%	238	258	8%	193	207	7%
3	158	140	13%	253	264	4%	173	212	18%
4	128	109	17%	277	298	7%	192	239	20%
5	163	153	7%	363	393	8%	285	315	10%
6	159	143	11%	326	366	11%	259	293	12%
Relative error			11%		9%		13%		
Rata-rata Relative error			11%						

Setelah melakukan perbandingan hasil simulasi dengan hasil pengukuran eksisting didapatkan lah perhitungan *Relative Error* sebesar 9-15%. Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui nilai rata-rata *relative error* cenderung kecil. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan hasil pengukuran eksisting tidak jauh. Dengan pernyataan tersebut didapatkan kesimpulan bahwa penggunaan *software* Dialux pada penelitian selanjutnya akan memiliki nilai *relative error* yang cenderung kecil juga.

## 4.5 Analisis Alternatif Rekomendasi Desain Bukaan & Pembayang / Tata Cahaya Alami

### 4.5.1 Analisis permasalahan

Berdasarkan data hasil pengukuran kondisi eksisting dan simulasi Dialux 4.13 bisa disimpulkan bahwa kinerja pencahayaan alami pada setiap ruangnya masih dapat dioptimalkan. Maka dari itu, perlu dilakukan analisis kinerja pada beberapa elemen terkait pencahayaan alami, sehingga dapat menghasilkan rekomendasi desain integrasi pencahayaan alami dan pencahayaan buatan pada Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto.

## 1. Ruang Kelas SD

### A. Jendela

Berdasarkan perhitungan rasio bukaan pada ruang kelas SD sudah memenuhi standar, yaitu 23%. Standar yang digunakan adalah SNI Departemen Pekerjaan Umum dengan ketentuan minimum luas bukaan terhadap luas ruang sebesar 20%. Namun keadaan tingkat pencahayaan pada ruang kelas SD belum memenuhi standar Badan Standarisasi Nasional (250 lux). Selain itu distribusi pencahayaan alami pada ruang kelas SD tidak merata.

### B. *Shading Device*

Pada ruang kelas SD tidak terdapat *shading device*. Eksisting ruangan cukup gelap pada pagi dan siang hari dikarenakan pembayang koridor dan lokasi ruang kelas SD yang kurang menguntungkan dalam hal distribusi pencahayaan alami. Pengaplikasian *shading device* dapat diterapkan dengan menyesuaikan sudut bayang matahari (SBH dan SBV). Berikut merupakan SBH dan SBV untuk ruang kelas SD.

Tabel 4.18 SBV dan SBH Ruang Kelas SD Sisi Utara

Waktu	21 Maret			21 Juni			22 Desember		
	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00
SBH	84.2°	-0.0°	-84.2°	53.6°	-2.6°	-55.1°	117.4°	-173.2°	-116.0°
SBV	84.2°	84.1°	84.2°	52.9°	60.4°	51.6°	114.4°	107.3°	116.4°

Tabel 4.19 SBV dan SBH Ruang Kelas SD Sisi Selatan

Waktu	21 Maret			21 Juni			22 Desember		
	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00
SBH	-95.8°	180.0°	95.8°	-126.4°	177.4°	124.9°	-62.6°	6.8°	64.0°
SBV	95.8°	95.9°	95.8°	127.1°	119.6°	128.4°	65.6°	72.7°	63.6°

Berdasarkan tabel nilai SBH dan SBV menunjukkan nilai sudut bayang yang berbeda sehingga memerlukan perlakuan yang berbeda juga, seperti dimensi *shading*, jenis *shading*. Untuk ruang kelas SD tidak memiliki *shading*, sehingga tidak ada bukaan yang terbayangi. Rekomendasi *shading* dilakukan menggunakan sudut terkecil dengan waktu yang telah ditentukan.

## 2. Ruang Kelas SMP

### A. Jendela

Berdasarkan perhitungan rasio bukaan pada ruang kelas SMP belum memenuhi standar, yaitu 19%. Standar yang digunakan adalah SNI Departemen Pekerjaan Umum dengan ketentuan minimum luas bukaan terhadap luas ruang sebesar 20%. Namun keadaan tingkat pencahayaan pada ruang kelas SMP belum memenuhi standar Badan Standarisasi Nasional (250 lux).

### B. *Shading Device*

Pada ruang kelas SMP tidak terdapat *shading device*. Eksisting ruangan cukup gelap pada pagi dan siang hari dikarenakan pembayang koridor dan lokasi ruang kelas SMP yang kurang menguntungkan dalam hal distribusi pencahayaan alami. Pengaplikasian *shading device* dapat diterapkan dengan menyesuaikan sudut bayang matahari (SBH dan SBV). Berikut merupakan SBH dan SBV untuk ruang kelas SMP.

Tabel 4.20 SBV dan SBH Ruang Kelas SMP Sisi Barat

Waktu	21 Maret			21 Juni			22 Desember		
	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00
SBH	174.1°	89.9°	5.7°	143.5°	87.3°	34.8°	-152.7°	-83.3°	-26.1°
SBV	135.1°	90.0°	44.8°	135.7°	88.5°	41.4°	131.2°	87.9°	44.6°

Tabel 4.21 SBV dan SBH Ruang Kelas SMP Sisi Timur

Waktu	21 Maret			21 Juni			22 Desember		
	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00
SBH	-5.9°	-90.1°	-174.3°	-36.5°	-92.7°	-145.2°	27.3°	96.7°	153.9°
SBV	44.9°	90.0°	135.2°	44.3°	91.5°	138.6°	48.8°	92.1°	135.4°

Berdasarkan tabel nilai SBH dan SBV menunjukkan nilai sudut bayang yang berbeda sehingga memerlukan perlakuan yang berbeda juga, seperti dimensi *shading*, jenis *shading*. Untuk ruang kelas SMP tidak memiliki *shading*, sehingga tidak ada bukaan yang terbayangi. Rekomendasi *shading* dilakukan menggunakan sudut terkecil dengan waktu yang telah ditentukan.

## 3. Ruang Kelas SMA

### A. Jendela

Berdasarkan perhitungan rasio bukaan pada ruang kelas SMP belum memenuhi standar, yaitu 19%. SNI Departemen Pekerjaan Umum dengan ketentuan minimum

luas bukaan terhadap luas ruang sebesar 20%. Namun keadaan tingkat pencahayaan pada ruang kelas SMP belum memenuhi standar Badan Standarisasi Nasional (250 lux).

### B. *Shading Device*

Pada ruang kelas SMA tidak terdapat *shading device*. Eksisting ruangan cukup gelap pada pagi dan siang hari dikarenakan pembayang koridor dan lokasi ruang kelas SMA yang kurang menguntungkan dalam hal distribusi pencahayaan alami. Pengaplikasian *shading device* dapat diterapkan dengan menyesuaikan sudut bayang matahari (SBH dan SBV). Berikut merupakan SBH dan SBV untuk ruang kelas SMA.

Tabel 4.22 SBV dan SBH Ruang Kelas SMP Sisi Barat

Waktu	21 Maret			21 Juni			22 Desember		
	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00
SBH	174.1°	89.9°	5.7°	143.5°	87.3°	34.8°	-152.7°	-83.3°	-26.1°
SBV	135.1°	90.0°	44.8°	135.7°	88.5°	41.4°	131.2°	87.9°	44.6°

Tabel 4. 23 SBV dan SBH Ruang Kelas SMP Sisi Barat

Waktu	21 Maret			21 Juni			22 Desember		
	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00
SBH	-5.9°	-90.1°	-174.3°	-36.5°	-92.7°	-145.2°	27.3°	96.7°	153.9°
SBV	44.9°	90.0°	135.2°	44.3°	91.5°	138.6°	48.8°	92.1°	135.4°

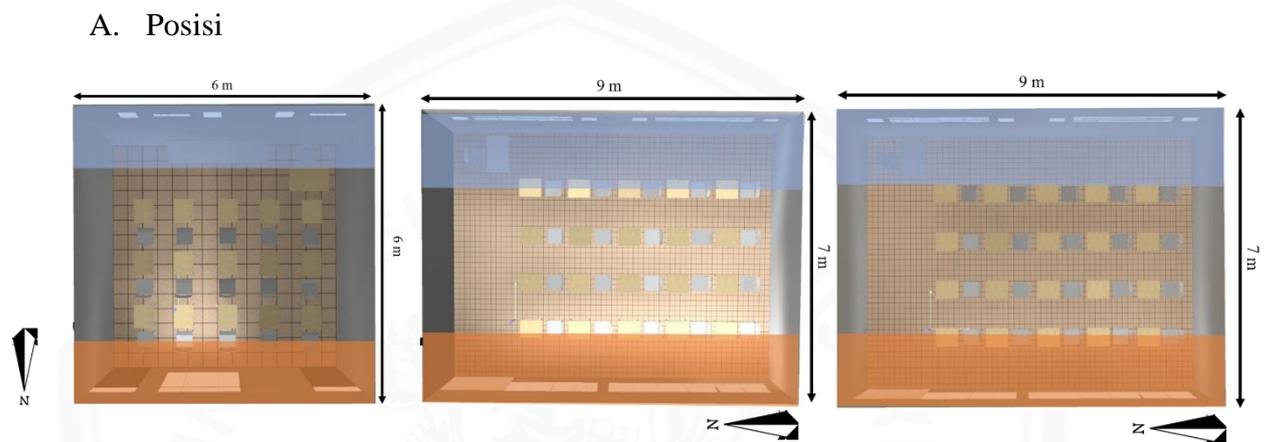
Berdasarkan tabel nilai SBH dan SBV menunjukkan nilai sudut bayang yang berbeda sehingga memerlukan perlakuan yang berbeda juga, seperti dimensi *shading*, jenis *shading*. Untuk ruang kelas SMA tidak memiliki *shading*, sehingga tidak ada bukaan yang terbayangi. Rekomendasi *shading* dilakukan menggunakan sudut terkecil dengan waktu yang telah ditentukan.

### 4.5.2 Analisis alternatif

Setiap ruang yang diteliti memiliki karakteristik dan permasalahan yang berbeda-beda. Dari permasalahan tersebut didapat tahapan analisis rekomendasi untuk tiap ruang. Analisis jendela dilakukan sebagai tahap awal, dilanjutkan analisis pembayang (*Shading Device*) sebagai tahap akhir dari analisis rekomendasi tersebut.

## 1. Jendela

Dalam penyusunan sebuah ruang, faktor jendela perlu diperhatikan untuk mengoptimalkan pencahayaan alami. Dalam penelitian ini jendela menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat pencahayaan ruang dalam seperti, posisi, dimensi, dan material. Untuk menentukan bukaan pada ruang kelas diperlukan adanya identifikasi dalam ruang seperti berikut.

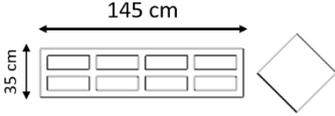
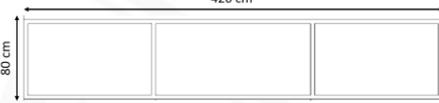
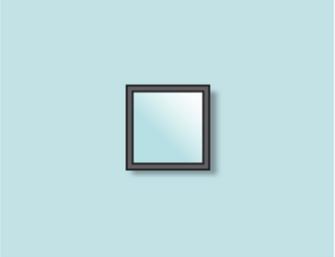
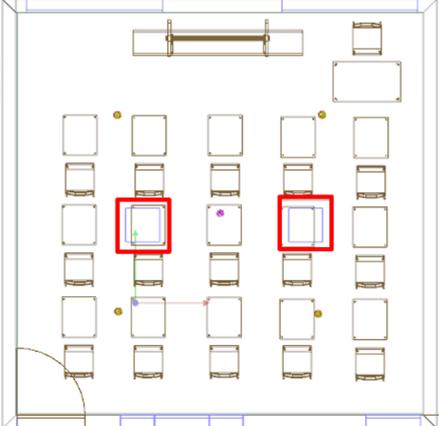


Gambar 4.42 Eksisting posisi bukaan ruang kelas

Pada gambar diatas area dengan warna *orange* menunjukkan letak bukaan yang berupa jendela, sedangkan area dengan warna biru menunjukkan letak bukaan yang berupa roster beton dan glass block. Dengan tata jendela (bukaan) yang tersedia membuat distribusi cahaya kurang merata pada setiap ruang kelas (SD, SMP, SMA). Area yang bersebelahan dengan jendela terlihat terang, dan yang bersebelahan dengan area roster relative gelap.

B. Dimensi

Tabel 4.24 Analisis Rekomendasi Dimensi Bukaan

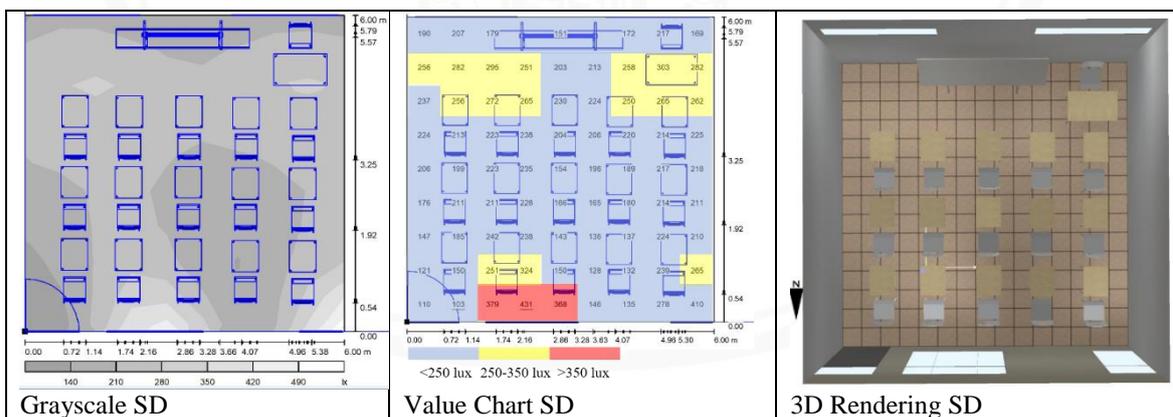
Ruang Kelas	Eksisting	Rekomendasi
SD		
SMP & SMA		
SD ( <i>Top lighting</i> )	-	<p data-bbox="919 880 1185 943">Finished External Kerb (W) 750mm x (L) 750mm</p>  <p data-bbox="919 1216 1177 1317">Viewable dimensions (W) 500mm x (L) 500mm NP01 - £695</p> <p data-bbox="887 1361 1345 1507"><i>The Neo Plateau Rooflight, Top lighting</i> ditambahkan pada semua rekomendasi ruang kelas SD</p> 

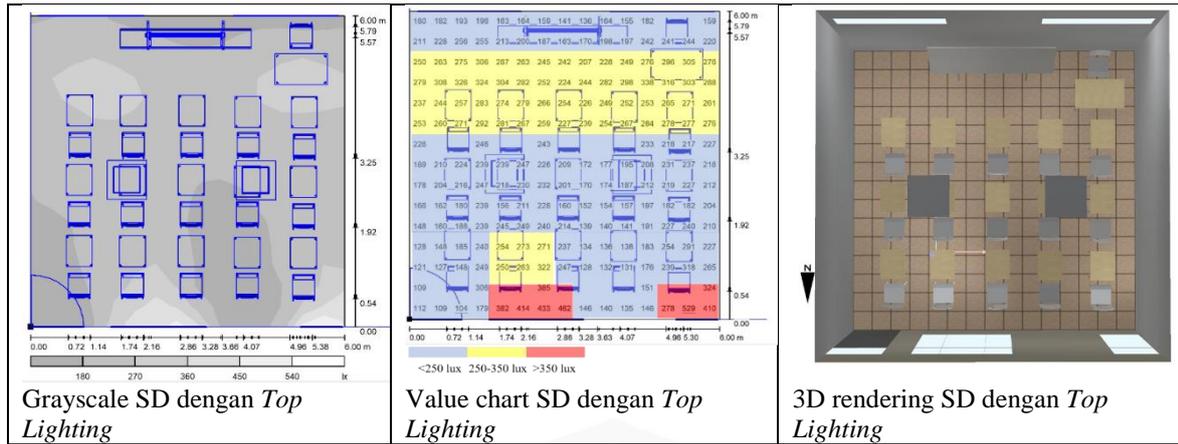
Posisi ruang kelas SD pada masa bangunan Pondok Pesantren Darul Hikam ini berada pada area bangunan bagian selatan. Letak ruang kelas SD tersebut membuat pencahayaan alami yang datang terbayang oleh massa bangunan asrama dan massa bangunan ruang kelas SMP dan SMA. Berdasarkan hal tersebut dilakukan pembuktian alternatif untuk ruang kelas SD. Pembuktian disimulasikan dengan kondisi perubahan roster beton dengan jendela sesuai opsi alternatif yang sudah tertera. Selain itu dilakukan juga perbandingan simulasi dengan kondisi ruang kelas yang sudah ditambahkan *top lighting*.



Gambar 4.43 Area ruang kelas SD

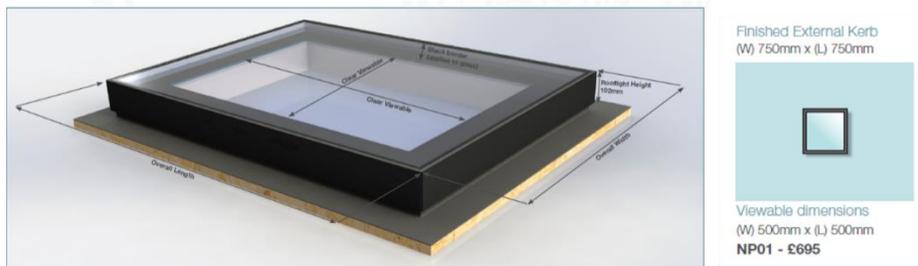
Tabel 4. 25 Pembuktian penggunaan *top lighting*.



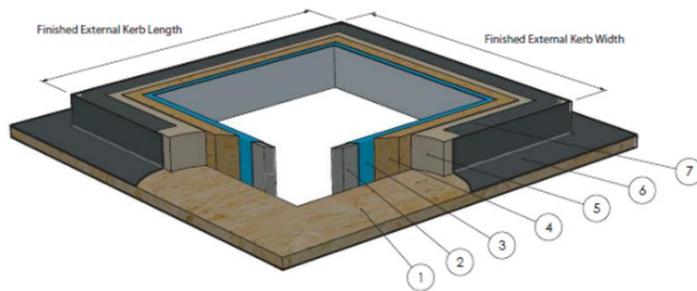


Berdasarkan tabel diatas, area dengan intensitas pencahayaan standar pada ruang kelas tanpa *top lighting* sebesar 13%, Sedangkan pada ruang kelas dengan penggunaan *top lighting* sebesar 30%. Dari data hasil simulasi tersebut, ruang kelas dengan penggunaan *top lighting* menunjukkan angka presentase terbesar. Maka untuk alternatif rekomendasi pada ruang kelas SD selanjutnya akan mengaplikasikan top lighting sebagai tambahan elemen bukaan.

*Top lighting* digunakan pada ruang kelas SD yang mempunyai posisi eksisting kurang menguntungkan dalam pemanfaatan side lighting. Produk yang digunakan merupakan terobosan dari *The Rooflight Company* dengan nama produk *The Neo Plateu Rooflight*. Di bawah setiap *top lighting* diberi pemantul. Berikut merupakan detail dari produk tersebut:



Gambar 4.44 Dimensi top lighting

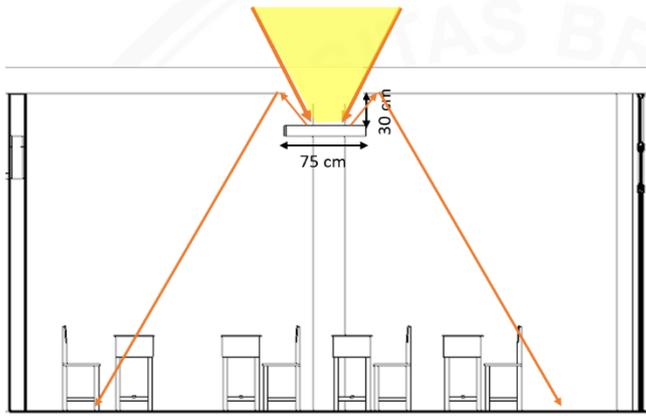


#### NOTES

Key:

1. Roof deck.
2. Internal finish – hardwood timber recommended.
3. Vapour barrier.
4. Insulation.
5. Structural member.
6. Finished roof covering.
7. Perimeter silicone seal – seal perimeter of rooflight with a thick continuous bead of low modulus neutral cure silicone.

Gambar 4.45 Detail top lighting



Gambar 4.46 Detail top lighting

### C. Material

Rekomendasi material pada jendela ruang kelas menggunakan produk dari PT. Asahimas Flat Glass. Material kaca yang akan digunakan adalah Sunergy Clear dan T-Sunlux. Material Sunergy clear adalah kaca dengan tingkat refleksi cahaya yang rendah, yang menghasilkan penampilan luar biasa dan kenyamanan secara visual. Keunggulan yang dimiliki material kaca ini adalah mempunyai nilai koefisien shading yang rendah, nilai refleksi yang rendah sehingga nyaman secara visual. Sedangkan T-sunlux merupakan material yang diaplikasikan di area yang banyak sinar matahari. Berikut spesifikasi yang diambil dari brosur kaca tersebut.

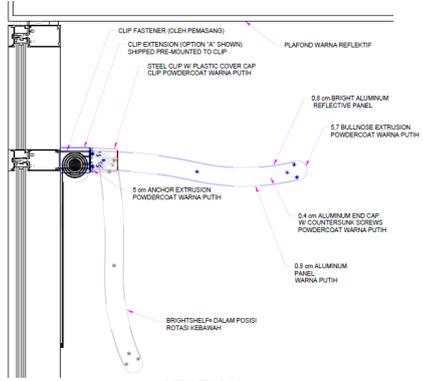
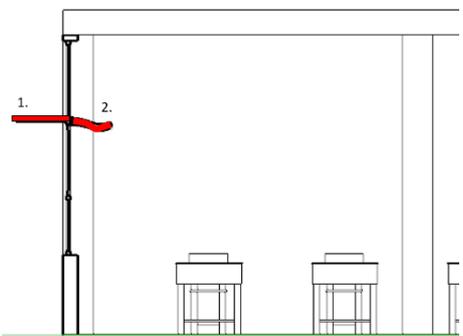
Tabel 4. 26 Spesifikasi Material Kaca

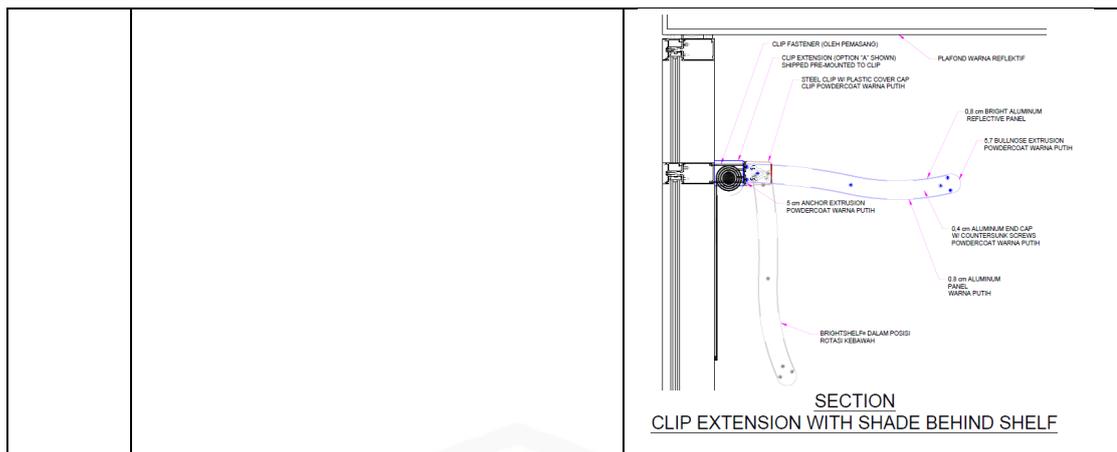
Tipe Kaca	Standar Ketebalan (mm)	Karakteristik cahaya (%)		Faktor Cahaya Matahari (%)	Koefisien Pembayang	U Value (W/m <sup>2</sup> k)
		Transmitansi	Reflektansi			
Sunergy Clear	3	68	7	59	0,65	4,1
T-Sunlux	5	39	18	47	0,54	5,7

2. *Shading Device* (Pembayang)

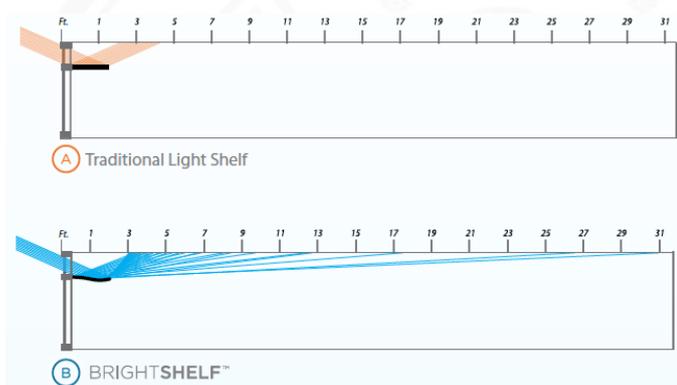
Tahap ke 2 adalah penggunaan pembayang eksternal ataupun internal (*Light shelf*) untuk memantulkan, menyebarkan cahaya dan mengurangi silau pada area yang memiliki intensitas cahaya. Dengan mengetahui SBV dan SBH nya sebagai penentu *shading*. Berikut adalah visualisasi proyeksi nilai sbv dan sbh pada bangunan untuk mengetahui efektifitas *shading interior / light shelf* dalam memberikan pembayangan terhadap bukaan sebagai kontrol cahaya dalam sistem pencahayaan alami. Dalam hal ini nilai sbv dan sbh yang digunakan adalah nilai *SBH* dan *SBV* terkecil, diharapkan menggunakan nilai sbv dan sbh terkecil nantinya *light shelf* dapat menaungi/ memantulkan dari *SBV* dan *SBH* dengan nilai besar.

Tabel 4.27 I Analisis Rekomendasi *Shading*

Ruang Kelas	Potongan	Detail
SD		<p>1. Shading Eksterior Konvensional</p> <p>3. Shading Indoor Brightshelf ( H&amp;H Enterprises,Inc)</p>  <p>SECTION CLIP EXTENSION WITH SHADE BEHIND SHELF</p>
SMP & SMA		<p>1. Shading Eksterior Konvensional</p> <p>2. Shading Indoor Brightshelf ( H&amp;H Enterprises,Inc)</p>

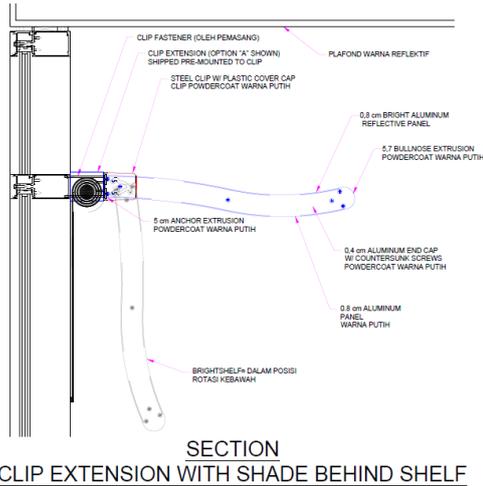


*Light shelf* digunakan pada bukaan guna membayangi dan memecah (meratakan) cahaya yang masuk ke dalam ruangan. Produk yang digunakan berupa terobosan dari “H&H Enterprises, Inc” yang bernama *Brightshelf*. Berikut merupakan detail dan keunggulan dari produk tersebut.



Gambar 4.47 Perbandingan *brightshelf*

*Brightshelf* mampu menyebarkan cahaya lebih Panjang dari *light shelf* biasa. Selain itu *Brightshelf* dapat bergerak menggunakan engsel sehingga dapat mudah diatur dan dibersihkan.



Gambar 4.48 Detail brightshelf

Material pelingkupnya merupakan aluminium reflektif berwarna putih sehingga dapat memantulkan cahaya secara maksimal.



Gambar 4.49 Visualisasi brightshelf

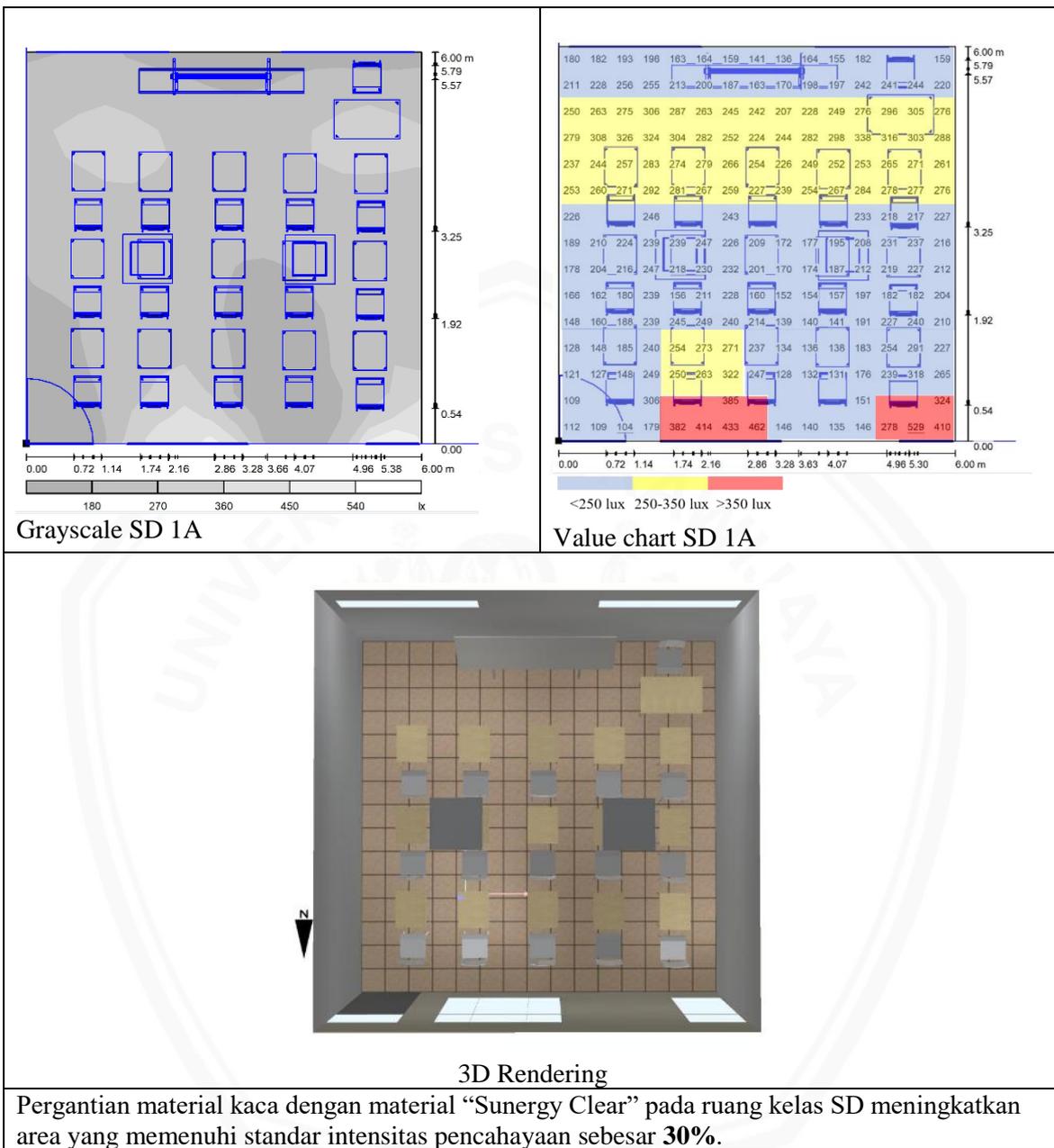
## 4.6 Simulasi Alternatif Rekomendasi Desain

### 4.6.1 Tahap simulasi rekomendasi pergantian material kaca SD, SMP dan SMA

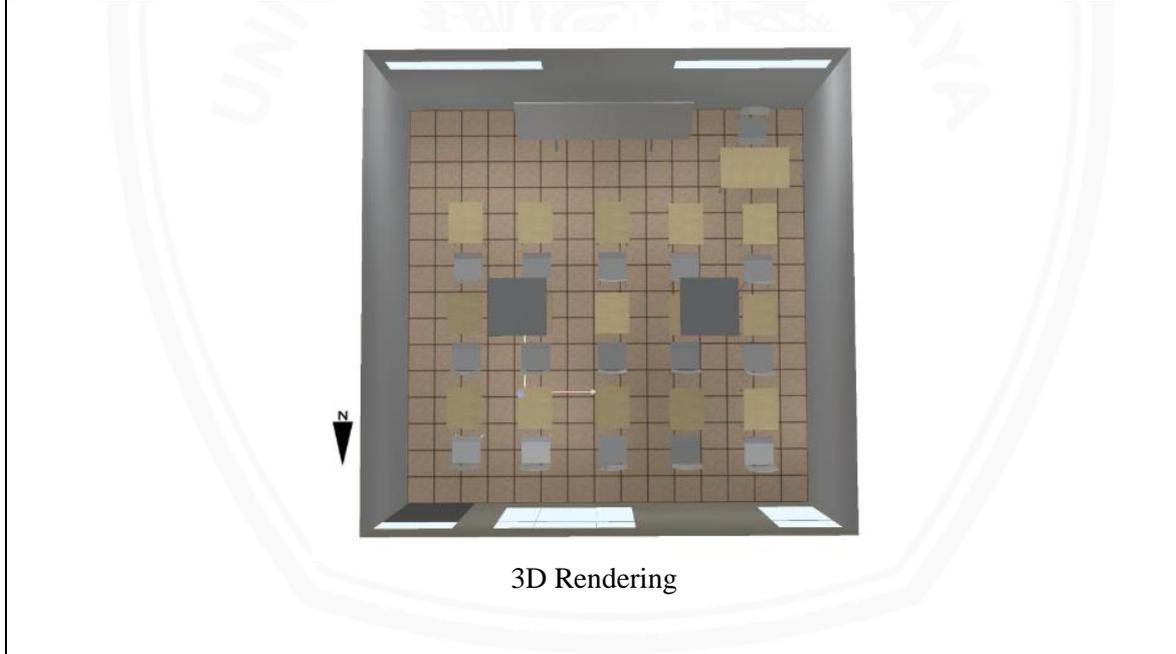
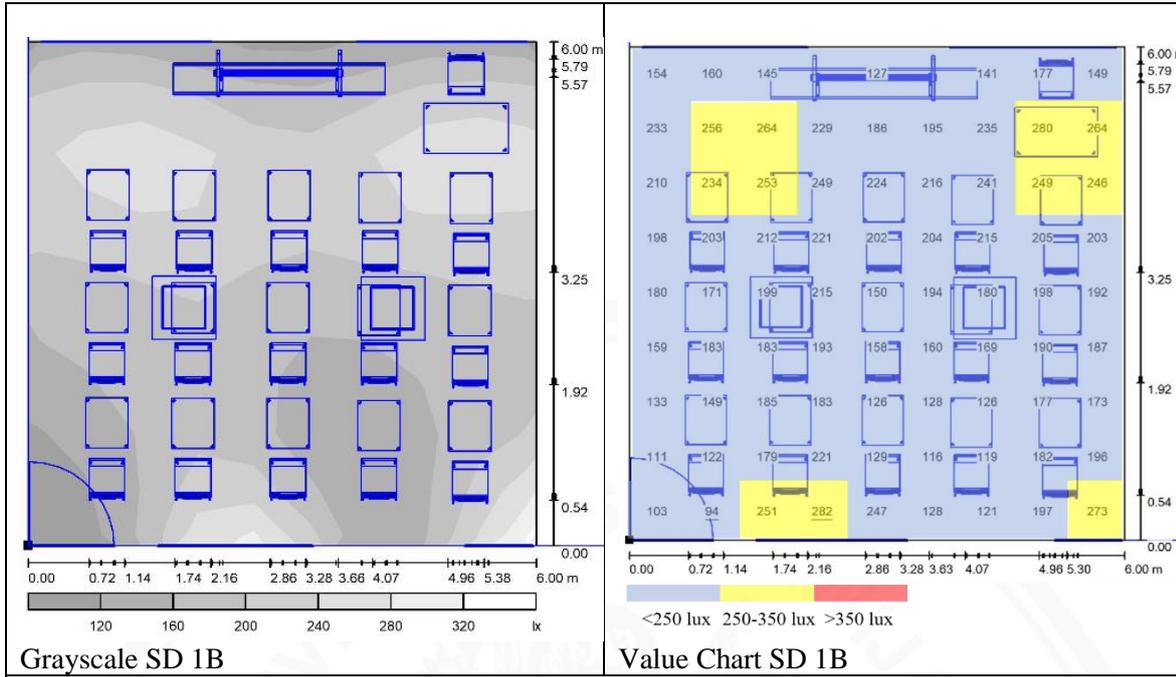
Rekomendasi material pada jendela ruang kelas menggunakan produk dari PT. Asahimas Flat Glass. Material kaca yang akan digunakan adalah Sunergy Clear dan T-Sunlux. Sampel simulasi material kaca dipilih berdasarkan tingkatan kelompok pendidikan yaitu (SD, SMP dan SMA). Berikut merupakan hasilnya:

1. Tahap perubahan material kaca ruang kelas SD

Tabel 4.28 Penerapan Material “Sunergy Clear” (Tahap 1A)



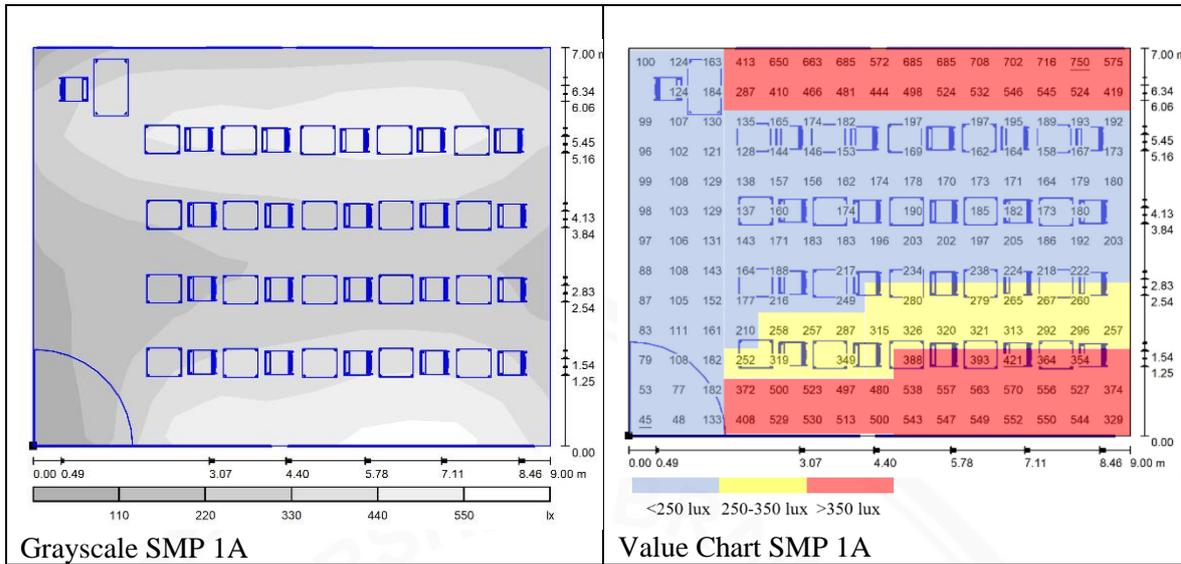
Tabel 4.29 Penerapan Material “T-Sunlux” (Tahap 1B)



Pergantian material kaca dengan material “T-Sunlux” pada ruang kelas SD meningkatkan area yang memenuhi standar intensitas pencahayaan sebesar 5%.

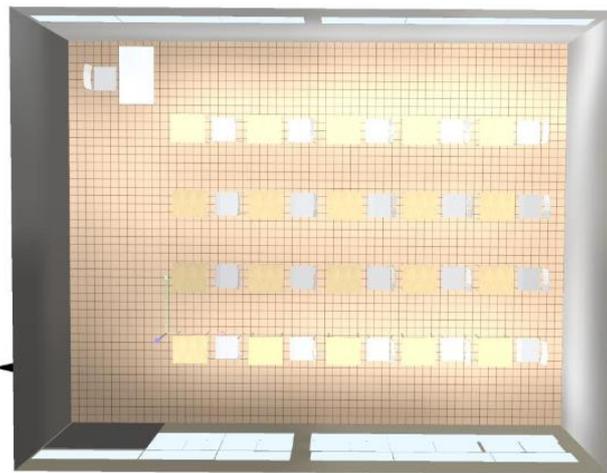
## 2. Tahap perubahan material kaca ruang kelas SMP

Tabel 4.30 Penerapan Material “Sunergy Clear” (Tahap 1A)



Grayscale SMP 1A

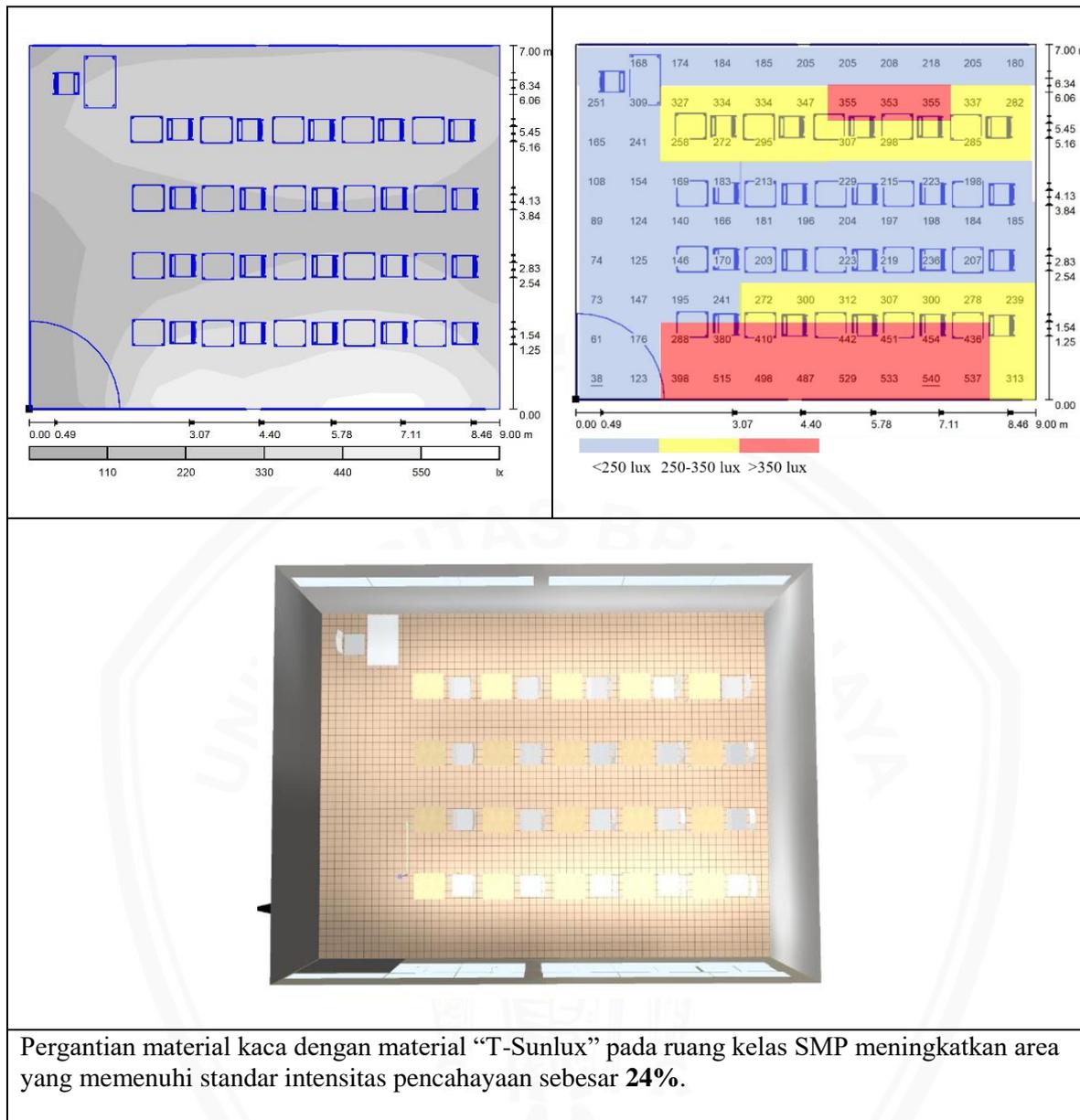
Value Chart SMP 1A



3D Rendering

Pergantian material kaca dengan material “Sunergy Clear” pada ruang kelas SMP meningkatkan area yang memenuhi standar intensitas pencahayaan sebesar **12%**.

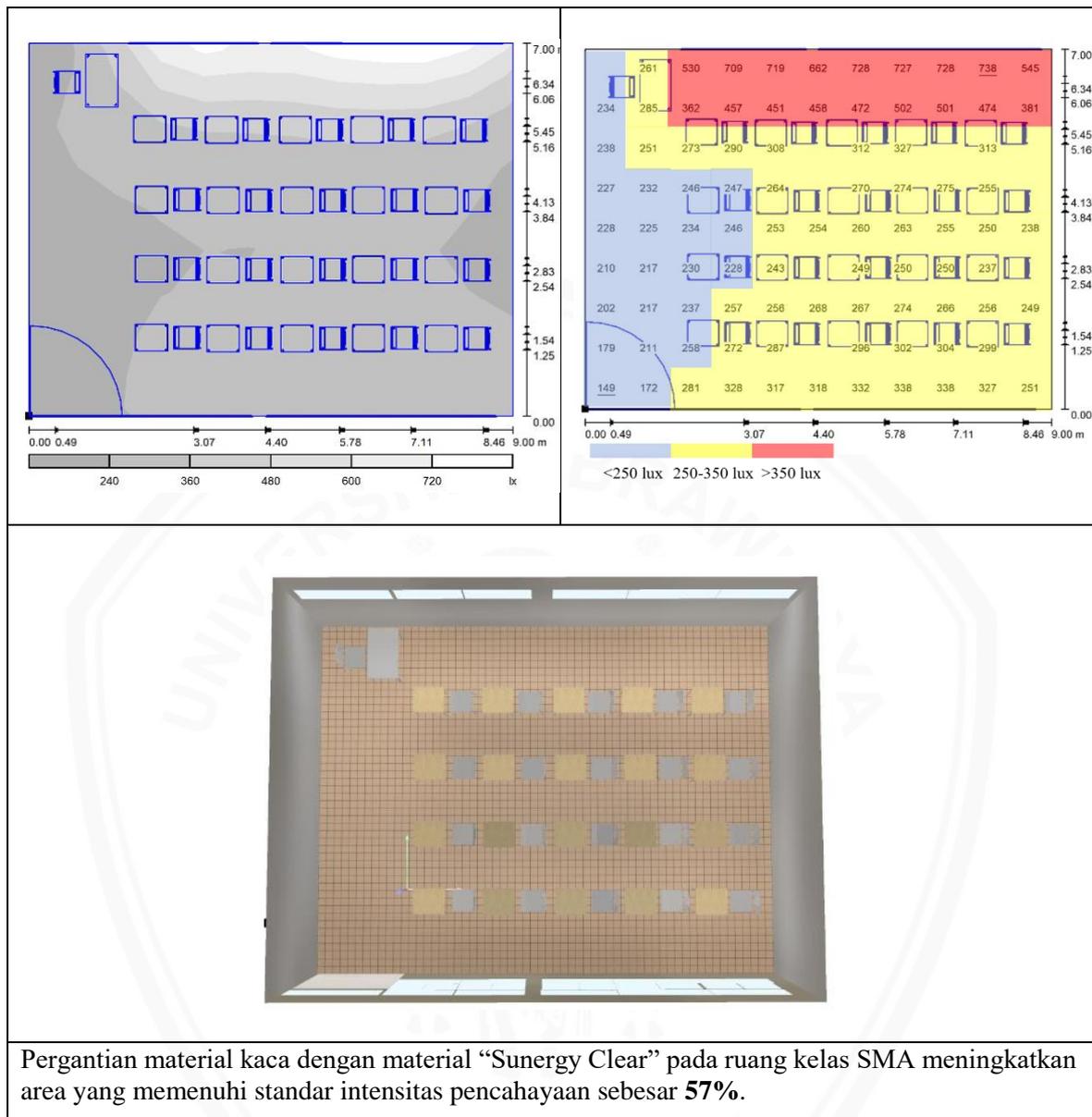
Tabel 4.31 Penerapan Material “T-Sunlux” (Tahap 1B)



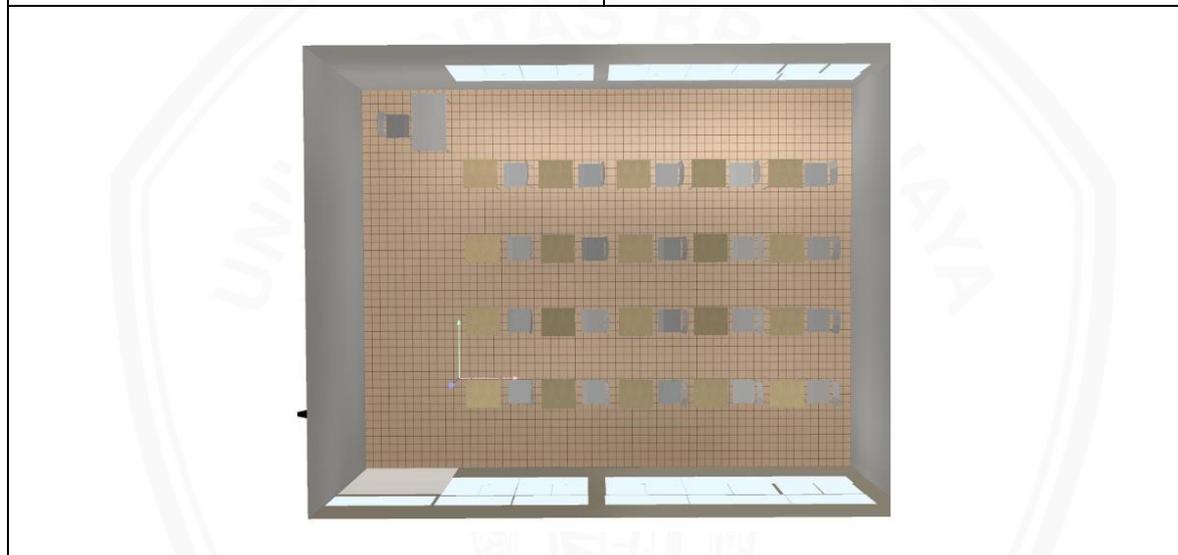
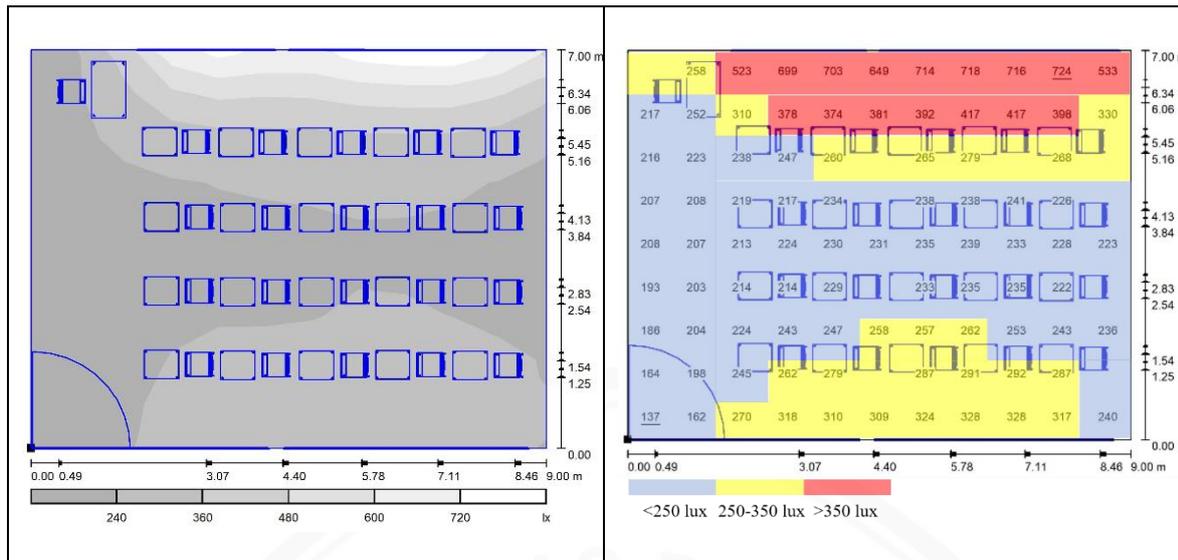
Pergantian material kaca dengan material “T-Sunlux” pada ruang kelas SMP meningkatkan area yang memenuhi standar intensitas pencahayaan sebesar **24%**.

### 3. Tahap perubahan material kaca ruang kelas SMA

Tabel 4.32 Penerapan Material “Sunergy Clear” (Tahap 1A)



Tabel 4.33 Penerapan Material “T-Sunlux” (Tahap 2B)



Pergantian material kaca dengan material “T-Sunlux” pada ruang kelas SMA meningkatkan area yang memenuhi standar intensitas pencahayaan sebesar **30%**.

### 4.6.1 Tahap Simulasi Rekomendasi Desain Ruang Kelas SD (1) Lantai 2

#### 1. Tahap perubahan dan penambahan jendela

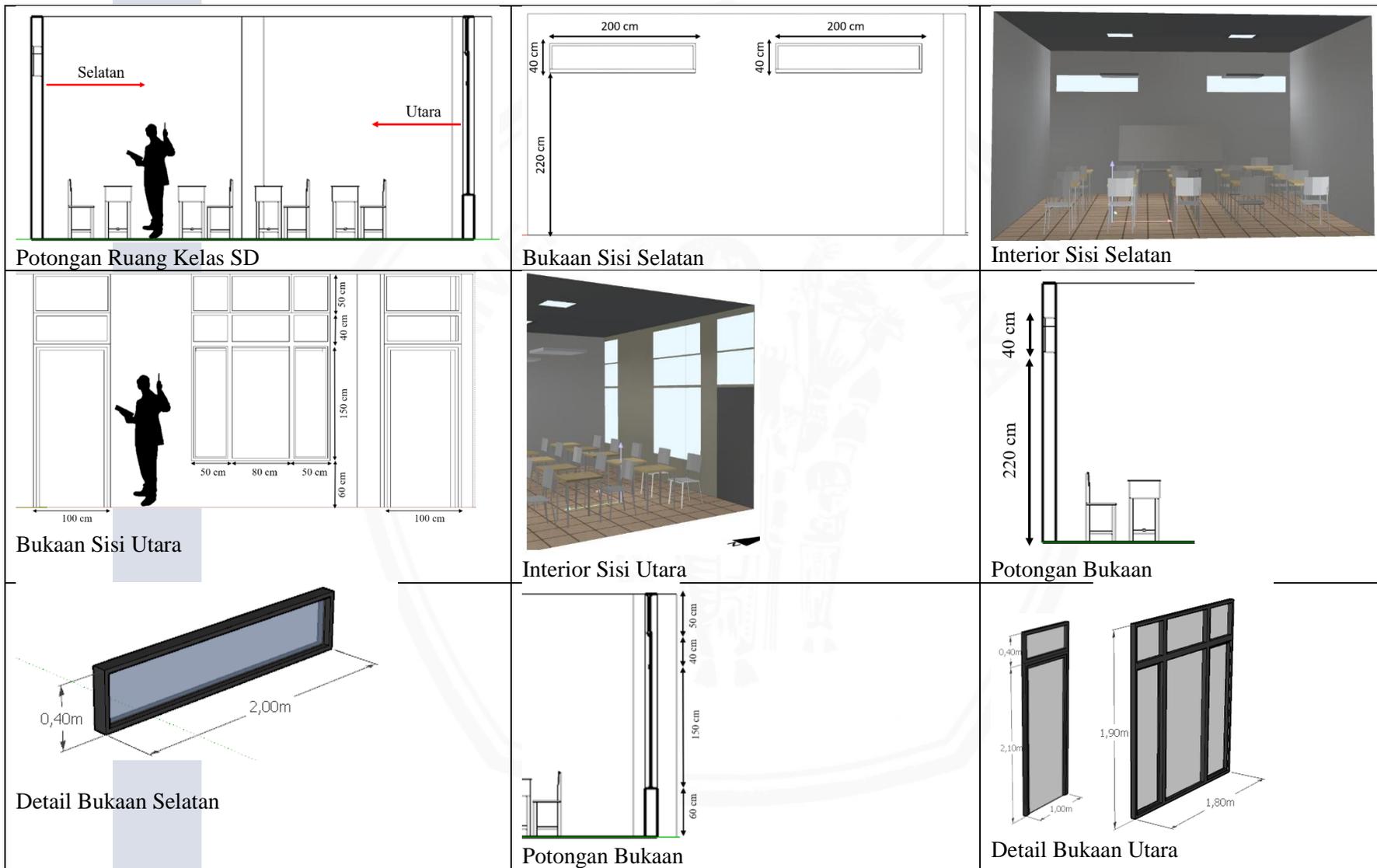
Tabel 4.34 Eksisting Ruang Kelas SD (1) (Rasio Bukaannya 20%)

<p>Potongan Ruang Kelas SD</p>	<p>Bukaan Sisi Selatan</p>
<p>Bukaan Sisi Utara</p>	<p>Interior Sisi Utara</p>
<p>Potongan Bukaan</p>	<p>Interior Sisi Selatan</p>

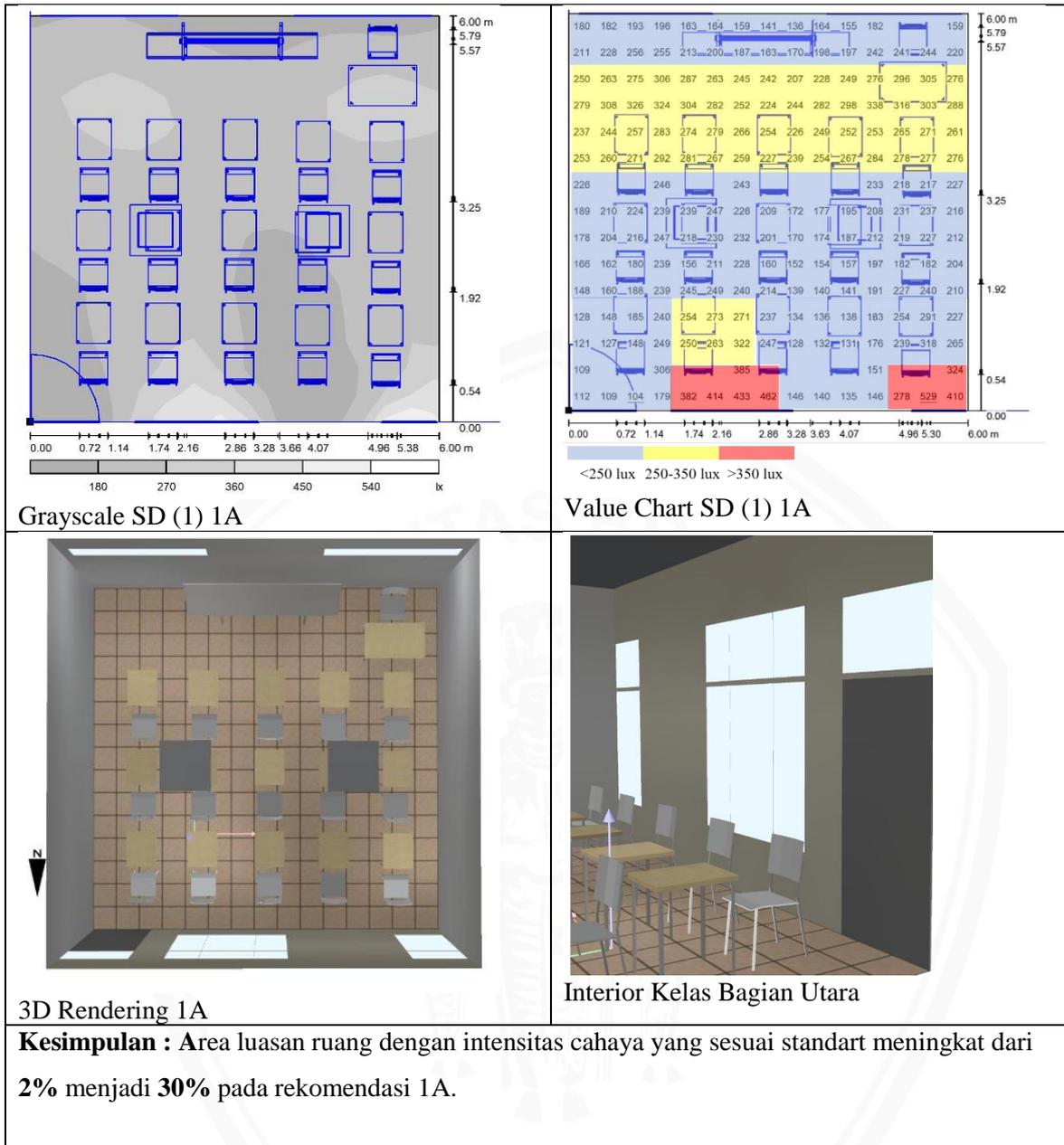
Tabel 4.35 Rekomendasi 1A SD (1) (Rasio Bukaan 31%)

<p>Selatan</p> <p>Utara</p>	<p>200 cm</p> <p>40 cm</p> <p>220 cm</p> <p>200 cm</p> <p>40 cm</p>	
<p>Potongan Ruang Kelas SD</p>	<p>Bukaan Sisi Selatan</p>	<p>Interior Sisi Selatan</p>
<p>100 cm</p> <p>75 cm</p> <p>150 cm</p> <p>40 cm</p> <p>50 cm 80 cm 50 cm</p> <p>100 cm</p>		<p>40 cm</p> <p>220 cm</p>
<p>Bukaan Sisi Utara</p>	<p>Interior Sisi Utara</p>	<p>Potongan Bukaan</p>
<p>0,40m</p> <p>2,00m</p>	<p>0,4 m</p> <p>1,5 m</p> <p>0,75 m</p>	<p>0,40m</p> <p>2,10m</p> <p>1,90m</p> <p>1,00m</p> <p>1,80m</p>
<p>Detail Bukaan Selatan</p>	<p>Potongan Bukaan</p>	<p>Detail Bukaan Utara</p>

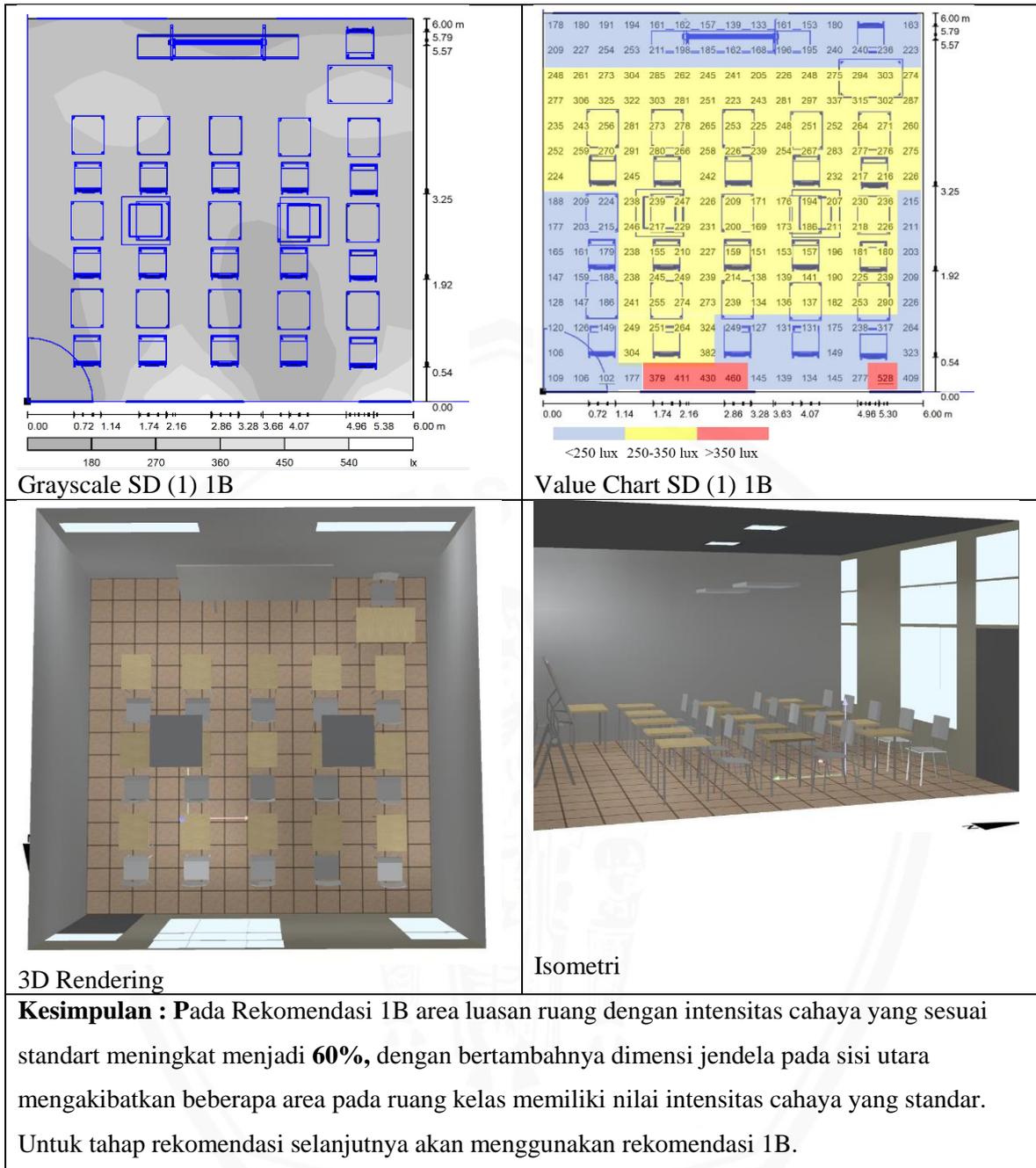
Tabel 4.36 Rekomendasi 1B SD (1) (Rasio Bukaannya 33%)



Tabel 4.37 Hasil Simulasi Rekomendasi 1A SD (1)



Tabel 4.38 Hasil Simulasi Rekomendasi 1B SD (1)



Grayscale SD (1) 1B

Value Chart SD (1) 1B

3D Rendering

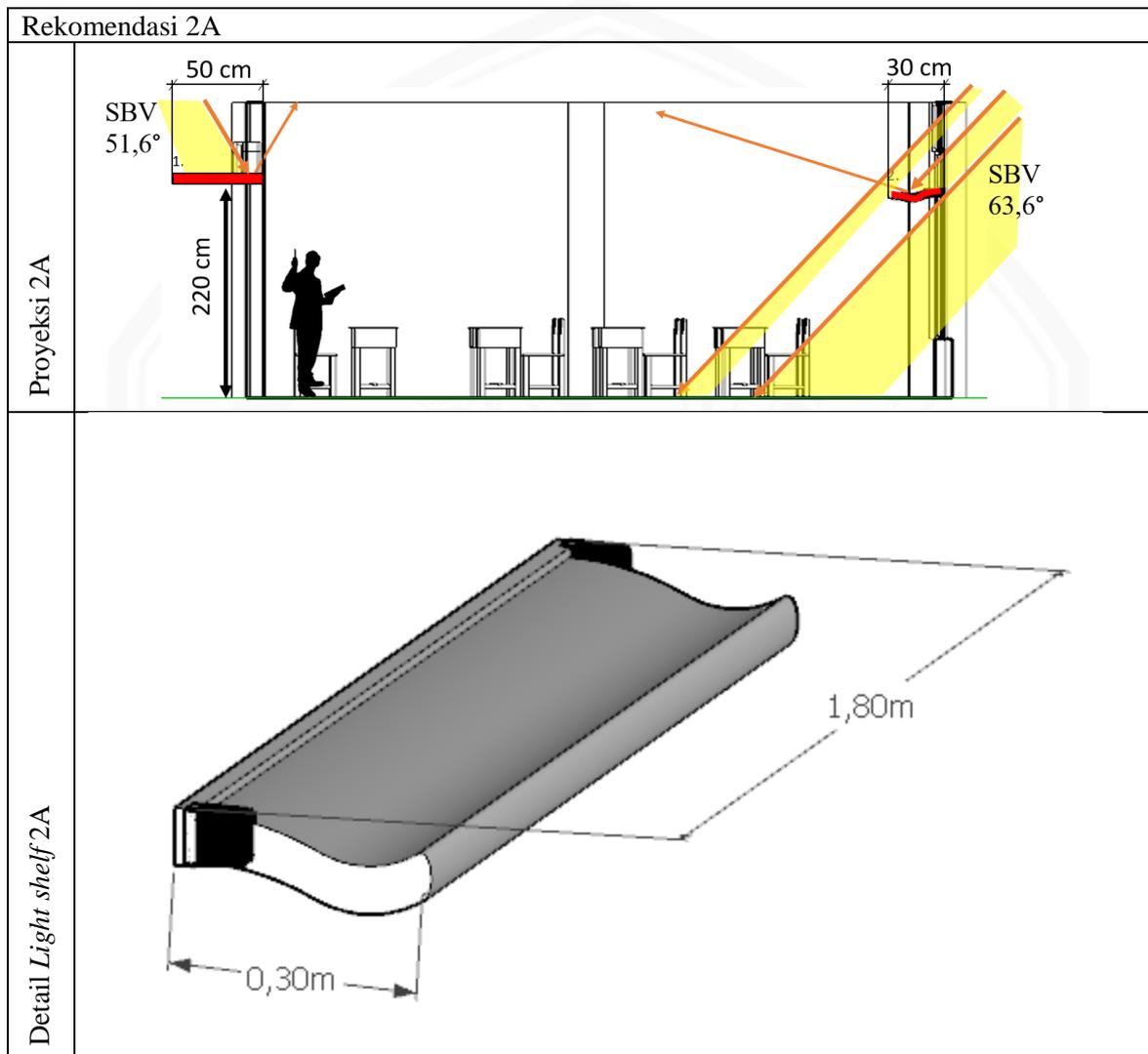
Isometri

**Kesimpulan :** Pada Rekomendasi 1B area luasan ruang dengan intensitas cahaya yang sesuai standart meningkat menjadi **60%**, dengan bertambahnya dimensi jendela pada sisi utara mengakibatkan beberapa area pada ruang kelas memiliki nilai intensitas cahaya yang standar. Untuk tahap rekomendasi selanjutnya akan menggunakan rekomendasi 1B.

## 2. Tahap perubahan dan penambahan *shading* eksterior dan interior (*light shelf*)

Berdasarkan analisis SBV dan SBH pada bidang ruang kelas SD adalah  $51,6^\circ$  pada bagian utara dan  $63,6^\circ$  pada bagian selatan. Ukuran shading didapatkan dari sudut datangnya cahaya pada arah bukaan ruang kelas tersebut dengan ketentuan cahaya yang datang akan dipantulkan seluruhnya pada bagian jendela yang terpasang shading. Berikut merupakan proyeksi alternatif rekomendasi shading.

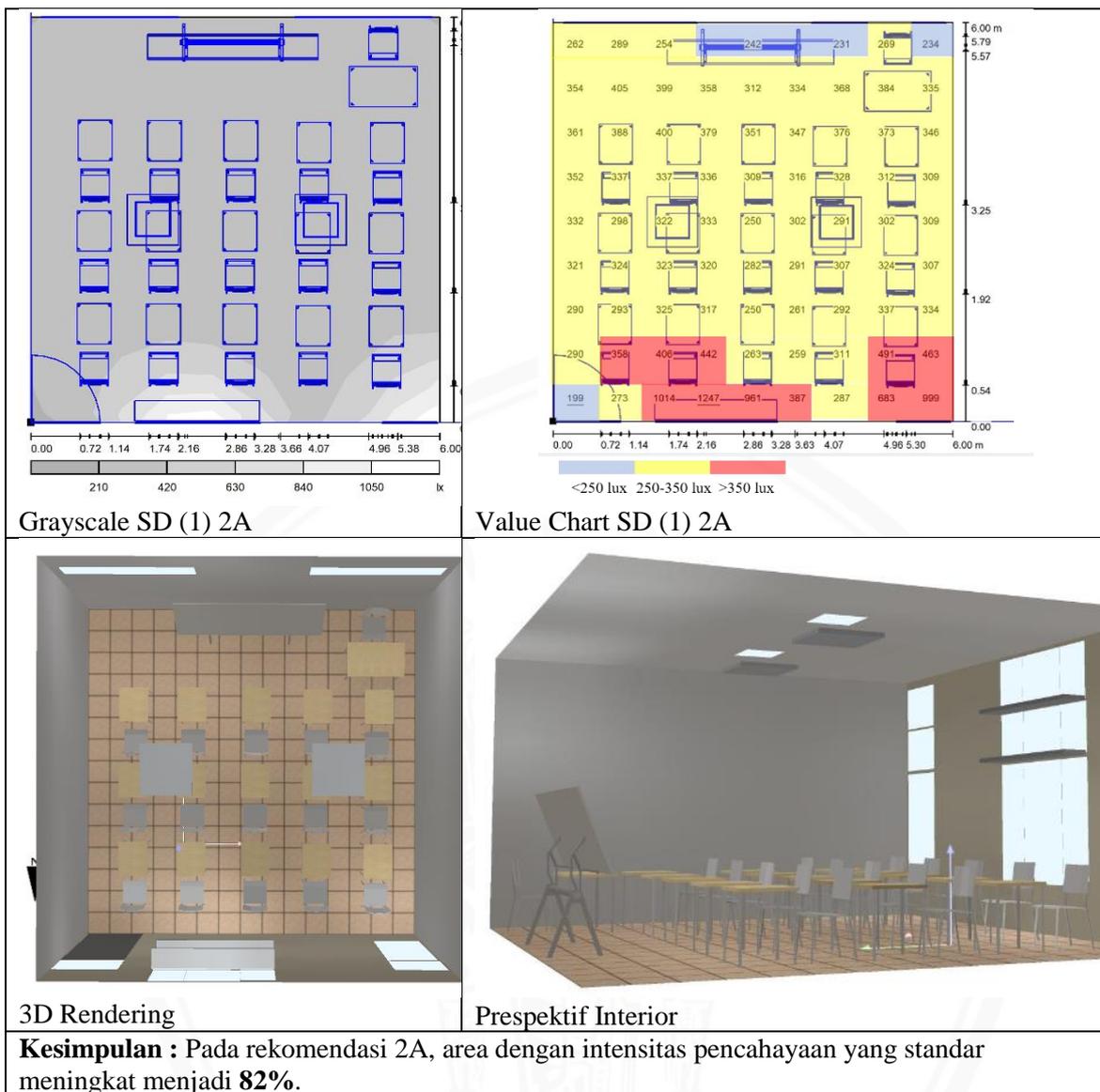
Tabel 4. 39 Rekomendasi 2A SD (1)



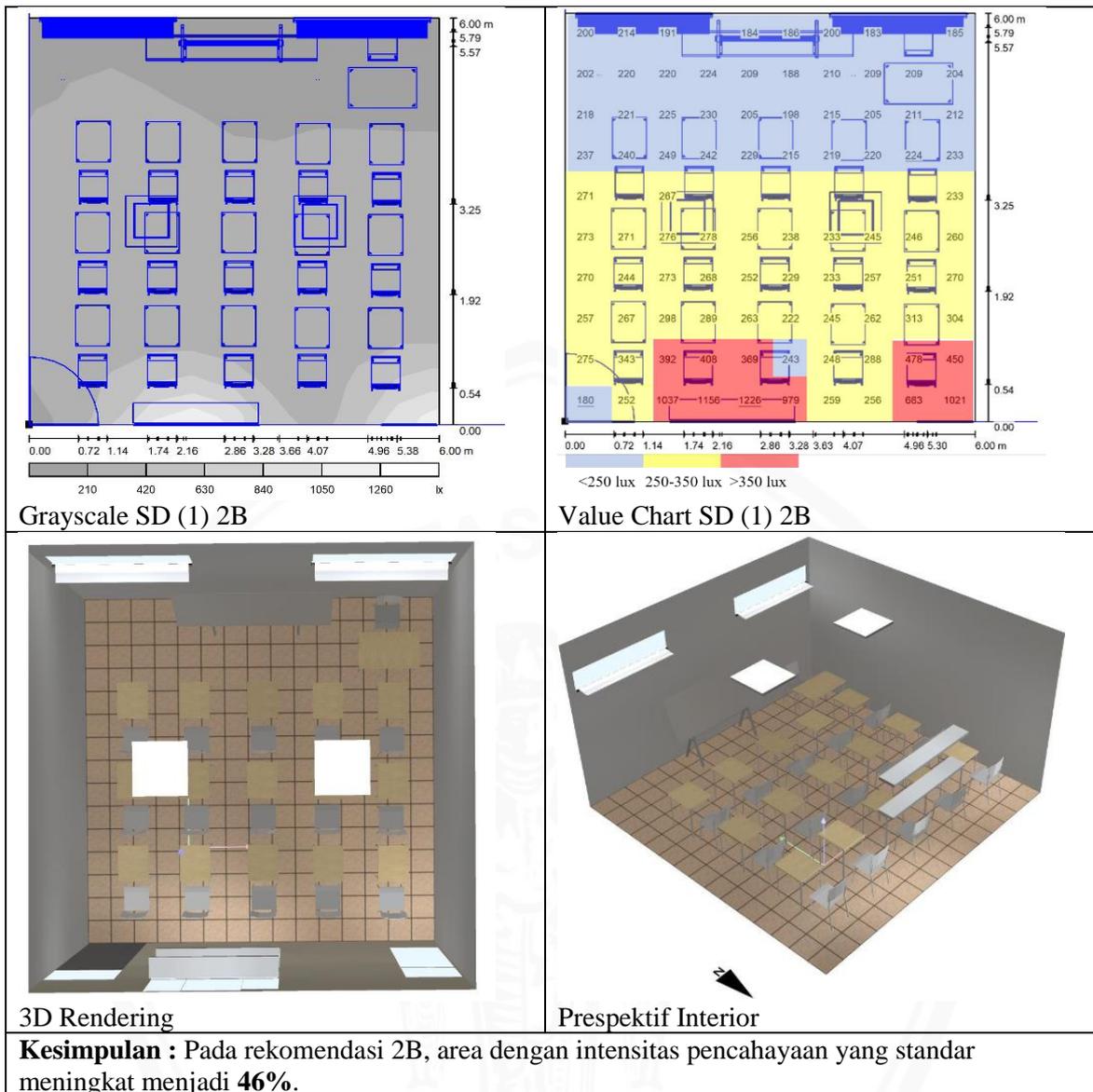
Tabel 4. 40 Rekomendasi 2B SD (1)

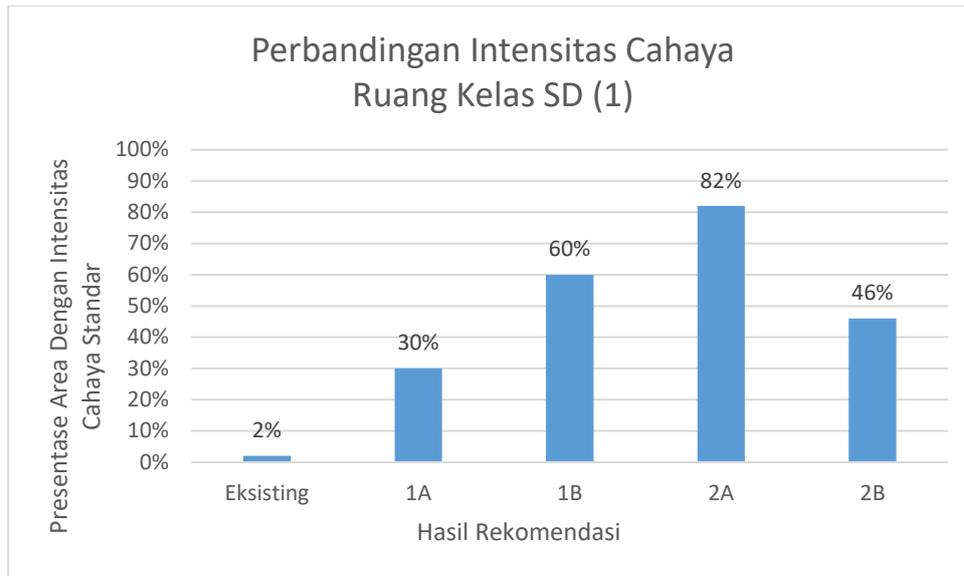
Rekomendasi 2B	
Proyeksi 2B	
Detail <i>Light shelf</i> 2B	
Detail <i>Light shelf</i> 2B	

Tabel 4.41 Hasil Simulasi Rekomendasi 2A SD (1)



Tabel 4.42 Hasil Simulasi Rekomendasi 2B SD (1)





Gambar 4.50 Grafik rekomendasi SD (1)

Berdasarkan data hasil rekomendasi ruang kelas SD (1) diatas, perbedaan antar eksisting dan rekomendasi cukup signifikan. Peningkatan presentase area dengan instensitas pencahayaan alami yang standar sebesar 60% hingga 80%. Setiap tahapan rekomendasi hanya dapat dilakukan satu tahapan rekomendasi. Berikut kesimpulan dari tahapan tersebut.

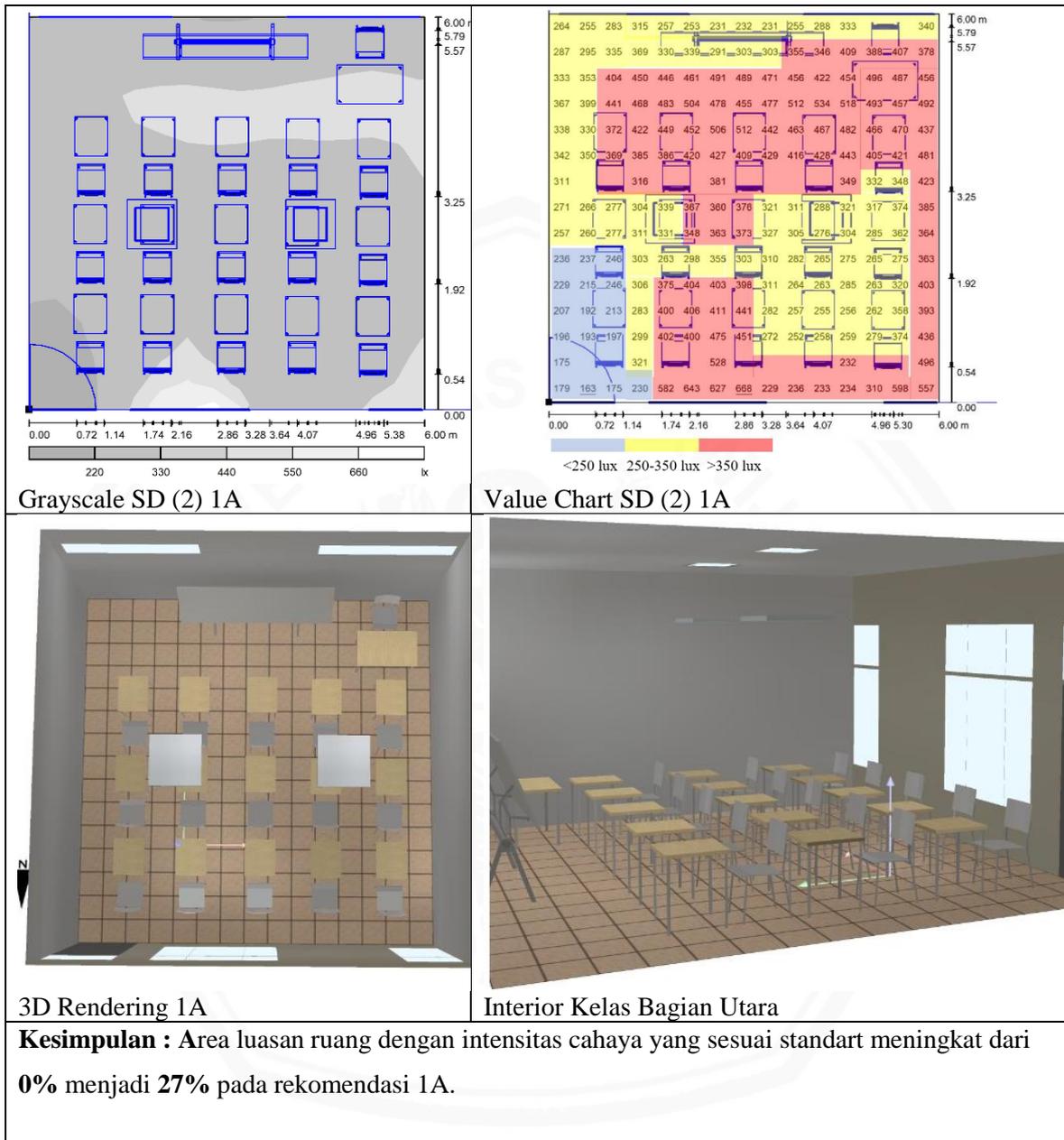
Tabel 4.43 Kesimpulan Ruang Kelas SD (1)

Rekomendasi Terpilih	Eksperimen Desain	Hasil	Kesimpulan
Rekomendasi 1B	Perubahan roster beton dan glass block menjadi jendela, Penambahan jendela pada sisi utara, Penambahan top lighting.	Area nyaman 60%	Belum memenuhi
Rekomendasi 2A	Penggunaan “Brightshelves” dan double shading pada sisi utara.	Area nyaman 82%	Sudah Memenuhi

### 4.6.2 Tahap simulasi rekomendasi desain Ruang Kelas SD (2) lantai 2

#### 1. Tahap perubahan dan penambahan jendela

Tabel 4.44 Hasil Simulasi Rekomendasi 1A SD (2)



Grayscale SD (2) 1A

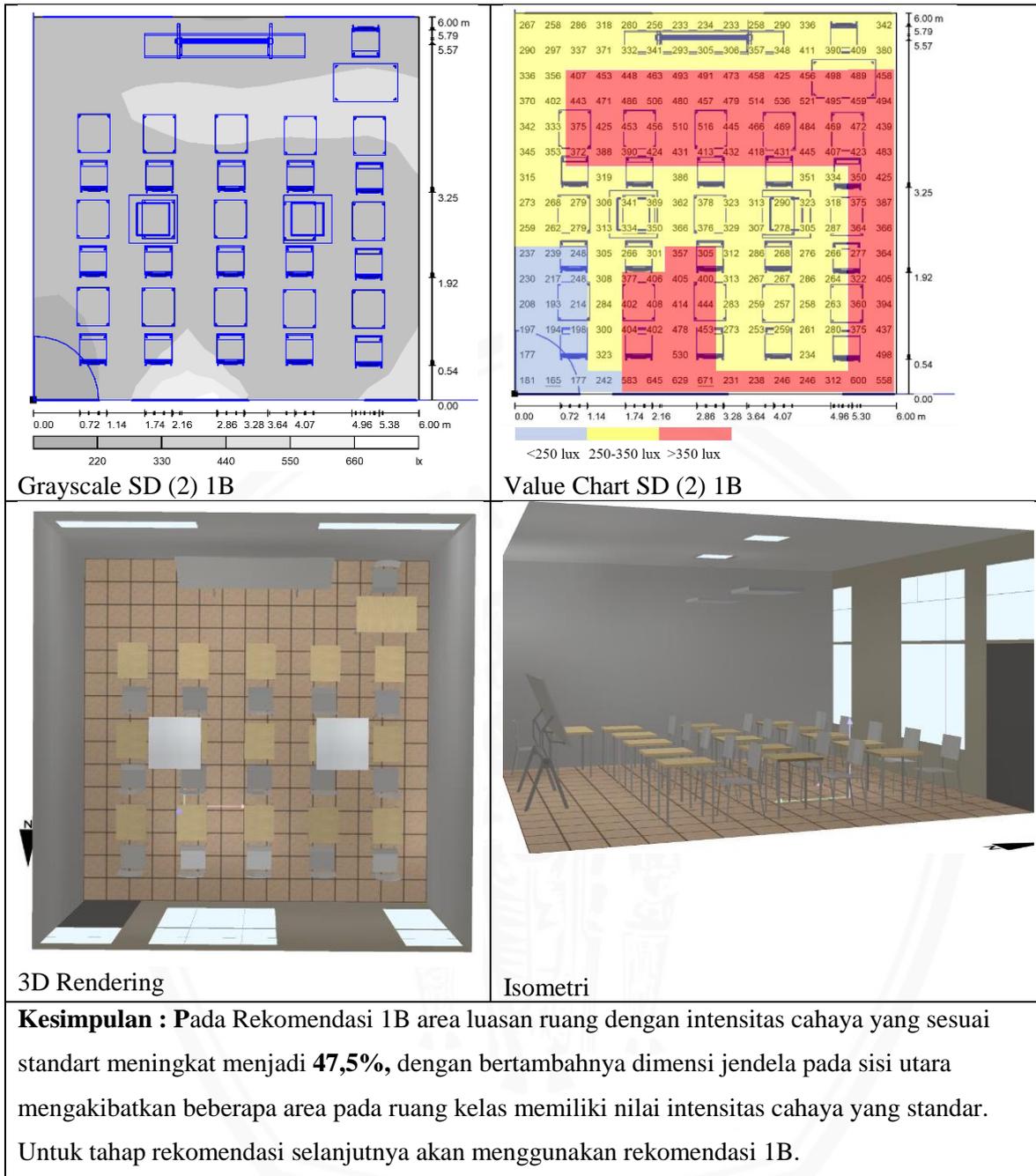
Value Chart SD (2) 1A

3D Rendering 1A

Interior Kelas Bagian Utara

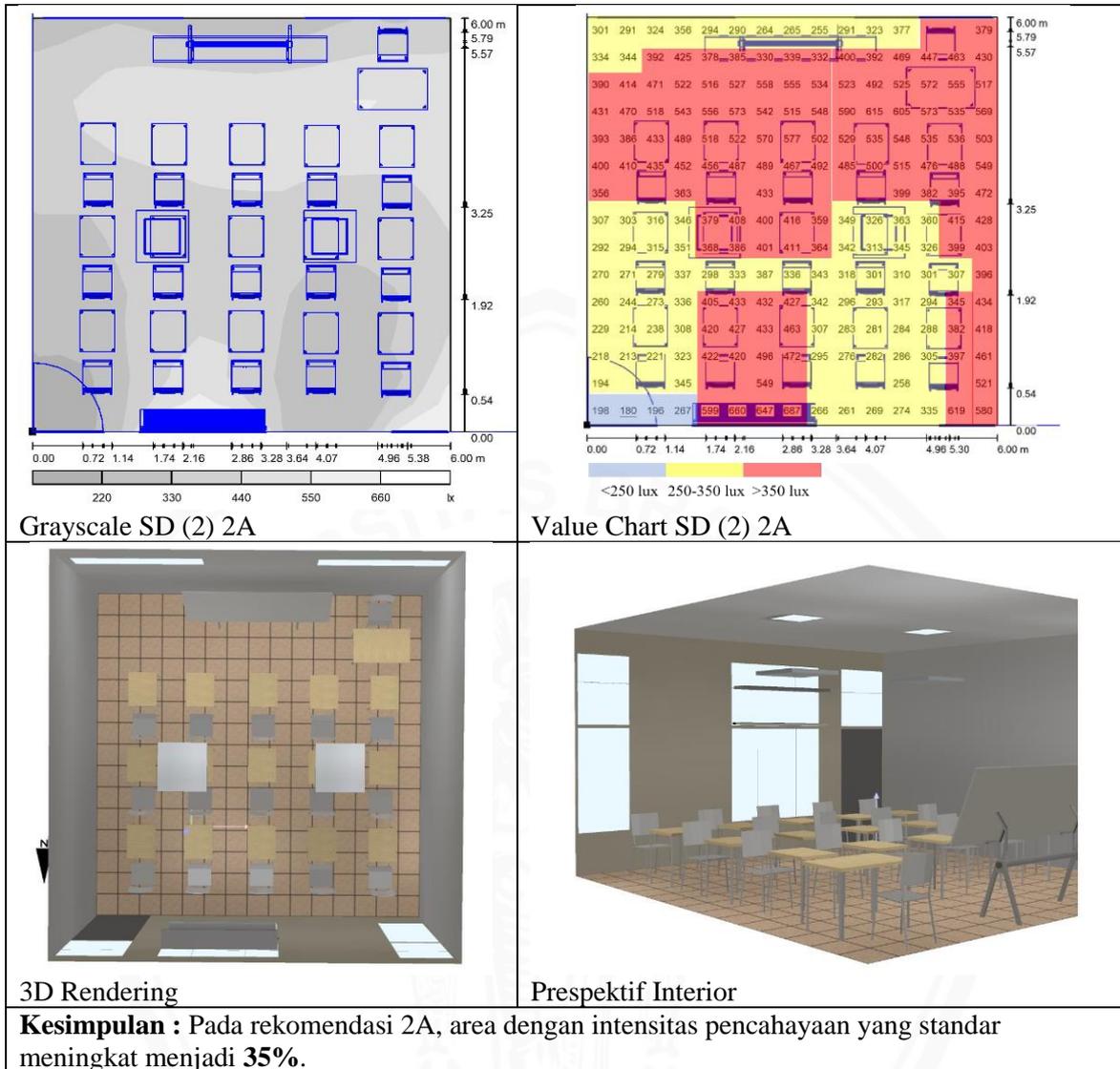
**Kesimpulan :** Area luasan ruang dengan intensitas cahaya yang sesuai standart meningkat dari **0%** menjadi **27%** pada rekomendasi 1A.

Tabel 4. 45 Hasil Simulasi Rekomendasi 1B SD (2)

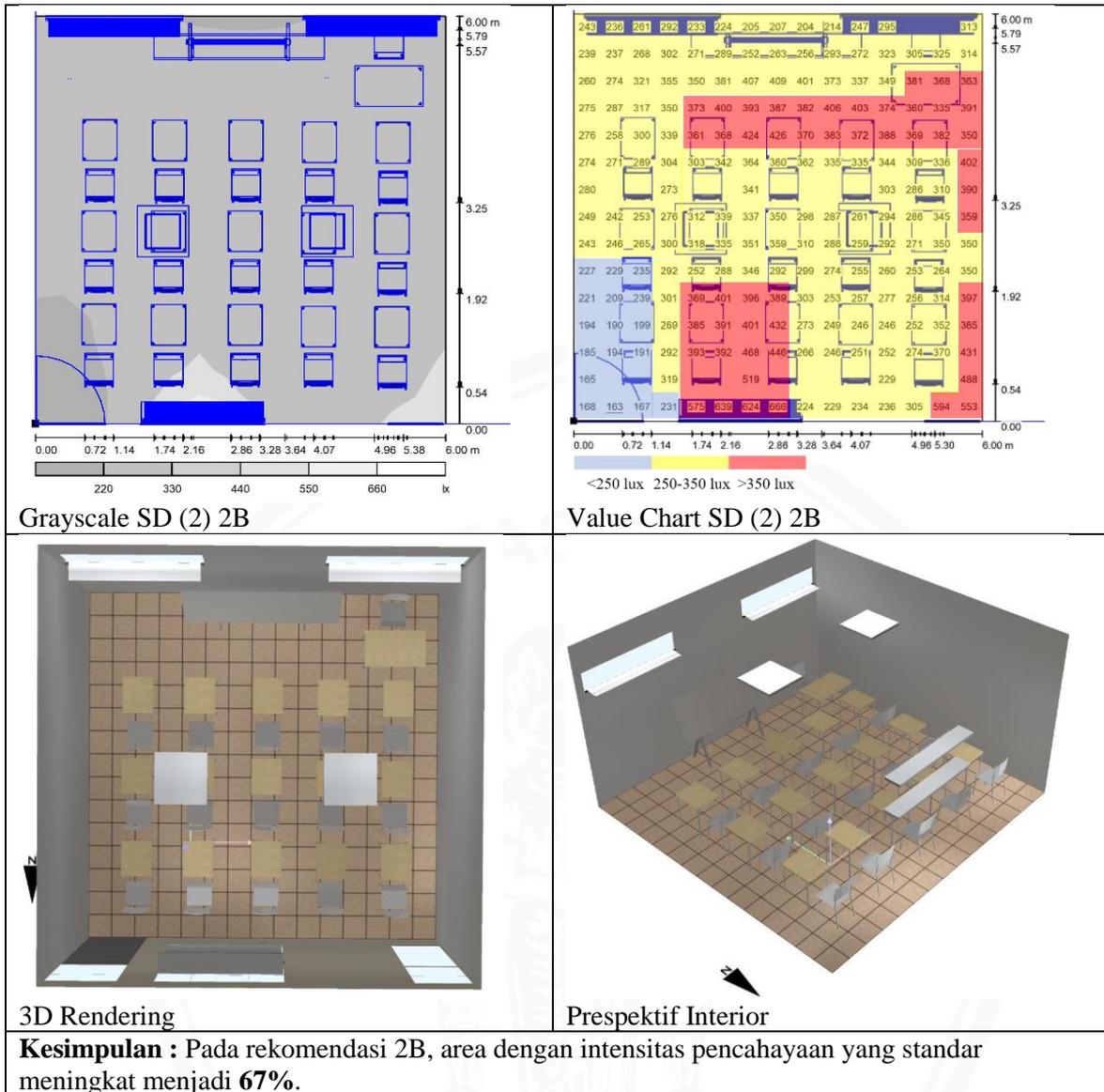


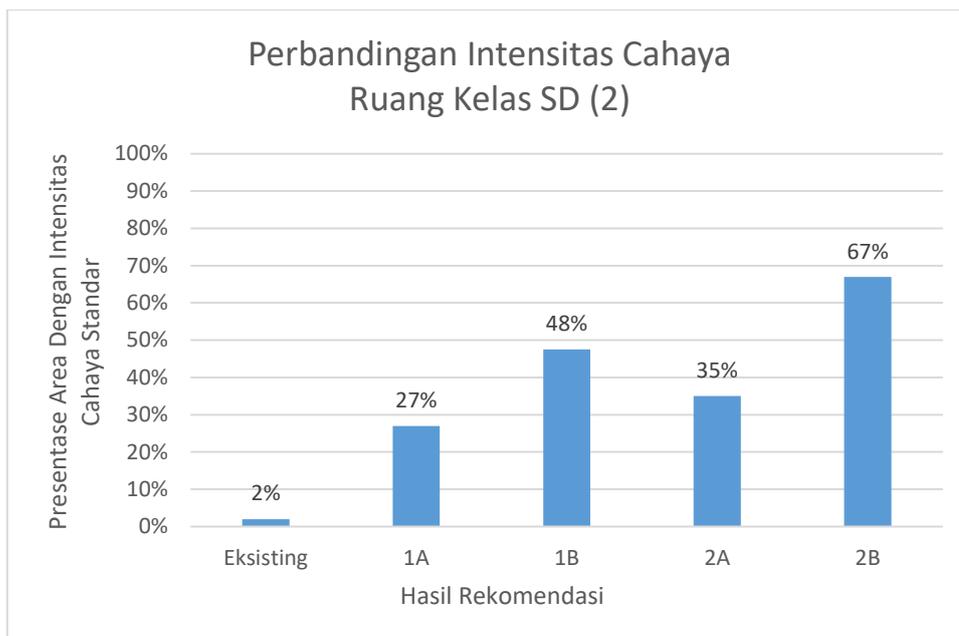
2. Tahap perubahan dan penambahan *shading* eksterior dan interior (*light shelf*)

Tabel 4.46 Hasil Simulasi Rekomendasi 2A SD (2)



Tabel 4.47 Hasil Simulasi Rekomendasi 2B SD (2)





Gambar 4.51 Grafik rekomendasi SD (2)

Berdasarkan data hasil rekomendasi ruang kelas SD (2) diatas, perbedaan antar eksisting dan rekomendasi cukup signifikan. Peningkatan presentase area dengan instensitas pencahayaan alami yang standar sebesar 27% hingga 67%. Setiap tahapan rekomendasi hanya dapat dilakukan satu tahapan rekomendasi. Berikut kesimpulan dari tahapan tersebut.

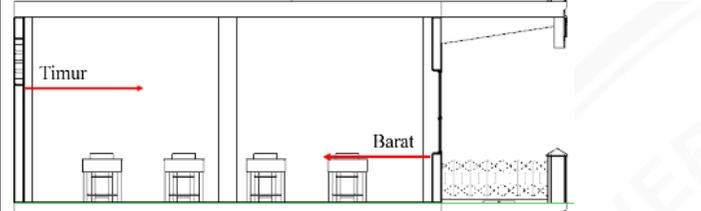
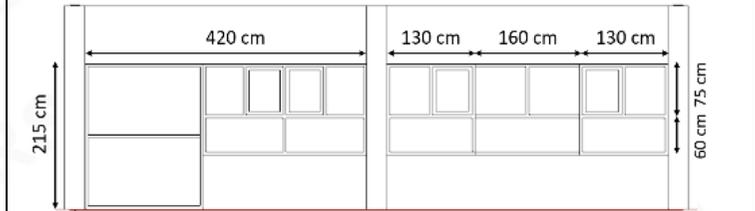
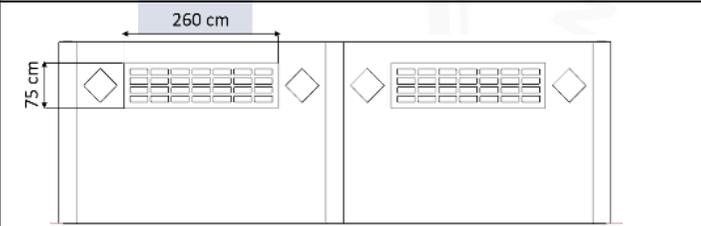
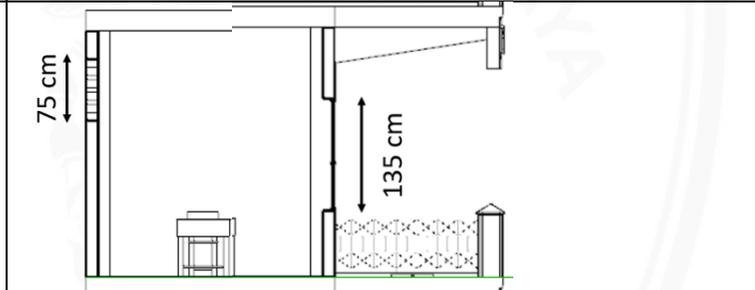
Tabel 4.48 Kesimpulan Ruang Kelas SD (2)

Rekomendasi Terpilih	Eksperimen Desain	Hasil	Kesimpulan
Rekomendasi 1B	Perubahan roster beton dan glass block menjadi jendela, Penambahan jendela pada sisi utara, Penambahan top lighting.	Area nyaman 47,5%	Belum memenuhi
Rekomendasi 2B	Penggunaan “Brightshelves” dan double shading pada sisi utara.	Area nyaman 67%	Sudah Memenuhi

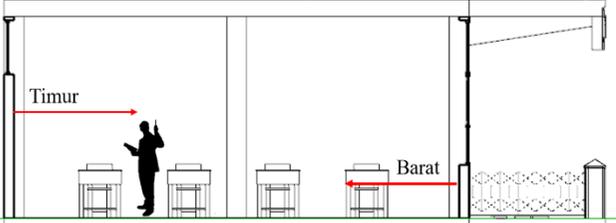
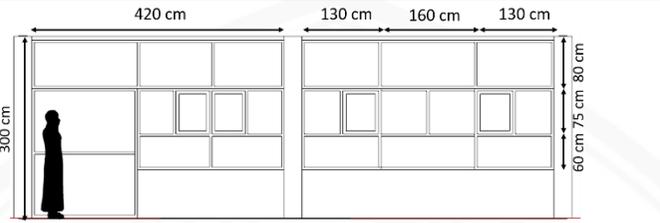
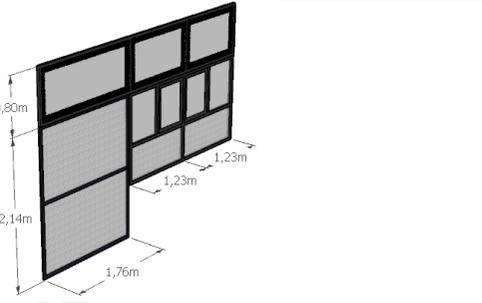
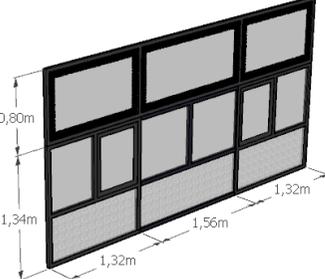
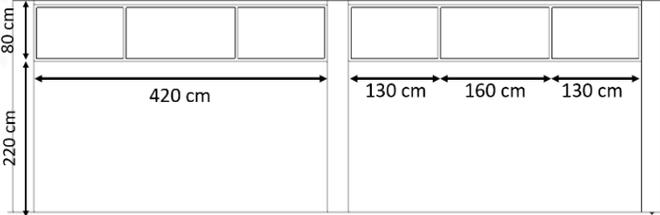
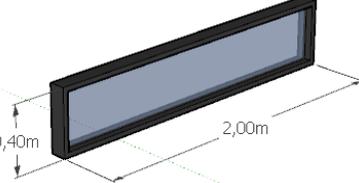
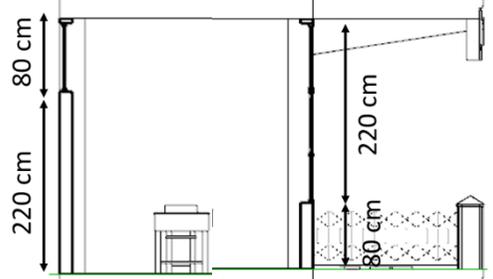
### 4.6.3 Tahap simulasi rekomendasi desain Ruang Kelas SMP (1) lantai 2

#### 1. Tahap perubahan dan penambahan jendela

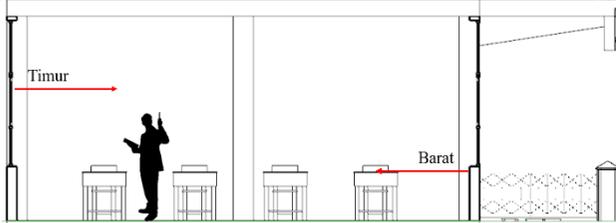
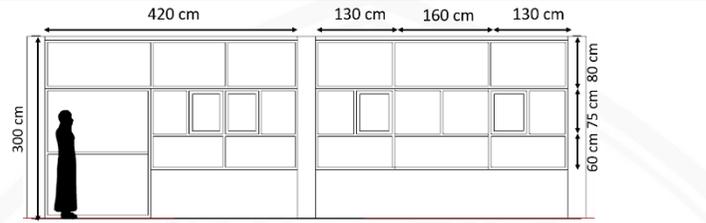
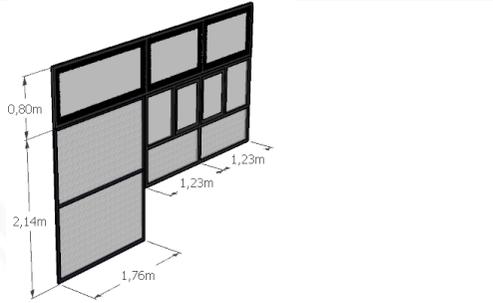
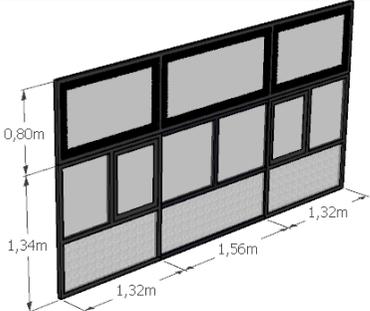
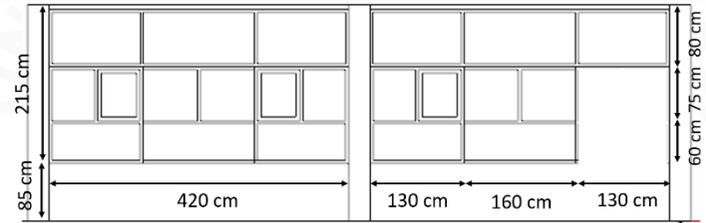
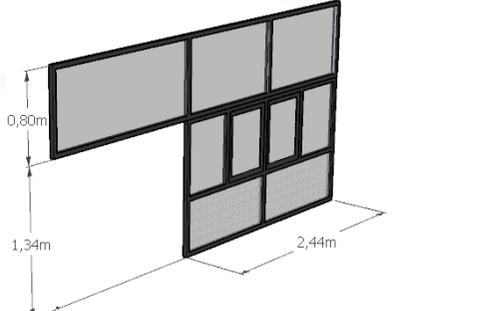
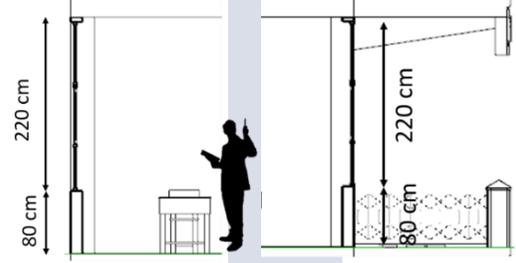
Tabel 4.49 Eksisting Ruang Kelas SMP (1) (**Rasio Bukaan 19%**)

 <p>Potongan SMP</p>	 <p>Bukaan Sisi Barat</p>
 <p>Bukaan Sisi Timur</p>	 <p>Potongan Bukaan</p>
 <p>Prespektif interior sisi timur</p>	 <p>Prespektif interior sisi barat</p>

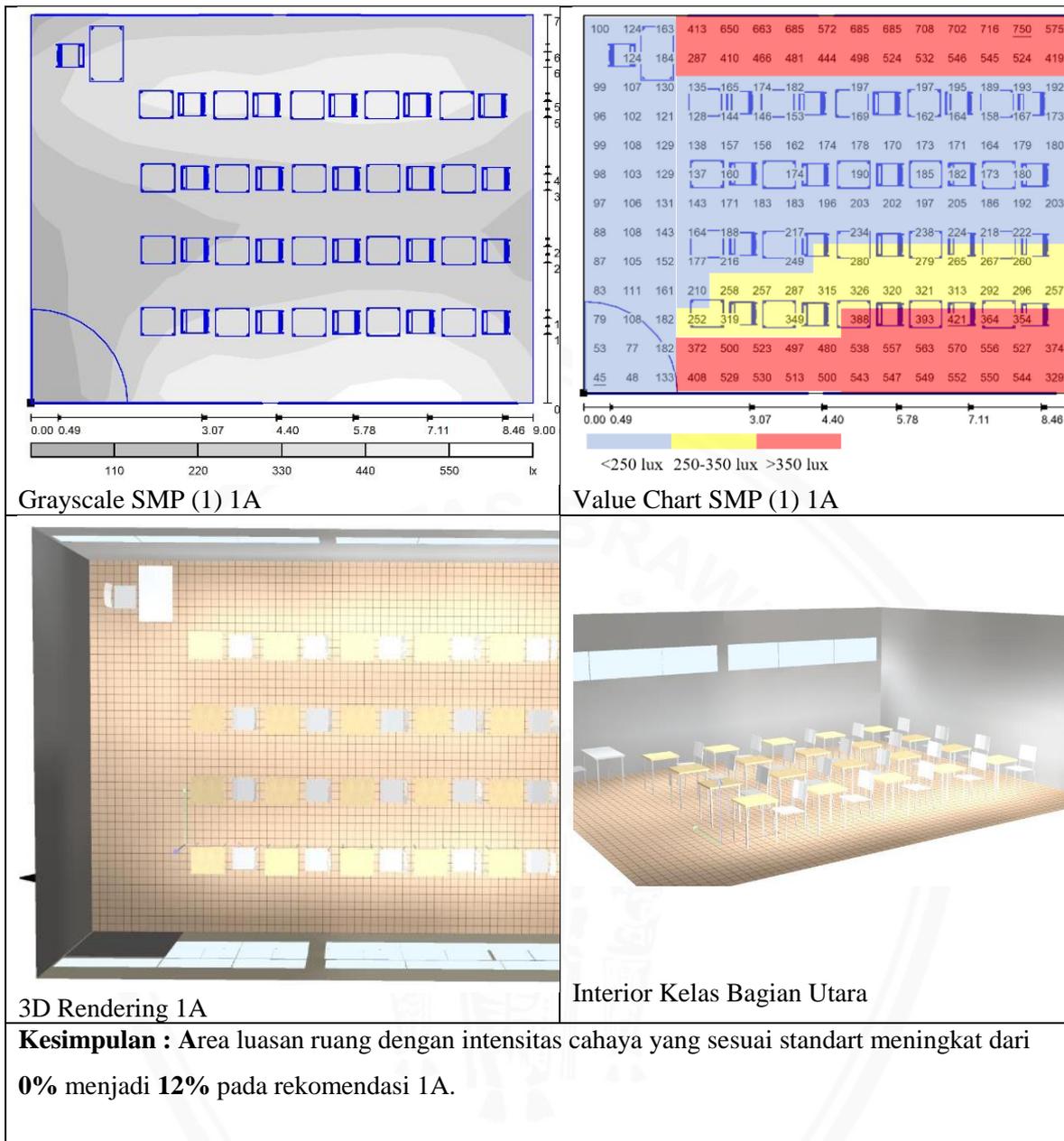
Tabel 4.50 Rekomendasi 1A Ruang Kelas SMP dan SMA (Rasio Bukaan 36%)

 <p>Potongan SMP</p>	 <p>Bukaan Sisi Barat</p>	 <p>Detail Jendela Sisi Barat</p>
 <p>Detail Jendela Sisi Barat</p>	 <p>Bukaan Sisi Timur</p>	 <p>Detail Jendela Sisi Timur</p>
 <p>Potongan Bukaan</p>	 <p>Prespektif Interior Sisi Barat</p>	 <p>Prespektif Interior Sisi Timur</p>

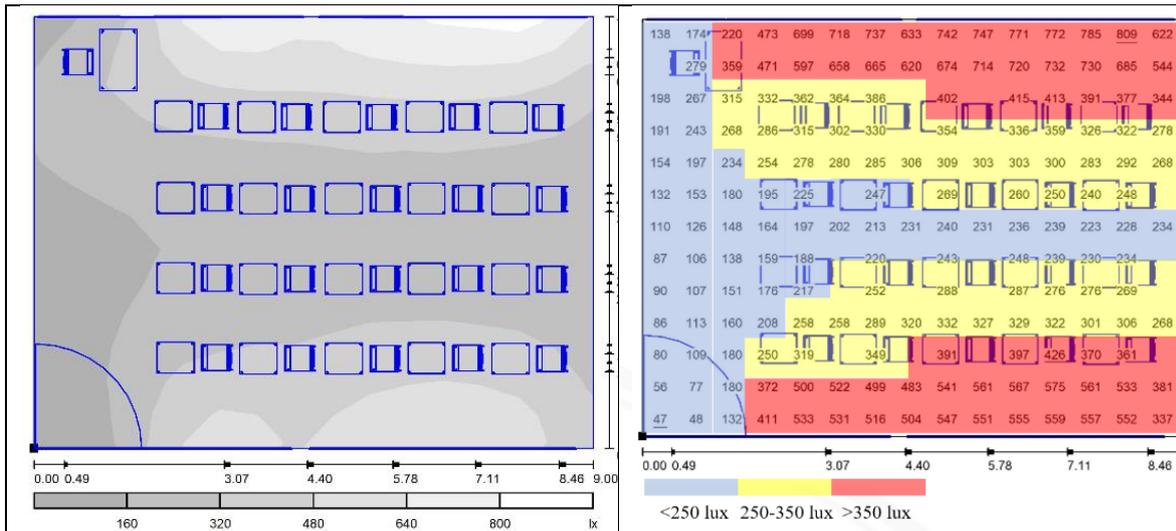
Tabel 4.51 Rekomendasi 1B Ruang Kelas SMP dan SMA (**Rasio Bukaannya 51%**)

 <p>Potongan SMP</p>	 <p>Bukaan Sisi Barat</p>	 <p>Detail Jendela Sisi Barat</p>
 <p>Detail Jendela Sisi Barat</p>	 <p>Bukaan Sisi Timur</p>	 <p>Detail Jendela Sisi Timur</p>
 <p>Potongan Bukaannya</p>	 <p>Prespektif Interior Sisi Barat</p>	 <p>Prespektif Interior Sisi Timur</p>

Tabel 4. 52 Hasil Simulasi Rekomendasi 1A SMP (1)

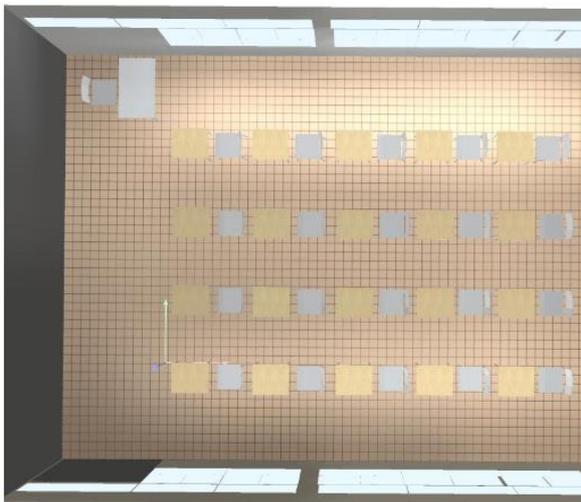


Tabel 4. 53 Hasil Simulasi Rekomendasi 1B SMP (1)



Grayscale SMP (1) 1B

Value Chart SMP (1) 1B



3D Rendering 1A

Interior Kelas Bagian Utara

**Kesimpulan :** Pada Rekomendasi 1B area luasan ruang dengan intensitas cahaya yang sesuai standart meningkat menjadi **38%**, dengan bertambahnya dimensi jendela pada sisi utara mengakibatkan beberapa area pada ruang kelas memiliki nilai intensitas cahaya yang standar. Untuk tahap rekomendasi selanjutnya akan menggunakan rekomendasi 1B.



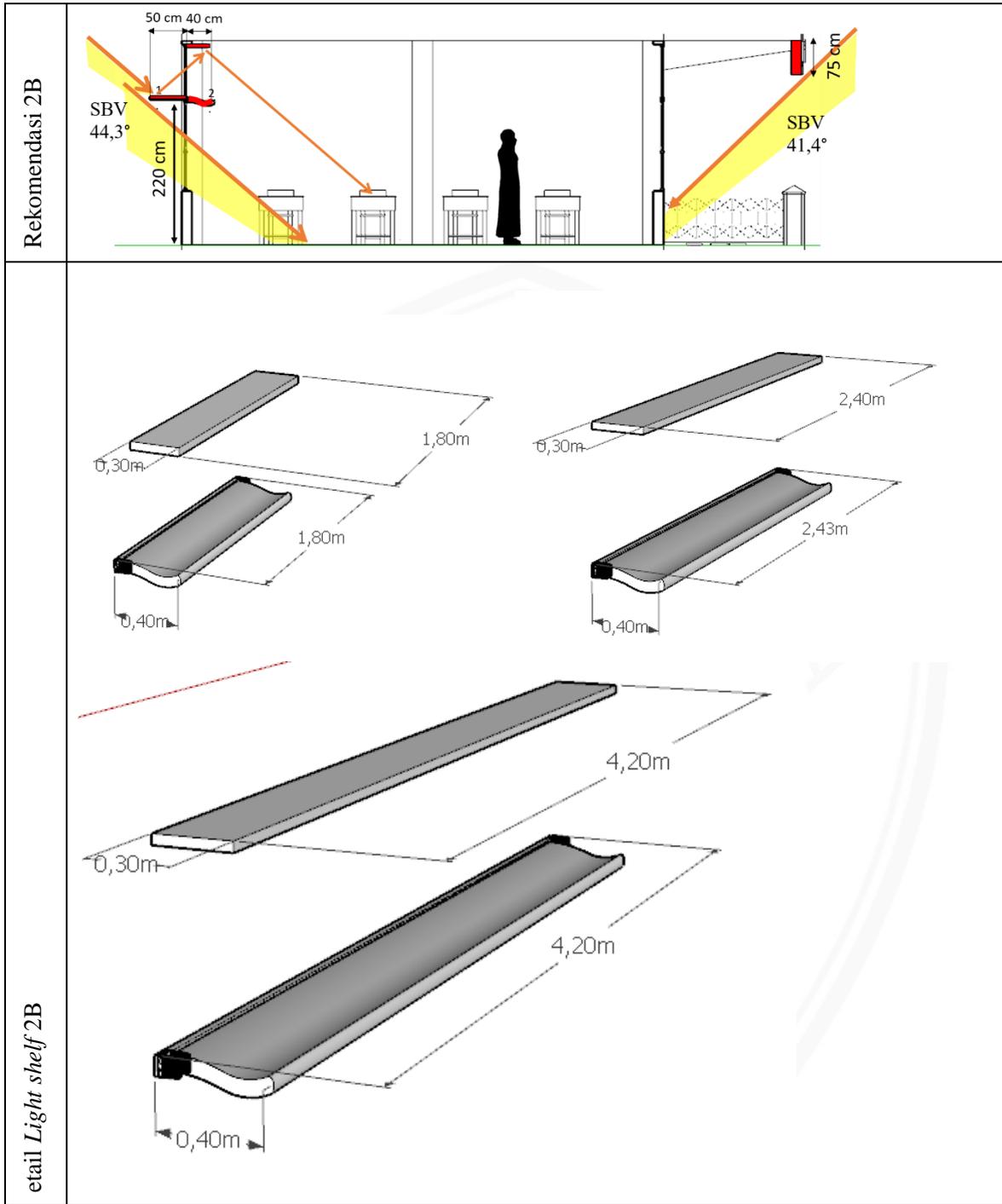
## 2. Tahap perubahan dan penambahan *shading* eksterior dan interior (*light shelf*)

Berdasarkan analisis SBV dan SBH pada bidang ruang kelas SMP dan SMA adalah  $44,3^\circ$  pada bagian barat dan  $41,4^\circ$  pada bagian timur. Ukuran shading didapatkan dari sudut datangnya cahaya pada arah bukaan ruang kelas tersebut dengan ketentuan cahaya yang datang akan dipantulkan seluruhnya pada bagian jendela yang terpasang shading. Berikut merupakan proyeksi alternatif rekomendasi shading.

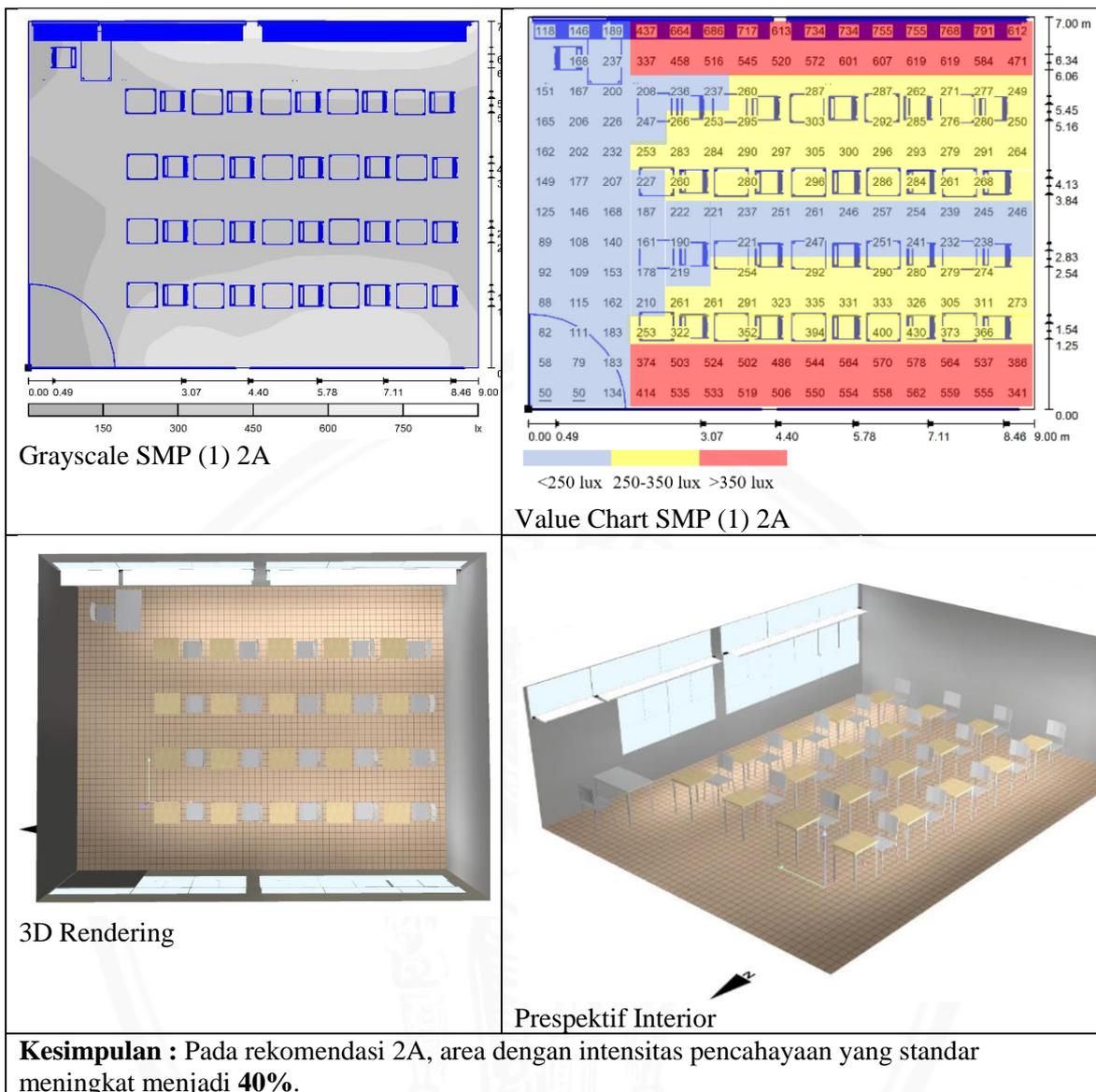
Tabel 4. 54 Tabel Rekomendasi 2A Ruang Kelas SMP dan SMA (1)

Rekomendasi 2A	
Detail <i>Light shelf</i> 2A	

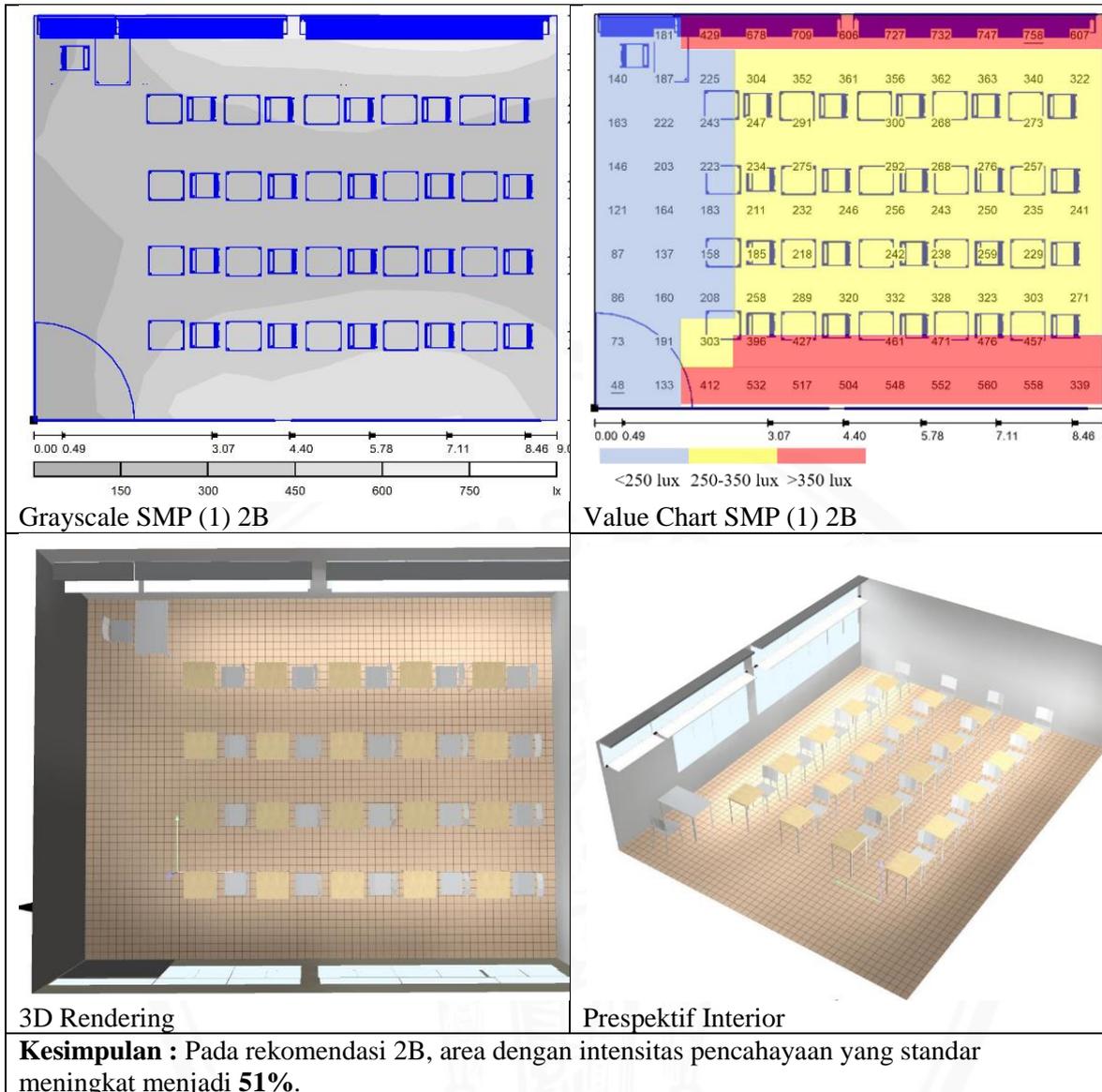
Tabel 4. 55 Rekomendasi 2B Ruang Kelas SMP dan SMA (1)

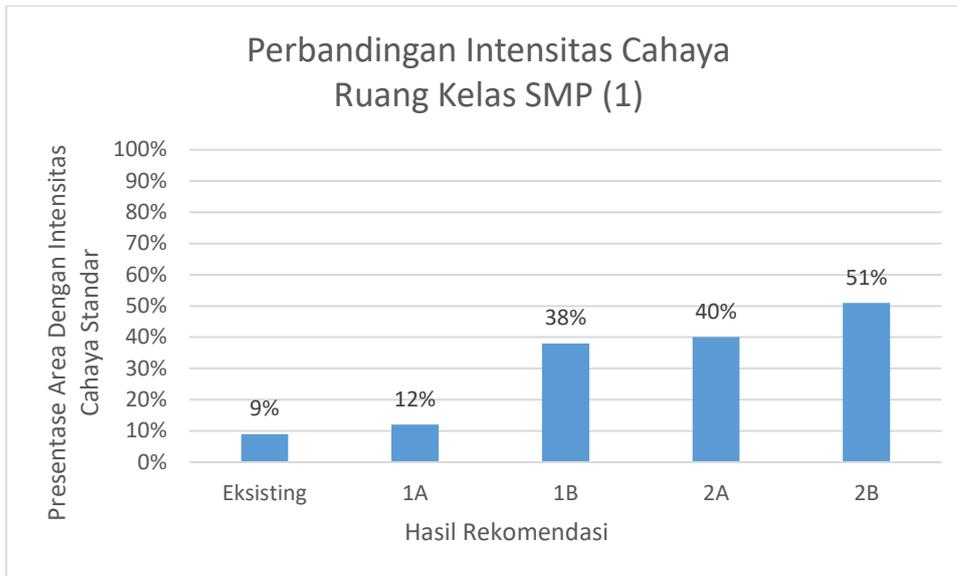


Tabel 4. 56 Hasil Simulasi Rekomendasi 2A SMP (1)



Tabel 4. 57 Hasil Simulasi Rekomendasi 2B SMP (1)





Gambar 4. 52 Grafik rekomendasi SMP (1)

Berdasarkan data hasil rekomendasi ruang kelas SMP (1) diatas, perbedaan antar eksisting dan rekomendasi cukup signifikan. Peningkatan presentase area dengan instensitas pencahayaan alami yang standar sebesar 12% hingga 51%. Setiap tahapan rekomendasi hanya dapat dilakukan satu tahapan rekomendasi. Berikut kesimpulan dari tahapan tersebut.

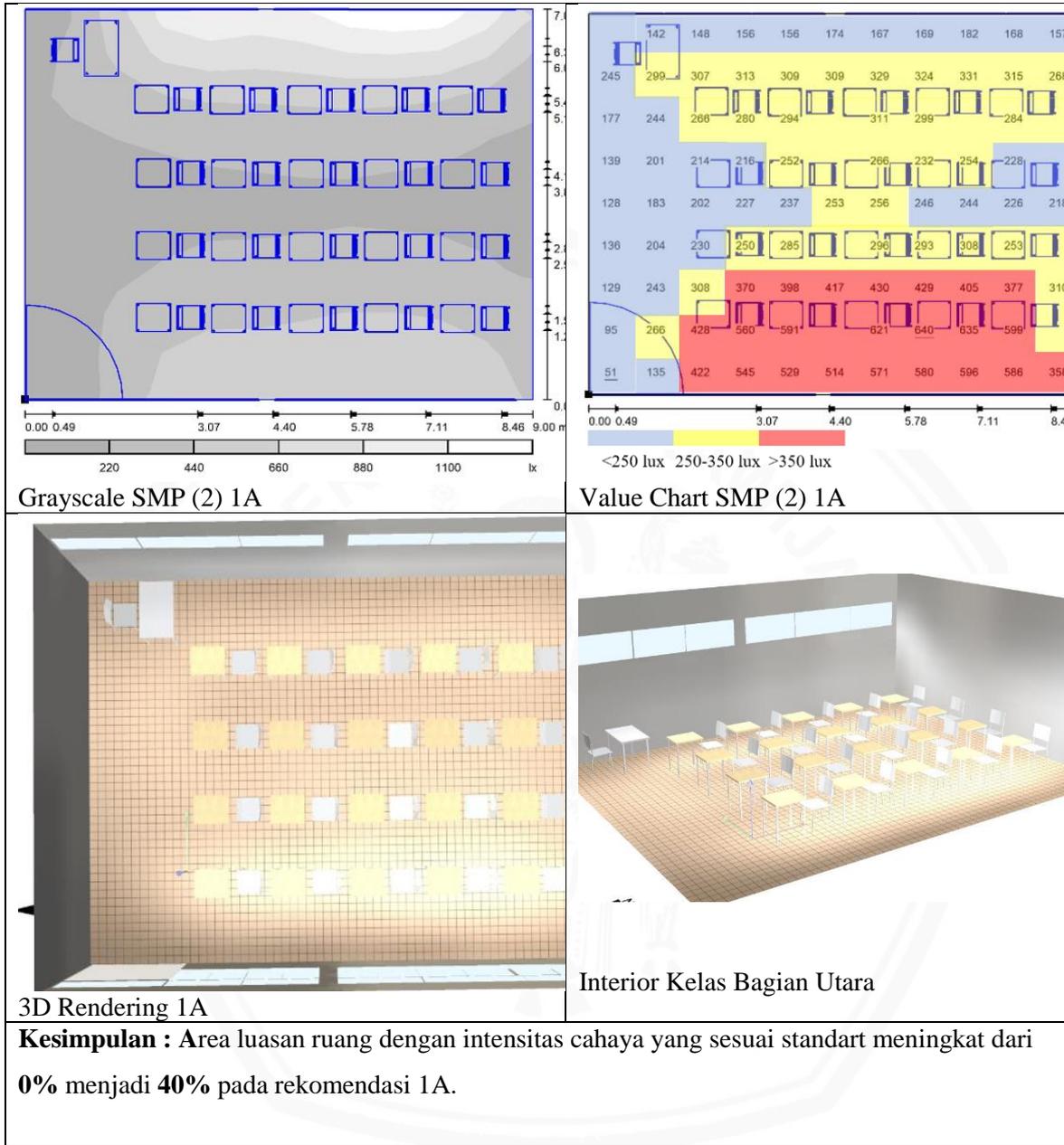
Tabel 4. 58 Kesimpulan Ruang Kelas SMP (1)

Rekomendasi Terpilih	Eksperimen Desain	Hasil	Kesimpulan
Rekomendasi 1B	Perubahan roster beton dan glass block menjadi jendela, Penambahan jendela pada sisi timur.	Area nyaman 38%	Belum memenuhi
Rekomendasi 2B	Penggunaan “Brightshelves” dan double shading pada sisi timur.	Area nyaman 51%	Sudah Memenuhi

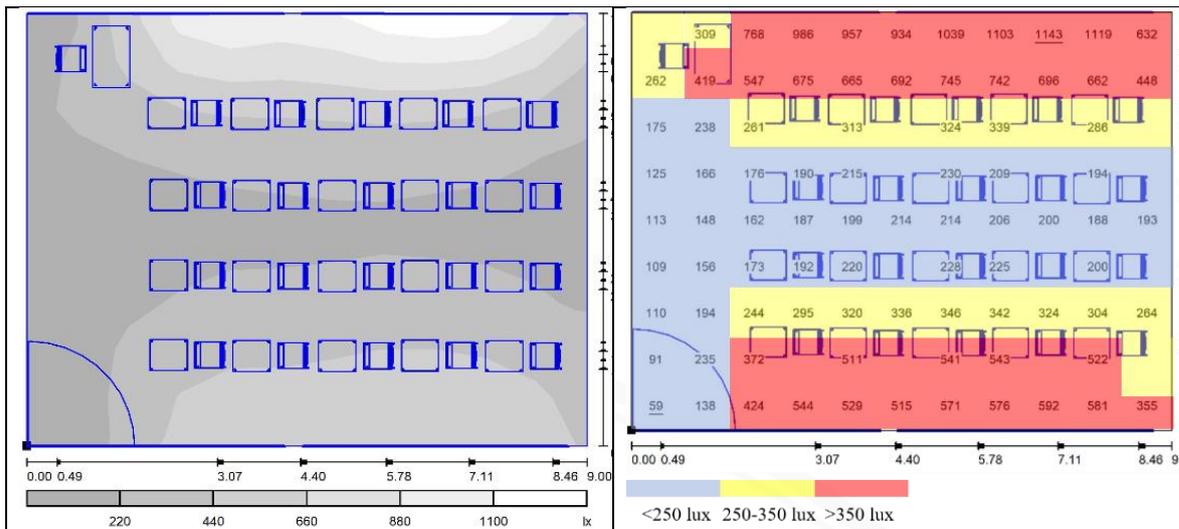
### 4.6.4 Tahap simulasi rekomendasi desain Ruang Kelas SMP (2) lantai 2

1. Tahap perubahan dan penambahan jendela

Tabel 4. 59 Hasil Simulasi Rekomendasi 1A SMP (2)

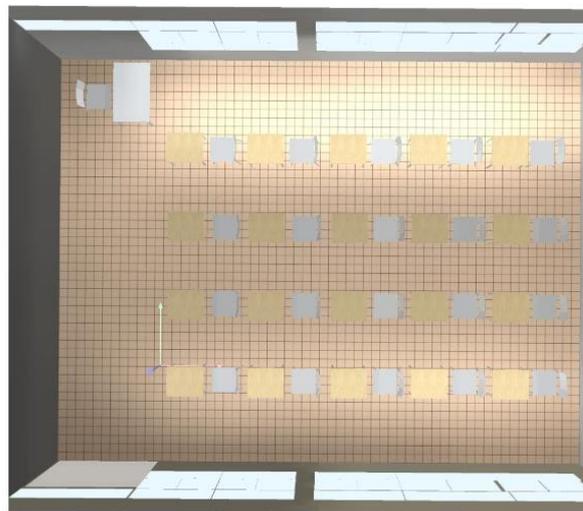


Tabel 4. 60 Hasil Simulasi Rekomendasi 1B SMP (2)



Grayscale SMP (2) 1A

Value Chart SMP (2) 1A



3D Rendering 1A

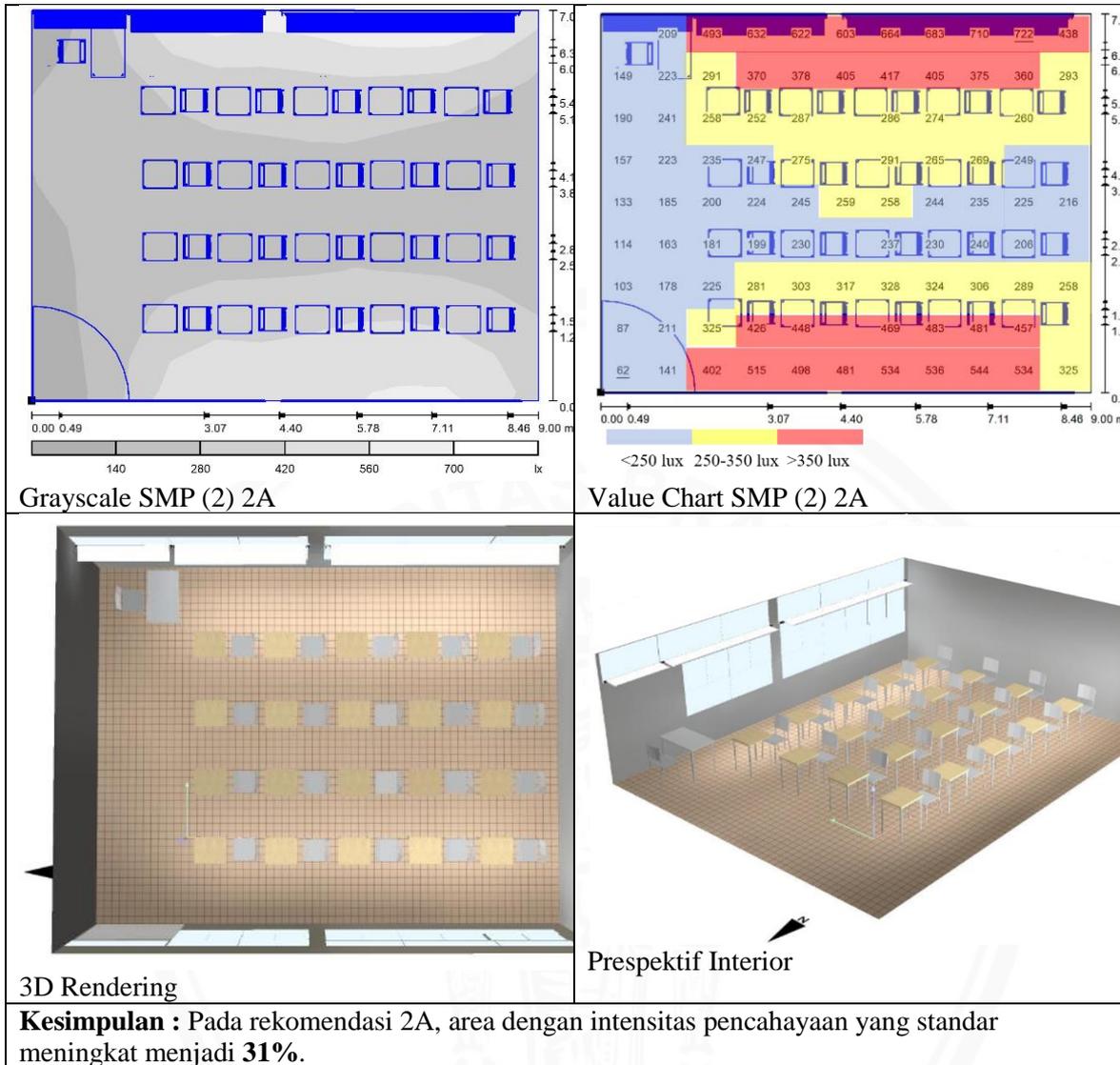


Interior Kelas Bagian Utara

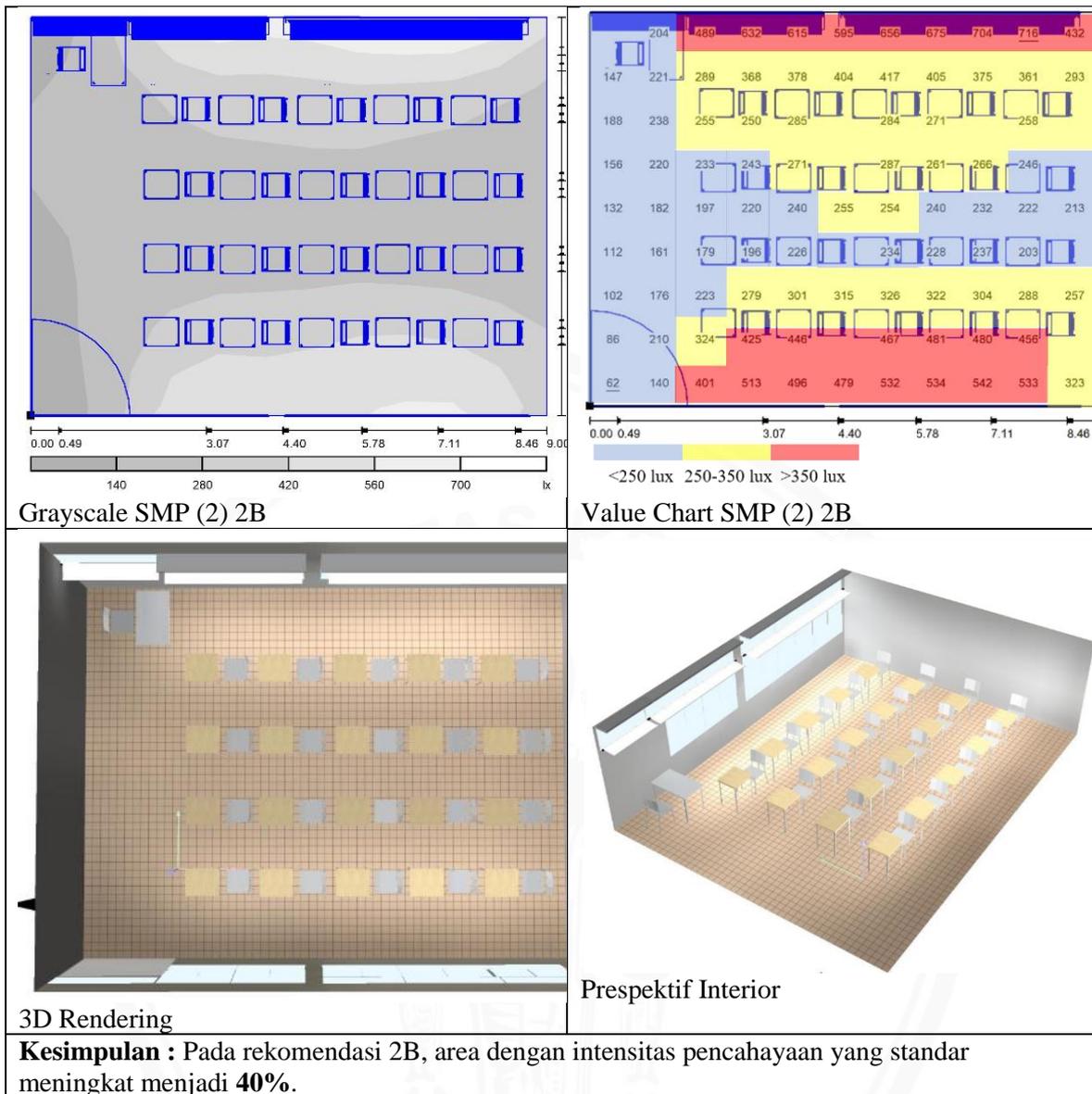
**Kesimpulan :** Pada Rekomendasi 1B area luasan ruang dengan intensitas cahaya yang sesuai standart meningkat menjadi **21%**, dengan bertambahnya dimensi jendela pada sisi utara mengakibatkan beberapa area pada ruang kelas memiliki nilai intensitas cahaya yang melebihi standar. Area tersebut dapat diantisipasi dengan penambahan shading. Maka, untuk tahap rekomendasi selanjutnya akan menggunakan rekomendasi 1B.

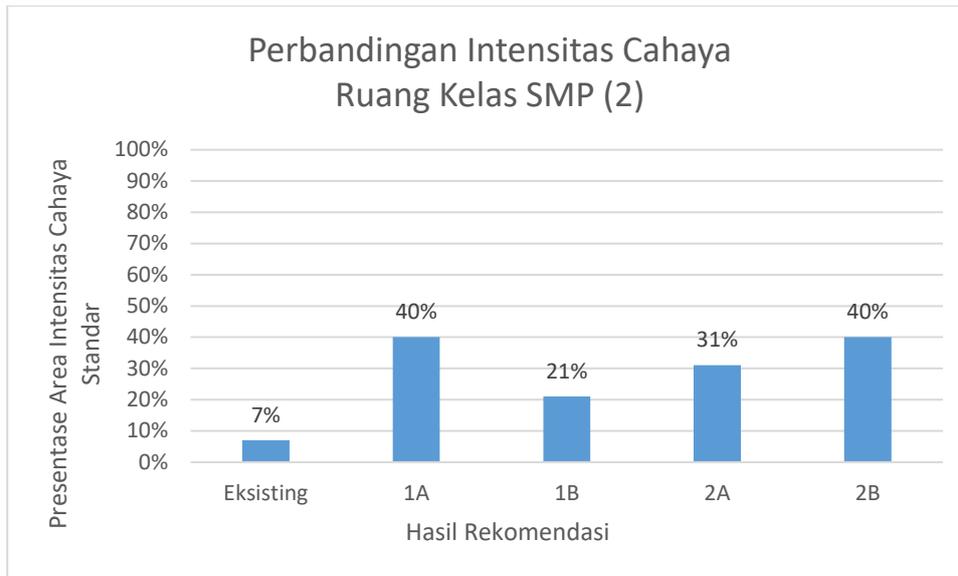
2. Tahap perubahan dan penambahan *shading* eksterior dan interior (*light shelf*)

Tabel 4. 61 Hasil Simulasi Rekomendasi 2A SMP (2)



Tabel 4. 62 Hasil Simulasi Rekomendasi 2B SMP (2)





Gambar 4. 53 Grafik rekomendasi SMP (2)

Berdasarkan data hasil rekomendasi ruang kelas SMP (2) diatas, perbedaan antar eksisting dan rekomendasi cukup signifikan. Peningkatan presentase area dengan instensitas pencahayaan alami yang standar sebesar 21% hingga 40%. Setiap tahapan rekomendasi hanya dapat dilakukan satu tahapan rekomendasi. Berikut kesimpulan dari tahapan tersebut.

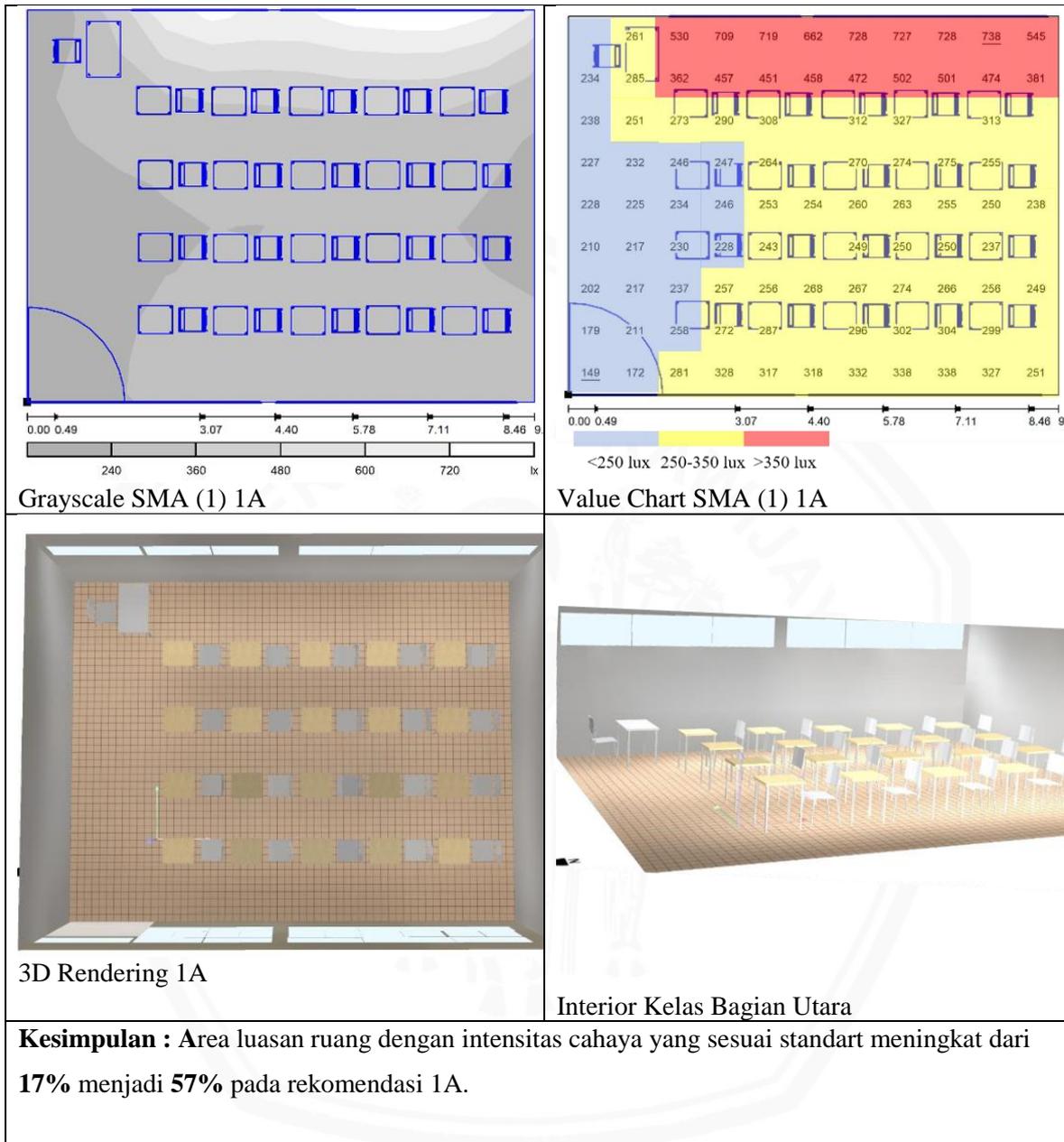
Tabel 4. 63 Kesimpulan Ruang Kelas SMP (2)

Rekomendasi Terpilih	Eksperimen Desain	Hasil	Kesimpulan
Rekomendasi 1B	Perubahan roster beton dan glass block menjadi jendela, Penambahan jendela pada sisi timur.	Area nyaman 21%	Belum memenuhi
Rekomendasi 2B	Penggunaan "Brightshelves" dan double shading pada sisi timur.	Area nyaman 40%	Belum Memenuhi

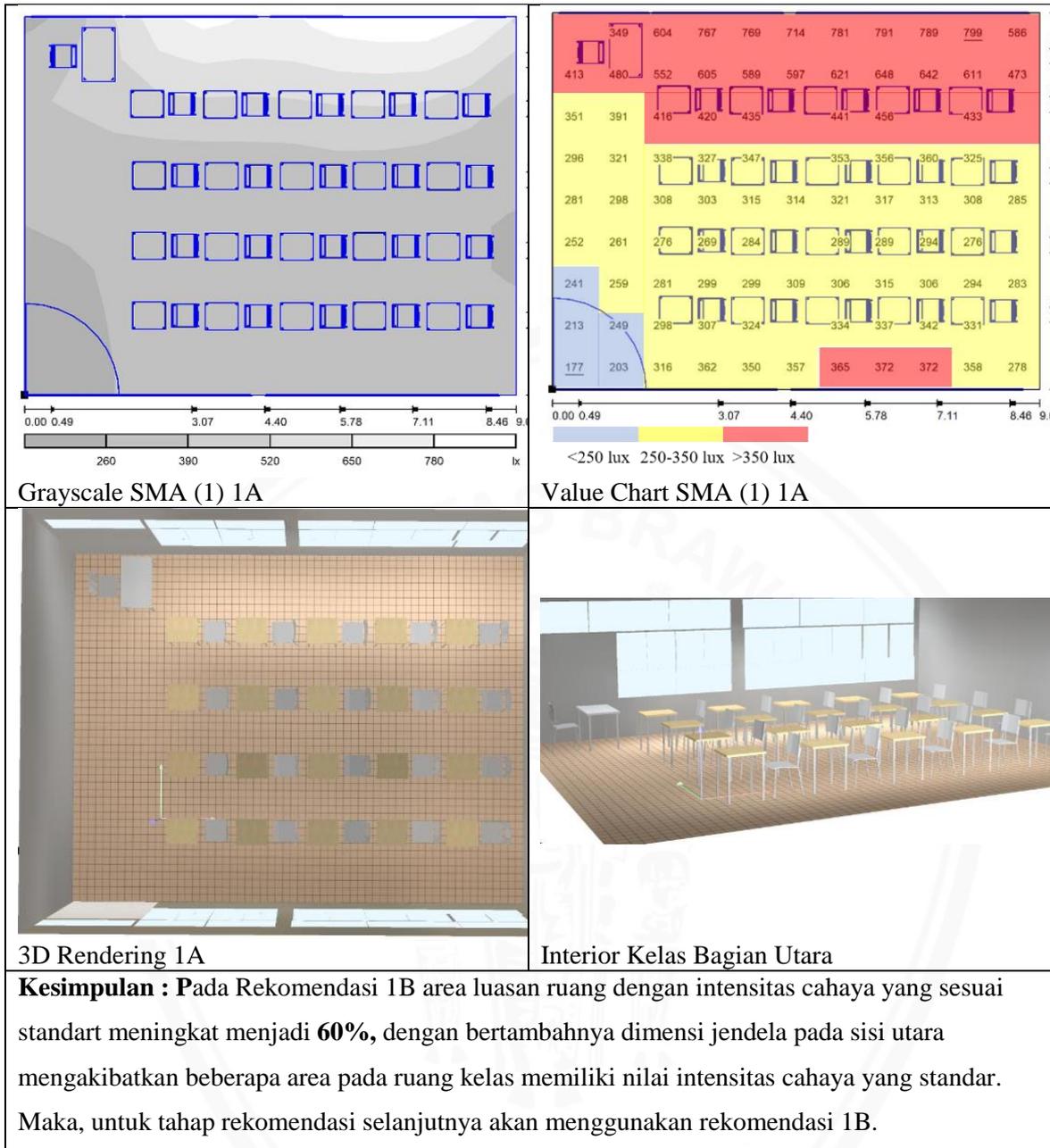
### 4.6.5 Tahap simulasi rekomendasi desain Ruang Kelas SMA (1) lantai 3

1. Tahap perubahan dan penambahan jendela

Tabel 4. 64 Hasil Simulasi Rekomendasi 1A Ruang Kelas SMA (1)

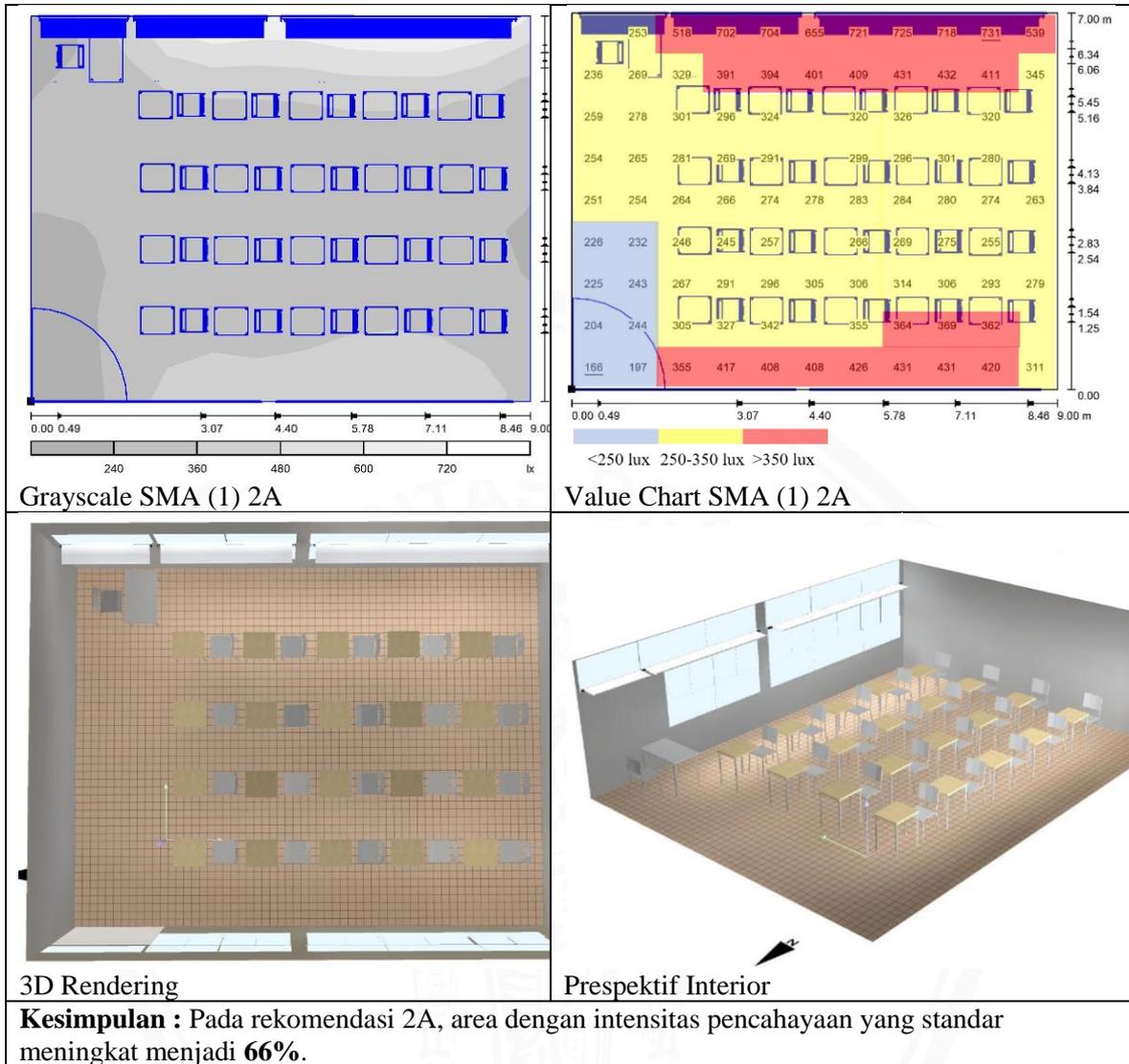


Tabel 4. 65 Hasil Simulasi Rekomendasi 1B Ruang Kelas SMA (1)

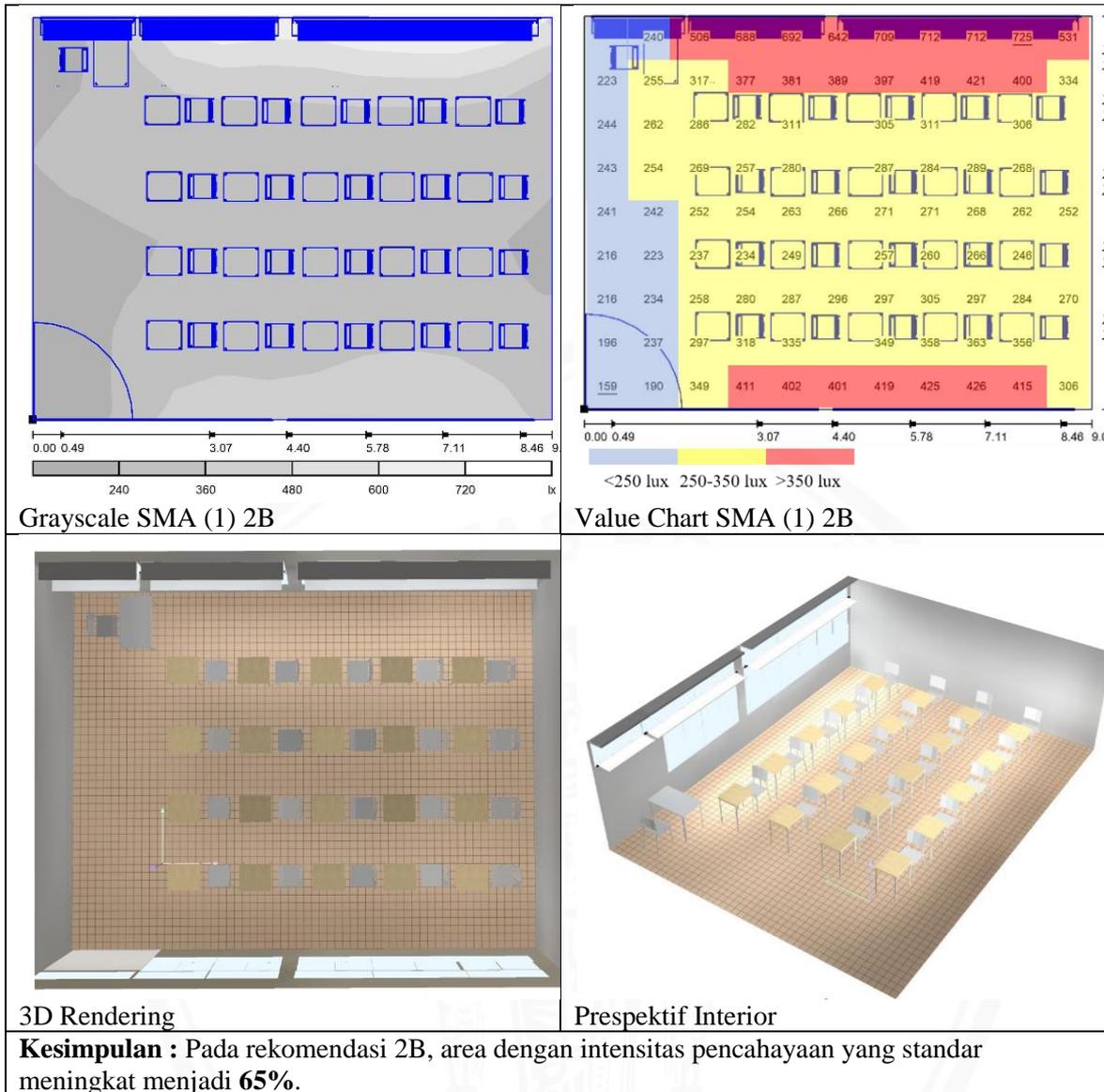


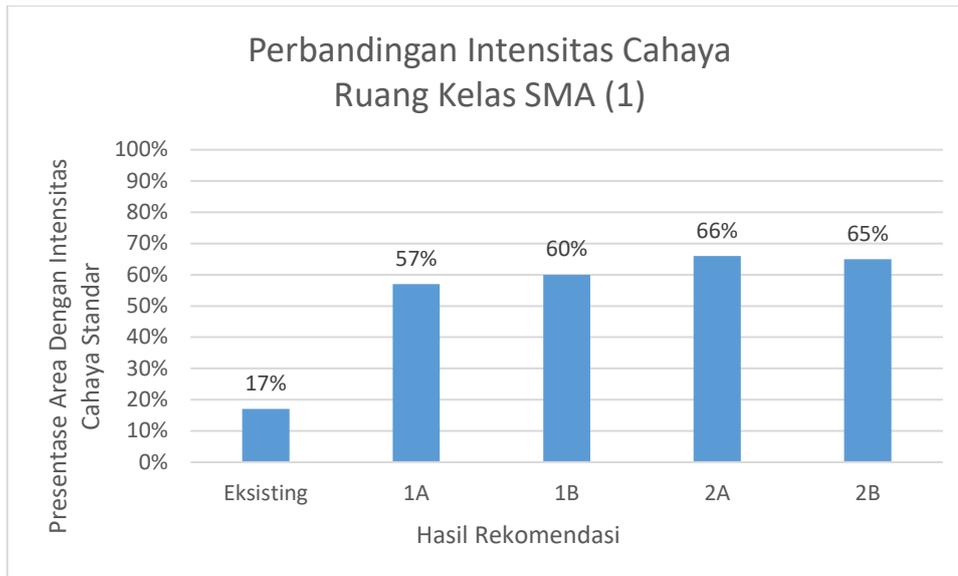
2. Tahap perubahan dan penambahan *shading* eksterior dan interior (*light shelf*)

Tabel 4. 66 Hasil Simulasi Rekomendasi 2A Ruang Kelas SMA (1)



Tabel 4. 67 Hasil Simulasi Rekomendasi 2B Ruang Kelas SMA (1)





Gambar 4. 54 Grafik rekomendasi SMA (1)

Berdasarkan data hasil rekomendasi ruang kelas SMA (1) diatas, perbedaan antar eksisting dan rekomendasi cukup signifikan. Peningkatan presentase area dengan instensitas pencahayaan alami yang standar sebesar 57% hingga 66%. Setiap tahapan rekomendasi hanya dapat dilakukan satu tahapan rekomendasi. Berikut kesimpulan dari tahapan tersebut.

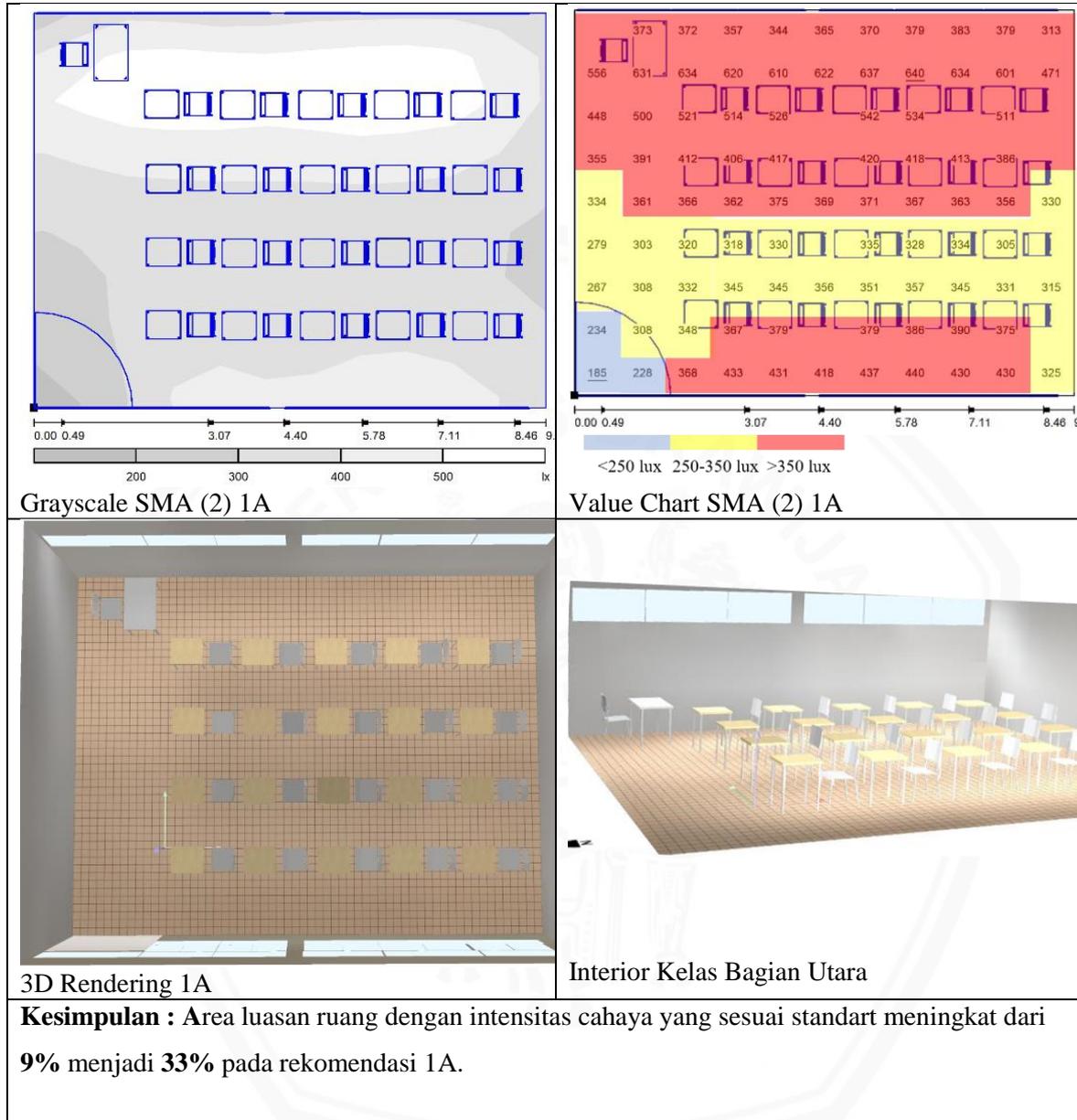
Tabel 4. 68 Kesimpulan Ruang Kelas SMA (1)

Rekomendasi Terpilih	Eksperimen Desain	Hasil	Kesimpulan
Rekomendasi 1B	Perubahan roster beton dan glass block menjadi jendela, Penambahan jendela pada sisi timur.	Area nyaman 60%	Sudah memenuhi
Rekomendasi 2A	Penggunaan “Brightshelves” dan double shading pada sisi timur.	Area nyaman 66%	Sudah Memenuhi

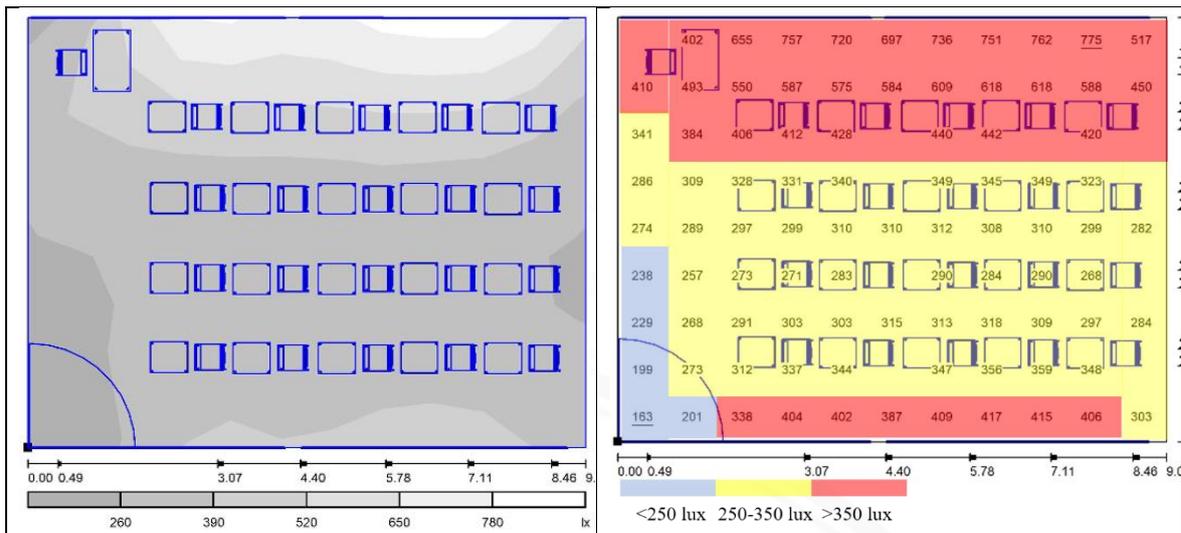
### 4.6.6 Tahap simulasi rekomendasi desain Ruang Kelas SMA (2) lantai 3

1. Tahap perubahan dan penambahan jendela

Tabel 4. 69 Hasil Simulasi Rekomendasi 1A Ruang Kelas SMA (2)

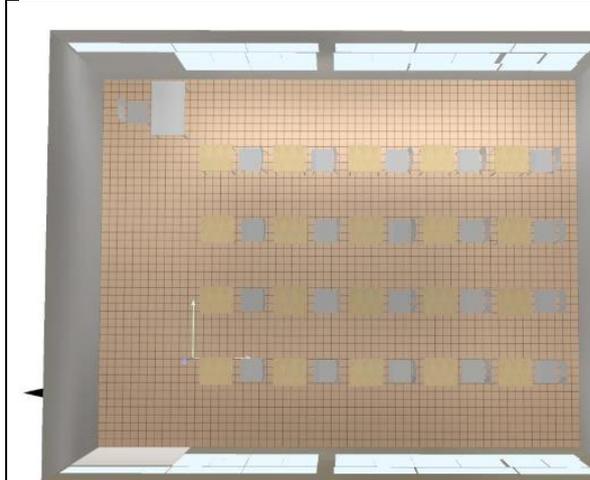


Tabel 4. 70 Hasil Simulasi Rekomendasi 1B Ruang Kelas SMA (2)



Grayscale SMA (2) 1A

Value Chart SMA (2) 1A



3D Rendering 1A

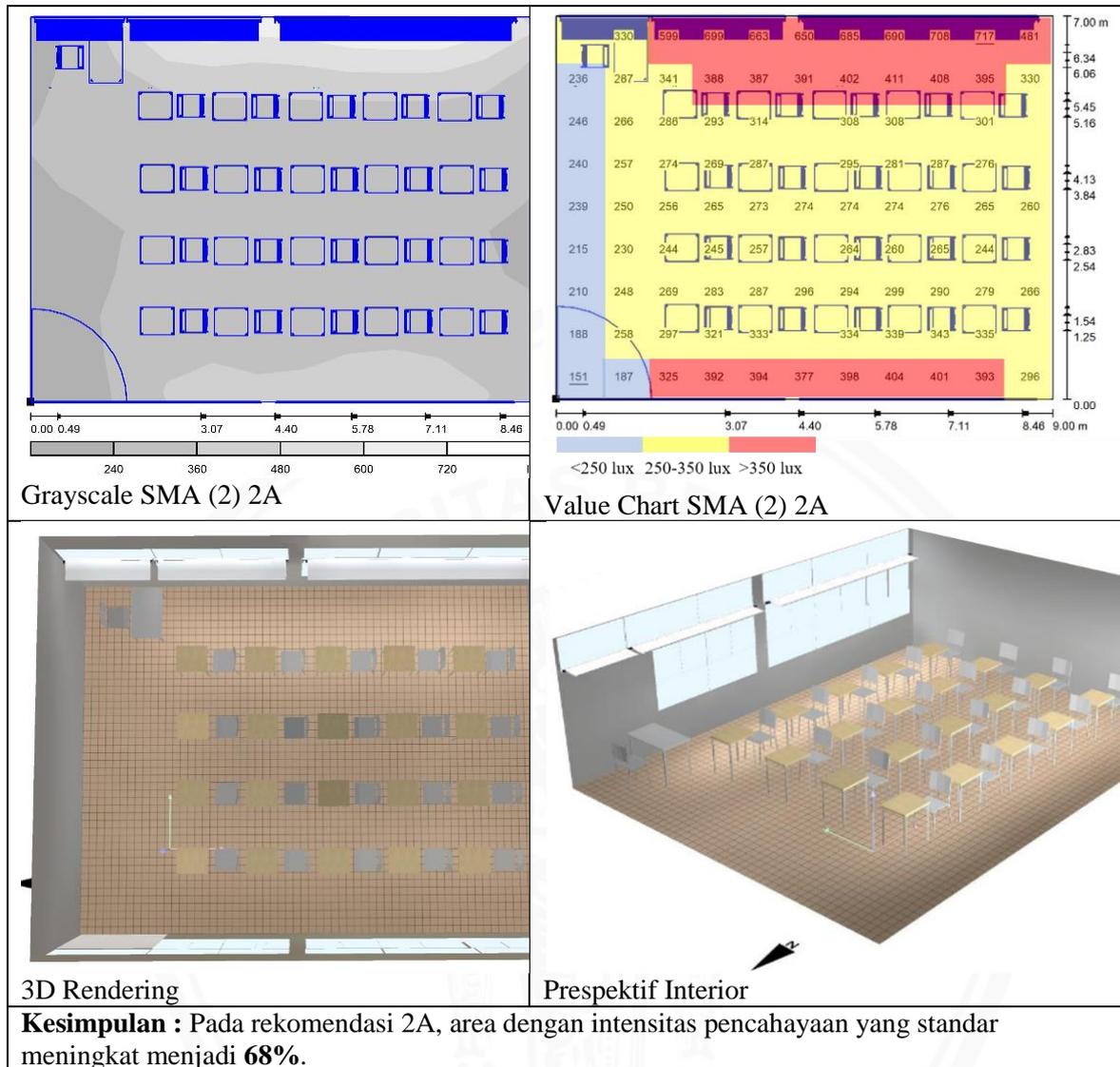


Interior Kelas Bagian Utara

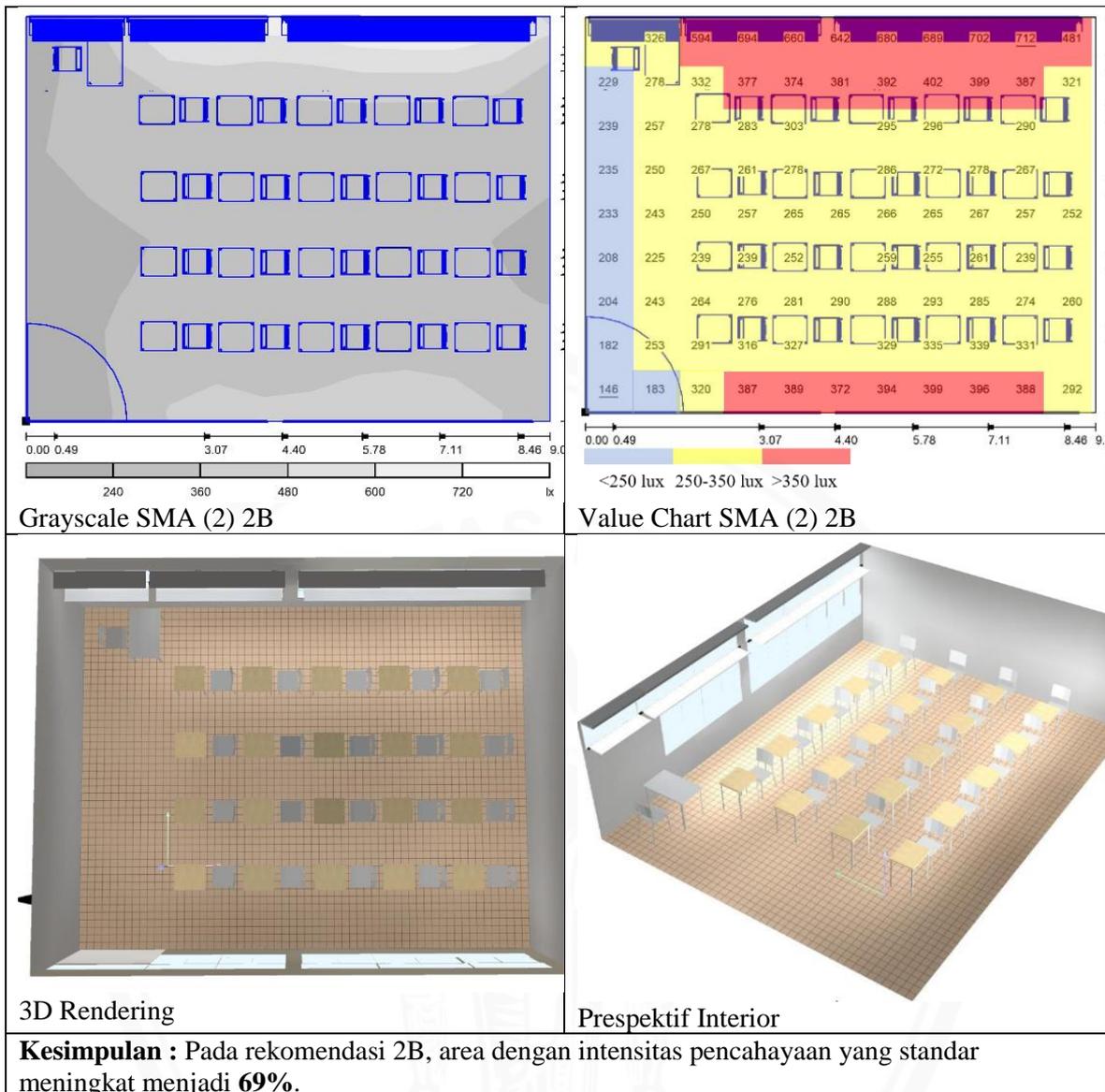
**Kesimpulan :** Pada Rekomendasi 1B area luasan ruang dengan intensitas cahaya yang sesuai standart meningkat menjadi **56%**, dengan bertambahnya dimensi jendela pada sisi utara mengakibatkan beberapa area pada ruang kelas memiliki nilai intensitas cahaya yang standar. Maka, untuk tahap rekomendasi selanjutnya akan menggunakan rekomendasi 1B.

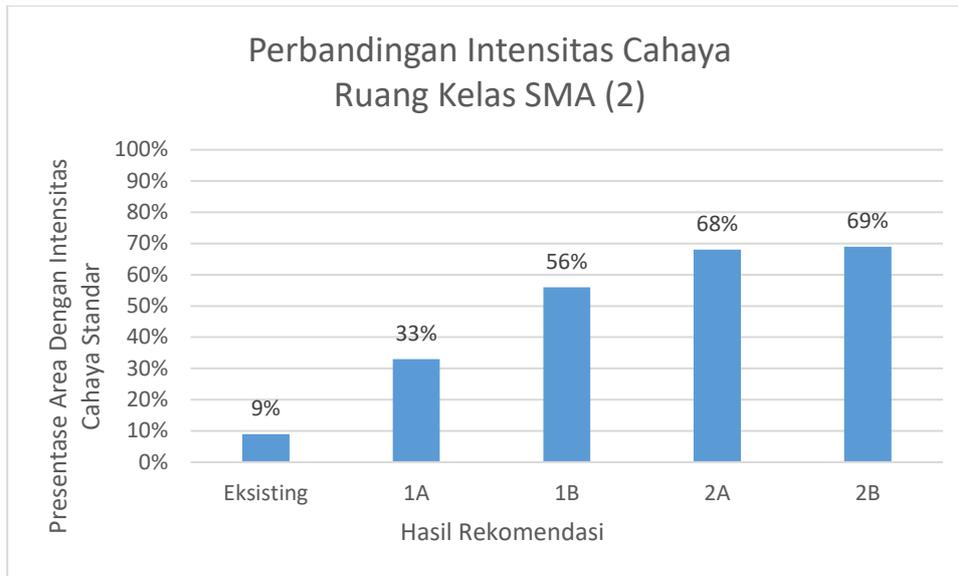
2. Tahap perubahan dan penambahan *shading* eksterior dan interior (*light shelf*)

Tabel 4. 71 Hasil Simulasi Rekomendasi 2A Ruang Kelas SMA (2)



Tabel 4. 72 Hasil Simulasi Rekomendasi 2B Ruang Kelas SMA (2)





Gambar 4. 55 Grafik rekomendasi SMA (2)

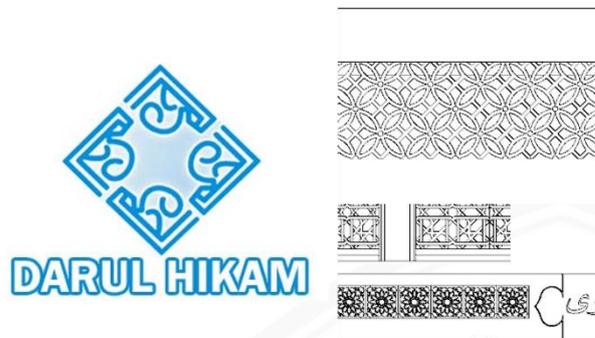
Berdasarkan data hasil rekomendasi ruang kelas SMA (2) diatas, perbedaan antar eksisting dan rekomendasi cukup signifikan. Peningkatan presentase area dengan instensitas pencahayaan alami yang standar sebesar 33% hingga 69%. Setiap tahapan rekomendasi hanya dapat dilakukan satu tahapan rekomendasi. Berikut kesimpulan dari tahapan tersebut.

Tabel 4. 73 Kesimpulan Ruang Kelas SMA (2)

Rekomendasi Terpilih	Eksperimen Desain	Hasil	Kesimpulan
Rekomendasi 1B	Perubahan roster beton dan glass block menjadi jendela, Penambahan jendela pada sisi timur.	Area nyaman 56%	Sudah memenuhi
Rekomendasi 2B	Penggunaan "Brightshelves" dan double shading pada sisi timur.	Area nyaman 69%	Sudah Memenuhi

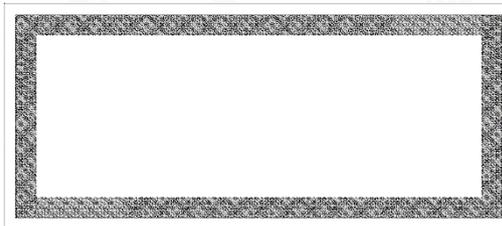
#### 4.6.7 Tahap simulasi estetika

Tahap estetika diberlakukan dengan menyelaraskan desain bangunan dan tema bangunan. Estetika ditambahkan pada rekomendasi menggunakan logo Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto sebagai dasar desain arsitektur tersebut.



Gambar 4. 56 Implementasi logo ke ornamen

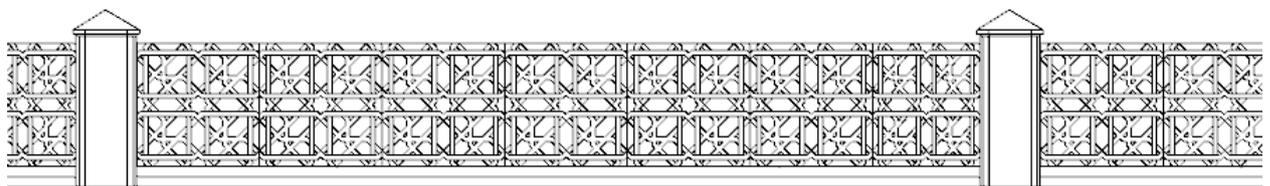
Bentuk dasar logo tersebut yang berupa persegi akan distilisasi dan ditransformasikan menjadi corak ornamen yang akan diaplikasikan pada shading, pagar, dan frame jendela. Berikut detail ornament yang diaplikasikan ke elemen rekomendasi tersebut.



Gambar 4. 57 Desain kusen



Gambar 4. 58 Desain shading

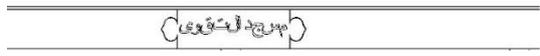
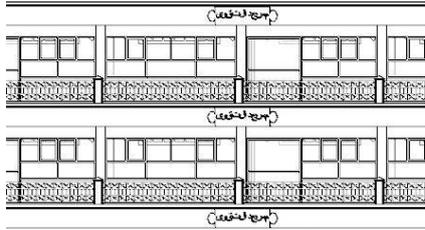


Gambar 4. 59 Desain pagar

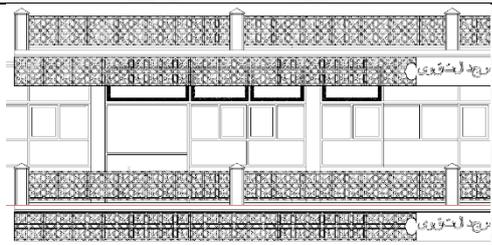
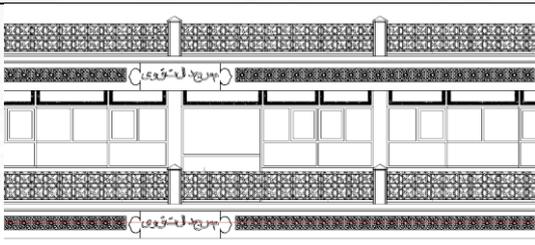
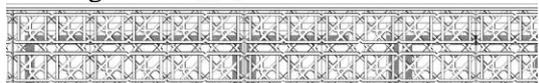
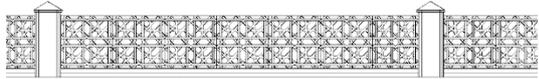
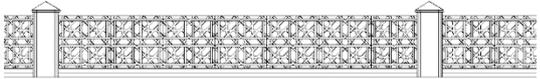
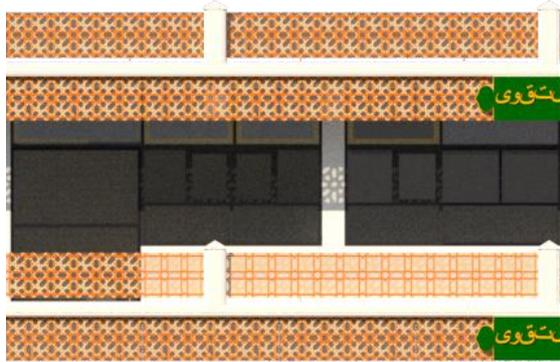
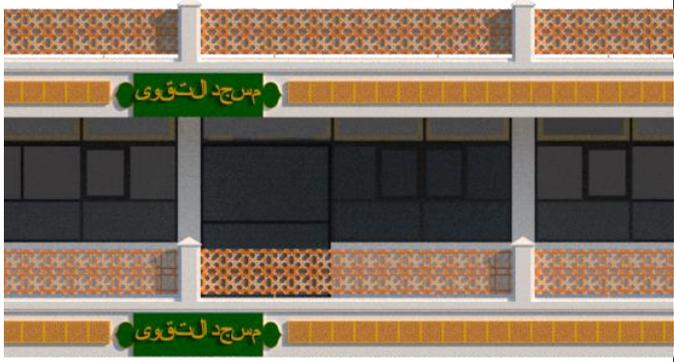
Setelah elemen eksisting dirubah dengan desain tersebut, simulasi ulang dilakukan guna mengetahui perbedaan intensitas pencahayaan yang terjadi. Ruang kelas SMP dan SMA digunakan sebagai sample pada simulasi. Pertimbangan pemilihan sample dipilih dengan

menyesuaikan potensi perubahan yang paling berdampak pada pencahayaan alami ruangan tersebut jika dilakukan perubahan dalam aspek desain.

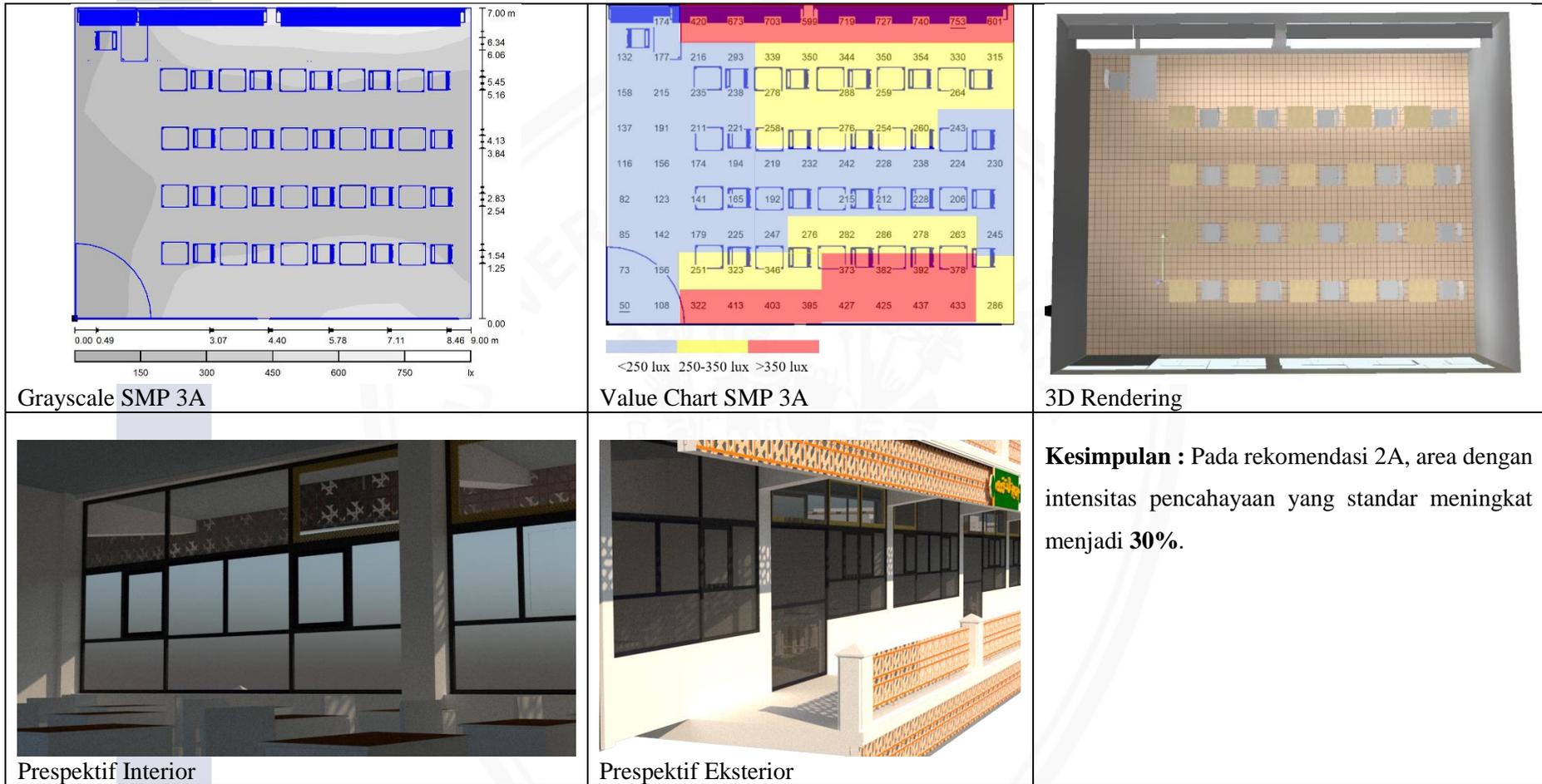
Tabel 4. 74 Eksisting Estetika

<p>Pagar</p> 	<p>Shading</p> 
<p>Tampak</p> 	

Tabel 4. 75 Rekomendasi Estetika

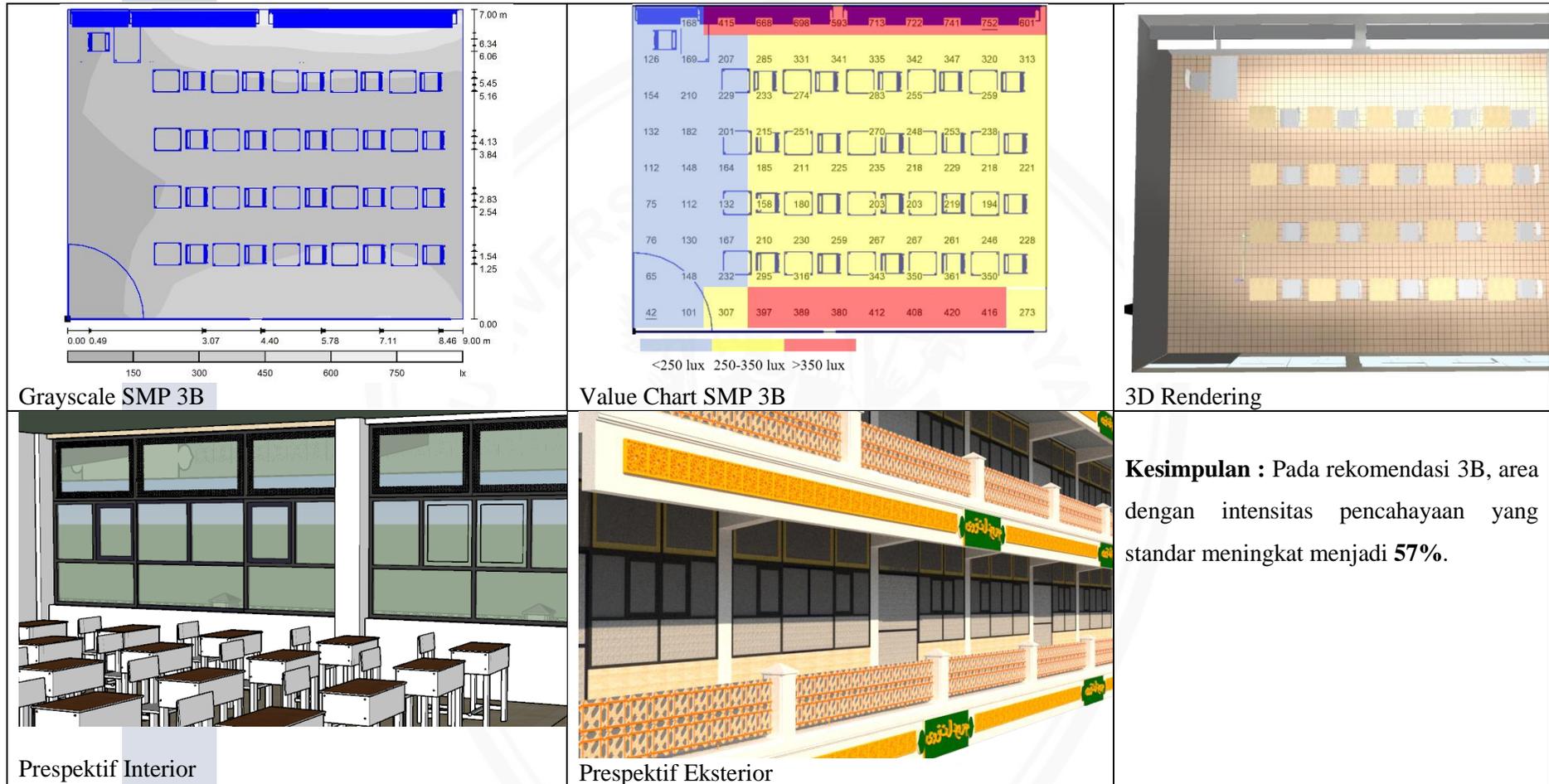
<p>Rekomendasi 3A</p> 	<p>Rekomendasi 3B</p> 
<p>Jendela</p> 	<p>Jendela</p> 
<p>Shading</p> 	<p>Shading</p> 
<p>Pagar</p> 	<p>Pagar</p> 
	

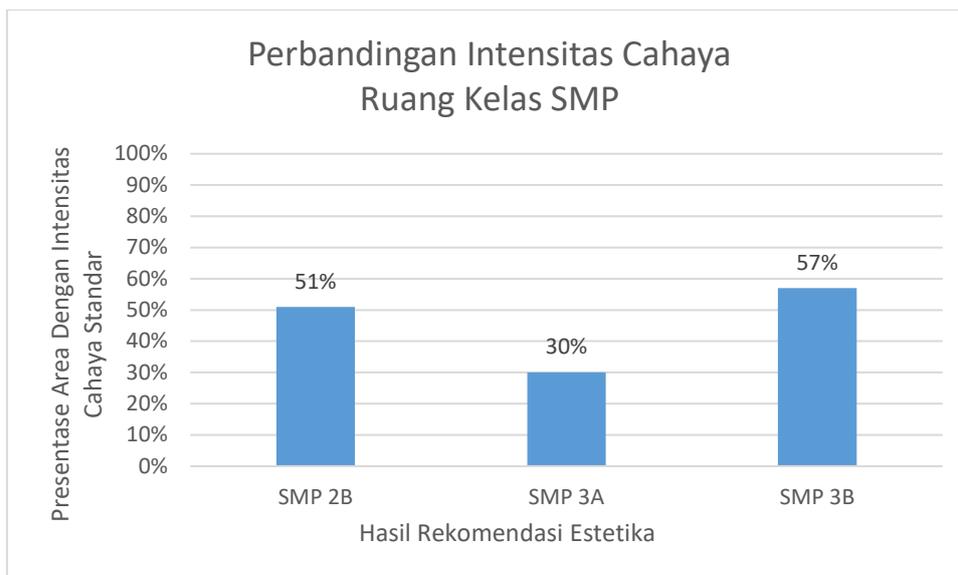
Tabel 4. 76 Hasil Simulasi Rekomendasi 3A Ruang Kelas SMP



**Kesimpulan :** Pada rekomendasi 2A, area dengan intensitas pencahayaan yang standar meningkat menjadi **30%**.

Tabel 4. 77 Hasil Simulasi Rekomendasi 3B Ruang Kelas SMP





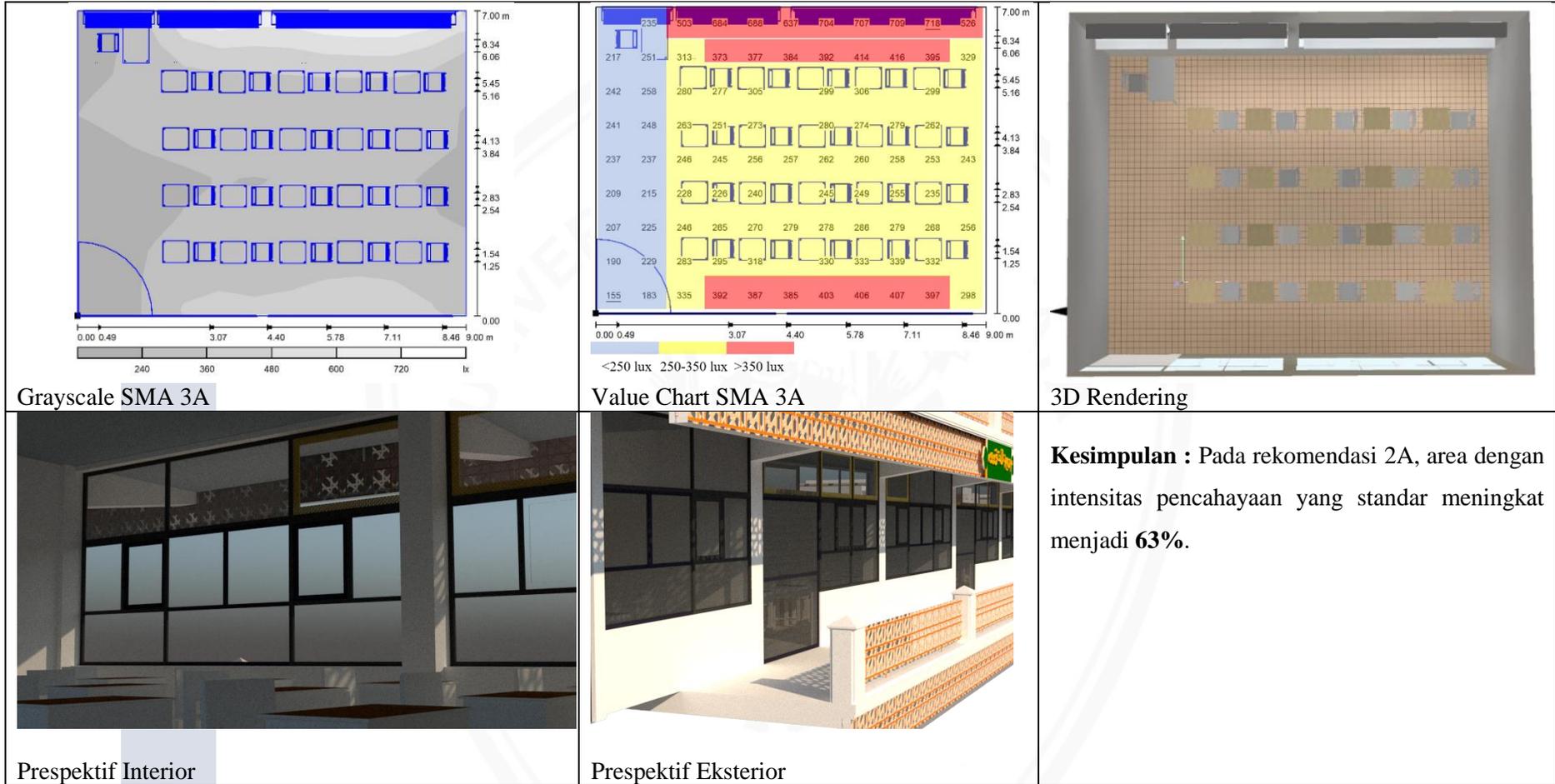
Gambar 4. 60 Grafik rekomendasi estetika SMP

Berdasarkan data hasil rekomendasi estetika ruang kelas SMP diatas, perbedaan antar eksisting dan rekomendasi tidak signifikan. Pada rekomendasi 3A area dengan intensitas pencahayaan alami menurun hingga 30%, sedangkan pada 3B 57%. Setiap tahapan rekomendasi hanya dapat dilakukan satu tahapan rekomendasi. Berikut kesimpulan dari tahapan-tahapan tersebut.

Tabel 4. 78 Kesimpulan Rekomendasi Estetika Ruang Kelas SMP

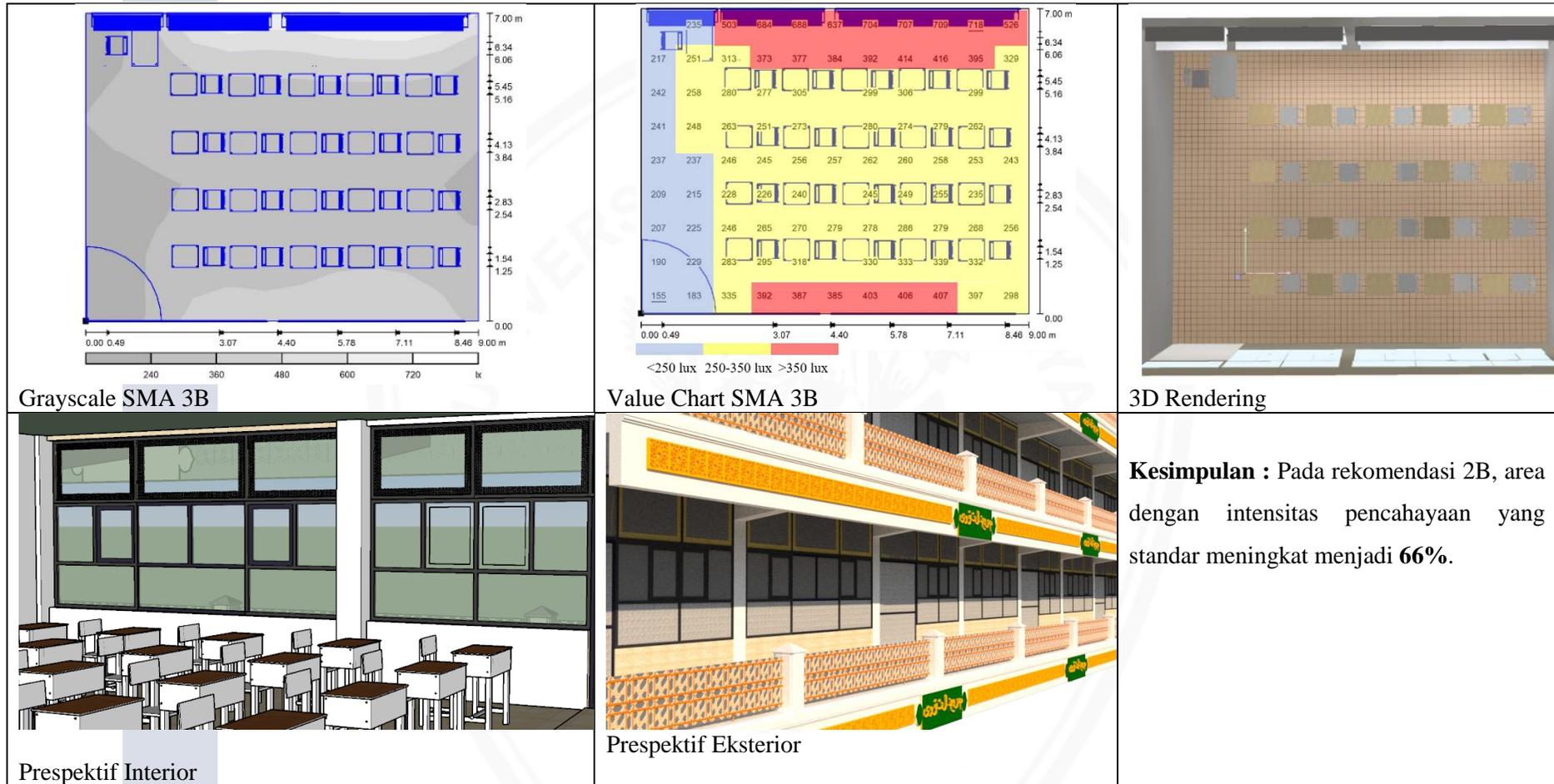
Rekomendasi	Eksperimen Desain	Hasil	Kesimpulan
Rekomendasi 3A	Perubahan trailis pagar menjadi ornament Penambahan motif ornament islam pada frame jendela Perubahan shading sisi barat menjadi ornament yang serupa dengan pagar.	Area nyaman 30%	Belum memenuhi
Rekomendasi 3B	Perubahan trailis pagar menjadi ornament Penambahan motif ornament islam pada frame jendela Penambahan roster beton bermotif ornament islam pada shading sisi barat.	Area nyaman 57%	Sudah Memenuhi

Tabel 4. 79 Hasil Simulasi Rekomendasi 3A Ruang Kelas SMA

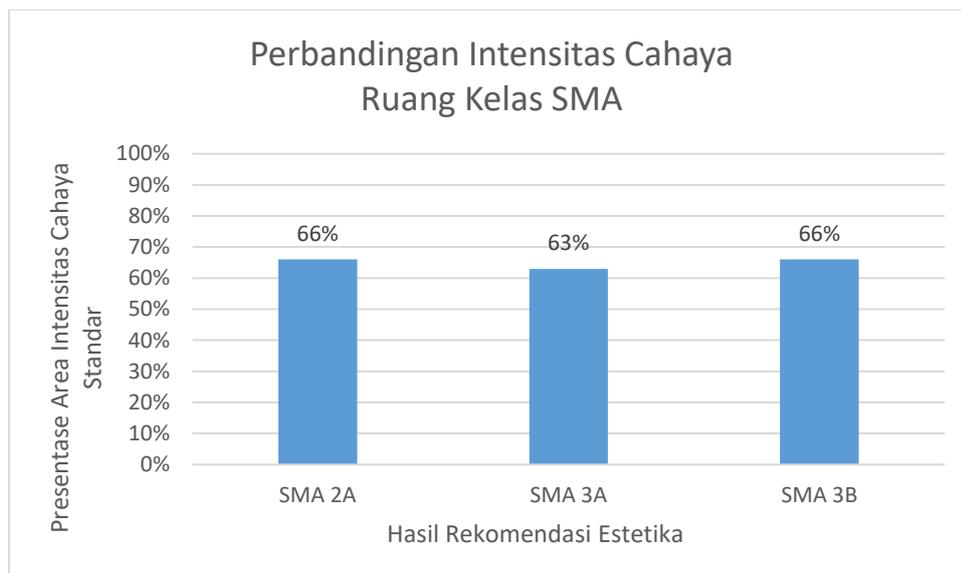


**Kesimpulan :** Pada rekomendasi 2A, area dengan intensitas pencahayaan yang standar meningkat menjadi **63%**.

Tabel 4. 80 Hasil Simulasi Rekomendasi 3A Ruang Kelas SMA



**Kesimpulan :** Pada rekomendasi 2B, area dengan intensitas pencahayaan yang standar meningkat menjadi **66%**.



Gambar 4. 61 Grafik rekomendasi estetika SMA

Berdasarkan data hasil rekomendasi estetika ruang kelas SMA diatas, perbedaan antar eksisting dan rekomendasi tidak signifikan. Pada rekomendasi 3A area dengan intensitas pencahayaan alami menurun menjadi 63%, sedangkan pada 3B tetap 69%. Setiap tahapan rekomendasi hanya dapat dilakukan satu tahapan rekomendasi. Berikut kesimpulan dari tahapan-tahapan tersebut.

Tabel 4. 81 Kesimpulan Rekomendasi Estetika Ruang Kelas SMA

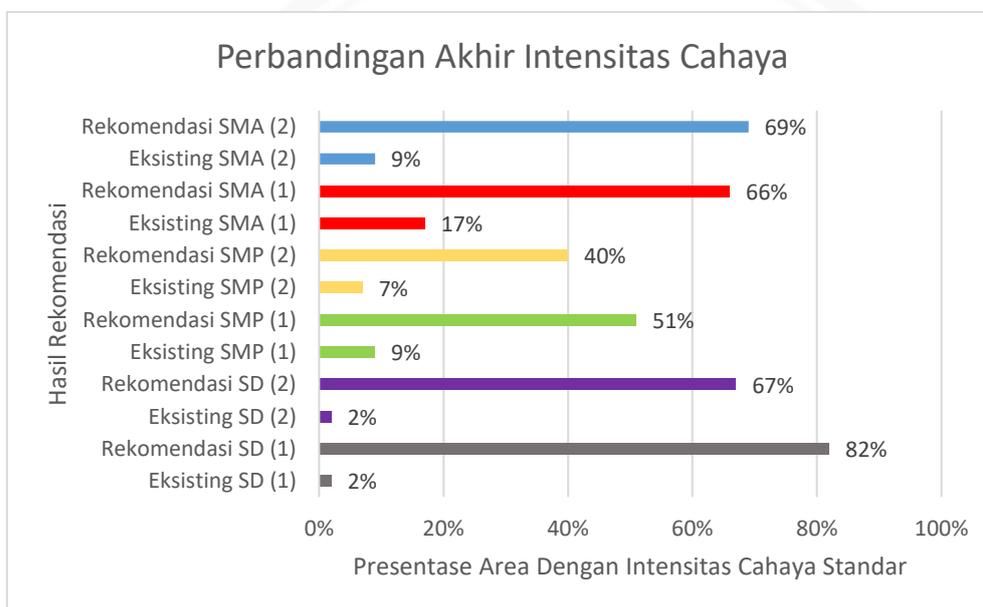
Rekomendasi	Eksperimen Desain	Hasil	Kesimpulan
Rekomendasi 3A	Perubahan trailis pagar menjadi ornament Penambahan motif ornament islam pada frame jendela Perubahan shading sisi barat menjadi ornament yang serupa dengan pagar.	Area nyaman 63%	Sudah memenuhi
Rekomendasi 3B	Perubahan trailis pagar menjadi ornament Penambahan motif ornament islam pada frame jendela Penambahan roster beton bermotif ornament islam pada shading sisi barat.	Area nyaman 66%	Sudah Memenuhi

Dari data simulasi tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan tahap estetika pada rekomendasi desain tidak terlalu berpengaruh pada presentase area standar.

#### 4.7 Analisis Perbandingan Rekomendasi Desain Terbaik dengan Eksisting

##### 4.7.1 Diagram perbandingan eksisting dengan rekomendasi terbaik

Pada simulasi rekomendasi didapatkan hasil peningkatan intensitas cahaya pada masing-masing ruang kelas. Hasil rekomendasi dengan presentase area instensitas pencahayaan standar tertinggi dipilih menjadi rekomendasi untuk ruang tersebut. Jika ditampilkan dalam diagram, perubahan intensitas cahaya pada masing-masing ruang sebagai berikut.

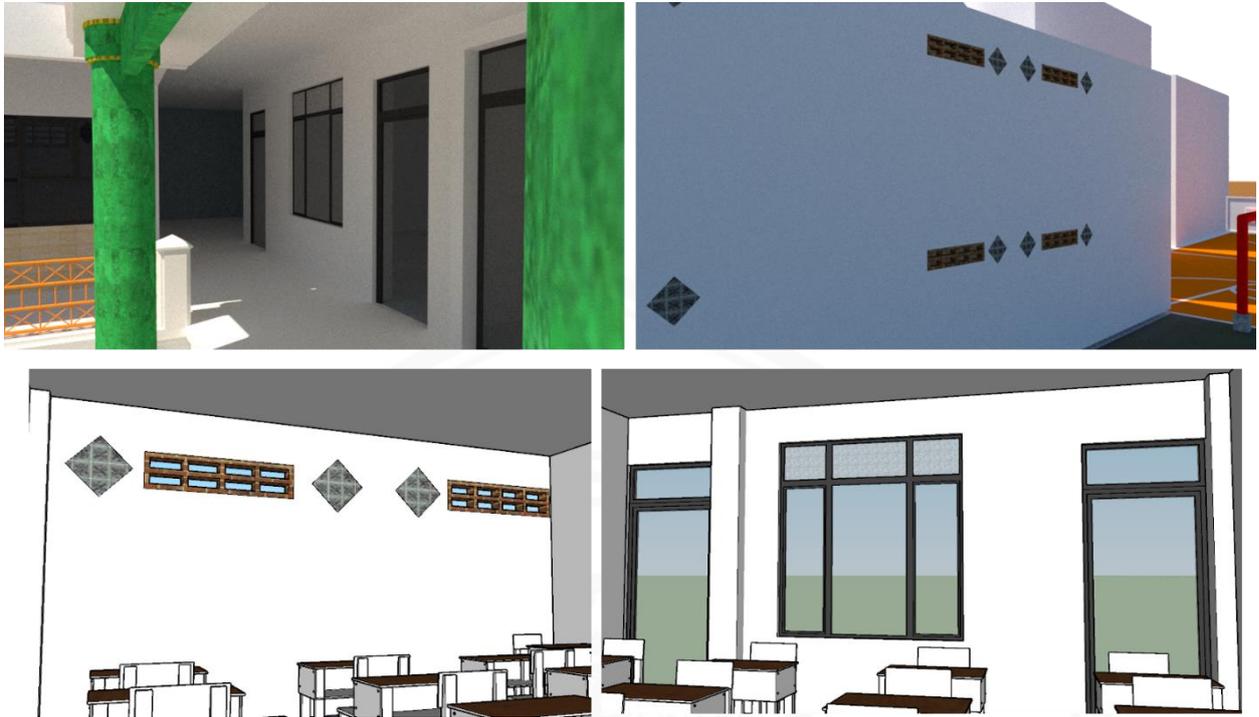


Gambar 4. 62 Grafik perbandingan eksisting-rekomendasi terbaik

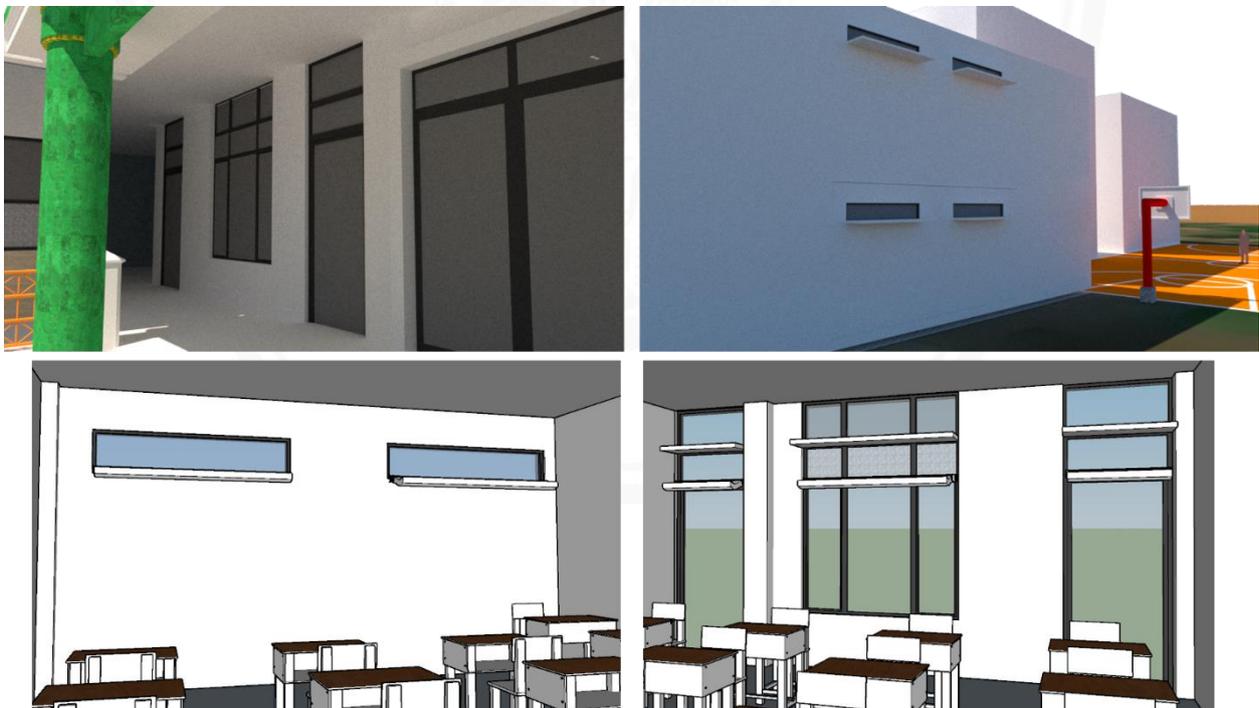
Pada grafik diatas dapat dilihat perbandingan eksisting dengan setelah di rekomendasi pada tiap masing-masing ruang kelas. Pada ruang kelas SD, perlakuan rekomendasi pada kelas dapat meningkatkan intensitas cahaya dengan signifikan hingga 82%. Sedangkan ruang kelas SMP hingga 67% dan ruang kelas SMA hingga 69%. Area yang memenuhi standar intensitas cahaya dengan rekomendasi yang telah dibuat meningkat dari 40% hingga 82%.

## 4.7.2 Visualisasi eksisting dan rekomendasi terbaik

### A. Ruang Kelas SD

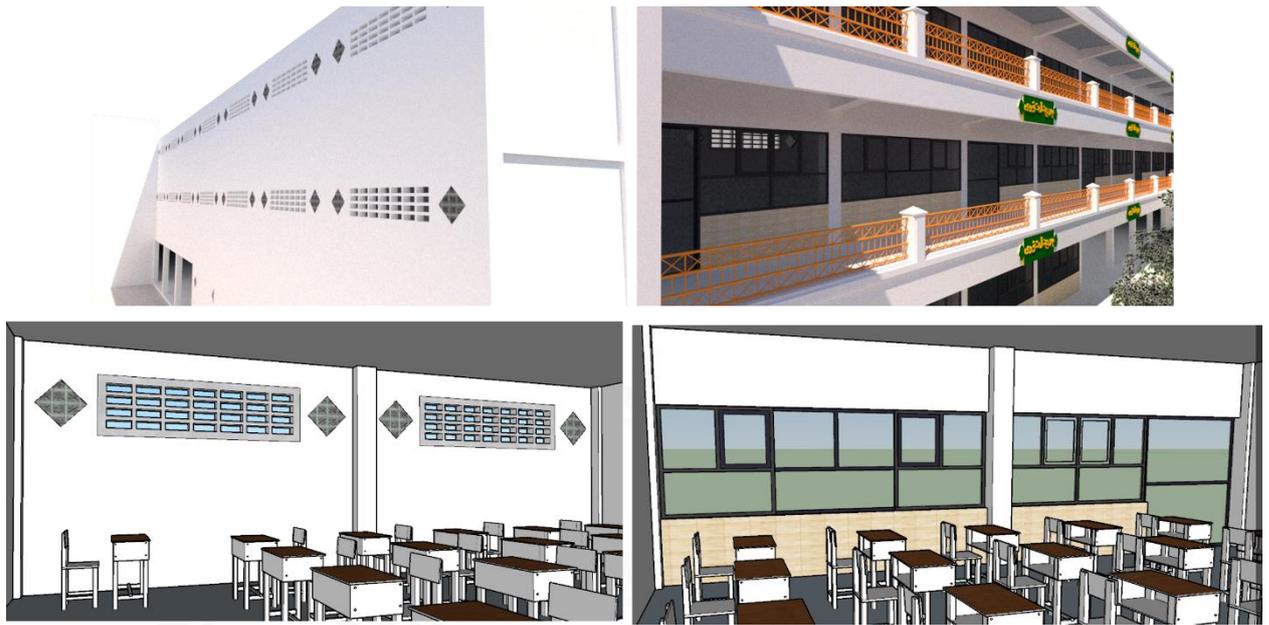


Gambar 4. 63 Ruang kelas SD lantai 2 eksisting

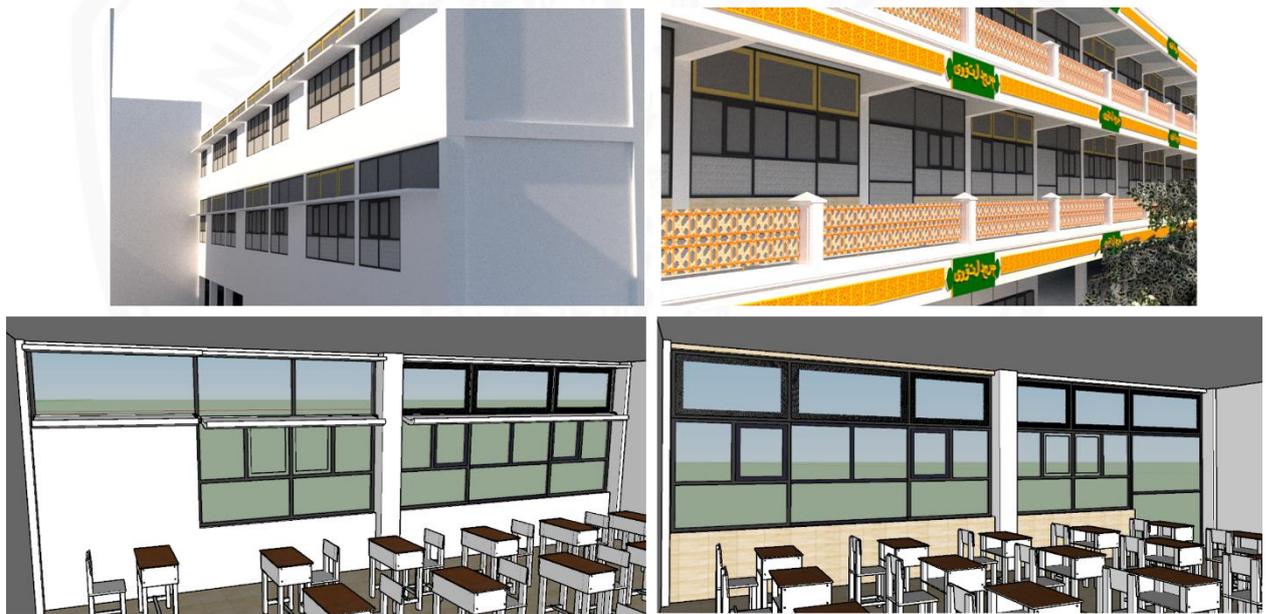


Gambar 4. 64 Ruang kelas SD lantai 2 rekomendasi terbaik

### B. Ruang Kelas SMP dan SMA



Gambar 4. 65 Ruang kelas SMP dan SMA eksisting



Gambar 4. 66 Ruang kelas SMP dan SMA rekomendasi terbaik



Tabel 4. 82 Kesimpulan Bab 4

Nama Ruang	Eksisting Bangunan	Rekomendasi Desain	Hasil
<b>Ruang Kelas SD</b>	Bukaan ruang kelas berada di sisi utara dan selatan. Posisi ruang kelas yang tertutupi oleh koridor dan massa bangunan asrama sehingga membuat ruangan menjadi gelap.	Perubahan material kaca. Penambahan top lighting. Perubahan roster beton menjadi jendela, dan penambahan jendela bagian atas pada dinding sisi utara ruang kelas. Penambahan “Brightshelves”.	SD (1), Area intensitas pencahayaan yang sesuai standart menjadi <b>82%</b> .
	Bukaan ruang kelas berada di sisi utara dan selatan. Posisi ruang kelas yang tertutupi oleh koridor dan massa bangunan asrama sehingga membuat ruangan menjadi gelap.	Perubahan material kaca. Penambahan top lighting. Perubahan roster beton menjadi jendela, dan penambahan jendela bagian atas pada dinding sisi utara ruang kelas. Penambahan “Brightshelves”.	SD (2), Area intensitas pencahayaan yang sesuai standart menjadi <b>67%</b> .
<b>Ruang Kelas SMP</b>	Bukaan pada sisi timur ruang kelas berupa roster beton dan glass block membuat intensitas pencahayaan gelap dan kurang merata. Dimensi shading pada koridor sisi barat ruang kelas kurang dapat mengatasi tingginya intensitas cahaya yang datang pada siang dan sore hari.	Perubahan material kaca. Penambahan jendela bagian atas sisi barat ruang kelas. Perubahan roster beton menjadi jendela (serupa dengan sisi barat). Penambahan “Brightshelves” pada sisi timur ruang kelas. Perubahan dimensi shading sisi barat.	SMP (1), Area intensitas pencahayaan yang sesuai standart menjadi <b>51%</b> .
	Bukaan pada sisi timur ruang kelas berupa roster beton dan glass block membuat intensitas pencahayaan gelap dan kurang merata. Dimensi shading pada koridor sisi barat ruang kelas kurang dapat mengatasi tingginya intensitas cahaya yang datang pada siang dan sore hari.	Perubahan material kaca. Penambahan jendela bagian atas sisi barat ruang kelas. Perubahan roster beton menjadi jendela (serupa dengan sisi barat). Penambahan “Brightshelves” pada sisi timur ruang kelas.	SMP (2), Area intensitas pencahayaan yang sesuai standart menjadi <b>40%</b> .

		Perubahan dimensi shading sisi barat.	
<b>Ruang Kelas SMA</b>	Bukaan pada sisi timur ruang kelas berupa roster beton dan glass block membuat intensitas pencahayaan gelap dan kurang merata. Dimensi shading pada koridor sisi barat ruang kelas kurang dapat mengatasi tingginya intensitas cahaya yang datang pada siang dan sore hari.	Perubahan material kaca. Penambahan jendela bagian atas sisi barat ruang kelas. Perubahan roster beton menjadi jendela (serupa dengan sisi barat). Penambahan “Brightshelves” pada sisi timur ruang kelas. Perubahan dimensi shading sisi barat.	SMA (1), Area intensitas pencahayaan yang sesuai standart menjadi <b>66%</b> .
	Bukaan pada sisi timur ruang kelas berupa roster beton dan glass block membuat intensitas pencahayaan gelap dan kurang merata. Dimensi shading pada koridor sisi barat ruang kelas kurang dapat mengatasi tingginya intensitas cahaya yang datang pada siang dan sore hari.	Perubahan material kaca. Penambahan jendela bagian atas sisi barat ruang kelas. Perubahan roster beton menjadi jendela (serupa dengan sisi barat). Penambahan “Brightshelves” pada sisi timur ruang kelas. Perubahan dimensi shading sisi barat.	SMA (2), Area intensitas pencahayaan yang sesuai standart meningkat dari <b>9%</b> menjadi <b>69%</b> .



Halaman ini sengaja dikosongkan



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Bangunan Pondok Pesantren Darul Hikam Mojokerto ini dapat memanfaatkan pencahayaan alami secara maksimal pada jam aktif bangunan tersebut. Hal ini dapat dilihat dari orientasi bangunan terpanjang bangunan yang menghadap kearah timur dan barat. Namun, beberapa elemen bangunan seperti jendela dan shading pada bangunan tersebut kurang mendukung distribusi pencahayaan alami yang masuk ke dalam ruang.

Pada bangunan Pondok Pesantren Darul Hikam ini mempunyai fasade yang tipikal dan *single corridor* pada sisi barat. Bukaan pada bangunan ini terdapat pada sisi timur dan barat. Pada sisi timur berupa bukaan roster beton dan *glass block*, sedangkan pada sisi barat berupa jendela tipikal dengan material kaca es sebagai pintu dan jendela bagian bawah. Dengan kondisi eksisting tersebut pencahayaan menjadi kurang sesuai dan merata. Rekomendasi penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan dan meratakan distribusi pencahayaan alami pada ruang kelas agar sesuai dengan standar yang ada.

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahap dimulai dari evaluasi kondisi eksisting, analisa, dan rekomendasi dengan menggunakan *software* Dialux 4.13. Variabel yang diteliti antara lain, jendela dan shading device (pembayang).

Dengan menggunakan proses desain metode deskriptif evaluatif dan eksperimental menghasilkan rekomendasi strategi desain pencahayaan alami (rekayasa tata cahaya alami ) yang dapat meningkatkan intensitas cahaya sesuai standar hingga 82% dalam ruang, yaitu:

1. Penggantian lubang ventilasi beton menjadi jendela
2. Perubahan material kaca pada jendela;
3. Penambahan dimensi jendela;
4. Penambahan jendela dan *top lighting*;
5. Penambahan *light shelf* dan perubahan *shading device*;

Berdasarkan hasil simulasi dengan perlakuan pada variabel tersebut, didapatkan kinerja pencahayaan alami yang merata dan sesuai standart pada pagi hingga sore hari sesuai jam aktif bangunan.

## 5.2 Saran

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya yang berfokus pada pencahayaan alami dan dapat diterapkan pada objek yang sejenis. Pengembangan penelitian khususnya pada pencahayaan alami ruang kelas dapat mengeksplorasi lebih lanjut mengenai strategi peningkatan dan pemerataan pencahayaan alami guna meningkatkan kenyamanan visual yang lebih baik bagi pengguna.



## DAFTAR PUSTAKA

- Karlen, M. dan James B. (2008). *Dasar-dasar pencahayaan*. Jakarta: Erlangga.
- Neufert, E. (1996). *Data Arsitek Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Elliot, S. N., et al, *Educational psychology: Effective teaching, effective learning*, New York: Times Offset, 2000.
- Fredrickson, A.J. (2003). *Lighting*. Ohio: General Electric Company.
- Kischkoweit, L.M. (2002). *An overview of daylighting systems*. Sol Energy.
- Garg, N.K. (2007). *Guidelines for Use of Glass in Buildings*. New Age International Pvt Ltd Publishers.
- Stein, R. (1992). *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings 8<sup>th</sup> Edition*. New York John Wiley & Sons, Inc. 1997
- Lechner, N. (2015). *Heating, Cooling, Lighting Sustainable Methods for Architects*. New Jersey: Wiley.
- Oakley G., Riffat S. and Shao L. *Daylight performance of light pipes CIBSE Annual Conference Proceedings* page 158-174 (Oct. 1999)
- Mohelnikova, J. (2009). *Daylighting and Energy Savings with Tubular Light Guides*. WSEAS Transactions on Environment and Development Publishers.
- Hartono, M. (2011). *Pedoman Standarisasi Bangunan Dan Perabot Sekolah* oleh Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan.
- Sudiby, D. (2007). *Peraturan Menteri Pendidikan Nasional RI nomor 24 tahun 2007 tentang Standar Sarana dan Prasarana untuk Sekolah Dasar/Madrasah Ibtidaiyah (SD/MI), Sekolah Menengah Pertama/Madrasah Tsanawiyah (SMP/MTs), dan Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah (SMA/MA)*.
- Badan Standarisasi Nasional. (SNI 16-7062-2004). *Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (03-2396-2001). *Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (03-6197-2000). *Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan*. Jakarta.
- Chen, Y., Liu, J., Pei, J., Cao, X., Chen, Q., dan Jiang, Y. (2014). "Experimental and simulation study on the performance of daylighting in an industrial building and its energy saving potential," *Energy and Buildings*, vol.73, hal. 184-191.

Syam, S., Syarif, B., & Syawal, S.M., 2013. Pengaruh Bukaam Terhadap Pencahayaan Alami Bangunan Tropis Indonesia. Prosiding 2013 © Hasil Penelitian Fakultas Teknik Group Teknik Arsitektur Volume 7



# LAMPIRAN

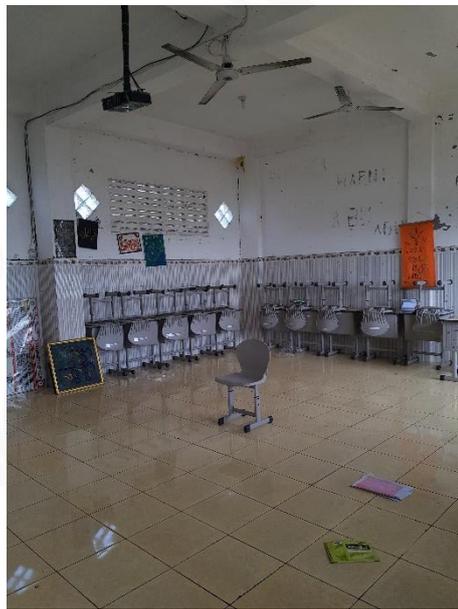
Lampiran 1. Foto Eksisting Massa Bangunan



Lampiran 2. Foto Eksisting Ruang Kelas Sd



Lampiran 3. Foto Eksisting Ruang Kelas SMP dan SMA



## Lampiran 4. Data Pengukuran Eksisting

### Ruang Kelas SD

TABEL PENGUKURAN

Nama ruang : R. Kelas SD Lt. 2

Tgl pengukuran: 13 Juli 2018

No	Titik Ukur	Waktu	Pagi (cerah berawan)			Siang (cerah)			Sore (cerah)				
			Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL
1	A	9:25	125	15900	0,0078616	12:36	26	21600	0,001204	15:32	32	19300	0,001658
2	C	9:31	110	15900	0,0069182	12:40	21	21600	0,000972	15:36	35	19300	0,001813
3	D	9:34	92	14800	0,0062162	12:42	15	27800	0,00054	15:38	18	17500	0,001029
4	F	9:40	67	14800	0,004527	12:46	28	27800	0,001007	15:42	26	17500	0,001486
			98,5	15350	0,0063808		22,5	24700	0,000931		27,75	18400	0,001496

TABEL PENGUKURAN

Nama ruang : R. Kelas SD Lt. 2

Tgl pengukuran: 14 Juli 2018

No	Titik Ukur	Waktu	Pagi (cerah berawan)			Siang (cerah berawan)			Sore (cerah berawan)				
			Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL
1	1	9:25	32	15500	0,002065	12:36	96	38700	0,002481	15:32	37	19600	0,001888
2	3	9:31	25	15500	0,001613	12:40	82	38700	0,002119	15:36	39	19600	0,00199
3	4	9:34	28	15900	0,001761	12:42	195	34300	0,005685	15:38	19	18400	0,001033
4	6	9:40	23	15900	0,001447	12:46	175	34300	0,005102	15:42	25	18400	0,001359
			27	15700	0,001721		137	36500	0,003847		30	19000	0,001567

### Ruang Kelas SMP

TABEL PENGUKURAN

Nama ruang : R. Kelas SMP Lt. 2

Tgl pengukuran: 13 Juli 2018

No	Titik Ukur	Waktu	Pagi (cerah berawan)			Siang (cerah)			Sore (cerah)				
			Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL
1	A	8:45	143	14800	0,009662	12:32	110	36700	0,002997	15:30	262	19400	0,013505
2	B	8:48	141	14800	0,009527	12:34	116	36700	0,003161	15:32	237	19400	0,012216
3	C	8:51	158	14800	0,010676	12:36	107	36700	0,002916	15:34	253	19400	0,013041
4	D	8:54	125	13600	0,009191	12:38	121	38500	0,003143	15:36	289	18200	0,015879
5	E	8:57	192	13600	0,014118	12:40	187	38500	0,004857	15:38	431	18200	0,023681
6	F	9:00	191	13600	0,014044	12:42	187	38500	0,004857	15:40	370	18200	0,02033
			158,33	14200	0,011203		138	37600	0,003655		307	18800	0,016442

TABEL PENGUKURAN

Nama ruang : R. Kelas SMP Lt. 2

Tgl pengukuran: 14 Juli 2018

No	Titik Ukur	Waktu	Pagi (cerah berawan)			Siang (cerah berawan)			Sore (cerah berawan)				
			Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL
1	1	8:45	197	15300	0,0128758	12:32	179	35200	0,005085	15:30	273	19100	0,014293
2	2	8:48	195	15300	0,0127451	12:34	182	35200	0,00517	15:32	284	19100	0,014869
3	3	8:51	194	15300	0,0126797	12:36	184	35200	0,005227	15:34	291	19100	0,015236
4	4	8:54	177	14800	0,0119595	12:38	105	36900	0,002846	15:36	321	17800	0,018034
5	5	8:57	181	14800	0,0122297	12:40	109	36900	0,002954	15:38	263	17800	0,014775
6	6	9:00	165	14800	0,0111486	12:42	97	36900	0,002629	15:40	299	17800	0,016798
			184,8333	15050	0,0122731		142,6667	36050	0,003985		288,5	18450	0,015667

## Ruang Kelas SMA

TABEL PENGUKURAN

Nama ruang : R. Kelas SMA Lt. 3

Tgl pengukuran: 14 Juli 2018

No	Titik Ukur	Waktu	Pagi (cerah)			Siang (cerah)			Sore (cerah)				
			Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL
1	1	9:05	218	15200	0,014342	13:05	197	35500	0,005549	15:10	182	17200	0,010581
2	2	9:08	223	15200	0,014671	13:07	183	35500	0,005155	15:12	175	17200	0,010174
3	3	9:11	199	15200	0,013092	13:09	166	35500	0,004676	15:14	169	17200	0,009826
4	4	9:14	199	14800	0,013446	13:11	152	31300	0,004856	15:16	147	18000	0,008167
5	5	9:17	187	14800	0,012635	13:13	148	31300	0,004728	15:18	143	18000	0,007944
6	6	9:20	188	14800	0,012703	13:15	163	31300	0,005208	15:20	133	18000	0,007389
			202,3333	15000	0,013482		168,1667	33400	0,005029		158,1667	17600	0,009014

TABEL PENGUKURAN

Nama ruang : R. Kelas SMA Lt. 3

Tgl pengukuran: 13 Juli 2018

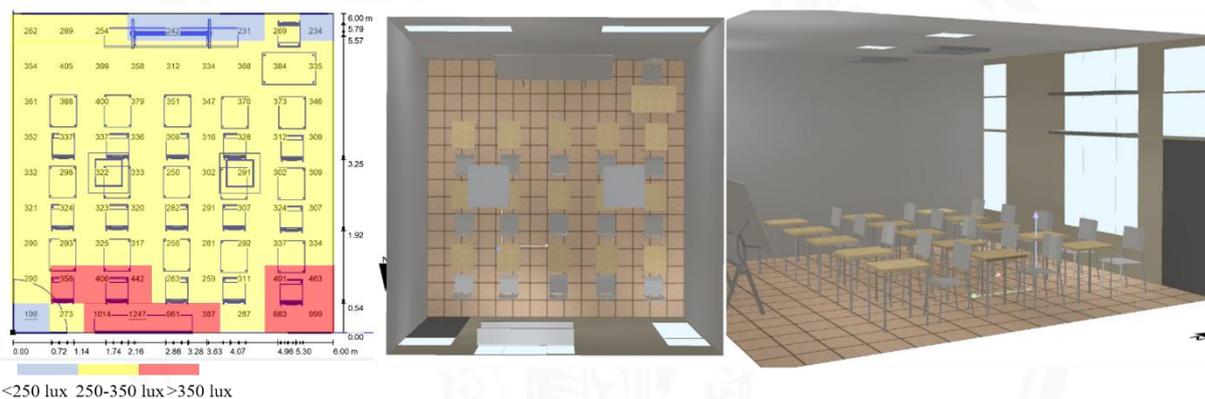
No	Titik Ukur	Waktu	Pagi (cerah berawan)			Siang (cerah)			Sore (cerah berawan)				
			Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL	Waktu	Indoor	Outdoor	FL
1	A	9:05	210	14700	0,0142857	13:05	317	36200	0,008757	15:10	184	16900	0,010888
2	B	9:08	216	14700	0,0146939	13:07	321	36200	0,008867	15:12	167	16900	0,009882
3	C	9:11	203	14700	0,0138095	13:09	382	36200	0,010552	15:14	179	16900	0,010592
4	D	9:14	203	13900	0,0146043	13:11	309	34000	0,009088	15:16	221	17600	0,012557
5	E	9:17	194	13900	0,0139568	13:13	432	34000	0,012706	15:18	275	17600	0,015625
6	F	9:20	192	13900	0,0138129	13:15	440	34000	0,012941	15:20	252	17600	0,014318
			203	14300	0,0141939		366,8333	35100	0,010485		213	17250	0,01231

## Lampiran 5. Hasil Simulasi Rekomendasi

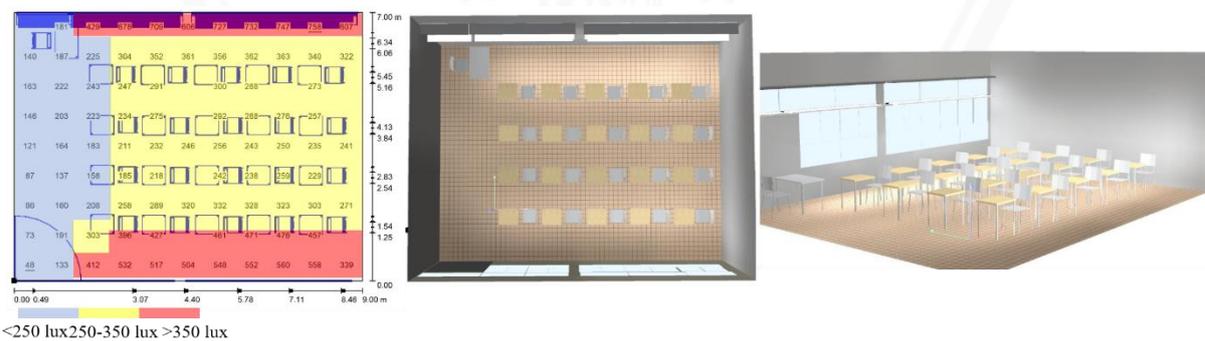
### Ruang Kelas SD (1)



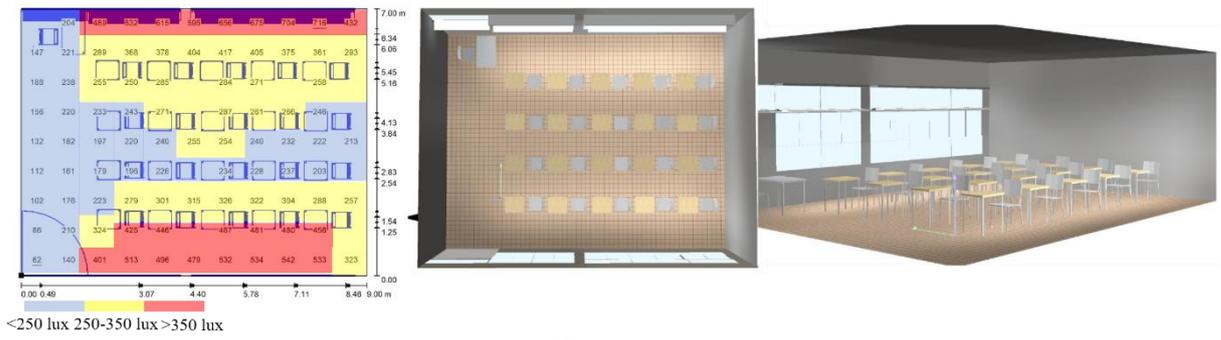
### Ruang Kelas SD (2)



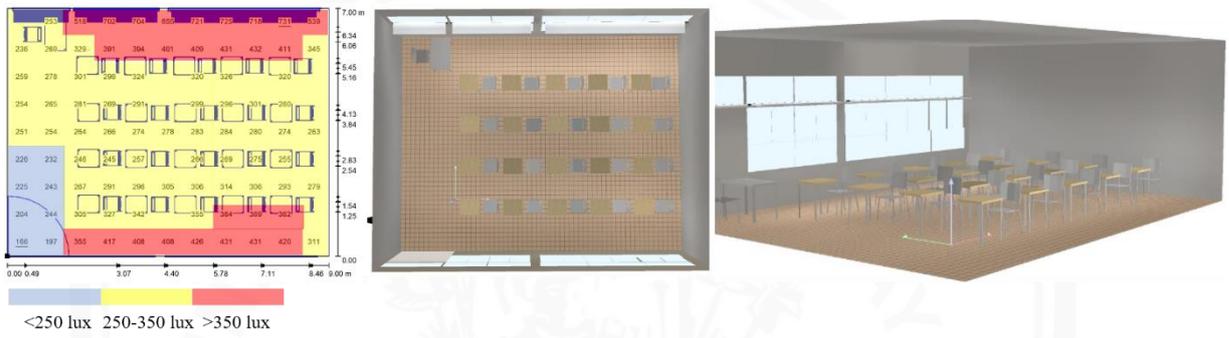
### Ruang Kelas SMP (1)



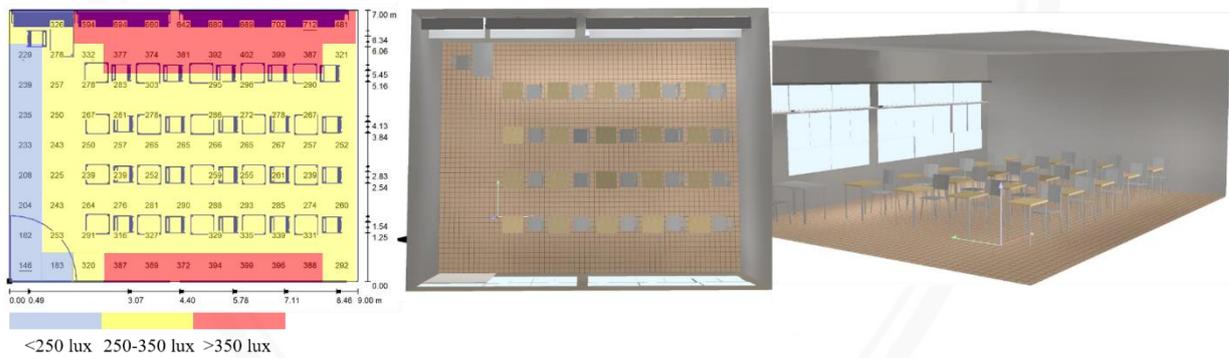
### Ruang Kelas SMP (2)



### Ruang Kelas SMA (1)



### Ruang Kelas SMA (2)



Lampiran 6. Denah dan Potongan

