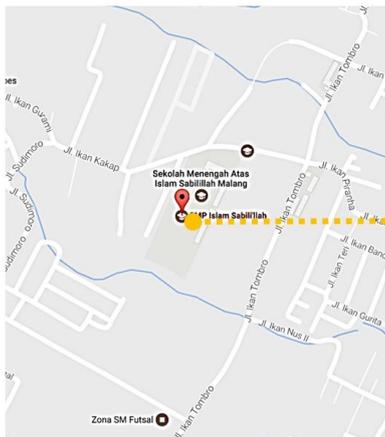


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Objek Penelitian

Objek yang diteliti adalah SMP Islam Sabilillah Malang yang berlokasi di Jalan Terusan Piranha Atas No. 135 Malang. Letak geografis objek penelitian adalah 7,9° LS dan 112,63 BT yang merupakan iklim tropis. Ciri-ciri iklim tropis menurut Akmal (2011) antara lain memiliki kondisi awan yang berawan dan berkabut sepanjang tahun, kondisi langit terang apabila jumlah awan sedikit dan matahari tidak tertutupi sedangkan bewarna abu-abu bila awan tebal, lapisan awan 60-90%, dan memiliki kondisi matahari yang relatif tidak tertutup sepanjang tahun.

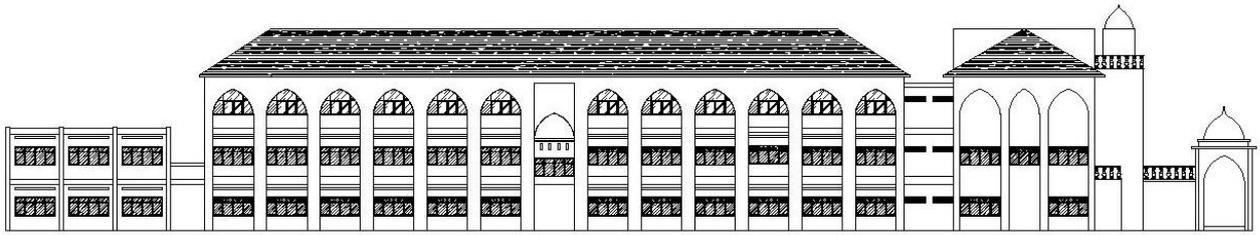


Gambar 4.1 Lokasi SMP Islam Sabilillah

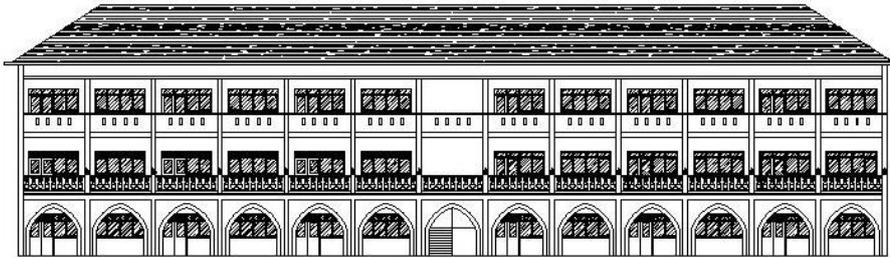
Gambar 4.2 Gedung SMP Islam Sabilillah

Sumber: www.google.com/maps/place/SMP+Islam+Sabilillah

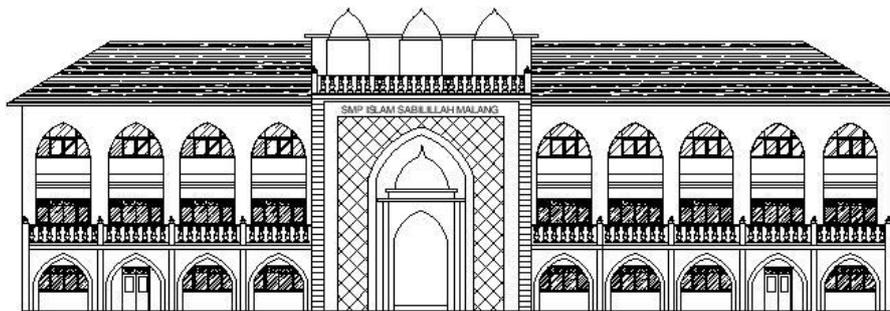
Fokus objek yang diteliti adalah ruang kelas yang berada pada gedung utama SMP Islam Sabilillah Malang. Terdapat beberapa gedung pada kawasan SMP Islam Sabilillah Malang yang terdiri dari gedung utama, gedung untuk perpustakaan dan area makan, serta masjid. Gedung utama SMP Islam Sabilillah Malang terdiri dari 3 lantai dengan ruang kelas yang tersebar di masing-masing lantai. Gedung ini merupakan gedung yang menerapkan konsep arsitektur timur tengah yang didominasi oleh warna coklat tua dan coklat muda dengan penerapan unsur lengkung pada beberapa bukaan (Gambar 4.3-4.5). Terdapat permainan maju mundur bidang pada fasad bangunan yang dapat berfungsi sebagai peneduh untuk beberapa jendela.



Gambar 4.3 Tampak Tenggara Bangunan



Gambar 4.4 Tampak Barat Laut Bangunan



Gambar 4.5 Tampak Timur Laut Bangunan

Gedung utama SMP Islam Sabilillah Malang berbentuk L dengan orientasi sisi terpanjang bangunan menghadap barat laut-tenggara dan timur laut-barat daya. Di sisi tenggara, bangunan berbatasan dengan sawah sehingga terdapat dinding penghalang setinggi 2 meter sebagai pembatas tapak. Dinding penghalang tersebut berpotensi menghalangi sinar matahari masuk ke dalam ruangan-ruangan pada lantai 1 saat pagi hari. Di sisi barat laut, bangunan bersebrangan dengan masjid dua lantai dengan jarak 14 m. Di sisi barat daya dan timur laut berbatasan dengan ruang terbuka pada tapak, sehingga sinar matahari dapat masuk ke dalam ruangan melalui bukaan bukaan di sisi timur laut maupun barat daya. (Gambar 4.6)



Gambar 4.6 Gedung SMP Islam Sabilillah dan Lingkungan Sekitar
 Sumber: www.google.com/maps/place/SMP+Islam+Sabilillah

4.2 Pencahayaan Alami pada Bangunan Objek Penelitian

Pemanfaatan pencahayaan alami sangat mungkin dilakukan mengingat kegiatan pada sekolah ini dimulai pada pukul 07.00-16.30. Bukaannya pada bangunan sebagian besar menghadap ke arah tenggara-barat laut dan timur laut-barat laut. Untuk setiap bukaan yang berbatasan dengan kawasan luar gedung (tenggara dan timur laut) terdapat pembayang matahari yang menaungi, sedangkan bukaan yang menghadap ke dalam kawasan gedung (barat laut dan barat daya) berbatasan dengan koridor yang langsung mengarah ke ruang luar.

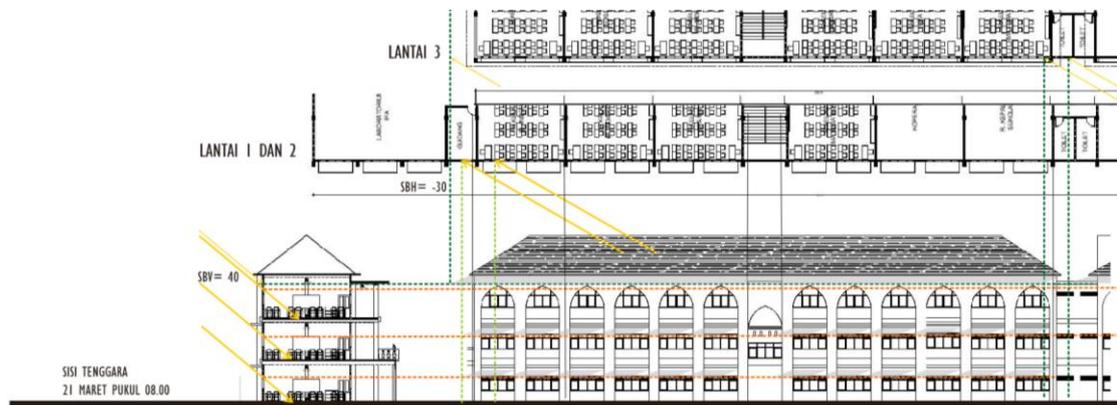
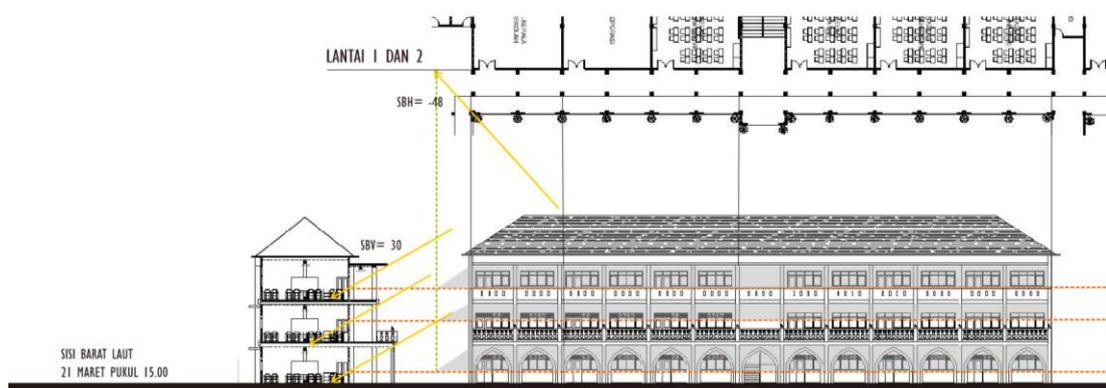
Kinerja pembayang matahari dapat dilihat dari seberapa efektif pembayang tersebut menaungi bukaan di bawahnya. Untuk dapat mengetahui hal tersebut maka perlu dicari sbv dan sbh pada sisi bangunan yang akan diteliti. Sbv dan sbh dapat diketahui melalui diagram *sunpath*. Berdasarkan diagram *sunpath*, maka diketahui sbh dan sbv pada sisi tenggara dan barat laut SMP Islam Sabilillah Malang sebagai berikut:

Tabel 4.1 SBH dan SBV Bangunan SMP Islam Sabilillah Malang

Sisi Tenggara									
	21 Maret			21 Juni			22 Desember		
	08.00	12.00	15.00	08.30	12.00	15.00	08.30	12.00	15.00
SBV	40°	-	-	50°	-	-	40°	-	-
SBH	-30°	-	-	-60°	-	-	0°	-	-

Sisi Barat Laut									
	21 Maret			21 Juni			22 Desember		
	08.00	12.00	15.00	08.30	12.00	15.00	08.30	12.00	15.00
SBV	-	90°	30°	-	70°	40°	-	80°	35°
SBH	-	-90°	-48°	-	55°	33°	-	30°	-42°

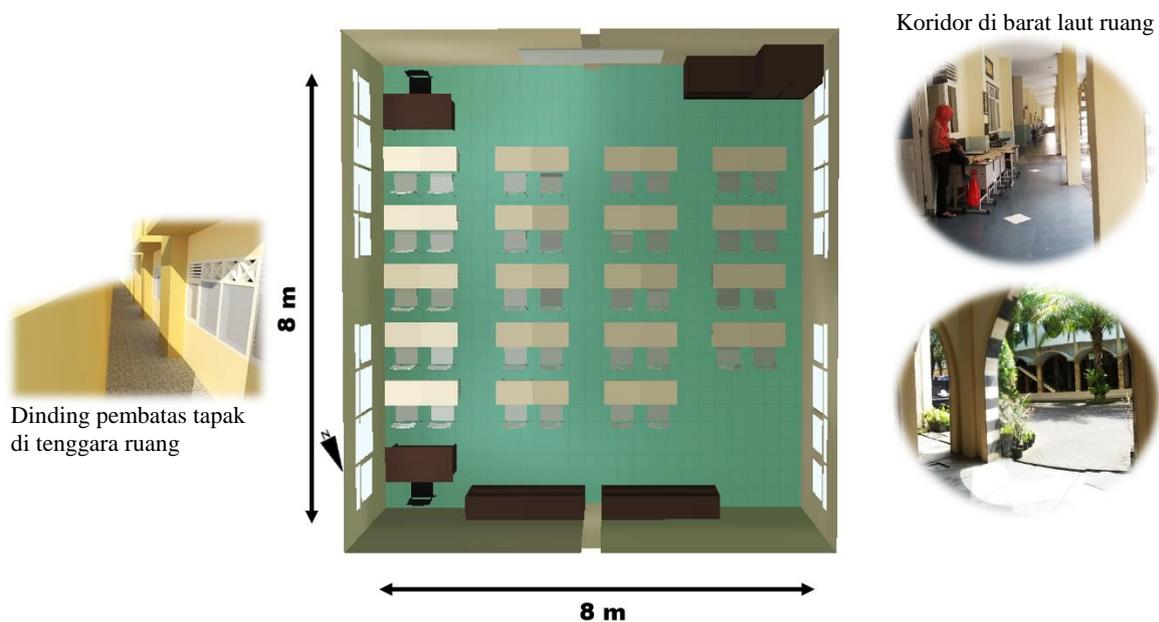
Terdapat beberapa hasil sudut pembayang matahari yang berbeda-beda pada setiap bulan kritis yaitu Maret, Juni, dan Desember. Namun, untuk menentukan efektivitas pola pembayangan, hanya perlu menggunakan sudut bayangan terendah. Pada Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa pada sisi tenggara sudut bayangan terendah adalah pada bulan maret pukul 08.00 sedangkan pada sisi barat laut pada bulan maret pukul 15.00. Pola pembayangan objek penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.

**Gambar 4.7** Pola Pembayangan Sisi Tenggara Gedung SMP Islam Sabilillah**Gambar 4.8** Pola Pembayangan Sisi Barat Laut Gedung SMP Islam Sabilillah

Pada gambar 4.7 dan 4.8 dapat dilihat bahwa pada sisi tenggara pembayang matahari masih sangat kurang efektif dalam menaungi bukaan pada bangunan, sedangkan pada sisi

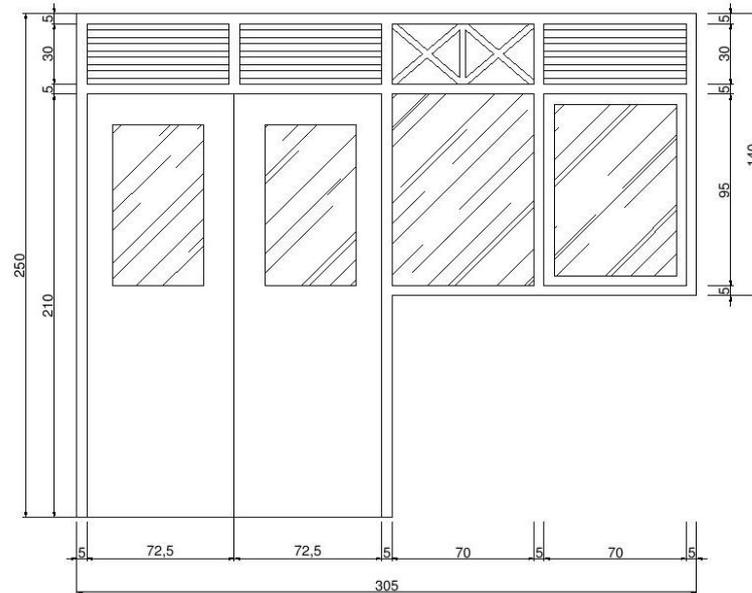
4.3.1 Analisis visual

Ruang Kelas Matematika VII memiliki luas 64 m^2 dengan bentuk ruang persegi. Lebar masing-masing sisi pada ruang adalah 8 m dengan tinggi plafon 3,3 m. Orientasi ruang menghadap ke arah barat daya dengan bukaan pada sisi tenggara dan barat laut ruang. Bukaan yang menghadap ke arah barat dan timur tersebut berpotensi menghasilkan cahaya alami yang berlebihan pada ruang. Sisi tenggara ruang berbatasan 2 meter dengan dinding pembatas tapak setinggi 2,5 m. Sisi barat laut ruang berbatasan dengan koridor selebar 4 m. Adanya dinding pembatas tapak dan koridor di luar ruang dapat mempengaruhi pencahayaan alami yang masuk ke dalam ruang.

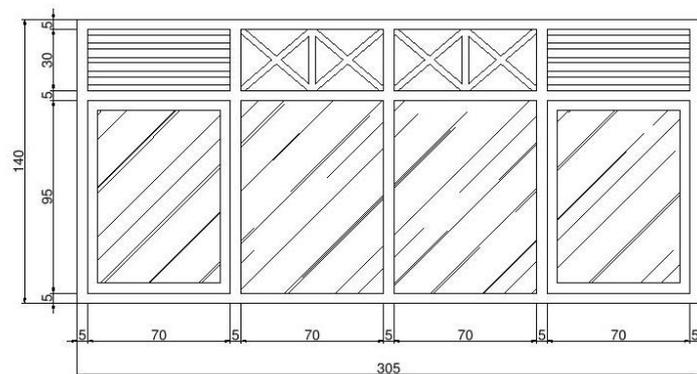


Gambar 4.10 Denah Ruang Kelas Matematika VII dan Batas Luar Ruang

Bukaan pada ruang mempunyai total luasan $13,627 \text{ m}^2$ atau 20% dari luas ruang. Hal tersebut sudah sesuai dengan SNI nomor 03-2396-2001 karena sudah memiliki bukaan dengan luas minimal 20% dari luas ruang. WWR (*Windows Wall Ratio*) pada sisi tenggara dan barat laut adalah 20% yaitu sesuai dengan standar WWR pada ASHRAE 90.1-2007 yaitu 20-30%. Pada sisi tenggara memiliki dua kelompok bukaan, masing-masing kelompok bukaan terdiri dari 2 *fixed window*, 2 *awning window*, dan 4 ventilasi. Pada sisi barat laut terdapat 2 kelompok bukaan. Kelompok bukaan pertama terdiri dari 2 *fixed window*, 2 *awning window*, dan 4 ventilasi, sedangkan kelompok bukaan kedua terdiri dari 1 *fixed window*, 1 *awning window*, 1 *double door* dan 4 ventilasi. Semua kusen bukaan pada ruangan ini menggunakan kusen kayu dengan finishing cat berwarna putih.

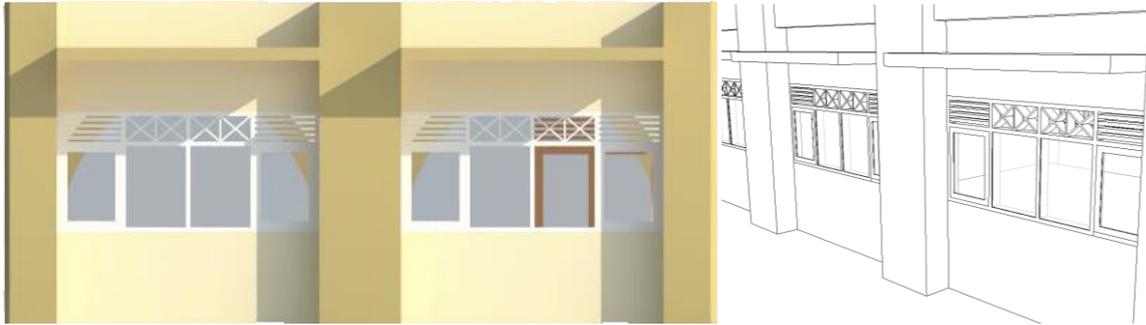


Gambar 4.11 Jendela-Pintu pada Ruang Kelas Matematika VII

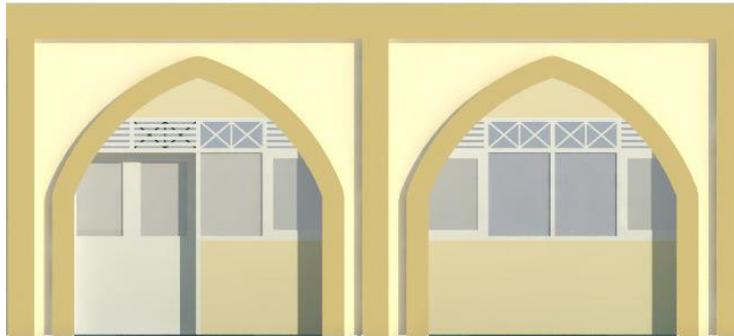


Gambar 4.12 Jendela pada Ruang Kelas Matematika VII

Terdapat pembayang matahari pada bukaan di dua sisi ruang yaitu sisi tenggara dan barat laut. Pembayang matahari berfungsi untuk mengontrol cahaya yang masuk ke dalam ruang melalui bukaan (Puspitasari, 2014). Pembayang matahari di sisi tenggara ruang terdiri dari shading horizontal dengan lebar 1 m yang diletakkan 60 cm di atas jendela. Di sisi barat laut, pembayang matahari berupa atap pada koridor selebar 4 m dan juga dinding pembatas antara koridor dan area luar gedung. Pembayang matahari di sisi tenggara dapat mengurangi silau yang masuk ke dalam ruangan, namun pada sisi barat laut koridor yang terlalu lebar dapat berpotensi menjadikan ruangan terlalu gelap.



Gambar 4.13 Pembayang Matahari Horizontal di Sisi Tenggara Ruang



Gambar 4.14 Sisi Barat Laut Ruang (Dinding Pembatas Koridor)

Di dalam ruang kelas matematika VII terdapat bidang kerja berupa meja dan papan tulis. Papan tulis diletakkan di barat daya ruangan sebagai pusat perhatian pada ruangan, sedangkan meja disusun menghadap ke arah papan tulis. Meja dan kursi disusun perdua buah kemudian ditata secara linier yang terdiri dari 4 kolom dan 5 baris. Meja dan kursi terbuat dari bahan *Poli Propilen* dengan warna abu-abu dan coklat muda sedangkan papan tulis merupakan papan tulis jenis *whiteboard* (Gambar 4.13).



Gambar 4.15 Meja Belajar dan Papan Tulis

Elemen interior ruang kelas sebagian besar menggunakan material dengan warna cerah. Material dengan reflektansi yang tinggi dapat memantulkan cahaya sehingga ruangan menjadi lebih terang. Karakteristik material elemen interior ruang terdapat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Identifikasi Material dan Nilai Reflektan Ekem Interior Ruang Kelas Matematika VII

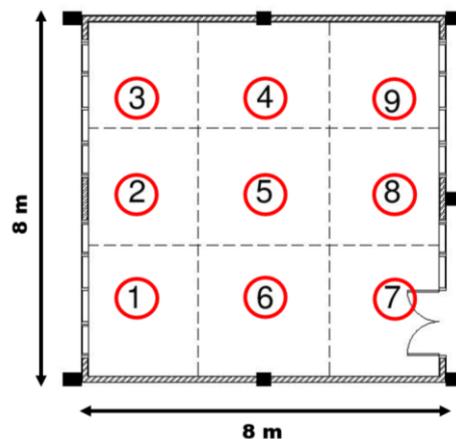
Elemen Ruang	Material	Warna	Reflectance Factor (RF)
Dinding	Dinding batu bata finishing cat	Coklat Muda (<i>Light Ivory</i>)	82
Plafon	Gypsum	Putih	80
Lantai	Keramik 30x30 cm	Hijau Tosca	56
Perabot			
Meja Siswa	Poli propilen (PP)	Coklat Muda (<i>Light ivory</i>)	82
Kursi Siswa	Poli propilen (PP)	Abu-abu (<i>Agate Grey</i>)	45
Papan Tulis	Multiplex	Putih	80



Gambar 4.16 Interior Ruang Kelas Matematika VII

4.3.2 Analisis pengukuran lapangan

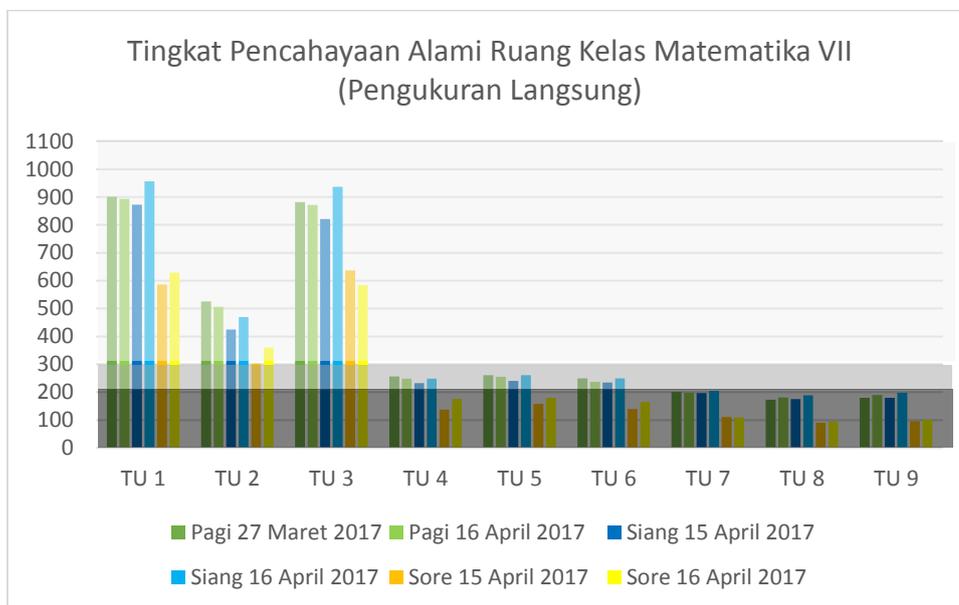
Luas ruangan matematika VII adalah 64 m^2 dengan kedalaman cahaya 8 m. Titik ukur untuk pengukuran langsung intensitas pencahayaan alami ditentukan berdasarkan SNI 03-2396-2001 yaitu apabila ruangan memiliki luas kurang dari 100 m^2 , maka titik ukur ditentukan setiap 3 m. Oleh karena itu, pengukuran pada ruang kelas ini menggunakan 9 titik ukur seperti pada Gambar 4.15.



Gambar 4.17 Titik Ukur Ruang Kelas Matematika VII

Pengukuran dilakukan pada setiap titik ukur dengan menggunakan luxmeter yang diletakkan sejajar dengan ketinggian bidang kerja. Ketinggian bidang kerja yang ada di ruang ini disesuaikan dengan ketinggian meja yaitu 80 cm. Pengukuran dilakukan dalam

tiga waktu yaitu pada pagi hari (08.00-09.00), siang hari (12.00-13.00), dan sore hari (15.00-16.00). Masing-masing waktu diukur pada dua hari yang berbeda untuk menguji validitas data yang didapatkan. Hasil pengukuran intensitas cahaya matahari pada ruang kelas matematika VII ditunjukkan dalam Gambar 4.18 dan Tabel 4.3.



Gambar 4.18 Grafik Tingkat Pencahayaan Alami Hasil Pengukuran Lapangan Ruang Matematika VII

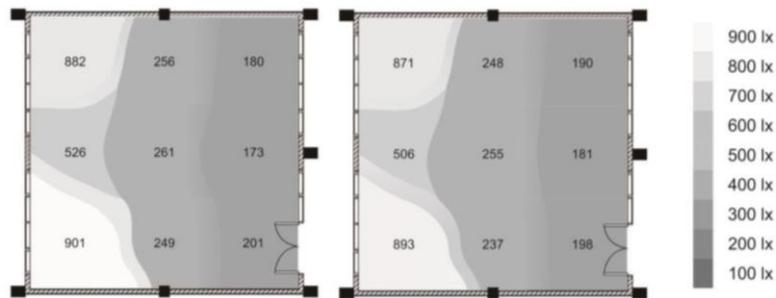
Tabel 4.3 Tingkat Pencahayaan Alami Hasil Pengukuran Lapangan Ruang Matematika VII

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pagi 27 Maret 2017	901	526	882	256	261	249	201	173	180
Pagi 16 April 2017	893	506	871	248	255	237	198	181	190
Siang 15 April 2017	873	425	821	232	240	235	197	175	180
Siang 16 April 2017	956	469	937	248	261	250	205	189	198
Sore 15 April 2017	586	302	637	137	158	140	111	90	96
Sore 16 April 2017	629	361	584	176	180	165	109	95	102

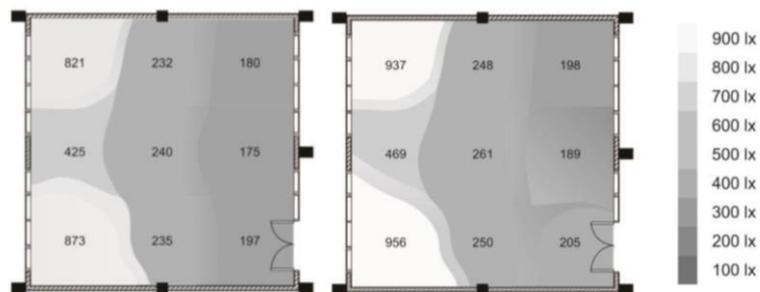
□ : >300 lux (terlalu terang) □ : 200-300 lux (ideal/nyaman) □ : <200 lux (terlalu gelap)

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan, dapat terlihat bahwa distribusi cahaya pada ruang kelas matematika VII adalah kurang merata. Standar nyaman pada ruang kelas berdasarkan SNI 03-6197-2001 adalah 250 lux (200-300 lux). Pengukuran pada pagi, siang, dan sore hari memiliki tingkat pencahayaan yang terlalu terang di titik 1-3. Hal tersebut disebabkan karena titik 1-3 berada di sebelah tenggara ruang dan hanya dibayangi oleh shading horizontal selebar 1 m. Pada titik 7-9 tingkat pencahayaan alami memiliki kondisi yang terlalu gelap karena ruang bersebelahan dengan koridor selebar 4 m dan terdapat dinding yang membatasi dengan area luar. Iluminasi tertinggi terjadi pada siang hari yaitu pada titik 1 yang mencapai 956, sedangkan iluminasi terendah terjadi pada sore hari yaitu pada titik 8 yang hanya berkisar 95 lux. Oleh karena itu perlu upaya untuk mengurangi

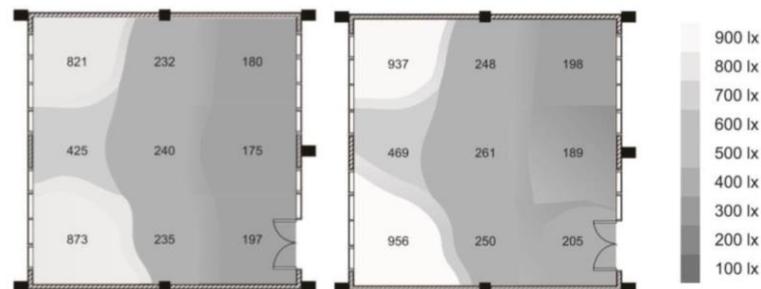
iluminasi cahaya alami di sisi tenggara dan menambahkan iluminasi cahaya cahaya alami di sisi barat laut.



Gambar 4.19 Kontur Cahaya Ruang Kelas Matematika VII (Pagi Hari)



Gambar 4.20 Kontur Cahaya Ruang Kelas Matematika VII (Siang Hari)



Gambar 4.21 Kontur Cahaya Ruang Kelas Matematika VII (Sore Hari)

Pengukuran lapangan dilakukan pada dua waktu yang berbeda untuk menguji validitas data. Hal itu dapat diketahui melalui Tabel 4.4. Berdasarkan Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa hasil rata-rata faktor langit (perbandingan antara tingkat pencahayaan alami di dalam ruang dan di luar ruang) pada setiap waktu pengukuran adalah sama yaitu 0,02. Hal tersebut menunjukkan bahwa data hasil pengukuran lapangan dapat dikatakan akurat (valid).

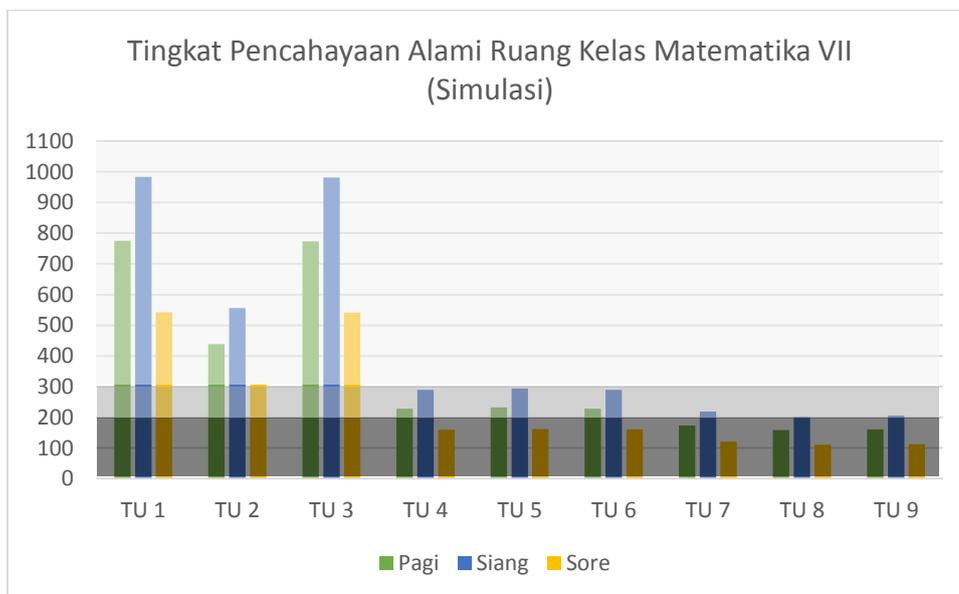
Tabel 4.4 Rata-Rata Hasil Pengukuran Lapangan Ruang Matematika VII

Waktu Pengukuran	Rata-rata		
	E Indoor	E Outdoor	FL
Pagi 27 Maret 2017	403	15470	0,026
Pagi 16 April 2017	398	14892	0,027
Siang 15 April 2017	375	15472	0,024
Siang 16 April 2017	413	16600	0,025
Sore 15 April 2017	251	9973	0,026
Sore 16 April 2017	267	10152	0,025

4.3.3 Analisis simulasi

Simulasi untuk mengetahui tingkat pencahayaan alami pada ruang kelas matematika VII ini menggunakan software Dialux 4.12. Pada software tersebut dilakukan permodelan yang dibuat serupa dengan kondisi eksisting agar hasil pengukuran yang didapatkan mendekati hasil pengukuran lapangan sehingga data dapat dikatakan valid. Pengukuran dilakukan pada salah satu hari yang sama dengan pengukuran lapangan. Waktu yang digunakan adalah pada tanggal 16 April 2017 yaitu pada pagi hari (08.30), siang hari (13.00), dan sore hari (15.00). Validasi data dapat diketahui dengan mencari relatif error antara data hasil simulasi dengan hasil pengukuran lapangan.

Berikut ini adalah tingkat pencahayaan alami ruang kelas matematika VII berdasarkan hasil simulasi:



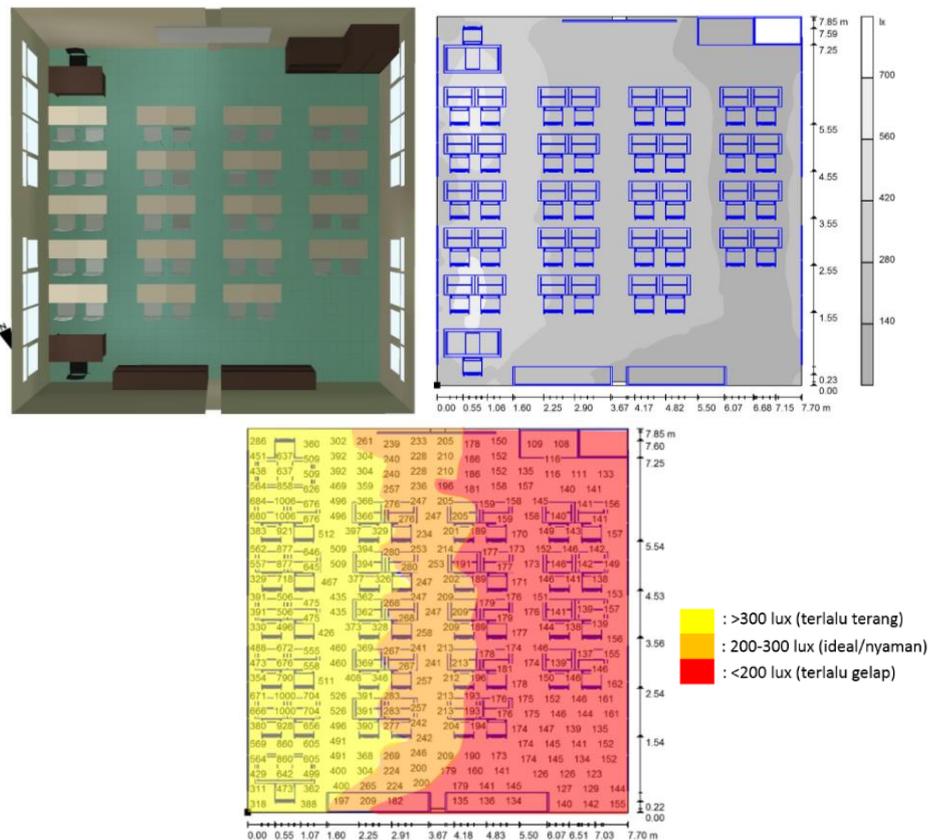
Gambar 4.22 Grafik Tingkat Pencahayaan Alami Hasil Pengukuran Simulasi Ruang Matematika VII

Tabel 4.5 Tingkat Pencahayaan Alami Hasil Pengukuran Simulasi Ruang Matematika VII

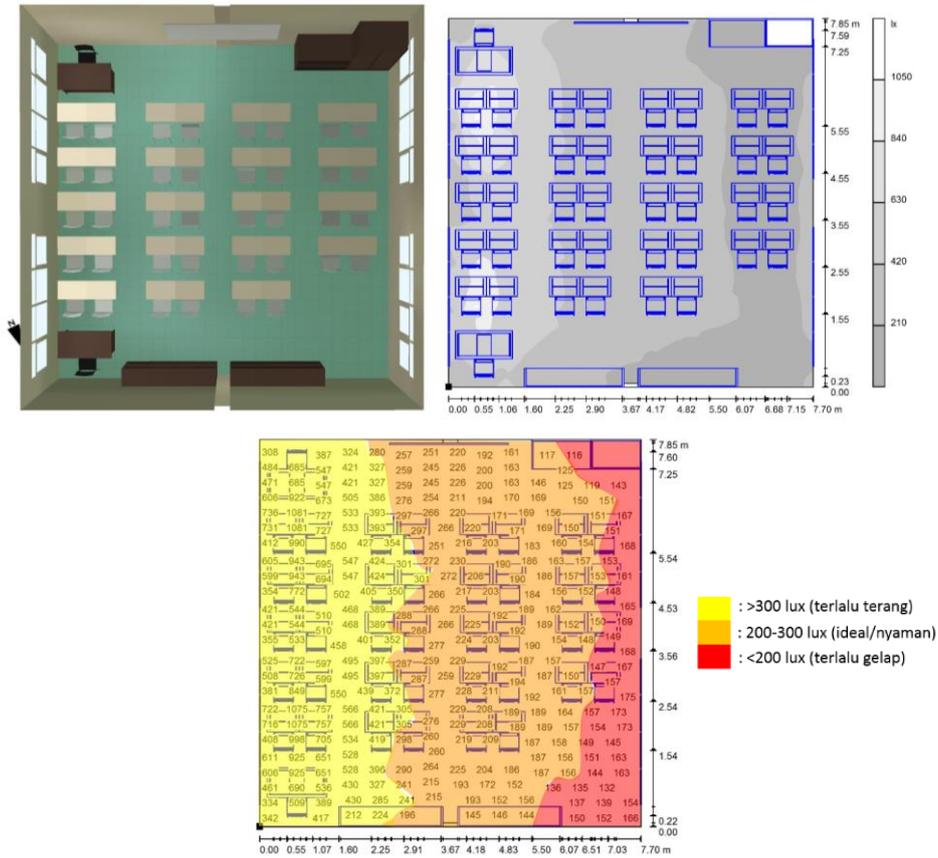
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tingkat Pencahayaan alami Ideal
Pagi	775	438	773	228	232	228	173	158	161	33%
Siang	983	556	981	289	294	289	219	201	205	67%
Sore	542	306	541	159	162	160	121	111	113	0%
Rata-rata tingkat pencahayaan alami ideal										33%

: >300 lux (terlalu terang)
 : 200-300 lux (ideal/nyaman)
 : <200 lux (terlalu gelap)

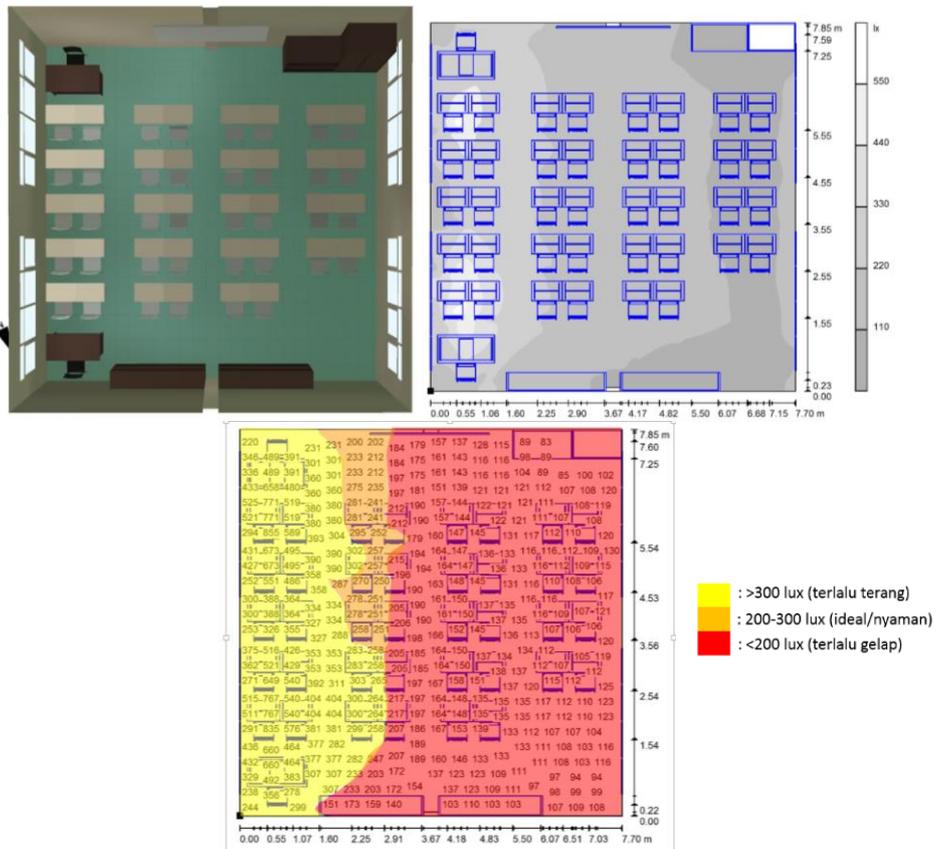
Pada Gambar. 4.22 dan Tabel 4.5, terlihat bahwa pada pagi hari hingga sore hari tidak semua titik memenuhi standar tingkat pencahayaan alami pada ruang kelas yaitu 200-300 lux. Pada pagi hari hanya 33 % yang memenuhi standar, siang hari 66%, dan pada sore hari 0%. Daerah titik 1-3 terlalu terang karena dekat dengan bukaan, sedangkan pada titik lainnya lebih gelap hingga memiliki tingkat pencahayaan yang kurang dari standar karena dekat dengan koridor di barat laut ruang selebar 4 m. Hal tersebut menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan alami masih kurang merata antara daerah tenggara (bersebelahan dengan area luar) dengan daerah barat laut ruang (bersebelahan dengan koridor). Distribusi cahaya tersebut dapat terlihat pada Gambar 4.23-4.25.



Gambar 4.23 Rendering, Kontur Cahaya, dan Zonasi Ruang Matematika VII (Pagi Hari)



Gambar 4.24 Rendering ,Kontur Cahaya, dan Zonasi Ruang Matematika VII (Siang Hari)



Gambar 4.25 Rendering dan Kontur Cahaya Ruang Matematika VII (Sore Hari)

Setelah mendapat hasil perhitungan tingkat pencahayaan alami melalui software dialux, perlu dilakukan validasi data yaitu mencari relatif error antara perhitungan dialux dan perhitungan langsung di lapangan. Relatif error adalah hasil pembagian antara hasil simulasi dikurangi hasil pengukuran lapangan dengan hasil simulasi kemudian dikali 100%. Agar data hasil simulasi dikatakan akurat, maka *relative error* tidak boleh melebihi 20%.

$$\text{Relative Error (Re)} = \frac{(\text{Hasil simulasi} - \text{hasil pengukuran lapangan})}{\text{Hasil simulasi}} \times 100 \%$$

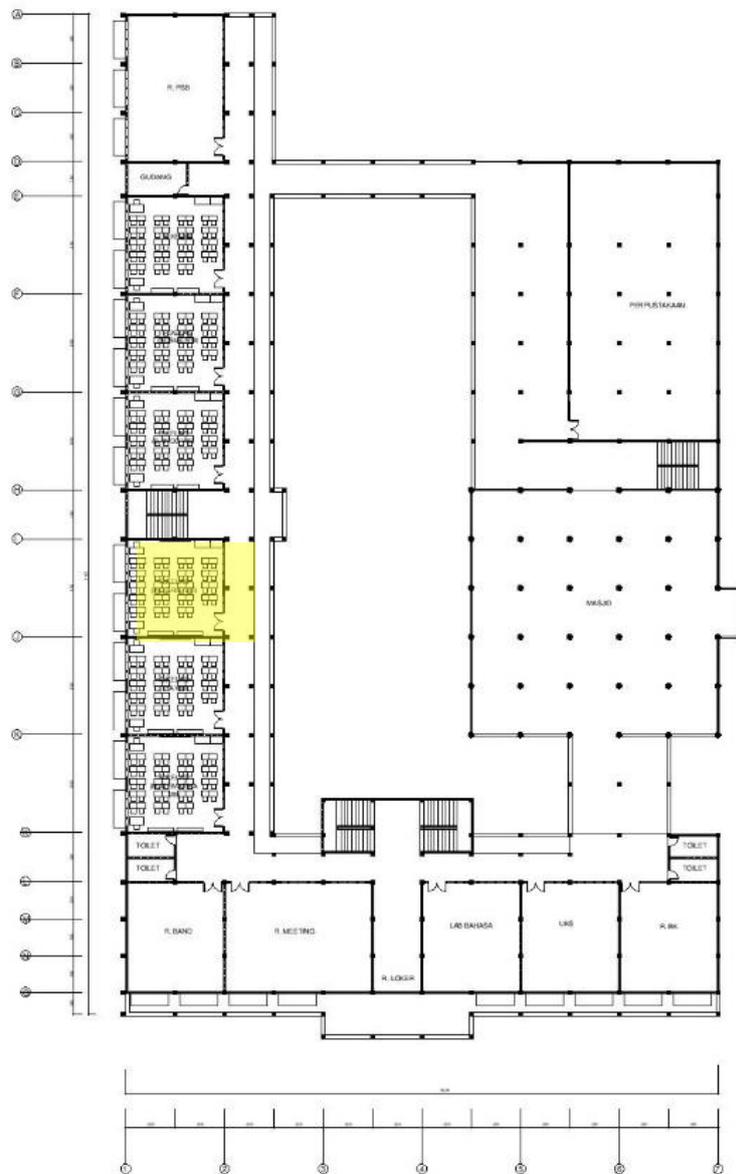
Tabel 4.6 Relative Error Pengukuran Lapangan dan Simulasi Ruang Matematika VII

<i>Pagi Hari</i>							
Pengukuran Lapangan 16/04/2017 (08.00)			Pengukuran Simulasi 16/04/2017 (08.00)			Relative Error (Re)	
E Indoor	E Outdoor	FL	E Indoor	E Outdoor	FL	E Indoor	FL
893	15220	0,059	775	14356	0,054	15%	9%
506	14970	0,034	438	14356	0,031	16%	11%
871	14440	0,060	773	14356	0,054	13%	12%
248	15070	0,016	228	14356	0,016	9%	4%
255	14730	0,017	232	14356	0,016	10%	7%
237	14700	0,016	228	14356	0,016	4%	2%
198	14970	0,013	173	14356	0,012	14%	10%
181	14850	0,012	158	14356	0,011	15%	11%
190	15080	0,013	161	14356	0,011	18%	12%
Rata-Rata						13%	9%
<i>Siang Hari</i>							
Pengukuran Lapangan 16/04/2017 (13.00)			Pengukuran Simulasi 16/04/2017 (13.00)			Relative Error (Re)	
E Indoor	E Outdoor	FL	E Indoor	E Outdoor	FL	E Indoor	FL
956	16820	0,057	983	18206	0,054	3%	5%
469	16990	0,028	556	18206	0,031	16%	10%
937	16870	0,056	981	18206	0,054	4%	3%
248	17110	0,014	289	18206	0,016	14%	9%
261	16930	0,015	294	18206	0,016	11%	5%
250	16830	0,015	289	18206	0,016	13%	6%
205	16280	0,013	219	18206	0,012	6%	5%
189	15840	0,012	201	18206	0,011	6%	8%
198	15730	0,013	205	18206	0,011	3%	12%
Rata-Rata						9%	7%
<i>Sore Hari</i>							
Pengukuran Lapangan 16-Apr-17 (15.30)			Pengukuran Simulasi 16-Apr-17 (15.30)			Relative Error (Re)	
Indoor	Outdoor	FL	Indoor	Outdoor	FL	E Indoor	FL
629	10550	0,060	542	10036	0,054	16%	10%
361	10460	0,035	306	10036	0,030	18%	13%
584	10600	0,055	541	10036	0,054	8%	2%
176	10580	0,017	159	10036	0,016	11%	5%
180	10600	0,017	162	10036	0,016	11%	5%
165	9620	0,017	160	10036	0,016	3%	8%
109	9670	0,011	121	10036	0,012	10%	7%
95	9650	0,010	111	10036	0,011	14%	11%
102	9640	0,011	113	10036	0,011	10%	6%
Rata-Rata						11%	7%

Berdasarkan Tabel 4.6 hasil *relative error* data yang diuji baik berdasarkan *daylight indoor* maupun faktor langit adalah kurang dari 20%. Kisaran *relative error* dari pagi hari hingga sore hari hanya berkisar mulai dari 7% hingga 13%. Oleh karena itu, data yang dihasilkan dari hasil simulasi *software dialux* dapat dinyatakan *valid* (akurat).

4.4 Analisis Kondisi Eksisting Ruang Kelas IPA VIII

Ruang kelas IPA VIII berada di lantai 2 gedung SMP Islam Sabilillah Malang. Aktivitas di dalam ruangan ini berlangsung dari pukul 07.00-16.00 yang terdiri dari membaca, menulis, dan melihat ke arah papan tulis. Standar kenyamanan visual pada ruang kelas adalah 250 lux.



Gambar 4.26 Lokasi Ruang Kelas IPA VIII (Lantai 2) SMP Islam Sabilillah Malang
Sumber: Arsip SMP Islam Sabilillah Malang

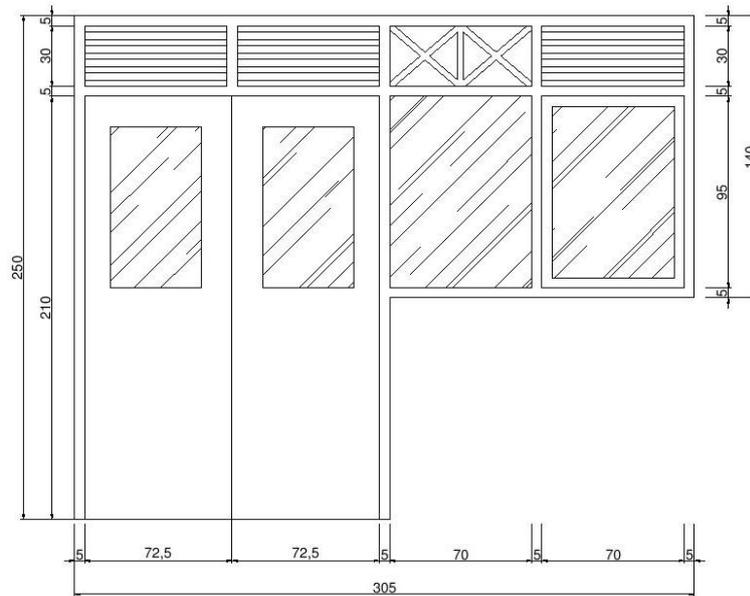
4.4.1 Analisis visual

Ruang kelas IPA VII memiliki bentuk ruang persegi dengan luas ruang 64 m^2 . Tinggi plafon pada ruang ini adalah 3,3 m dengan panjang masing-masing sisi adalah 8 m. Orientasi ruang menghadap ke arah barat daya dengan bukaan pada dua sisi yaitu sisi tenggara dan barat laut. Orientasi bukaan tidak begitu baik karena untuk bangunan di iklim tropis bukaan sebaiknya diletakkan di sisi utara dan selatan. Bukaan yang terletak di sisi barat dan timur berpotensi memasukkan sinar matahari langsung sehingga dapat menimbulkan silau dan tingkat pencahayaan yang berlebihan pada ruang. Sisi tenggara ruang berbatasan langsung dengan ruang luar, sedangkan sisi barat laut ruang berbatasan dengan koridor terbuka selebar 2 m.

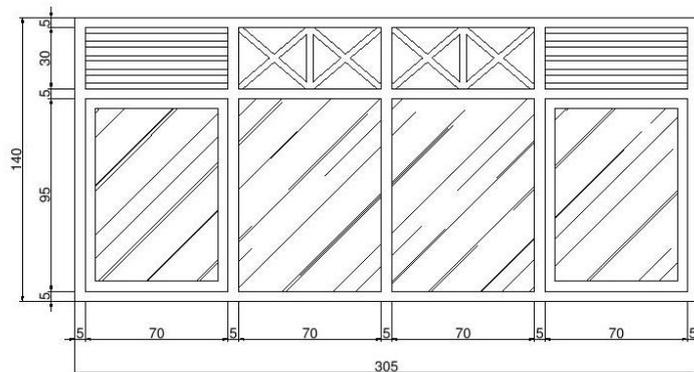


Gambar 4.27 Denah Ruang Kelas IPA VIII dan Batas Luar Ruang

Bukaan pada ruang IPA VIII memiliki luasan total $13,627 \text{ m}^2$ yaitu sekitar 20% dari luas ruang. Luasan bukaan sudah sesuai dengan SNI 03-6197-2001 yaitu sebuah ruang sebaiknya memiliki rasio antara luas bukaan dengan luas ruang minimal 20% dari luas ruang. WWR (*Windows Wall Ratio*) pada sisi tenggara adalah 21% dan barat laut 20% . Hal tersebut sudah sesuai dengan standar WWR pada ASHRAE 90.1-2007 yaitu 20-30%. Luas bukaan tersebut terdiri dari $6,38 \text{ m}^2$ pada sisi tenggara dan $6,157 \text{ m}^2$ pada sisi barat laut. Bukaan pada sisi tenggara memiliki dua kelompok bukaan , yaitu kelompok bukaan jendela yang masing-masing terdiri dari 2 *fixed window*, 2 *awning window*, dan 4 ventilasi. Bukaan pada sisi barat laut terdiri dari dua kelompok bukaan yaitu kelompok bukaan jendela seperti pada sisi tenggara dan kelompok bukaan jendela-pintu. Keloompok bukaan jendela terdiri dari 2 *fixed window*, 2 *awning window*, dan 4 ventilasi, sedangkan kelompok bukaan jendela-pintu terdiri dari 1 *fixed window*, 1 *awning window*, 1 *double door* dan 4 ventilasi. Semua jendela menggunakan *material clear glass* dengan kusen kayu finishing cat warna putih.



Gambar 4.28 Jendela-Pintu pada Ruang Kelas IPA VIII

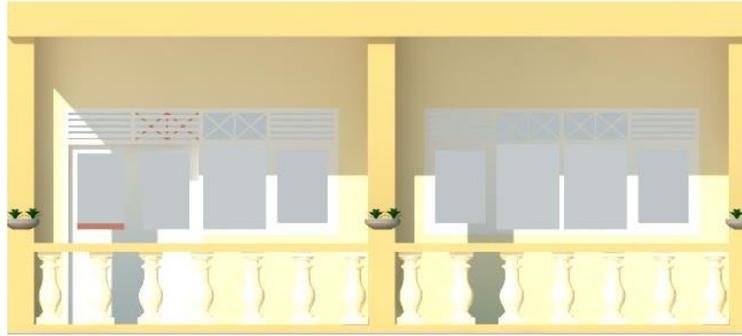


Gambar 4.29 Jendela pada Ruang Kelas IPA VIII

Pada sisi tenggara dan barat laut ruang terdapat pembayang matahari berupa pembayang matahari horizontal. Pembayang matahari dirancang untuk mengurangi sinar matahari langsung yang masuk ke dalam ruang. Di sisi tenggara, pembayang matahari berupa shading horizontal diletakkan 60 cm di atas bukaan dan memiliki lebar 1 m. Di sisi barat laut, pembayang matahari merupakan atap dari koridor selebar 2m.



Gambar 4.30 Pembayang Matahari Horizontal di Sisi Tenggara Ruang IPA VIII



Gambar 4.31 Sisi Tenggara Ruang IPA VIII

Bidang kerja pada ruang kelas IPA VIII berupa meja belajar dan papan tulis. Meja belajar memiliki ketinggian 80 cm sedangkan papan tulis berukuran 2,4 m x 1 m diletakkan 1 m di atas lantai. Papan tulis sebagai pusat perhatian pada ruang diletakkan di sisi barat daya ruang dengan meja kursi disusun dengan orientasi ke arah papan tulis. Setiap dua buah meja-kursi disusun secara linier dengan 4 kolom dan 5 baris. Papan tulis merupakan jenis *whiteboard* sedangkan meja dan kursi terbuat dari bahan poli propilen berwarna abu-abu dan krem (Gambar 4.30)



Gambar 4.32 Meja Belajar dan Papan Tulis

Elemen interior ruang kelas berupa lantai, dinding dan plafon menggunakan material dengan warna cerah (Tabel 4.7) .Semakin tinggi reflektansi suatu material , maka kemampuan untuk memantulkan cahaya semakin tinggi sehingga ruangan menjadi lebih terang.

Tabel 4.7 Identifikasi Material dan Nilai Reflektan Ekem Interior Ruang Kelas IPA VIII

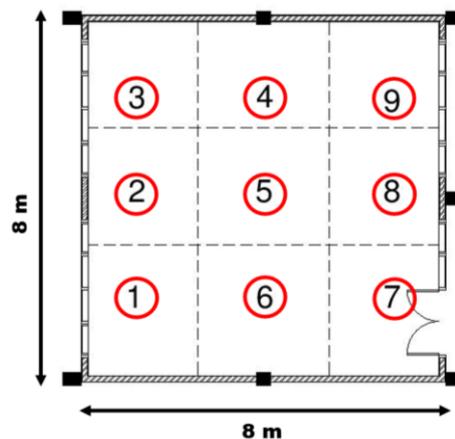
Elemen Ruang	Material	Warna	Reflectance Factor (RF)
Dinding	Dinding batu bata finishing cat	Coklat Muda (<i>Light Ivory</i>)	82
Plafon	Gypsum	Putih	80
Lantai	Keramik 30x30 cm	Hijau Tosca	56
Perabot			
Meja Siswa	Poli propilen (PP)	Coklat Muda (<i>Light ivory</i>)	82
Kursi Siswa	Poli propilen (PP)	Abu-abu (<i>Agate Grey</i>)	45
Papan Tulis	Multiplex	Putih	80



Gambar 4.33 Ruang Kelas IPA VIII

4.4.2 Analisis pengukuran lapangan

Titik ukur pencahayaan alami untuk ruang kelas yang memiliki luas 64 m^2 adalah 9 titik ukur (Gambar 4.34). Hal tersebut disesuaikan dengan SNI 03-2396-2001 yaitu apabila ruangan memiliki luas kurang dari 100 m^2 , maka titik ukur ditentukan setiap 3 m. Pengukuran dilakukan menggunakan luxmeter yang diletakkan sejajar dengan ketinggian bidang kerja. Ketinggian bidang kerja pada ruang kelas IPA VII adalah 80 cm sesuai dengan ketinggian meja belajar.

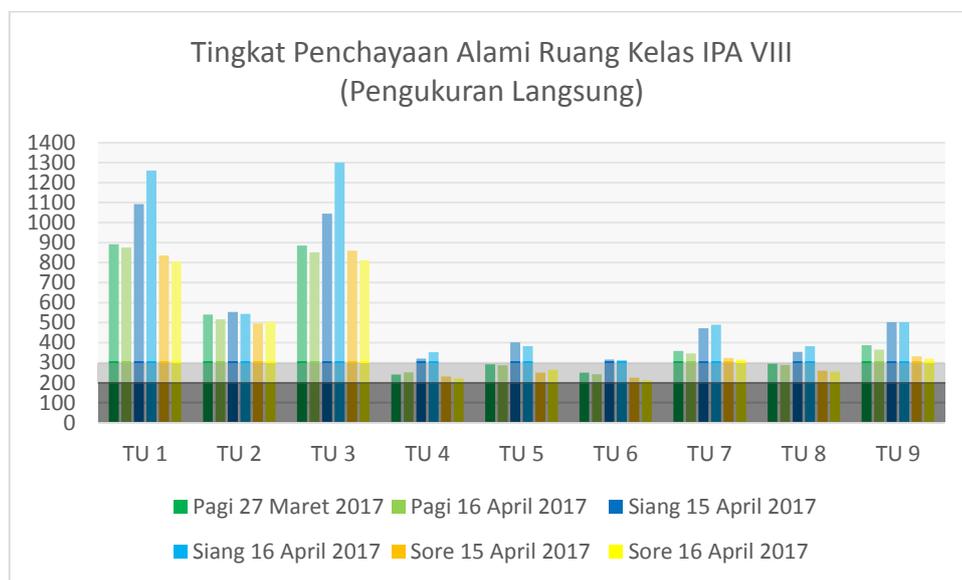


Gambar 4.34 Titik Ukur Ruang Kelas IPA VIII

Pengukuran tingkat pencahayaan alami pada ruang kelas IPA VIII dilakukan pada 3 waktu yang berbeda yaitu pada pagi hari (08.00-09.00), siang hari (12.00-13.00), dan sore hari (15.00-16.00). Pengukuran dilakukan pada dua hari yang berbeda pada saat kondisi langit cerah, yaitu pada hari:

1. Pagi hari : Minggu, 27 Maret 2017 dan Minggu, 16 April 2017
2. Siang hari : Sabtu, 15 April 2017 dan Minggu, 16 April 2017
3. Sore hari : Sabtu, 15 April 2017 dan Minggu, 16 April 2017

Hasil pengukuran tingkat pencahayaan alami pada ruang kelas IPA VIII ditunjukkan pada Gambar 4.35 dan Tabel 4.8



Gambar 4.35 Grafik Tingkat Pencahayaan Alami Hasil Pengukuran Lapangan Ruang IPA VIII

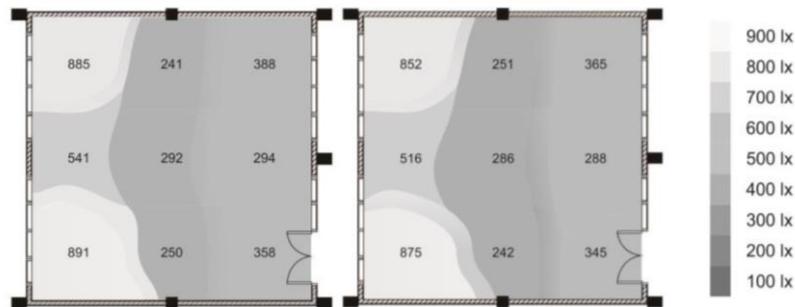
Tabel 4.8 Tingkat Pencahayaan Alami Hasil Pengukuran Lapangan Ruang IPA VIII

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pagi 27 Maret 2017	891	541	885	241	292	250	358	294	388
Pagi 16 April 2017	875	516	852	251	286	242	345	288	365
Siang 15 April 2017	1093	554	1045	321	401	315	472	354	502
Siang 16 April 2017	1260	543	1301	352	383	312	490	383	502
Sore 15 April 2017	835	495	860	231	250	224	324	260	331
Sore 16 April 2017	806	503	812	222	264	212	315	255	320

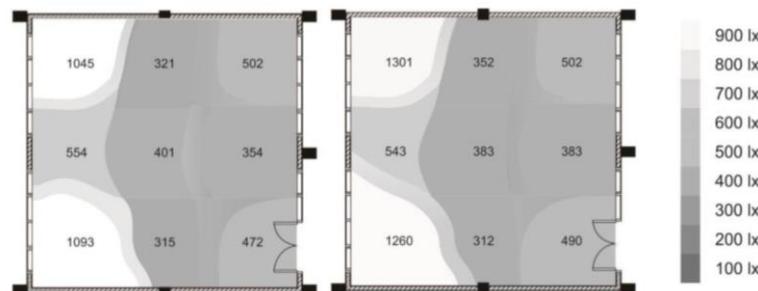
 : >300 lux (terlalu terang)
 : 200-300 lux (ideal/nyaman)
 : <200 lux (terlalu gelap)

Berdasarkan hasil pengukuran langsung di lapangan, dapat terlihat bahwa tidak semua titik memenuhi standar kenyamanan visual pada ruang kelas. Standar nyaman pada ruang kelas berdasarkan SNI 03-6197-2000 adalah 250 lux (200-300 lux). Pada pagi dan sore hari hanya 4 titik yang memenuhi standar kenyamanan visual yaitu titik 4,5,6, dan 8 sedangkan titik yang lain masih terlalu terang. Pada siang hari tidak ada satu titik pun yang memenuhi standar kenyamanan visual, pencahayaan pada ruang terlalu terang pada siang

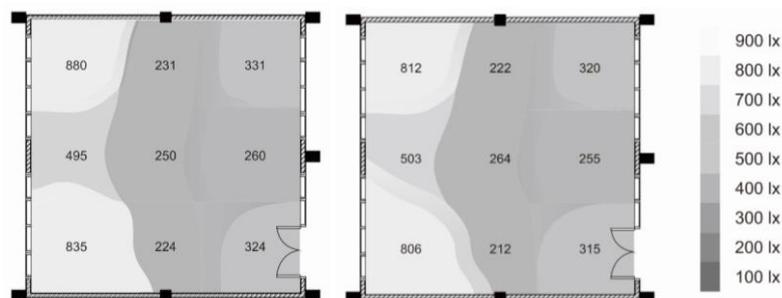
hari. Iluminasi tertinggi terjadi pada siang hari yaitu mencapai 1301 lux, sedangkan iluminasi terendah terjadi pada sore hari yaitu 2012 lux. Iluminasi tertinggi terletak di ruangan sebelah tenggara, sedangkan iluminasi terendah terletak di area tengah ruangan. Hal tersebut menunjukkan perlu adanya upaya pengurangan tingkat iluminasi di area tenggara dan barat laut ruang.



Gambar 4.36 Kontur Cahaya Ruang Kelas IPA VII (Pagi Hari)



Gambar 4.37 Kontur Cahaya Ruang Kelas IPA VII (Siang Hari)



Gambar 4.38 Kontur Cahaya Ruang Kelas IPA VII (Sore Hari)

Pengukuran lapangan dilakukan pada dua hari yang berbeda untuk menguji keakuratan data. Berdasarkan Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata faktor langit pada pagi, siang, maupun sore hari di dua hari yang berbeda adalah sama yaitu sekitar 0,03. Hal tersebut menunjukkan bahwa data hasil pengukuran langsung di lapangan memiliki nilai yang akurat (valid).

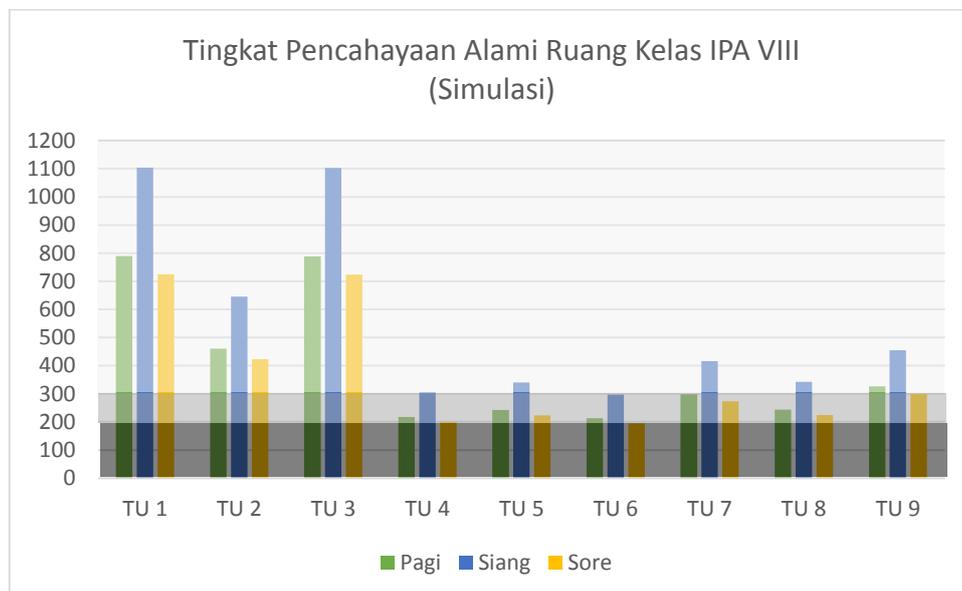
Tabel 4.9 Rata-Rata Hasil Pengukuran Lapangan Ruang Matematika VII

Waktu Pengukuran	Rata-rata		
	E Indoor	E Outdoor	FL
Pagi 27 Maret 2017	460	13812	0,033
Pagi 16 April 2017	447	13591	0,033
Siang 15 April 2017	562	17726	0,032
Siang 16 April 2017	614	18365	0,033
Sore 15 April 2017	423	12639	0,034
Sore 16 April 2017	412	12241	0,034

4.4.3 Analisis simulasi

Software Dialux 4.13 digunakan sebagai alat simulasi untuk mengetahui tingkat pencahayaan alami pada ruang kelas IPA VIII. Untuk mendapatkan hasil yang mendekati hasil pengukuran lapangan, maka dilakukan permodelan yang menyerupai kondisi eksisting. Pengukuran dilakukan pada waktu yang sama dengan salah satu hari pengukuran lapangan. Waktu yang digunakan adalah tanggal 16 April 2017 yaitu pada pagi hari (08.30), siang hari (13.00), dan sore hari (15.00). Setelah hasil simulasi didapatkan, maka selanjutnya akan dicari relative error untuk validasi data.

Berikut ini adalah tingkat pencahayaan alami ruang kelas IPA VIII berdasarkan hasil simulasi :



Gambar 4.39 Grafik Tingkat Pencahayaan Alami Hasil Pengukuran Simulasi Ruang IPA VIII

Tabel 4.10 Tingkat Pencahayaan Alami Hasil Pengukuran Simulasi Ruang IPA VIII

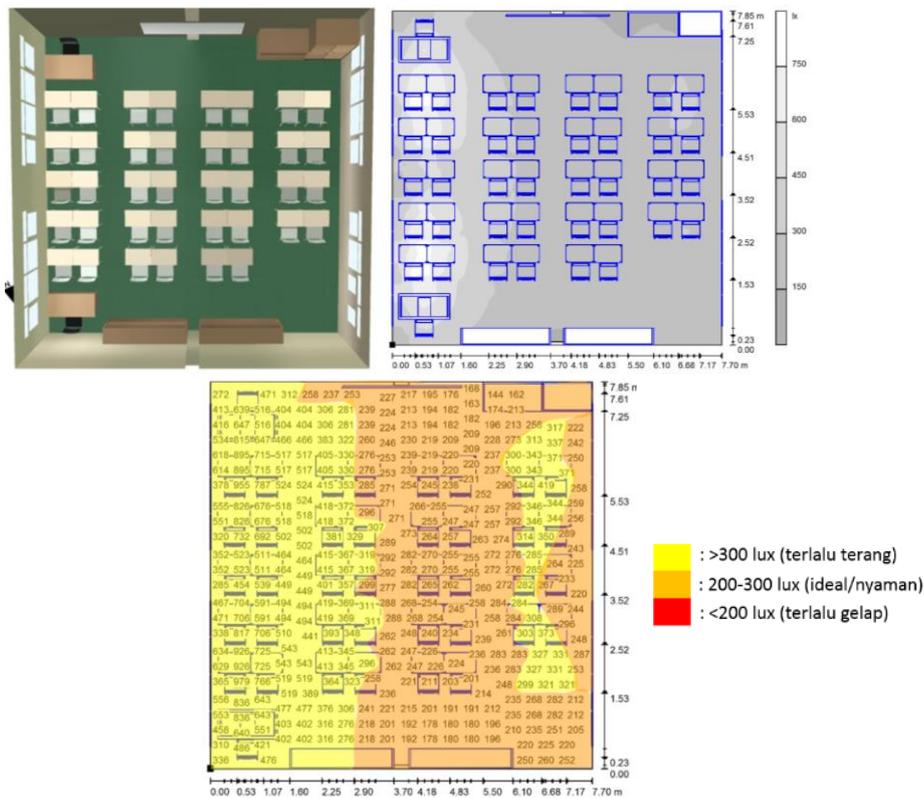
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tingkat Pencahayaan Ideal
Pagi	790	461	789	217	243	213	298	244	326	56%
Siang	1104	645	1103	304	340	297	416	342	455	11%
Sore	725	423	724	199	223	195	273	224	299	44%
Rata-rata tingkat pencahayaan ideal										37%

: >300 lux (terlalu terang)

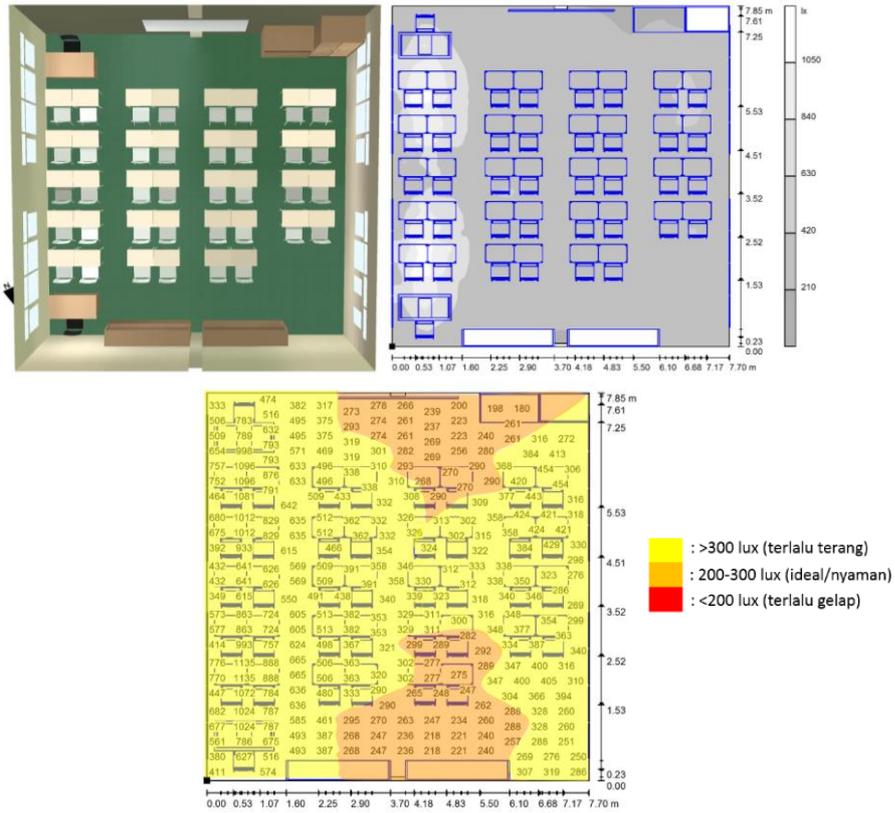
: 200-300 lux (ideal/nyaman)

: <200 lux (terlalu gelap)

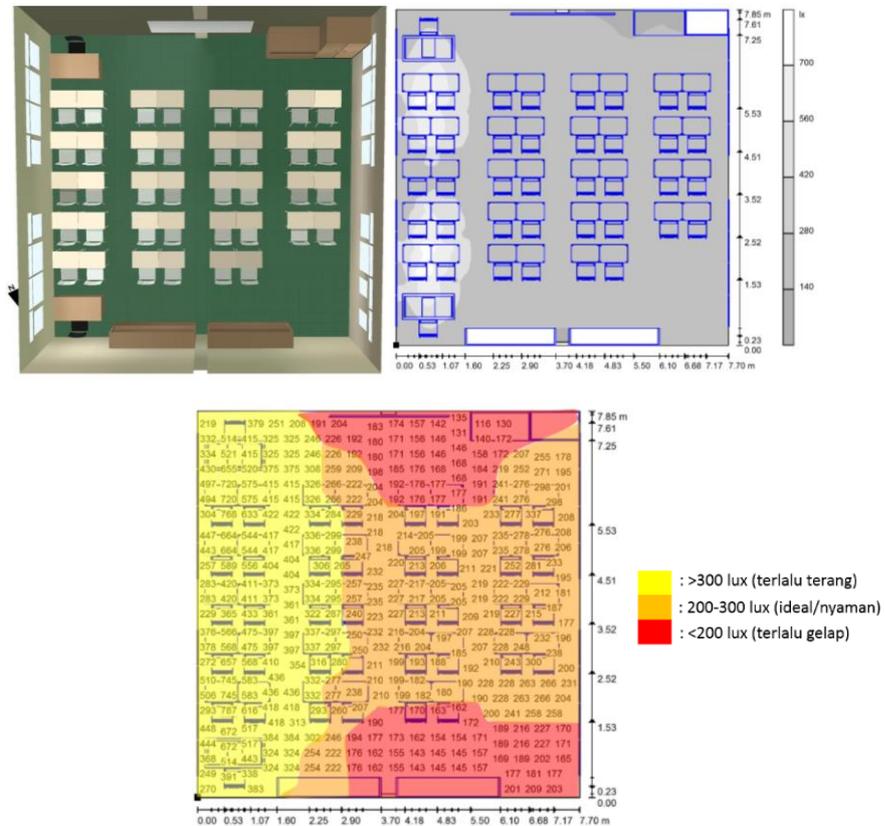
Berdasarkan hasil simulasi ,pada Gambar 4.39 dan Tabel 4.10 dapat dilihat bahwa tidak semua titik memenuhi standar kenyamanan visual (200-300 lux). Pada semua waktu yaitu pagi, siang, dan sore hari, area di titik 1-3 memiliki tingkat pencahayaan alami yang terlalu terang. Pada pagi hari 55% area yang memiliki tingkat pencahayaan sesuai standar yaitu area pada titik 4-8. Pada siang hari hanya 11% (titik 6), sedangkan pada sore hari 44% (titik5,7-9) yang memenuhi standar kenyamanan visual. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada area di titik 1-3 memiliki kecenderungan terlalu terang sama seperti pada hasil pengukuran lapangan dengan iluminasi tertinggi pada siang hari. Namun, pada pengukuran melalui simulasi pada sore hari tidak terdapat area yang terlalu gelap (titik 4,6) , tidak seperti pengukuran langsung di lapangan yang hanya menunjukkan tingkat pencahayaan yang memenuhi standar dan terlalu terang. Oleh karena perlu dilakukan validasi data untuk mengetahui keakuratan data dari hasil simulasi.



Gambar 4.40 Rendering, Kontur Cahaya, dan Zonasi Ruang IPA VIII (Pagi)



Gambar 4.41 Rendering, Kontur Cahaya, dan Zonasi Ruang IPA VIII (Siang)



Gambar 4.42 Rendering, Kontur Cahaya, dan Zonasi Ruang IPA VIII (Sore)

Validasi data dilakukan dengan mencari *relative error* antara data hasil simulasi dengan data hasil pengukuran lapangan. Relatif error adalah hasil pembagian antara hasil simulasi dikurangi hasil pengukuran lapangan dengan hasil simulasi kemudian dikali 100%. Agar data hasil simulasi dikatakan akurat, maka *relative error* tidak boleh melebihi 20%.

$$\text{Relative Error (Re)} = \frac{(\text{Hasil simulasi} - \text{hasil pengukuran lapangan})}{\text{Hasil simulasi}} \times 100 \%$$

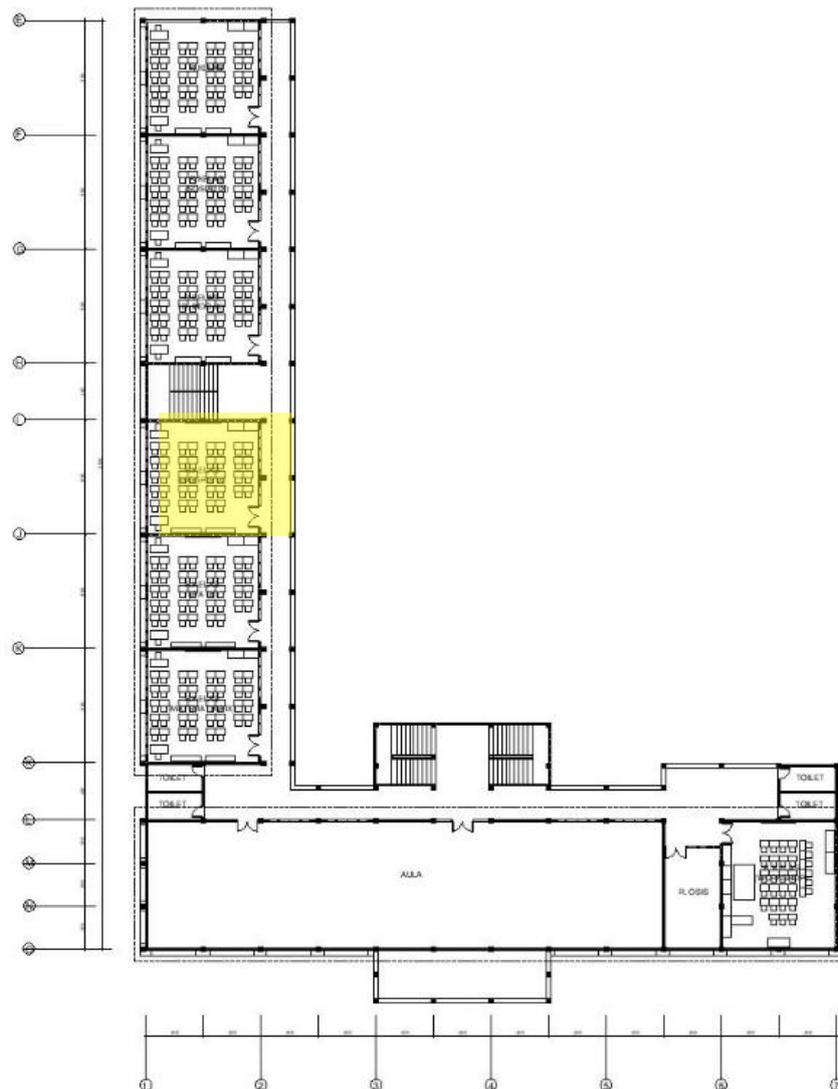
Tabel 4.11 Relative Error Pengukuran Lapangan dan Simulasi Ruang IPA VIII

<i>Pagi Hari</i>							
Pengukuran Lapangan			Pengukuran Simulasi			<i>Relative Error (Re)</i>	
16 April 2017 (Pagi)			16 April 2017 (Pagi)				
E Indoor	E Outdoor	FL	E Indoor	E Outdoor	FL	E Indoor	FL
875	13680	0,064	790	13439	0,059	11%	9%
516	13490	0,038	461	13439	0,034	12%	12%
852	13490	0,063	789	13439	0,059	8%	8%
251	13880	0,018	217	13439	0,016	16%	12%
286	13740	0,021	243	13439	0,018	18%	15%
242	13570	0,018	213	13439	0,016	14%	13%
345	13700	0,025	298	13439	0,022	16%	14%
288	13350	0,022	244	13439	0,018	18%	19%
365	13420	0,027	326	13439	0,024	12%	12%
Rata-Rata						14%	12%
<i>Siang Hari</i>							
Pengukuran Lapangan			Pengukuran Simulasi			<i>Relative Error (Re)</i>	
16 April 2017 (Siang)			16 April 2017 (Siang)				
E Indoor	E Outdoor	FL	E Indoor	E Outdoor	FL	E Indoor	FL
1260	18110	0,070	1104	18784	0,059	14%	18%
543	17920	0,030	645	18784	0,034	16%	12%
1301	18980	0,069	1103	18784	0,059	18%	17%
352	18580	0,019	304	18784	0,016	16%	17%
383	18960	0,020	340	18784	0,018	13%	12%
312	17820	0,018	297	18784	0,016	5%	11%
490	18950	0,026	416	18784	0,022	18%	17%
383	17870	0,021	342	18784	0,018	12%	18%
502	18190	0,028	455	18784	0,024	10%	14%
Rata-Rata						14%	15%
<i>Sore Hari</i>							
Pengukuran Lapangan			Pengukuran Simulasi			<i>Relative Error (Re)</i>	
16 April 2017 (Sore)			16 April 2017 (Sore)				
E Indoor	E Outdoor	FL	E Indoor	E Outdoor	FL	E Indoor	FL
806	11830	0,068	725	12329	0,059	11%	16%
503	12650	0,040	423	12329	0,034	19%	16%
812	11800	0,069	724	12329	0,059	12%	17%
222	12880	0,017	199	12329	0,016	12%	7%
264	12860	0,021	223	12329	0,018	18%	13%
212	11970	0,018	195	12329	0,016	9%	12%
315	12610	0,025	273	12329	0,022	15%	13%
255	11850	0,022	224	12329	0,018	14%	18%
320	11720	0,027	299	12329	0,024	7%	13%
Rata-Rata						13%	14%

Pada Tabel 4.11 dapat dilihat , bahwa hasil *relative error* data yang diuji adalah kurang dari 20%. *Relative error* tersebut diuji menggunakan dua data yaitu berdasarkan *daylight indoor* dan faktor langit. Hasil *relative error* pada pagi, siang dan sore hari berada pada kisaran 12-15%. Hal tersebut menunjukkan, bahawa hasil pengukuran malui simulasi *software* Dialux 4.13 dapat dinyatakan *valid* (akurat) karena menunjukkan angka di bawah 20%.

4.5 Analisis Kondisi Eksisting Ruang Kelas IPA IX

Ruang kelas IPA IX berada di lantai 3 gedung SMP Islam Sabilillah Malang. Aktivitas di dalam ruangan ini berlangsung dari pukul 07.00-16.00 yang terdiri dari membaca, menulis, dan melihat ke arah papan tulis. Standar kenyamanan visual pada ruang kelas adalah 250 lux.

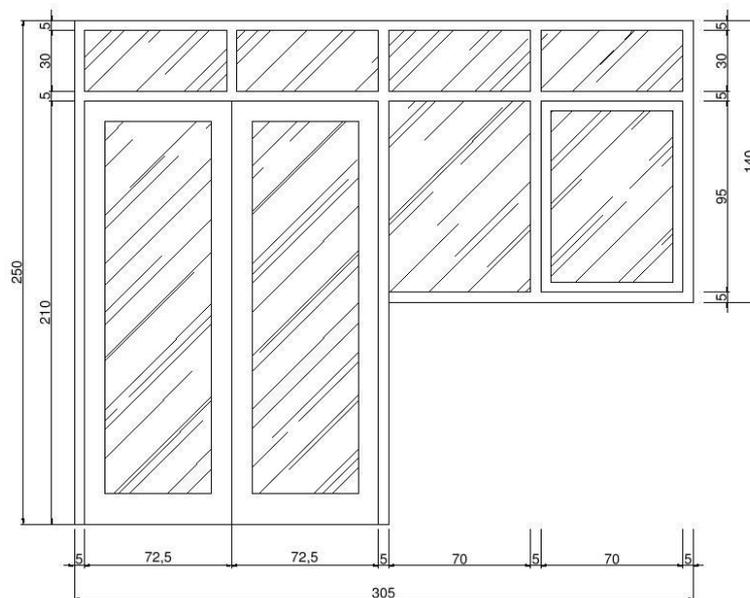


Gambar 4.43 Lokasi Ruang Kelas IPA IX (Lantai 3) SMP Islam Sabilillah Malang

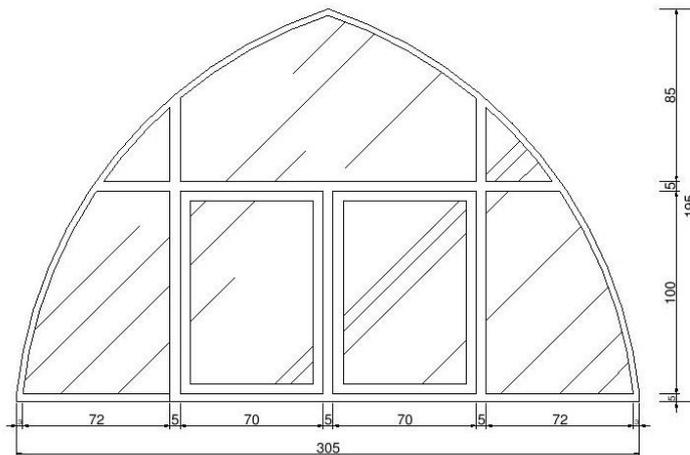
4.5.1 Analisis visual

Ruang kelas IPA IX memiliki denah dengan bentuk persegi dengan luas ruang 64 m². Masing-masing sisi ruang memiliki panjang 8 m dengan ketinggian plafon 3,3 m. Ruang ini berorientasi ke arah barat daya dengan bukaan di sisi tenggara dan barat laut ruang. Sisi tenggara langsung berbatasan dengan area luar gedung, sedangkan sisi barat laut ruang berbatasan dengan koridor yang memiliki lebar 2 m. Koridor dan ruang luar dibatasi dengan dinding pembatas setinggi 1 m.

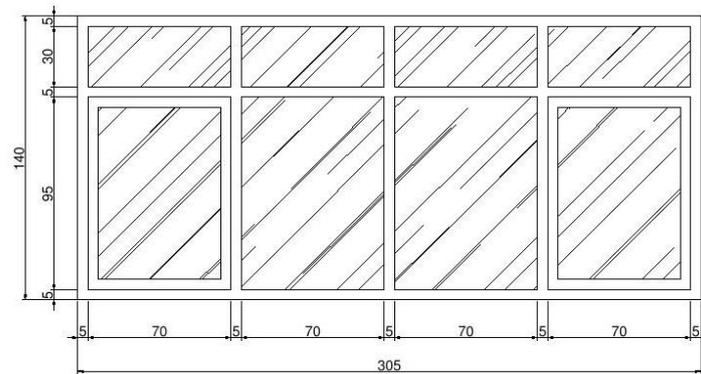
Luas total bukaan pada ruang IPA IX adalah 13,73 m² atau sekitar 21% dari luas ruang. Luasan bukaan tersebut sudah memenuhi standar rasio luas bukaan terhadap luas ruang yaitu 20% luas ruang (SNI 2396-2001). Bukaan di sisi tenggara terdiri dari dua kelompok bukaan yang masing-masing terdiri dari 2 *awning windows* yang berbentuk persegi panjang dan 5 *fixed windows* berbentuk lengkung. Total luasan bukaan di sisi tenggara adalah 6,58 m². Bukaan di sisi barat laut ruang terdiri dari dua kelompok bukaan yaitu kelompok bukaan jendela dan kelompok bukaan pintu-jendela. Kelompok bukaan jendela terdiri dari 6 *fixed windows* dan 2 *awning windows*, sedangkan kelompok bukaan pintu-jendela terdiri dari 5 *fixed window*, 1 *awning window*, 1 *double door*. Semua bukaan menggunakan *clear glass* dengan kusen aluminium berwarna putih.



Gambar 4.44 Jendela-Pintu pada Ruang Kelas IPA IX (Sisi Barat Laut)

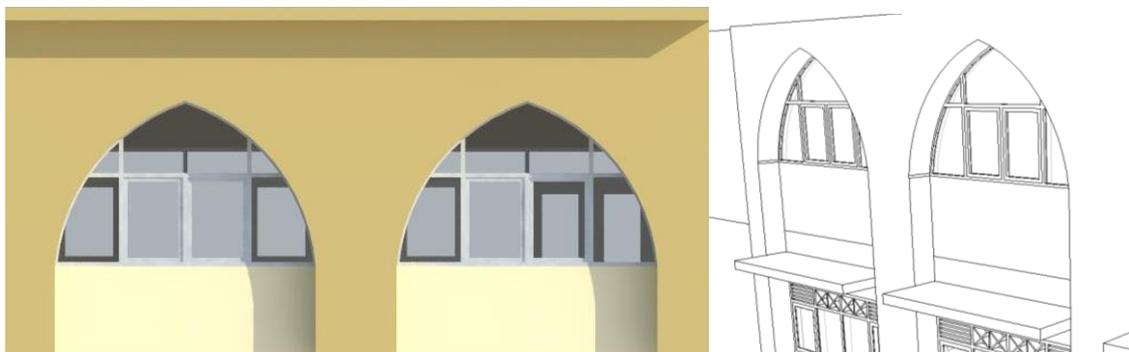


Gambar 4.45 Jendela Lengkung pada Ruang Kelas IPA IX (Sisi Tenggara)

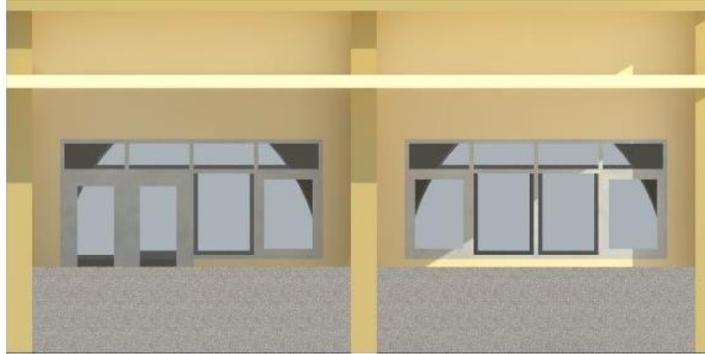


Gambar 4.46 Jendela pada Ruang Kelas IPA IX (Sisi Barat Laut)

Pembayang matahari sebagai pengontrol sinar matahari yang masuk ke dalam ruang diletakkan di sisi tenggara dan barat laut ruang. Pada sisi tenggara pembayang matahari mengikuti bentukan jendela yaitu berbentuk lengkung dengan lebar 40 cm. Pembayang matahari ini terbentuk melalui permainan maju mundur pada bangunan. Pada sisi barat laut, pembayang matahari berupa atap dari koridor selebar 2 m dan juga dinding pembatas koridor dengan ruang luar setinggi 1 m.



Gambar 4.47 Pembayang Matahari Sisi Tenggara Riang Kelas IPA IX



Gambar 4.48 Sisi Barat Laut Ruang IPA IX

Meja dan papan tulis merupakan bidang kerja yang ada di ruang IPA IX. Papan tulis berukuran 2,4 m x 1 m diletakkan 1 m di atas lantai, sedangkan meja belajar setinggi 80 cm diletakkan dengan orientasi menghadap papan tulis yaitu menghadap sisi barat daya ruang. Setiap dua buah meja-kursi disusun secara linier dengan 4 kolom dan 5 baris. Papan tulis merupakan jenis *whiteboard* sedangkan meja dan kursi terbuat dari bahan poli propilen bewarna abu-abu dan coklat muda.

Elemen interior pada ruang kelas IPA IX menggunakan material dengan warna cerah. Elemen interior tersebut terdiri dari lantai, dinding, dan plafon. Semakin tinggi reflektansi suatu material, maka kemampuan untuk memantulkan cahaya semakin tinggi sehingga ruangan menjadi lebih terang.

Tabel 4.12 Identifikasi Material dan Nilai Reflektan Ekem Interior Ruang Kelas IPA IX

Elemen Ruang	Material	Warna	Reflectance Factor (RF)
Dinding	Dinding batu bata finishing cat	Coklat Muda (<i>Light Ivory</i>)	82
Plafon	Gypsum	Putih	80
Lantai	Keramik 30x30 cm	Coklat Muda	76
Perabot			
Meja Siswa	Poli propilen (PP)	Coklat Muda (<i>Light ivory</i>)	82
Kursi Siswa	Poli propilen (PP)	Abu-abu (<i>Agate Grey</i>)	45
Papan Tulis	Multiplex	Putih	80

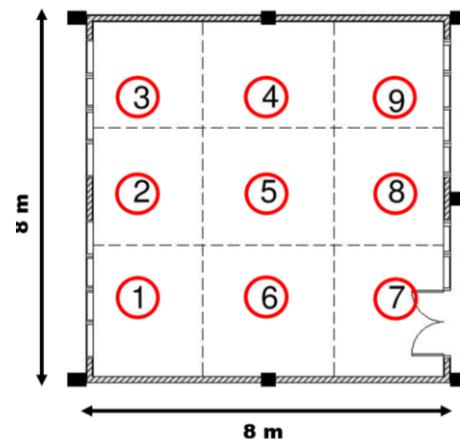




Gambar 4.49 Interior Ruang Kelas IPA IX

4.5.2 Analisis pengukuran lapangan

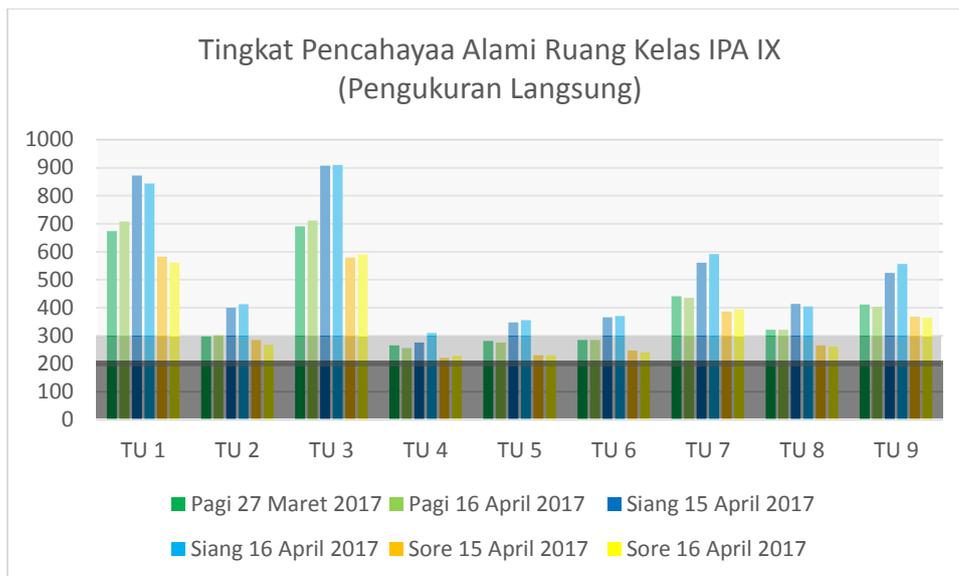
Pengukuran langsung di lapangan dilakukan dengan menggunakan luxmeter di 9 titik ukur yang tersebar di ruang kelas. Penentuan titik ukur didasarkan pada SNI 03-2396-2001 yaitu titik ukur pencahayaan pada suatu ruang ditentukan setiap 3 m apabila ruangan tersebut memiliki luas kurang dari 100 m^2 . Ruang kelas ini memiliki luas 64 m^2 dengan lebar setiap sisi 8 m. Oleh karena itu ditentukan 9 titik ukur yang mengacu pada ketentuan SNI. Sembilan titik ukur tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.50.



Gambar 4.50 Titik Ukur Ruang Kelas IPA IX

Pengukuran tingkat pencahayaan alami pada ruang kelas IPA IX dilakukan pada pagi hari (08.00-09.00), siang hari (12.00-13.00), dan sore hari (15.00-16.00). Pada setiap waktu dilakukan pengukuran pada dua hari yang berbeda. Pengukuran pada pagi hari dilakukan pada 27 Maret 2017 dan 16 April 2017, sedangkan pada siang dan sore hari pengukuran dilakukan pada tanggal 15 April 2017 dan 16 April 2017. Pengukuran di dua hari yang berbeda nantinya dapat menentukan keakuratan data yang diperoleh dari hasil pengukuran lapangan.

Hasil pengukuran tingkat pencahayaan alami pada ruang kelas IPA VIII ditunjukkan pada Gambar 4.51 dan Tabel 4.13.



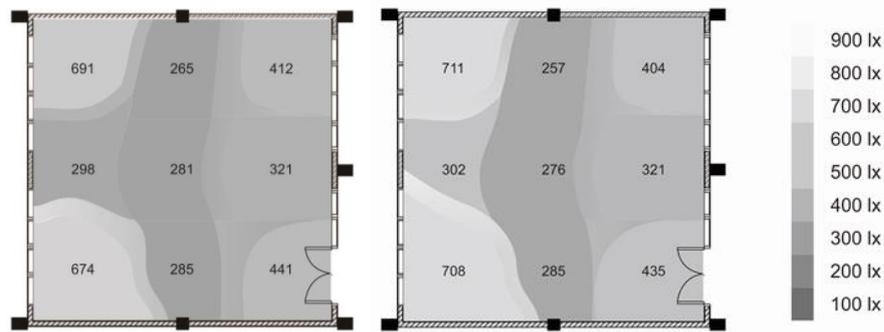
Gambar 4.51 Grafik Tingkat Pencahayaan Alami Hasil Pengukuran Lapangan Ruang IPA IX

Tabel 4.13 Tingkat Pencahayaan Alami Hasil Pengukuran Lapangan Ruang IPA IX

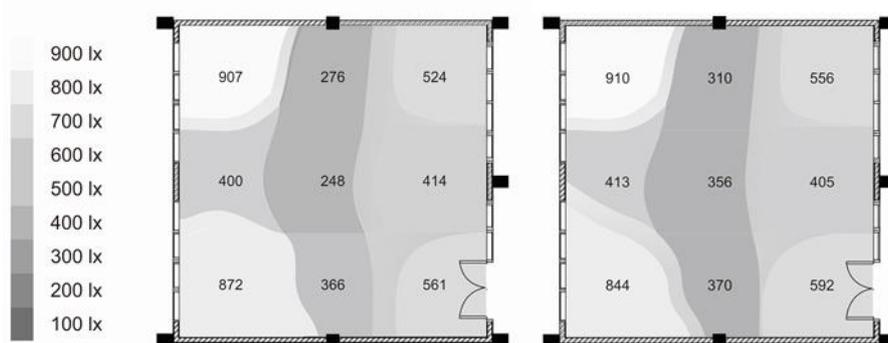
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pagi 27 Maret 2017	674	298	691	265	281	285	441	321	412
Pagi 16 April 2017	708	302	711	257	276	285	435	321	404
Siang 15 April 2017	872	400	907	276	348	366	561	414	524
Siang 16 April 2017	844	413	910	310	356	370	592	405	556
Sore 15 April 2017	582	285	579	221	230	247	386	265	368
Sore 16 April 2017	561	268	591	228	230	241	394	261	365

: >300 lux (terlalu terang)
: 200-300 lux (ideal/nyaman)
: <200 lux (terlalu gelap)

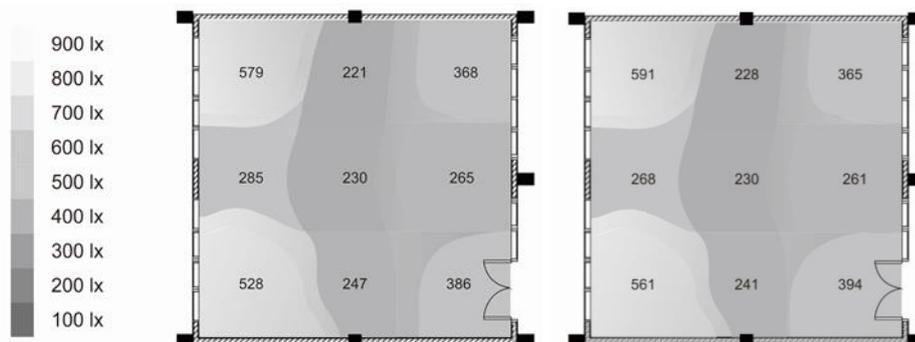
Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan yaitu pada Gambar 4.51 dan Tabel 4.13 dapat terlihat bahwa tingkat pencahayaan yang mendominasi pada ruang kelas IPA IX adalah tingkat pencahayaan di atas 300 lux (terlalu terang). Namun, terdapat pula beberapa titik yang sudah menunjukkan tingkat pencahayaan alami yang sesuai dengan standar kenyamanan visual (200-300 lux). Iluminasi tertinggi terjadi pada siang hari yaitu 910 lux, sedangkan iluminasi terendah terjadi pada sore hari yaitu 221 lux. Area yang sudah memenuhi standar kenyamanan visual tersebar pada tiga waktu yang berbeda. Pada pagi hari terdapat 33%-44% area, pada siang hari hanya 0-11% area, sedangkan pada sore hari 44% sudah memenuhi standar kenyamanan visual. Area yang memenuhi standar sebagian besar terletak di tengah ruangan, sedangkan area yang terlalu terang terletak di tenggara dan barat laut ruang. Hal itu menandakan bahwa perancangan pencahayaan alami pada ruang kelas IPA IX masih kurang baik karena sinar matahari yang masuk masih belum merata dan perlu adanya upaya pengurangan tingkat iluminasi di area tenggara dan barat laut ruang.



Gambar 4.52 Kontur Cahaya Ruang Kelas IPA IX (Pagi Hari)



Gambar 4.53 Kontur Cahaya Ruang Kelas IPA IX (Siang Hari)



Gambar 4.54 Kontur Cahaya Ruang Kelas IPA IX (Sore Hari)

Untuk mengetahui keakuratan data maka perlu adanya validasi data. Validasi data dilakukan melalui analisis dari dua data yang diambil pada dua hari yang berbeda. Data berupa tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan dan di luar ruangan dibandingkan sehingga menghasilkan faktor langit. Faktor langit tersebut kemudian dibandingkan dengan faktor langit pada waktu yang berbeda kemudian dirata-rata per waktu (pagi, siang, sore). Jika hasilnya sama pada semua waktu, maka data dapat dikatakan valid.

Pada Tabel 4.14 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata faktor langit pada pagi, siang, dan sore hari menunjukkan angka yang hampir sama yaitu 0,02. Hal tersebut menunjukkan bahwa data hasil pengukuran lapangan dapat dikatakan valid (akurat).

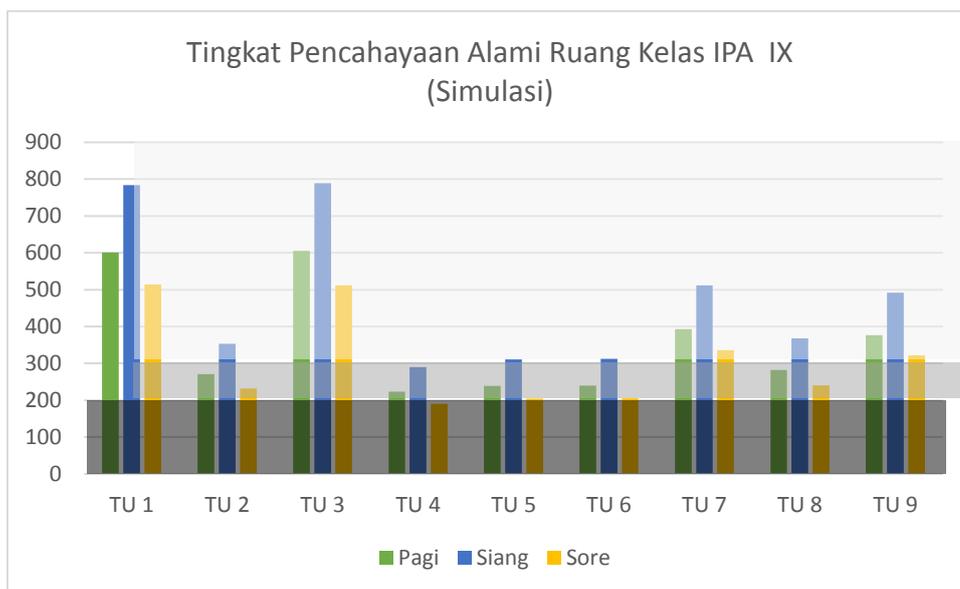
Tabel 4.14 Rata-Rata Hasil Pengukuran Lapangan Ruang IPA IX

Waktu Pengukuran	Rata-rata		
	E Indoor	E Outdoor	FL
Pagi 27 Maret 2017	408	14290	0,028
Pagi 16 April 2017	411	15198	0,027
Siang 15 April 2017	519	19071	0,027
Siang 16 April 2017	528	18376	0,028
Sore 15 April 2017	351	13718	0,026
Sore 16 April 2017	349	12806	0,027

4.5.3 Analisis simulasi

Tingkat pencahayaan alami pada ruang kelas IPA IX dapat diketahui melalui *software* simulasi Dialux 4.13. Permodelan dilakukan sesuai dengan kondisi eksisting untuk mendapatkan hasil yang mendekati dengan hasil pengukuran langsung di lapangan. Simulasi dilakukan pada salah waktu yang sama dengan pengukuran lapangan. Waktu yang digunakan adalah pagi hari (08.15), siang hari (13.15), dan sore hari (15.15) pada tanggal 16 April 2017. Validasi data kemudian dapat diketahui dengan mencari *relative error*.

Tingkat pencahayaan alami ruang kelas IPA VIII berdasarkan hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.55 dan Tabel 4.15



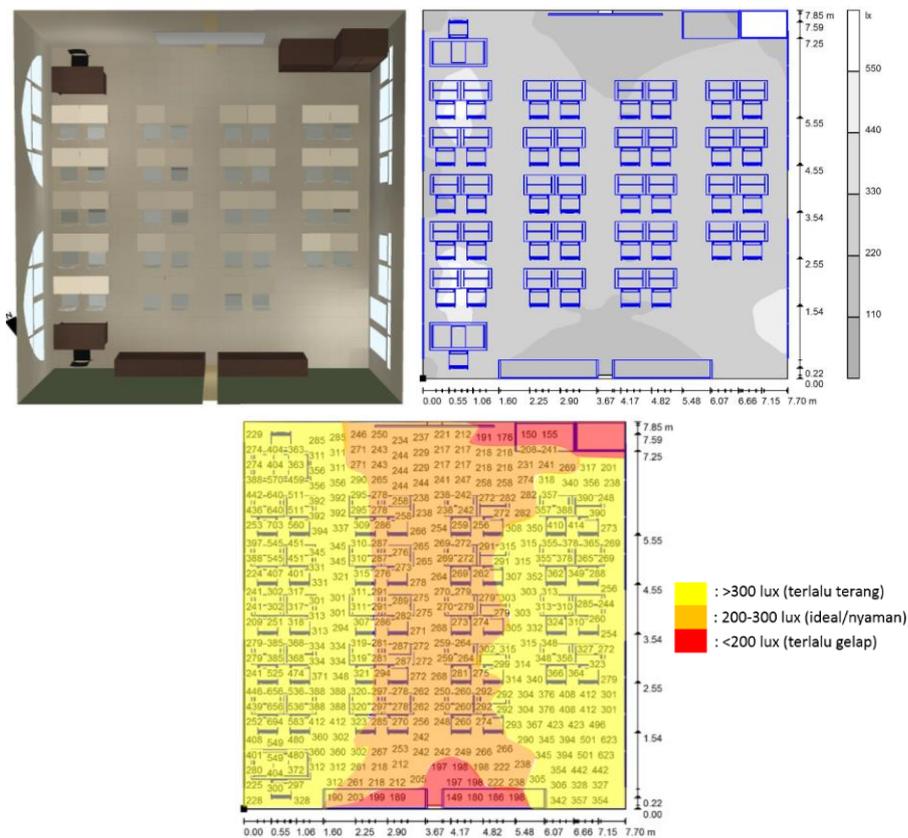
Gambar 4.55 Grafik Tingkat Pencahayaan Alami Hasil Pengukuran Simulasi Ruang IPA IX

Tabel 4.15 Tingkat Pencahayaan Alami Hasil Pengukuran Simulasi Ruang IPA IX

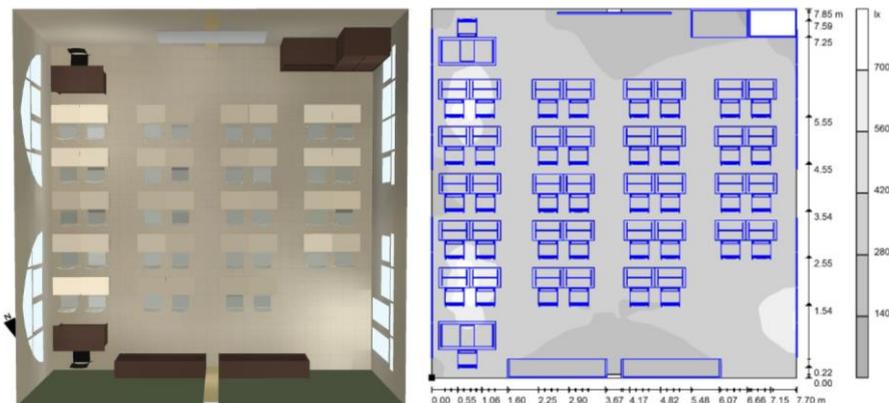
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tingkat Pencahayaan Ideal
Pagi	601	319	605	223	239	240	393	340	377	33%
Siang	784	353	789	290	311	313	512	368	492	11%
Sore	514	232	512	190	204	205	336	328	322	33%
Rata-rata tingkat pencahayaan ideal										26%

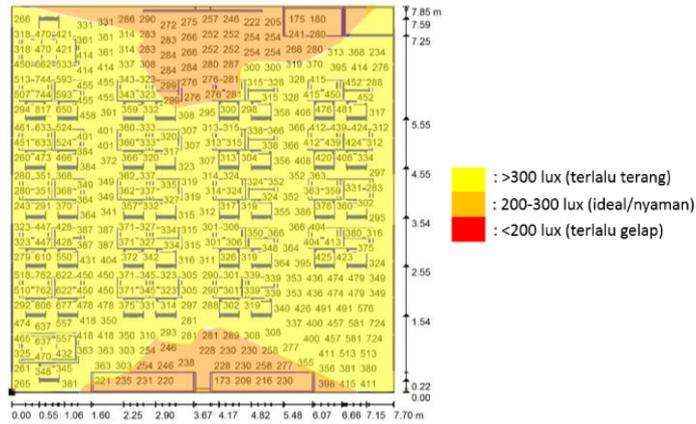
: >300 lux (terlalu terang)
 : 200-300 lux (ideal/nyaman)
 : <200 lux (terlalu gelap)

Pada Gambar 4.54 dan Tabel 4.11 dapat diketahui bahwa tidak semua titik memenuhi standar kenyamanan visual (200-300 lux) pada pagi hingga sore hari. Pada pagi dan sore hari ruang kelas hanya memenuhi 33% standar kenyamanan visual, sedangkan pada siang hari hanya 11% yang memenuhi standar kenyamanan visual. Daerah di dekat bukaan yaitu area tenggara dan barat laut cenderung terlalu terang. Hal tersebut menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan alami masih kurang merata sehingga perlu adanya perancangan kembali agar distribusi pencahayaan alami bisa lebih merata dan sesuai dengan standar kenyamanan visual.

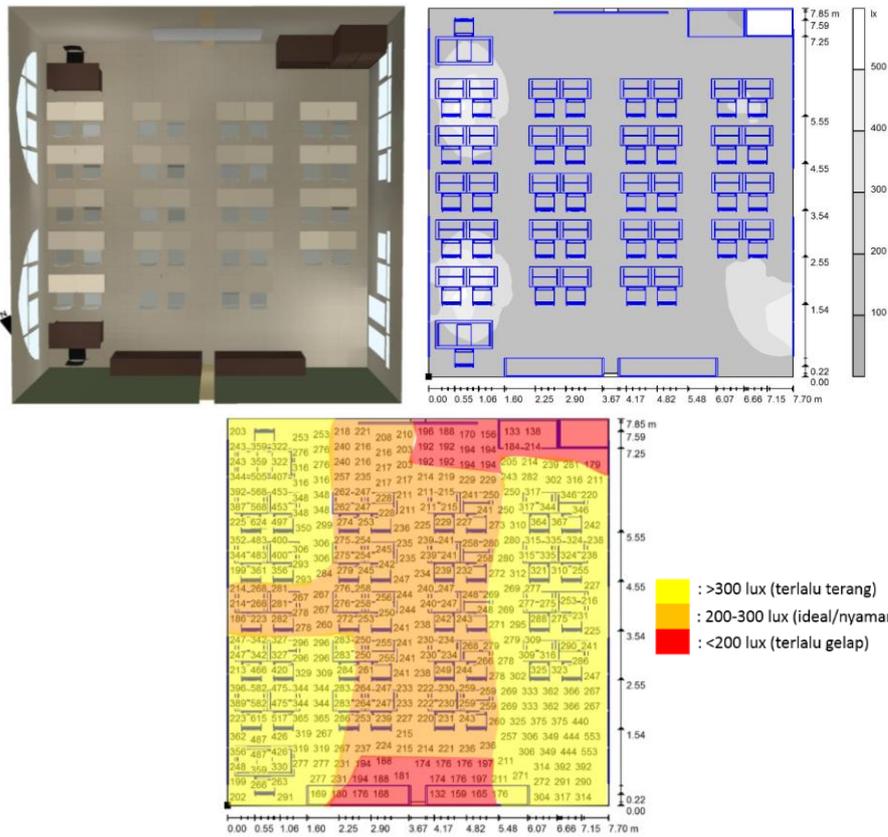


Gambar 4.56 Rendering, Kontur Cahaya, dan Zonasi R. IPA IX (Pagi Hari)





Gambar 4.57 Rendering, Kontur Cahaya, dan Zonasi R. IPA IX (Siang Hari)



Gambar 4.58 Rendering, Kontur Cahaya, dan Zonasi R. IPA IX (Sore Hari)

Tabel 4.16 *Relative Error* Pengukuran Lapangan dan Simulasi Ruang IPA IX

Pagi Hari							
Pengukuran Lapangan			Pengukuran Simulasi			<i>Relative Error (Re)</i>	
16 April 2017 (Pagi)			16 April 2017 (Pagi)				
Indoor	Outdoor	FL	Indoor	Outdoor	FL	E Indoor	FL
708	15160	0,046702	601	14356	0,041864	18%	12%
302	15000	0,020133	319	14356	0,018877	11%	7%
711	15450	0,046019	605	14356	0,042143	18%	9%
257	15420	0,016667	223	14356	0,015534	15%	7%
276	14960	0,018449	239	14356	0,016648	15%	11%
285	15260	0,018676	240	14356	0,016718	19%	12%
435	15460	0,028137	393	14356	0,027375	11%	3%
321	14950	0,021472	340	14356	0,019643	14%	9%
404	15120	0,02672	377	14356	0,026261	7%	2%
Rata-Rata						14%	8%

<i>Siang Hari</i>							
Pengukuran Lapangan			Pengukuran Simulasi			<i>Relative Error (Re)</i>	
16 April 2017 (Siang)			16 April 2017 (Siang)				
Indoor	Outdoor	FL	Indoor	Outdoor	FL	E Indoor	FL
844	18050	0,047	784	18717	0,042	8%	12%
413	18500	0,022	353	18717	0,019	17%	18%
910	18890	0,048	789	18717	0,042	15%	14%
310	18080	0,017	290	18717	0,015	7%	11%
356	18030	0,020	311	18717	0,017	14%	19%
370	18950	0,020	313	18717	0,017	18%	17%
592	18680	0,032	512	18717	0,027	16%	16%
405	18350	0,022	368	18717	0,020	10%	12%
556	17850	0,031	492	18717	0,026	13%	18%
Rata-Rata						13%	15%

<i>Sore Hari</i>							
Pengukuran Lapangan			Pengukuran Simulasi			<i>Relative Error (Re)</i>	
16 April 2017 (Sore)			16 April 2017 (Sore)				
Indoor	Outdoor	FL	Indoor	Outdoor	FL	E Indoor	FL
561	12400	0,05	514	12273	0,04	9%	8%
268	12750	0,02	232	12273	0,02	16%	11%
591	12500	0,05	512	12273	0,04	15%	13%
228	12510	0,02	190	12273	0,02	20%	18%
230	13140	0,02	204	12273	0,02	13%	5%
241	13080	0,02	205	12273	0,02	18%	10%
394	12740	0,03	336	12273	0,03	17%	13%
261	13100	0,02	328	12273	0,02	8%	1%
365	13030	0,03	322	12273	0,03	13%	7%
Rata-Rata						14%	10%

Berdasarkan Tabel 4.16, dapat diketahui bahwa nilai *relative error* data yang diuji baik pengujian *daylight indoor* maupun faktor langit adalah kurang dari 20%. Kisaran *relative error* yang didapatkan pada pagi, siang, dan sore hari adalah 8%-15%. Nilai dari *relative error* tersebut menunjukkan bahwa data dari hasil simulasi dapat dinyatakan akurat (*valid*).

4.6 Kesimpulan Hasil Analisis Kondisi Eksisting

Strategi pencahayaan alami yang diterapkan pada objek penelitian adalah melalui bukaan dan pembayang matahari horizontal. Berdasarkan hasil analisis kondisi eksisting diketahui ruang kelas yang diteliti masih memiliki kinerja pencahayaan alami yang kurang baik. Hal tersebut dapat ditunjukkan dengan hasil pengukuran tingkat pencahayaan alami pada kelas, dimana ketiga sampel ruang kelas hanya memiliki rata-rata tingkat pencahayaan ideal (200-300 lux) berkisar 26-36%. Dapat disimpulkan bahwa strategi pencahayaan alami dengan bukaan dan pembayang matahari yang telah diterapkan masih kurang efektif dalam menghasilkan kinerja pencahayaan alami yang baik.

4.7 Rekomendasi Desain

Berdasarkan hasil analisis kondisi eksisting yang meliputi analisis visual, pengukuran lapangan, dan simulasi, dapat disimpulkan bahwa ruang kelas pada SMP Islam Sabilillah Malang masih memiliki tingkat kenyamanan visual yang termasuk dalam ketogori kurang nyaman. Dalam satu ruangan terdapat area-area yang terlalu terang dan juga terdapat area-area yang terlalu gelap yang menandakan bahwa distribusi cahaya dalam kelas masih kurang merata. Area yang terlalu terang sebagian besar berada di sisi barat laut dan tenggara ruang karena berbatasan dengan bukaan, sedangkan area yang terlalu gelap terletak di tengah ruangan. Perlu adanya rekomendasi desain yang diharapkan dapat memperbaiki distibrusi cahaya pada ruang kelas, sehingga dapat meningkatkan kinerja pencahayaan alami dalam ruang.

Rekomendasi desain terdiri dari modifikasi bukaan, pembayang matahari, *lighshelves*, dan plafon. Faktor yang dipertimbangkan dalam penentuan perubahan desain tersebut adalah SBV dengan sudut terendah dimana pada sisi tenggara 40° sedangkan pada sisi barat laut 30° (Tabel 4.1). Dengan pertimbangan tersebut, nantinya dapat diketahui arah datang cahaya serta perkiraan pemantulan dan persebaran cahaya dalam ruang.

4.7.1 Ruang kelas matematika VII (Lantai 1)

Berdasarkan hasil pengukuran kuat terang cahaya pada ruang matematika diketahui bahwa tingkat pencahayaan pada ruang kelas matematika VII pada lantai satu masih kurang merata. Terdapat beberapa titik yang terlalu gelap maupun terlalu terang. Area yang terlalu terang berada di sisi tenggara ruang, sedangkan area yang terlalu gelap berada di sisi gtengah dan barat laut ruang. Oleh karena itu perlu adanya rekomendasi untuk menurunkan tingkat pencahayaan alami di sisi tenggara dan meningkatkan tingkat pencahayaan alami di tengah dan sisi barat laut ruang

1. Rekomendasi Eksternal I (Bukaan)

Bukaan eksisting pada ruang kelas VII terdiri dari *awning window* dan *fixed window* dengan kaca jenis *clear glass* pada jendela dan *frosted glass* pada kaca pintu. Bukaan terdapat pada sisi barat laut dan tenggara bangunan. Pada sisi tenggara, luas total bukaan adalah $6,38 \text{ m}^2$ dan pada sisi barat laut luas total bukaan adalah $6,157 \text{ m}^2$. WWR (*Window Wall to Ratio*) pada kedua sisi tersebut adalah 20% dan rasio luas jendela terhadap luas

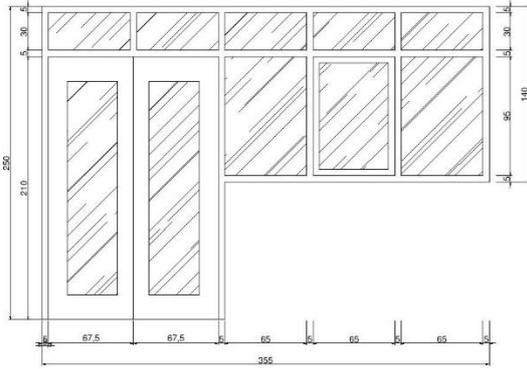
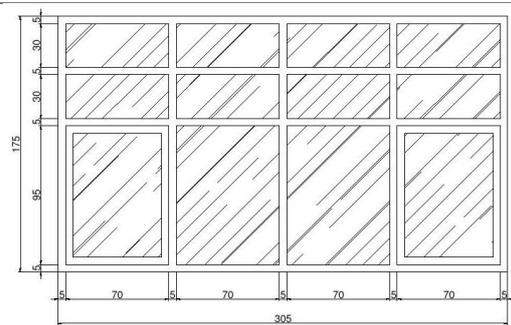
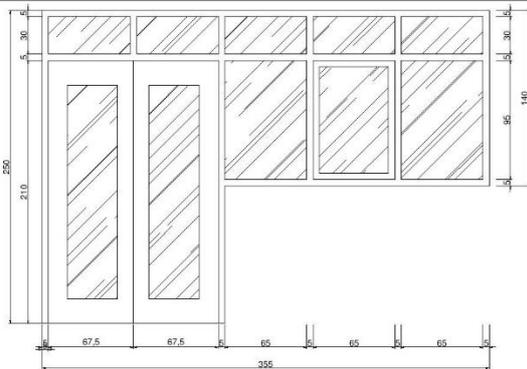
ruang juga 20%. Standar WWR yang direkomendasikan oleh ASHRAE 90.1-2007 adalah 20-30%. Oleh karena itu bukaan pada ruang matematika VII masih dapat dimodifikasi dengan meningkatkan WWR untuk mengatasi permasalahan ruangan yang terlalu gelap. Selain itu dapat juga dengan mengubah material kaca pintu menjadi *clear glass* agar dapat meningkatkan pencahayaan di sisi barat laut ruang.

Tabel 4.17 Karakteristik Bukaan Eksisting pada Ruang Kelas Matematika VII

Dimensi	Jumlah dan letak orientasi bukaan	Posisi dari lantai	Material
J1-1			
	2 set di sisi tenggara 1 set di sisi barat laut	1,1 m dari lantai	<i>Clear glass</i> 4 mm. Kusen kayu finishing cat warna putih.
J1-2			
	1 set di sisi barat laut	1,1 m dari lantai	<i>Clear glass</i> 4 mm pada jendela. <i>Frosted glass</i> 4 mm pada kaca pintu. Kusen kayu finishing cat warna putih.

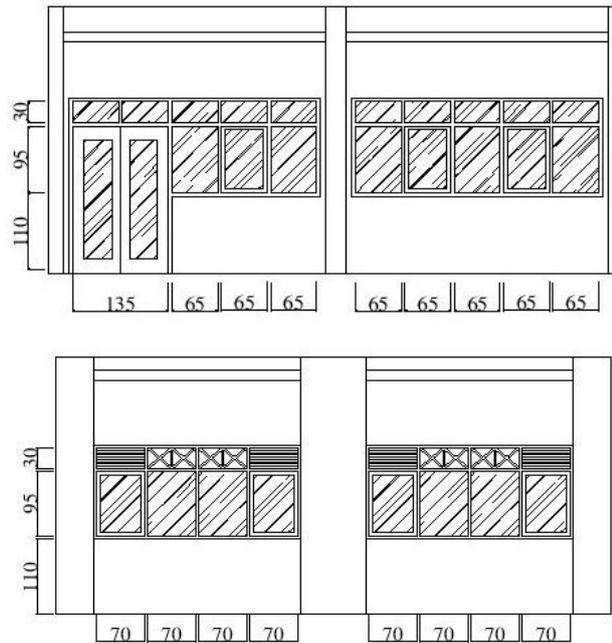
Tabel 4.18 Karakteristik Bukaan Rekomendasi pada Ruang Kelas Matematika VII

Dimensi	Jumlah dan letak orientasi bukaan	Posisi dari lantai	Material
J1-3			
	2 set di sisi barat laut	1,1 m dari lantai	<i>Clear glass</i> 4 mm. Kusen kayu finishing cat warna putih.

Dimensi	Jumlah dan letak orientasi bukaan	Posisi dari lantai	Material
	1 set di sisi barat laut	1,1 m dari lantai	<i>Clear glass</i> 4 mm pada jendela. <i>Frosted glass</i> 4 mm pada kaca pintu. Kusen kayu finishing cat warna putih.
	2 set di sisi tenggara	1,1 m dari lantai	<i>Clear glass</i> 4 mm. Kusen kayu finishing cat warna putih
	1 set di sisi barat laut	1,1 m dari lantai	<i>Clear glass</i> 4 mm Kusen kayu finishing cat warna putih.

a. Alternatif 1

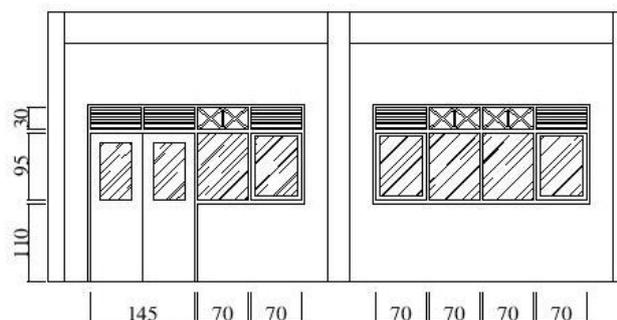
Alternatif bukaan 1 memadukan antara jendela tenggara eksisting (2 set J1) dan jendela J3 serta J4 pada sisi barat laut. Terdapat penambahan jendela pada sisi barat laut yang bertujuan agar cahaya di sisi barat laut ruang dapat ditingkatkan. Hal tersebut dilakukan karena sisi barat laut ruang termasuk dalam tingkat pencahayaan yang terlalu gelap. Pada alternatif bukaan 1, WWR pada sisi barat laut yang semula 20% ditingkatkan menjadi 25%. Sehingga persentase luas bukaan terhadap luas ruang meningkat menjadi 22% dari yang awalnya hanya 20%.

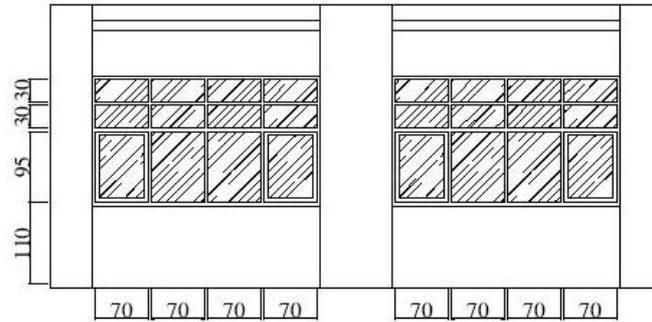


Gambar 4.59 Alternatif 1 Sisi Barat Laut Ruang (atas) dan Tenggara (bawah) Ruang Matematika VII

b. Alternatif 2

Alternatif bukaan 2 memadukan antara jendela barat laut eksisting (J1 dan J2) dan jendela J5 pada sisi tenggara. Pada sisi tenggara ditambahkan jendela diatas jendela eksisting. Hal tersebut ditujukan agar kedalaman cahaya yang masuk ke dealam ruangan lebih lebar sehingga dapat meningkatkan tingkat pencahayaan pada tengah dan barat laut ruang yang cenderung terlalu gelap. WWR di sisi tenggara ditingkatkan sebesar 6,5% dari yang awalnya 20% menjadi 26,5%. Total luas bukaan adalah 14,217 atau 22% dari luas ruang.

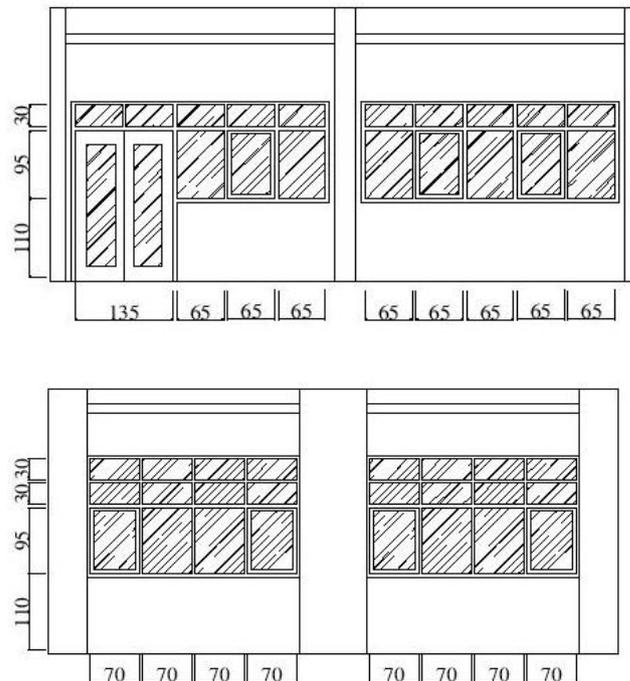




Gambar 4.60 Alternatif 2 Sisi Barat Laut Ruang dan Tenggara Ruang Matematika VII

c. Alternatif 3

Alternatif bukaan 3 memadukan antara jendela J3 dan J4 pada sisi barat laut serta jendela J5 pada sisi tenggara. Pada alternatif 3, penambahan jendela dilakukan di sisi tenggara dan barat laut ruang. Hal tersebut ditujukan untuk mengatasi masalah ruangan yang terlalu gelap. Konsekuensi dari penambahan jendela di dua sisi ini adalah terdapat beberapa area di ruang kelas yang menjadi terlalu terang khususnya pada sisi tenggara ruang, namun untuk sisi tengah dan barat laut ruang sebagian besar sudah memenuhi standar. WWR di sisi tenggara ditingkatkan menjadi 26,5% sedangkan di sisi barat laut menjadi 25%. Total luas bukaan adalah 15,86 m² atau 24,7% dari luas ruang.



Gambar 4.61 Alternatif 3 Sisi Barat Laut Ruang dan Tenggara Ruang Matematika VII

d. Hasil Pengukuran Simulasi Alternatif Desain

Setelah dilakukan strategi beberapa alternatif desain, maka dilakukan validasi data tingkat pencahayaan alami menggunakan simulasi Dialux 4.12 sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.19 Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Simulasi Alternatif Desain (Rekomendasi Eksternal I)
Ruang Kelas Matematika VII

Waktu	Titik Ukur									Rata-rata (lux)	Area yang memenuhi standar	Rata-rata area yang memenuhi standar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
<i>ALTERNATIF BUKAAN 1</i>												
PAGI	820	483	819	263	170	268	229	219	214	398	55,6%	29,6%
SIANG	1069	630	1067	343	352	350	299	285	279	519	33,3%	
SORE	573	338	572	184	189	187	160	153	149	278	0%	
<i>ALTERNATIF BUKAAN 2</i>												
PAGI	792	458	793	254	258	251	193	187	184	375	33,3%	33,3%
SIANG	1033	597	1035	331	336	327	252	244	240	488	33,3%	
SORE	677	392	678	217	220	215	165	160	157	320	33,3%	
<i>ALTERNATIF BUKAAN 3</i>												
PAGI	844	506	841	291	298	294	252	246	235	423	66,7%	44,4%
SIANG	1100	660	1097	380	388	383	329	321	307	552	0%	
SORE	721	433	719	249	255	251	216	211	201	362	66,7%	

: >300 lux (terlalu terang) : 200-300 lux (ideal/nyaman) : <200 lux (terlalu gelap)

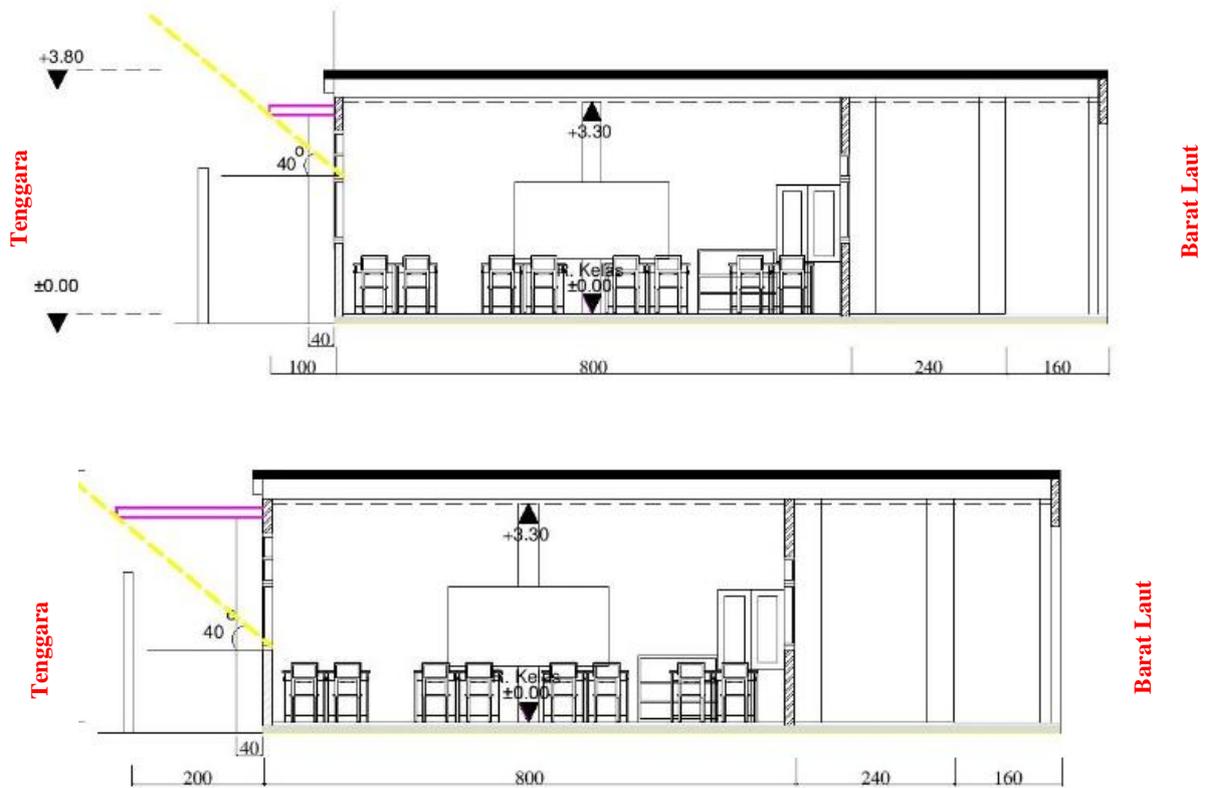
Berdasarkan hasil pengukuran pada simulasi dialux 4.12, dari ketiga alternatif bukaan yang ada, alternatif ke 3 merupakan alternatif dengan persentase tertinggi yaitu memiliki area yang memenuhi standar terbanyak dari alternatif lainnya. Pada alternatif ke 3 masih terdapat kekurangan yaitu masih memiliki tingkat pencahayaan alami yang terlalu tinggi pada rata-rata semua area di siang hari dan pada area di sisi tenggara pada pagi dan sore hari. Oleh karena itu perlu adanya rekomendasi lanjutan seperti penambahan pembayang matahari atau lightselves agar seluruh atau sebagian besar area ruang kelas dapat memenuhi standar kenyamanan visual.

2. Rekomendasi Eksternal II (Bukaan-Pembayang Matahari)

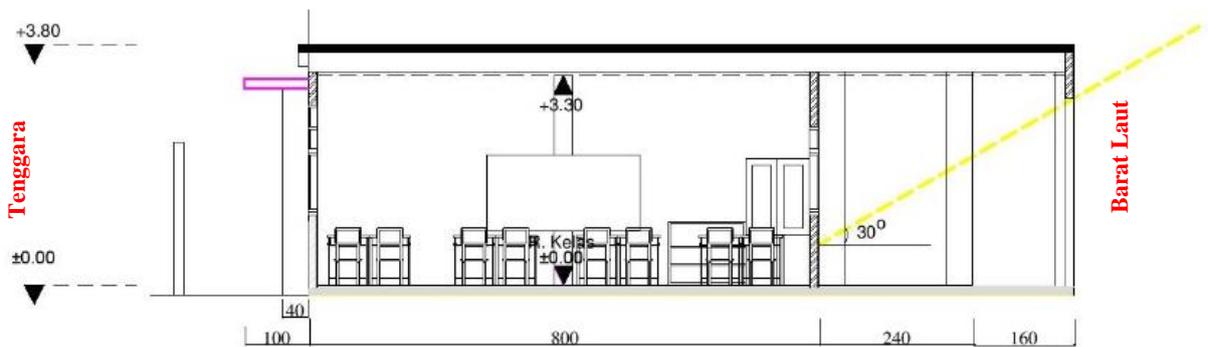
Rekomendasi eksternal II merupakan lanjutan dari rekomendasi eksternal I. Alternatif bukaan 3 yang terpilih pada rekomendasi eksternal I selanjutnya diberi penambahan redesain pembayang matahari yang sesuai dengan kebutuhan pencahayaan alami di dalam ruang.

Berdasarkan diagram sunpath, dapat diketahui bahwa sbv pada sisi tenggara adalah 40° , sehingga sehingga panjang pembayang matahari horizontal seharusnya mencapai 2 m. Pada kondisi eksisting, pembayang matahari di sisi tenggara hanya memiliki lebar 1 m sehingga masih kurang efektif untuk menghalangi cahaya langsung yang masuk ke dalam ruangan terutama pada pagi hari. Sedangkan pada sisi barat laut, pembayang matahari

sudah tepat sudah dapat menghalau sinar matahari langsung masuk ke dalam ruang. Perlu rekomendasi pembayang matahari yang lebih efektif di sisi tenggara untuk ruangan kelas matematika VII.



Gambar 4.62 Pembayang Matahari Eksisting Sisi Tenggara (kiri) dan Pembayang Matahari berdasarkan sbv Sisi Tenggara (kanan) Ruang Kelas Matematika VII

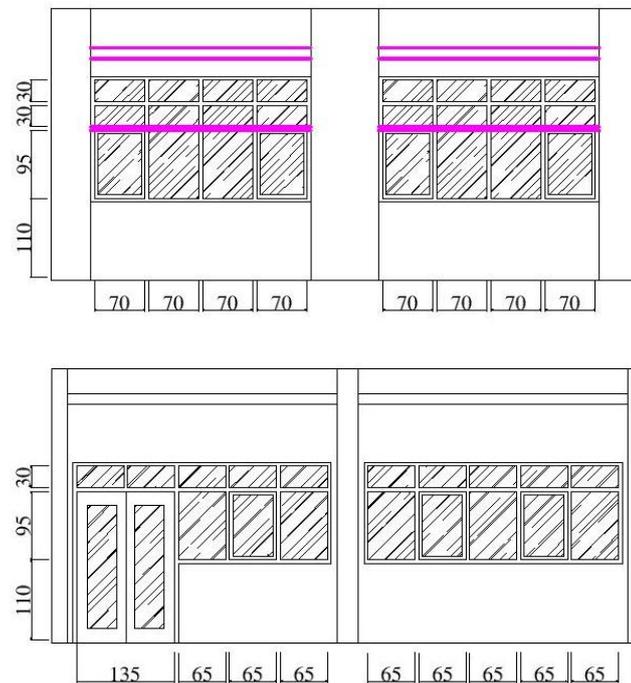


Gambar 4.63 Pembayang Matahari Eksisting Sisi Barat Laut

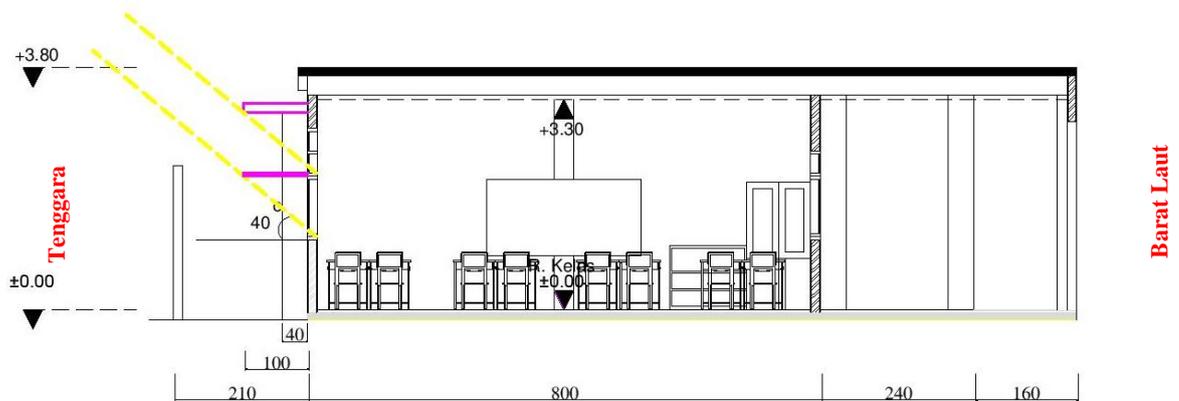
Keterangan: — : Sinar Matahari — : Pembayang Matahari Horizontal

a. Alternatif 1

Panjang pembayang matahari pada sisi tenggara ruang berdasarkan sbv dapat mencapai 2 m. Untuk memperkecil beban struktur, maka alternatif pembayang matahari horizontal dibagi menjadi dua sirip dengan panjang masing-masing 100 cm. Untuk sisi barat laut ruang, pembayang matahari tidak diubah karena pada sisi barat laut ruang, terdapat koridor dengan lebar 4 m. Koridor tersebut memiliki penutup di bagian atasnya, sehingga dapat menghindari sinar matahari langsung yang masuk ke dalam ruangan melalui bukaan sisi barat laut.



Gambar 4.64 Tampak Tenggara dan Barat Laut Ruang Matematika VII Alternatif 1 Rekomendasi Eksterior (Bukaan dan pembayang Matahari)

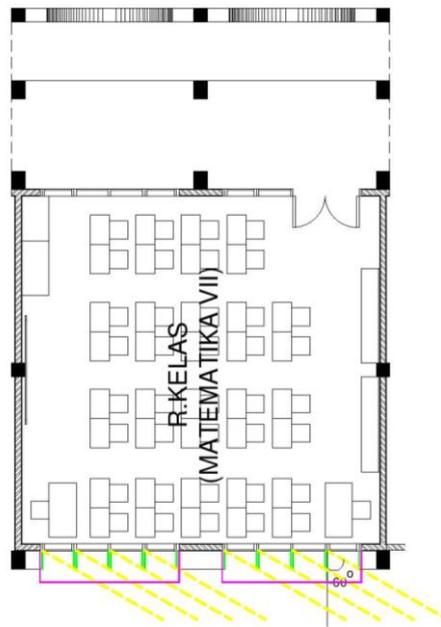


Gambar 4.65 Potongan Ruang Matematika VII Alternatif 1 Rekomendasi Eksterior (Bukaan dan pembayang Matahari)

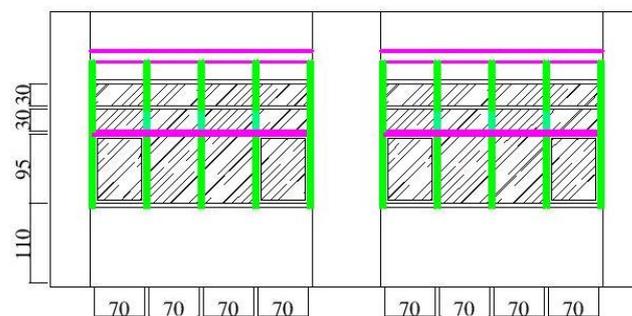
Keterangan: — : Sinar Matahari — : Pembayang Matahari Horizontal

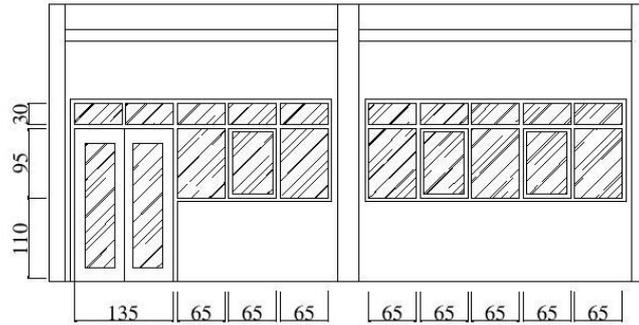
b. Alternatif 2

Alternatif 2 memadukan antara pembayang matahari horizontal dan vertikal. Pembayang matahari horizontal ditentukan berdasarkan SBV pada alternatif 1. Pembayang matahari vertikal ditentukan berdasarkan SBH. Pada kondisi eksisting, jika dilihat berdasarkan SBH, masih terdapat sinar matahari langsung yang masuk ke dalam ruang. Perlu redesain berupa penambahan 3 sirip pembayang matahari vertikal agar sinar matahari langsung tidak masuk ke dalam ruangan.

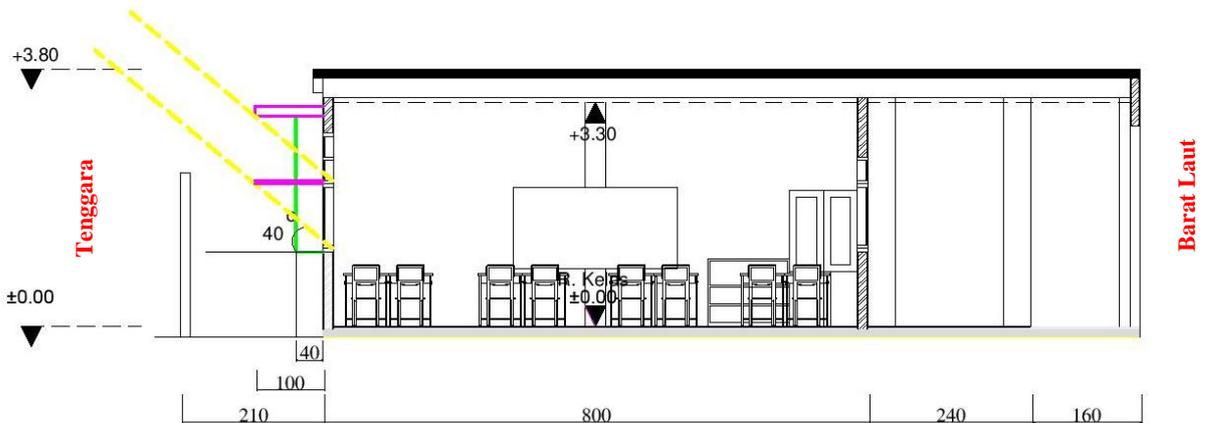


Gambar 4.66 SBH Sisi Tenggara Ruang Matematika VII Alternatif 1 Rekomendasi Eksterior (Bukaan dan pembayang Matahari)





Gambar 4.67 Tampak Tenggara dan Barat Laut Ruang Matematika VII Alternatif 2 Rekomendasi Eksterior (Bukaan dan pembayang Matahari)



Gambar 4.68 Potongan Ruang Matematika VII Alternatif 2 Rekomendasi Eksterior (Bukaan dan pembayang Matahari)

Keterangan: — : Sinar Matahari — : Pembayang Matahari Horizontal — : Pembayang Matahari Vertikal

c. Hasil pengukuran simulasi alternatif desain

Pengukuran hasil alternatif desain dilakukan menggunakan *software* Dialux 4.13 sehingga didapatkan hasil pengukuran yang ditunjukkan pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Simulasi Alternatif Desain (Rekomendasi Eksternal II) Ruang Kelas Matematika VII

Waktu	Titik Ukur									Rata-rata (lux)	Area yang Memenuhi Standar	Rata-rata Area yang Memenuhi Standar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
ALTERNATIF 1 (EKSTERNAL II)												
PAGI	530	412	524	287	294	289	251	245	231	340	66,7%	40,7%
SIANG	691	537	683	374	383	376	327	319	301	444	0%	
SORE	453	352	448	246	251	247	215	209	198	291	55,6%	
ALTERNATIF 2 (EKSTERNAL II)												
PAGI	367	303	362	231	229	238	222	210	204	263	66,7%	48,1%
SIANG	479	395	472	300	299	310	289	274	266	343	55,6%	
SORE	314	259	309	198	196	204	189	180	175	225	22,2%	

: >300 lux (terlalu terang) : 200-300 lux (ideal/nyaman) : <200 lux (terlalu gelap)

Berdasarkan hasil pengukuran alternatif desain, dapat diketahui bahwa alternatif desain 2 mempunyai persentase tingkat pencahayaan alami yang memenuhi standar yang lebih tinggi daripada alternatif 1. Namun berdasarkan hasil pengukuran simulasi masih terdapat area yang terlalu terang pada pagi, siang, dan sore hari serta terlalu gelap pada

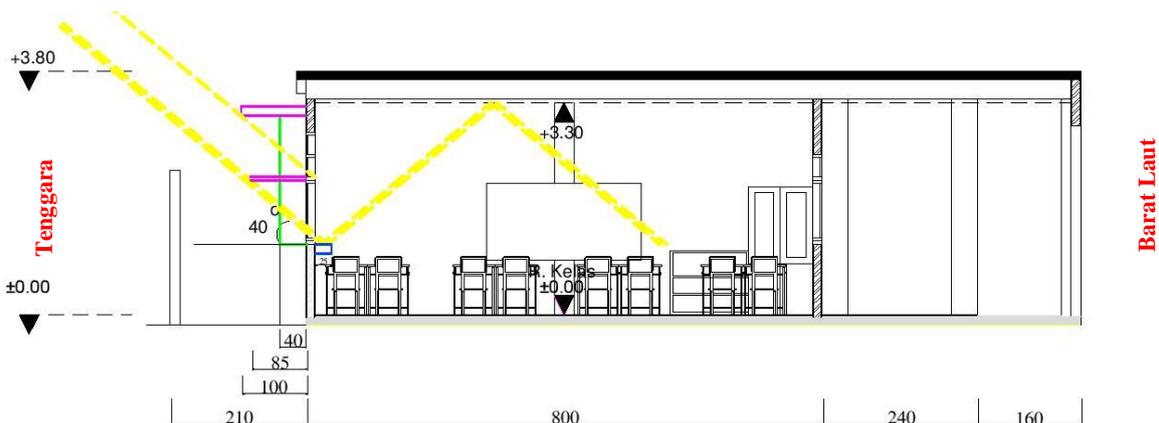
sore hari. Rata-rata tingkat pencahayaan alami pada siang hari juga masih terlalu terang dan tidak sesuai dengan standar pencahayaan alami yang dibutuhkan. Oleh karena itu masih perlu rekomendasi lebih lanjut agar area yang memenuhi standar pencahayaan alami meningkat, dan rata-rata pencahayaan alami pada pagi, siang, dan sore hari memenuhi standar.

3. Rekomendasi Eksternal-Internal (Bukaan-Pembayang Matahari-*Lightshelves*)

Pada rekomendasi sebelumnya dapat diketahui bahwa tingkat pencahayaan alami pada ruang kelas matematika vii masih kurang merata. Penambahan *lightsheves* pada tahap ini diharapkan dapat membuat distribusi cahaya pada ruang kelas menjadi lebih merata sesuai dengan standar pencahayaan yang dibutuhkan. Material yang digunakan pada *lightshelves* sama seperti material pada pembayang matahari eksternal yaitu beton dengan finishing cat dengan warna coklat muda yang menyesuaikan dengan karakteristik ruang.

a. Alternatif 1

Pada alternatif 1 dilakukan penambahan *lightshelves* 1 sirip di sisi tenggara dengan lebar 25 cm dan ketinggian 110 cm dari lantai. Karena terdapat penambahan *lightselves* tersebut, lebar pembayang matahari horizontal sirip bawah dapat dikurangi 15 cm yaitu menjadi 85 cm. Penambahan *lightselves* tersebut dapat memantulkan sinar matahari ke area tengah ruangan, sehingga diharapkan tingkat pencahayaan alami pada area tengah yang cenderung terlalu gelap dapat meningkat.

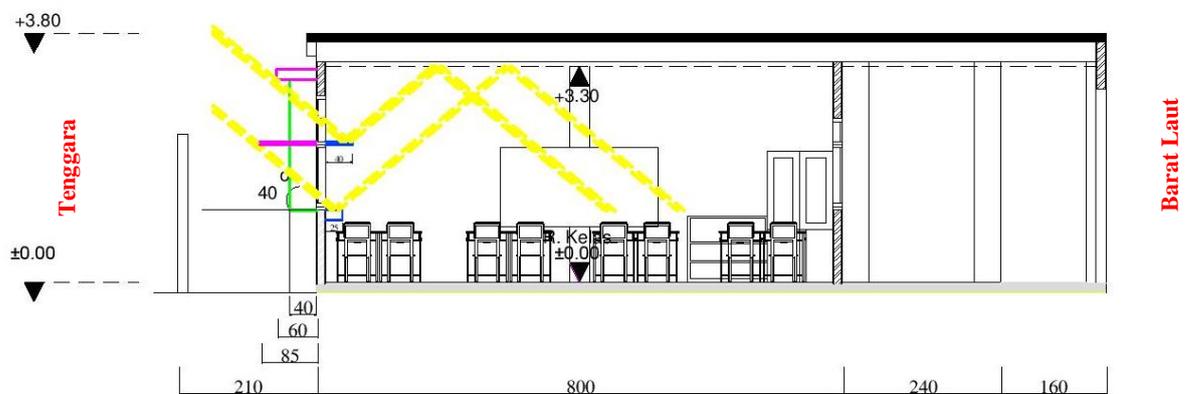


Gambar 4.69 Potongan Ruang Matematika VII Alternatif 1 Rekomendasi Eksternal-Internal (Bukaan-Pembayang Matahari-*Lightshelves*)

Keterangan: — : Sinar Matahari — : Pembayang Matahari Horizontal — : Pembayang Matahari Vertikal — : Lightshelves

b. Alternatif 2

Lightselves 2 sirip ditambahkan di sisi tenggara ruang pada alternatif 2 ini. Lightselves atas didesain dengan lebar 40 cm dan ketinggian 210 cm dari lantai sedangkan lightselves bawah dengan lebar 25 cm dan ketinggian 110 cm dari lantai. Penambahan lightselves ini menyebabkan pengurangan lebar pembayang matahari horizontal. Pada sirip atas, pembayang horizontal dikurangi 40 cm menjadi 60 dan sirip bawah menjadi 85 cm. Pada Gambar.. dapat dilihat bahwa penambahan 2 lightselves dapat membawa cahaya matahari masuk lebih dalam pada ruangan.



Gambar 4.70 Potongan Ruang Matematika VII Alternatif 2 Rekomendasi Eksternal-Internal (Bukaan-Pembayang Matahari-Lightselves)

Keterangan: — : Sinar Matahari — : Pembayang Matahari Horizontal — : Pembayang Matahari Vertikal — : Lightselves

c. Hasil pengukuran simulasi alternatif desain

Hasil pengukuran simulasi alternatif desain berdasarkan rekomendasi eksternal-internal dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Simulasi Alternatif Desain (Rekomendasi Eksternal-Internal) Ruang Kelas Matematika VII

Waktu	Titik Ukur									Rata-rata (lux)	Area yang Memenuhi Standar	Rata-rata Area yang Memenuhi Standar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
<i>ALTERNATIF 1 (EKSTERNAL-INTERNAL)</i>												
PAGI	300	246	299	205	205	213	213	204	202	232	100%	93%
SIANG	388	299	379	260	259	270	271	259	251	294	78%	
SORE	291	240	284	206	202	209	221	214	210	231	100%	
<i>ALTERNATIF 2 (EKSTERNAL-INTERNAL)</i>												
PAGI	298	242	295	206	205	213	214	204	200	231	100%	93%
SIANG	382	296	374	261	260	270	271	259	251	293	78%	
SORE	285	235	280	207	202	209	221	215	210	229	100%	

: >300 lux (terlalu terang) : 200-300 lux (ideal/nyaman) : <200 lux (terlalu gelap)

Berdasarkan Tabel 4.20, dapat dilihat bahwa alternatif 1 dan alternatif 2 mempunyai rata-rata tingkat pencahayaan yang hampir sama. Alternatif desain yang dipilih adalah

alternatif desain 1 karena lebih efisien yaitu tidak mengubah pembayang matahari horizontal eksisting dan hanya menambahkan 1 sirip lightselves.

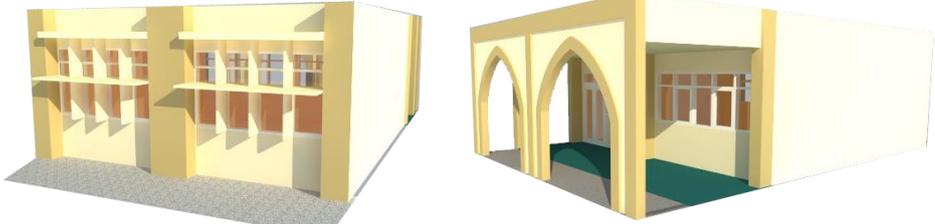
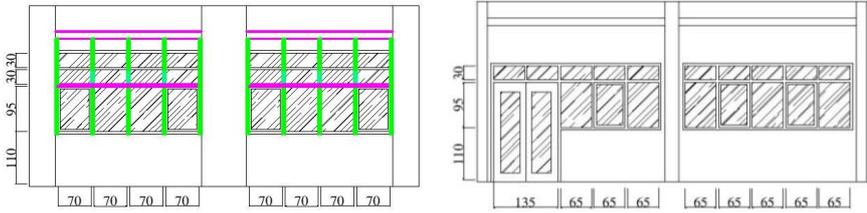
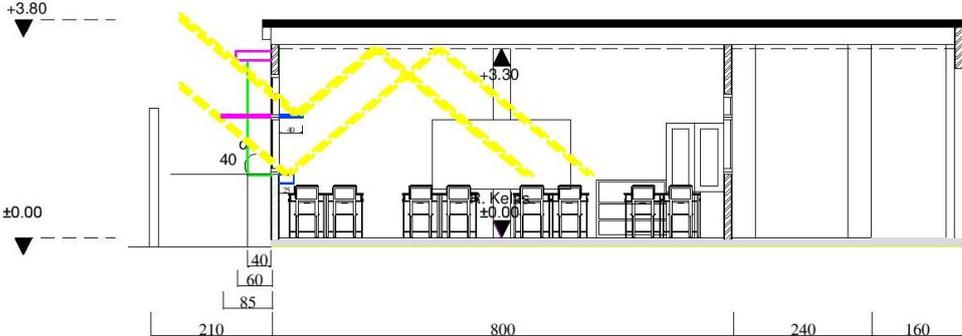
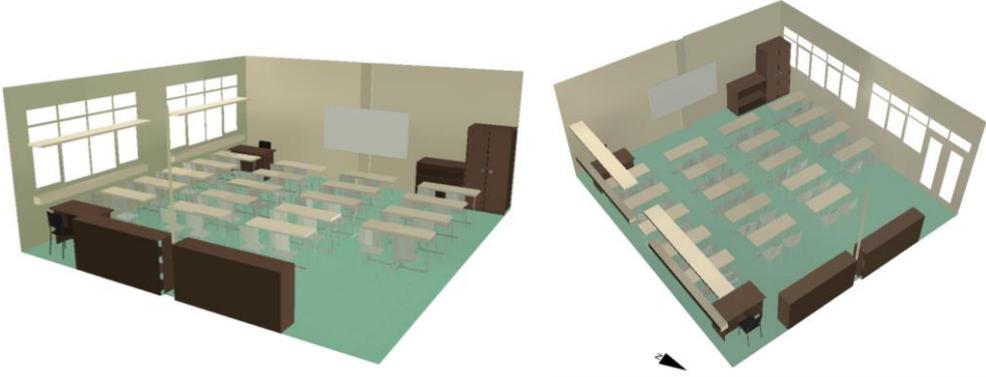
4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi rekomendasi desain secara bertahap, alternatif desain terpilih adalah alternatif desain dengan desain pembayang matahari horizontal dua sirip, pembayang matahari vertikal, dan lightselves 1 sirip (Lampiran 2). Desain terpilih ditentukan berdasarkan SNI 03-6197-2000 mengenai standar tingkat pencahayaan pada ruang kelas. Desain tersebut menambah persentase area yang memenuhi standar sebesar 60% dari kondisi eksisting yang awalnya hanya 33% menjadi 93%..

Tabel 4.22 Hasil Perbandingan Tingkat Pencahayaan Alami Eksisting dan Rekomendasi Desain Terpilih Ruang Kelas Matematika VII.

Waktu	Titik Ukur									Rata-rata (lux)	Area yang Memenuhi Standar	Rata-rata Area yang Memenuhi Standar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
EKSISTING (SIMULASI)												
PAGI	775	438	773	228	232	228	173	158	161	352	33 %	33 %
SIANG	983	556	981	289	294	289	219	201	205	446	67%	
SORE	542	306	541	159	162	160	121	111	113	246	0%	
KONTUR CAHAYA (EKSISTING)												
PAGI				SIANG				SORE				
REKOMENDASI TERPILIH												
PAGI	300	242	295	206	205	213	214	204	202	231	100%	93%
SIANG	382	299	374	261	260	270	271	259	251	293	78%	
SORE	285	235	280	207	202	209	221	215	210	229	100%	
KONTUR CAHAYA (REKOMENDASI)												
PAGI				SIANG				SORE				
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> : >300 lux (terlalu terang) : 200-300 lux (ideal/nyaman) : <200 lux (terlalu gelap) </div>												

Tabel 4.23 Hasil Desain Rekomendasi Terpilih Ruang Kelas Matematika VII

Alternatif Terpilih	Keterangan
Desain	Shading Horizontal 2 sirip (Sirip atas 100 cm, sirip bawah 85 cm) Shading vertikal 3 sirip @40 cm Light selves 1 sirip (lebar 25 cm, ketinggian 110 cm dari lantai)
	Perspektif tenggara dan barat laut
	
	Tampak Tenggara dan barat laut
	
	Keterangan: ■ : Sinar Matahari ■ : Pembayang Matahari Horizontal ■ : Pembayang Matahari Vertikal ■ : Lightselves
	Potongan Ruang
	
	Keterangan: ■ : Sinar Matahari ■ : Pembayang Matahari Horizontal ■ : Pembayang Matahari Vertikal ■ : Lightselves
	Perspektif Ruang
	

		Keterangan		
Zonasi Ruang berdasarkan Tingkat Pencahayaan	Waktu	08.00	13.00	15.00
		 231 lux	 293 lux	 229 lux
		Keterangan: : >300 lux (terlalu terang) : 200-300 lux (ideal/nyaman) : <200 lux (terlalu gelap)		
Tingkat Pencahayaan Alami Sepanjang Tahun	Waktu	21 Maret	21 Juni	22 Desember
	08.00	 234 lux	 229 lux	 242 lux
	13.00	 300 lux	 253 lux	 298 lux
	15.00	 221 lux	 209 lux	 213 x

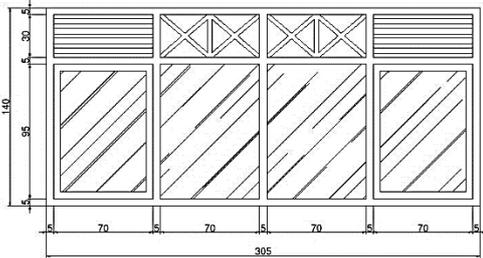
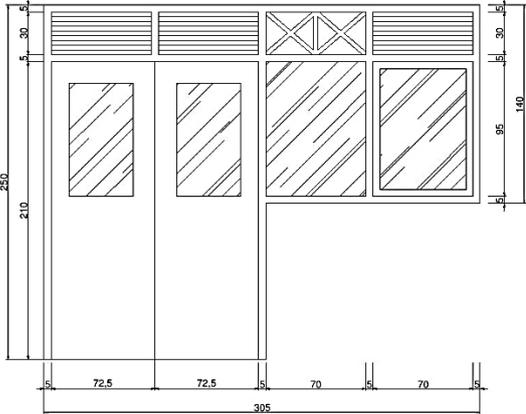
4.7.2 Ruang kelas IPA VIII (Lantai 2)

Dari hasil pembahasan sebelumnya, dapat diketahui bahwa pada kondisi eksisting, pencahayaan alami pada ruang kelas IPA VIII masih kurang optimal. Terdapat beberapa area yang jauh melebihi standar pencahayaan pada ruang kelas, ada pula yang masih dibawah standar. Perlu adanya beberapa rekomendasi agar pencahayaan pada ruang kelas IPA VIII dapat memenuhi standar dengan distribusi pencahayaan yang baik di dalamnya. Rekomendasi tersebut diharapkan dapat lebih mengoptimalkan pencahayaan alami di dalam ruang kelas IPA VIII.

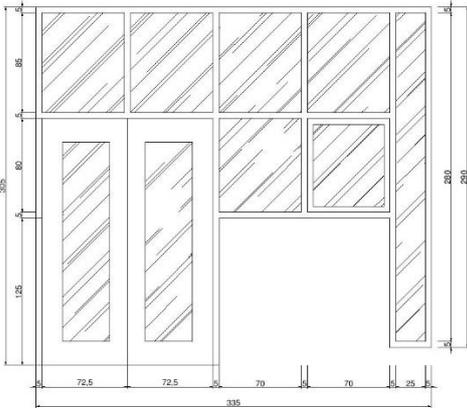
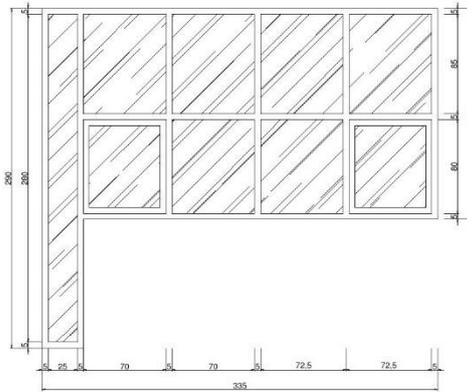
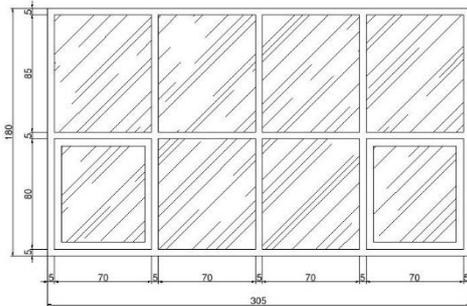
1. Rekomendasi Eksternal (Bukaan)

Pada kondisi eksisting, bukaan pada ruang kelas IPA VIII terdiri dari pintu, *awning window*, dan *fixed window*. Pada sisi tenggara, WWR mencapai 21% dengan luas bukaan 6,38 m² sedangkan pada sisi barat laut 20% dengan luas bukaan 6,157 m². Standar WWR yang direkomendasikan oleh ASHRAE 90.1-2007 adalah 20-30%. Oleh karena itu, bukaan pada ruang kelas IPA VIII masih dapat dimodifikasi untuk bisa mencapai pencahayaan yang optimal dan sesuai standar (200-300 lux).

Tabel 4.24 Karakteristik Bukaan Eksisting pada Ruang Kelas Matematika VII

Dimensi	Jumlah dan letak orientasi bukaan	Posisi dari lantai	Material
J2-1			
	2 set di sisi tenggara 1 set di sisi barat laut	1,1 m dari lantai	<i>Clear glass</i> 4 mm. Kusen kayu finishing cat warna putih.
J2-2			
	1 set di sisi barat laut	1,1 dari lantai	<i>Clear glass</i> 4 mm pada jendela. <i>Frosted glass</i> 4 mm pada kaca pintu. Kusen kayu finishing cat warna putih.

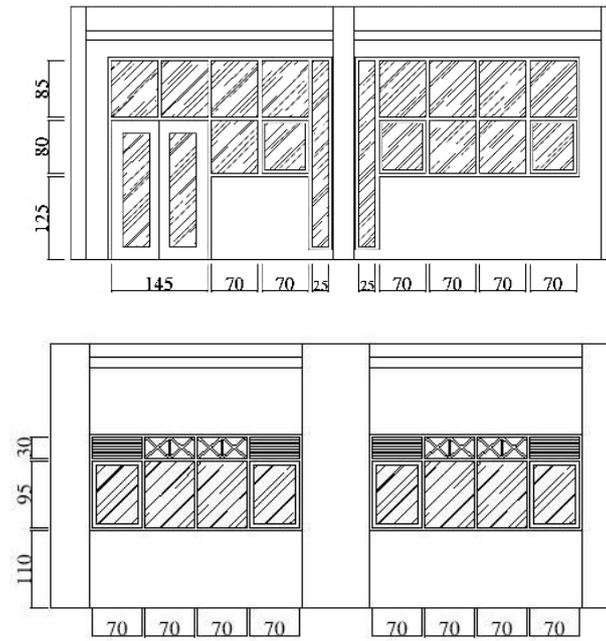
Tabel 4.25 Karakteristik Bukaan Rekomendasi pada Ruang Kelas Matematika VII

Dimensi	Jumlah dan letak orientasi bukaan	Posisi dari lantai	Material
	2 set di sisi barat laut	1,1 m dari lantai	<i>Clear glass</i> 4 mm. Kusen kayu finishing cat warna putih.
	1 set di sisi barat laut	1,1 m dari lantai	<i>Clear glass</i> 4 mm pada jendela. <i>Frosted glass</i> 4 mm pada kaca pintu. Kusen kayu finishing cat warna putih.
	2 set di sisi tenggara	1,1 m dari lantai	<i>Clear glass</i> 4 mm. Kusen kayu finishing cat warna putih.

a. Alternatif 1

Alternatif bukaan 1 merupakan perpaduan antara bukaan tenggara eksisting (J2-1 2 set) dan J2-3 serta J2-4 pada sisi barat laut. Pada sisi barat laut jendela atas di tambah dimensinya, serta dilakukan peninggian pada jendela bawah. Hal tersebut dimaksudkan agar jangkauan cahaya yang masuk ke dalam ruangan dapat lebih besar sehingga meningkatkan tingkat pencahayaan di tengah ruangan. Pada sisi barat laut juga ditambahkan jendela vertikal agar pencahayaan alami di area tengah ruangan yang

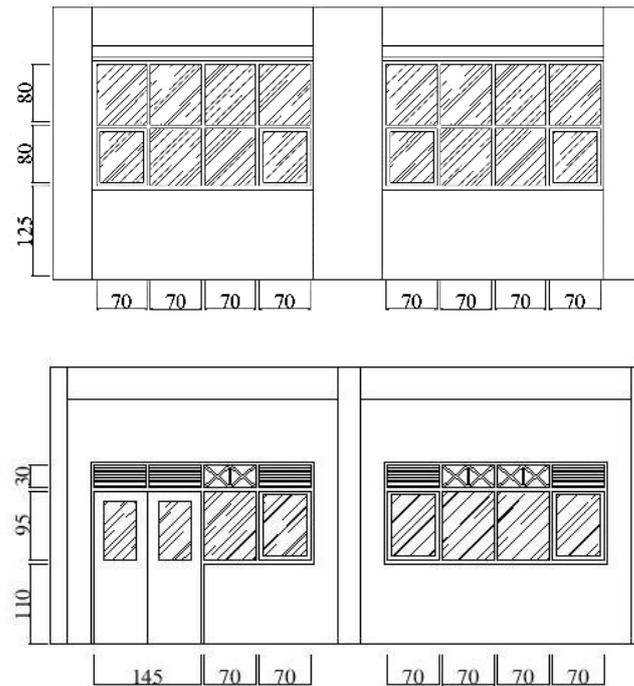
sebelumnya gelap dapat meningkat. Total luasan jendela adalah 16,84 m² yaitu meningkat dari kondisi eksisting yang hanya mempunyai luasan bukaan 12,53 m². WWR pada sisi tenggara tetap yaitu sebesar 20%, sedangkan pada sisi barat laut ditingkatkan dari 20% menjadi 29%. Persentase luas bukaan terhadap luas ruang meningkat menjadi 27% dari kondisi eksisting yaitu 20%.



Gambar 4.71 Alternatif 1 Sisi Barat Laut Ruang dan Tenggara Ruang IPA VIII

b. Alternatif 2

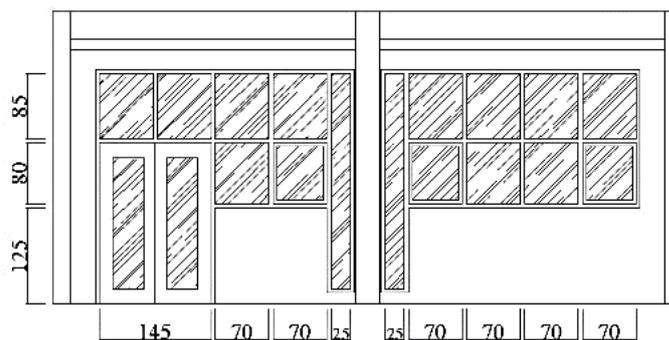
Alternatif bukaan 2 merupakan perpaduan antara bukaan barat laut eksisting (J2-1 dan J2-2) dan J2-5 (2 set) pada sisi tenggara. Bukaan pada sisi barat laut dirancang sesuai kondisi eksisting, sedangkan bukaan di sisi tenggara mengalami beberapa modifikasi. Bukaan pada sisi tenggara di modifikasi dengan cara memperkecil dan menaikkan bukaan bagian bawah serta memperbesar dimensi pada bukaan atas. Bukaan pada sisi tenggara diperbesar dimensinya dari yang awalnya mempunyai luasan 6,38 m² dengan WWR 20% menjadi 8,68 dengan WWR 28,5%. Total luas bukaan pada alternatif 2 ini meningkat menjadi 15,87 m² dari yang awalnya hanya 12,53 m². Persentase luas bukaan terhadap luas ruang ditingkatkan menjadi 23% dari 20% pada kondisi eksisting.

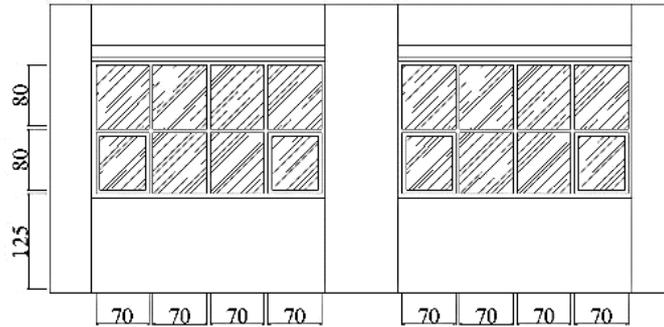


Gambar 4.72 Alternatif 2 Tenggara Ruang dan Barat Laut Ruang IPA VIII

c. Alternatif 3

Alternatif bukaan 3 merupakan perpaduan antara J2-3 dan J2-4 pada sisi barat laut serta 2 set J2-5 pada sisi tenggara. Dengan kata lain alternatif 3 merupakan gabungan antara alternatif 1 dan 2 yaitu bukaan modifikasi sisi barat laut dan bukaan modifikasi sisi tenggara. WWR di sisi barat laut adalah 28,5 % sedangkan di sisi tenggara adalah 29%. Total luas bukaan pada alternatif 3 adalah 19,14 dengan persentase luas bukaan terhadap luas ruang sebesar 30%.





Gambar 4.73 Alternatif 3 Sisi Barat Laut Ruang dan Tenggara Ruang IPA VIII

d. Hasil pengukuran simulasi alternatif desain

Setelah merumuskan beberapa alternatif desain, langkah selanjutnya adalah melakukan pengukuran dengan cara simulasi menggunakan software Dialux 4.12. Hasil pengukuran melalui proses simulasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.25

Tabel 4.26 Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Simulasi Alternatif Desain (Rekomendasi Eksternal I) Ruang Kelas IPA VIII

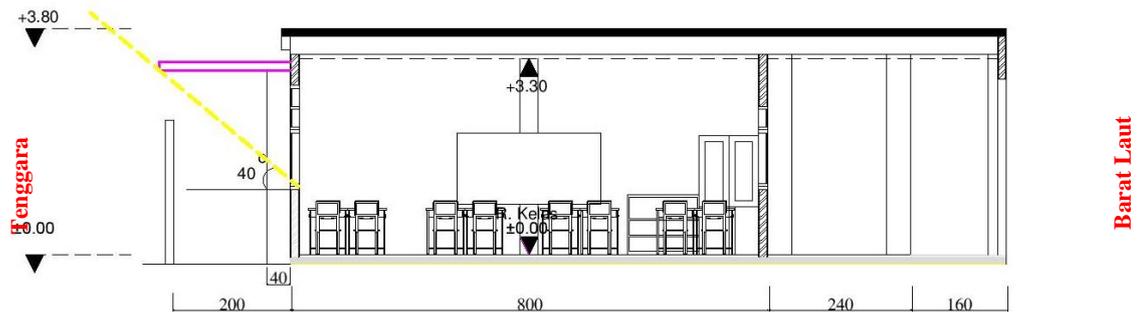
Waktu	Titik Ukur									Rata-rata (lux)	Area yang Memenuhi Standar	Rata-rata Area yang Memenuhi Standar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
<i>ALTERNATIF BUKAAN 1</i>												
PAGI	793	506	799	239	269	235	292	303	277	412	55,6%	40,8%
SIANG	1108	708	1116	333	375	328	409	423	388	577	0%	
SORE	727	465	733	219	246	215	268	278	254	378	66,7%	
<i>ALTERNATIF BUKAAN 2</i>												
PAGI	695	446	694	237	260	233	316	267	342	388	44,4%	33,3%
SIANG	971	624	970	331	363	326	441	373	479	542	0%	
SORE	637	409	637	217	239	214	290	245	314	356	55,6%	
<i>ALTERNATIF BUKAAN 3</i>												
PAGI	699	456	686	251	279	248	300	320	291	393	55,6%	40,8%
SIANG	977	637	958	351	390	346	430	447	407	549	0%	
SORE	641	418	629	230	256	227	282	293	267	361	66,7%	

: >300 lux (terlalu terang) : 200-300 lux (ideal/nyaman) : <200 lux (terlalu gelap)

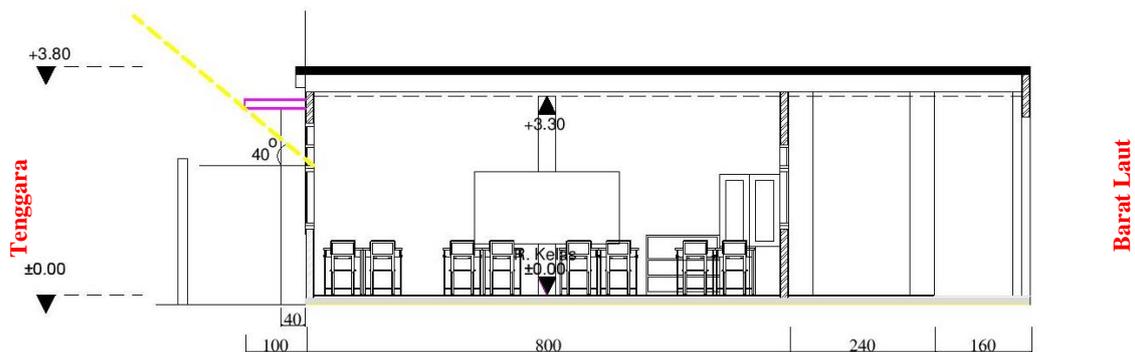
Berdasarkan Tabel 4.26 dapat diketahui bahwa alternatif 1 dan 3 mempunyai persentasi rata-rata area yang memenuhi standar sama yaitu 40,8%. Alternatif yang dipilih untuk menuju ke tahap rekomendasi selanjutnya adalah alternatif 3 karena mempunyai rata-rata pencahayaan alami pada pagi, siang, dan sore yang lebih mendekati standar (200-300 lux) dibandingkan alternatif 1. Perlu adanya rekomendasi pembayang matahari yang diharapkan dapat menurunkan tingkat pencahayaan alami dalam ruang, karena jika dilihat dari rata-rata tingkat pencahayaan alaminya, alternatif 3 masih masuk dalam kategori ruang kelas yang terlalu terang.

2. Rekomendasi Eksterior (Bukaan-Pembayang Matahari)

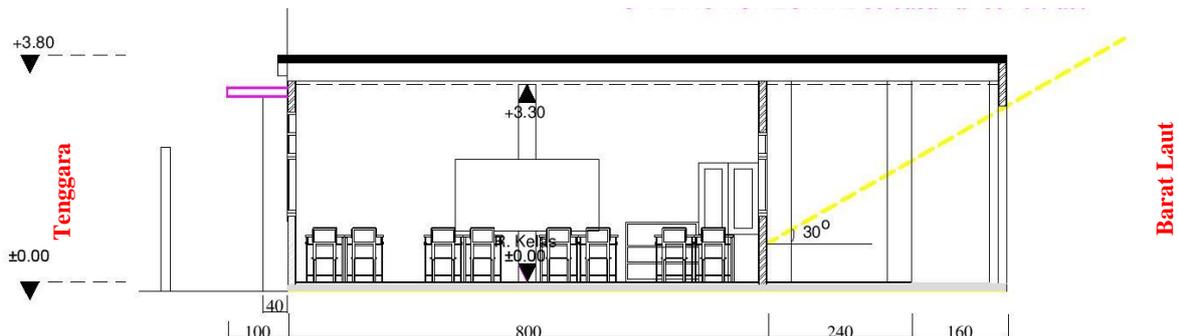
Berdasarkan SBV pada Tabel 4.1 panjang pembayang matahari di sisi tenggara seharusnya adalah 2 m sedangkan sisi barat laut adalah 4 m. Pada sisi barat laut, pembayang matahari sudah sesuai dengan sbv, sedangkan pada sisi tenggara masih kurang sesuai. Pada sisi tenggara pembayang matahari pada kondisi eksisting hanya mempunyai lebar 1 m. Agar struktur tidak terlalu berat maka pembayang matahari di sisi tenggara nantinya akan dibagi menjadi dua sirip dengan panjang ≤ 1 m.



Gambar 4.74 Pembayang Matahari Sisi Tenggara Ruang berdasarkan SBV.



Gambar 4.75 Pembayang Matahari Sisi Tenggara Ruang pada kondisi eksisting.

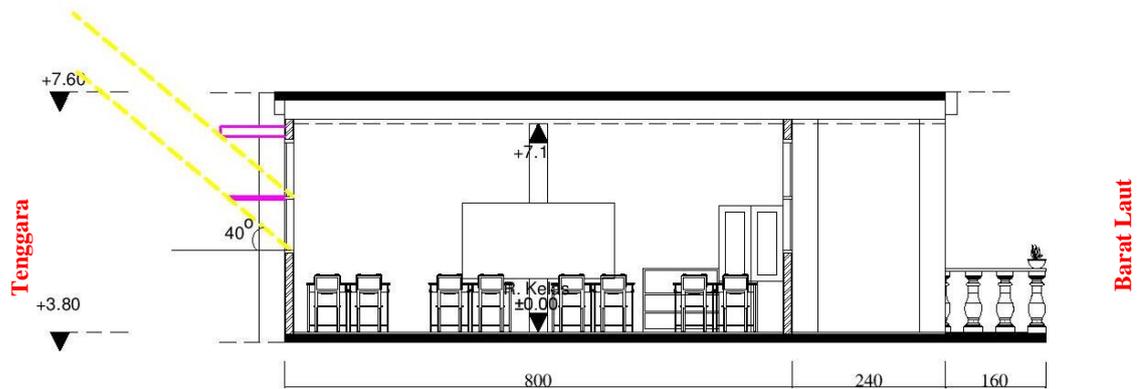


Gambar 4.76 Pembayang Matahari Sisi Barat Laut Ruang pada Kondisi Eksisting.

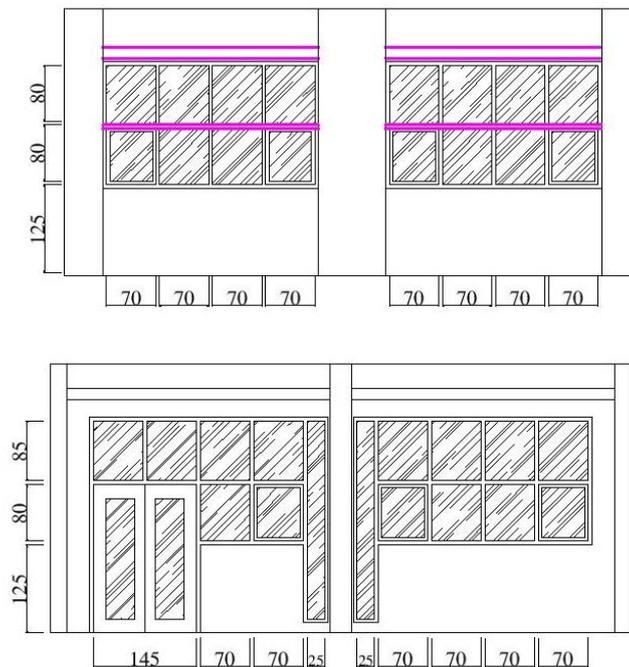
Keterangan: — : Sinar Matahari — : Pembayang Matahari Horizontal — : Pembayang Matahari Vertikal — : Lightselves

a. Alternatif 1

Pada alternatif ini dilakukan perubahan pembayang matahari horizontal di sisi tenggara. Pembayang matahari yang awalnya hanya terdiri dari 1 sirip dengan lebar 1 m dimodifikasi menjadi 2 sirip dengan masing-masing panjang 1 m. Hal tersebut ditujukan untuk dapat mengurangi beban struktur dengan tetap memperhatikan sbv sebagai pertimbangan penentuan pembayang matahari horizontal. Berdasarkan sbv, pembayang matahari horizontal pada alternatif ini sudah dapat membayangi jendela/bukaan di sisi tenggara.



Gambar 4.77 Potongan Ruang Alternatif 1 Rekomendasi Eksternal II

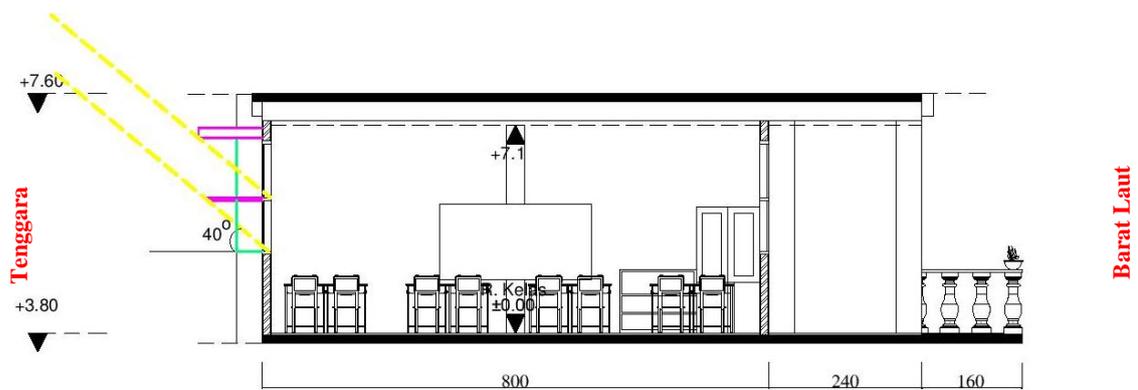


Gambar 4.78 Tampak Tenggara dan Barat Laut Ruang Alternatif 1 Rekomendasi Eksternal II

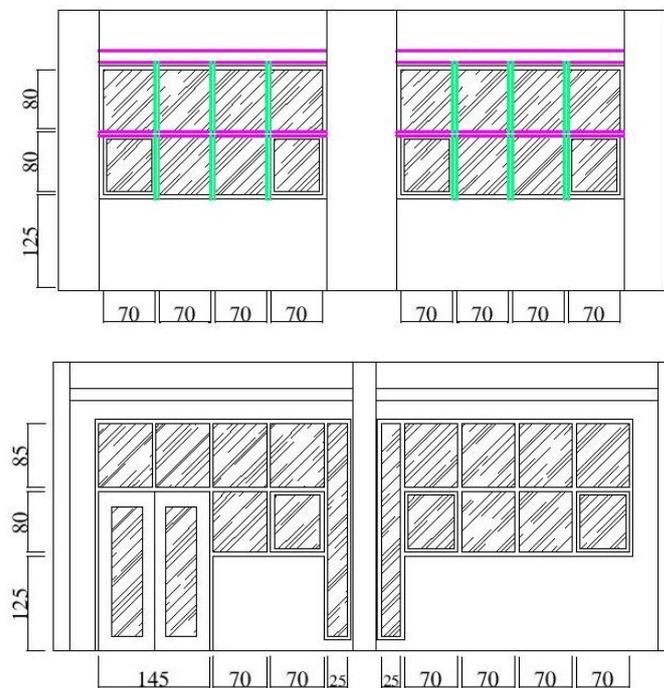
Keterangan: — : Sinar Matahari — : Pembayang Matahari Horizontal — : Pembayang Matahari Vertikal — : Lightselves

b. Alternatif 2

Alternatif 2 memodifikasi pembayang matahari di sisi tenggara dengan memeadukan antara pembayang matahari horizontal dan pembayang matahari vertikal. Pembayang matahari horizontal yang telah di desain pada alternatif 1 selanjutnya ditambahkan pembayang matahari vertikal dengan pertimbangan SBH. Berdasarkan SBH, perlu ditambahkan 3 sirip pembayang matahari vertikal agar dapat membayangi bukaan di sisi tenggara sehingga sinar matahari tidak langsung masuk ke dalam ruangan. Dengan adanya pembayang matahari, maka sinar difus lah yang akan masuk ke dalam ruangan dan dapat mengurangi efek silau dan terlalu terang pada ruang.



Gambar 4.79 Potongan Ruang Alternatif 2 Rekomendasi Eksternal II

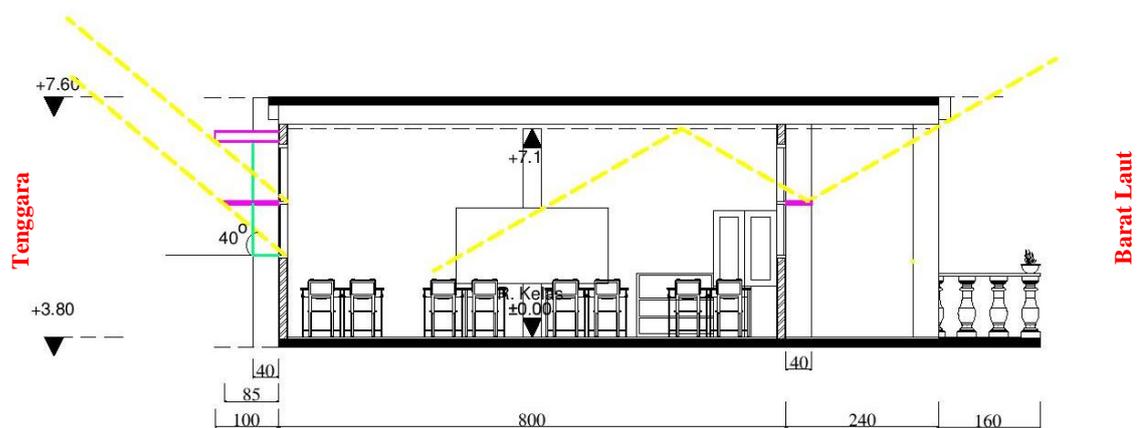


Gambar 4.80 Tampak Tenggara dan Barat Laut Ruang Alternatif 2 Rekomendasi Eksternal II

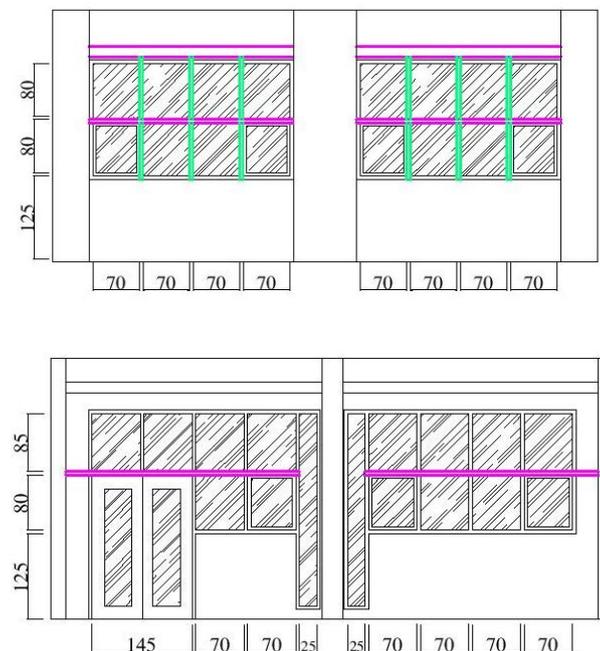
Keterangan: — : Sinar Matahari — : Pembayang Matahari Horizontal — : Pembayang Matahari Vertikal — : Lightselves

c. Alternatif 3

Alternatif 3 merupakan lanjutan dari alternatif 2 dengan penambahan pembayang matahari horizontal di sisi barat laut. Pembayang matahari horizontal diletakkan dengan pada ketinggian 2,15 m di antara jendela atas dan jendela bawah dengan panjang 40 cm. Penambahan pembayang matahari ini difungsikan sebagai *lightselves* eksternal yang dapat memantulkan sinar matahari ke dalam ruangan. Hal tersebut diharapkan dapat menambah jangkauan pencahayaan alami sehingga pencahayaan alami dalam ruangan lebih merata.



Gambar 4.81 Potongan Ruang Alternatif 1 Rekomendasi Eksternal II



Gambar 4.82 Tampak Tenggara dan Barat Laut Ruang Alternatif 3 Rekomendasi Eksternal II

Keterangan: — : Sinar Matahari — : Pembayang Matahari Horizontal — : Pembayang Matahari Vertikal — : Lightselves

d. Hasil pengukuran simulasi alternatif desain

Berdasarkan hasil pengukuran alternatif desain dengan menggunakan software Dialux 4.12 (Tabel 4.27) dapat diketahui bahwa alternatif 3 mempunyai persentase rata-rata area yang memenuhi standar pencahayaan terbesar yaitu 51,9%. Alternatif 1 dan 2 mempunyai persentase yang rendah yaitu sekitar 30%, sehingga alternatif yang dipilih pada rekomendasi eksternal II ini adalah alternatif ke 3 yaitu perpaduan antara modifikasi pembayang horizontal dan vertikal di sisi tenggara serta pembayang horizontal di sisi barat laut. Namun pada hasil pengukuran simulasi alternatif 3 masih terdapat beberapa area yang tidak sesuai standar baik terlalu gelap maupun terlalu terang. Oleh karena itu perlu adanya rekomendasi lanjutan agar pencahayaan alami pada ruang kelas IPA VIII dapat lebih ditingkatkan kualitasnya sehingga lebih banyak area yang memenuhi standar.

Tabel 4.27 Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Simulasi Alternatif Desain (Rekomendasi Eksternal II) Ruang Kelas IPA VIII

Waktu	Titik Ukur									Rata-rata (lux)	Area yang Memenuhi Standar	Rata-rata Area yang Memenuhi Standar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
ALTERNATIF 1 (EKSTERNAL II)												
PAGI	467	360	458	237	262	238	303	318	287	326	33,3%	33,3%
SIANG	653	504	640	332	366	332	424	444	401	455	0%	
SORE	429	331	420	218	240	218	278	292	264	299	66,7%	
ALTERNATIF 2 (EKSTERNAL II)												
PAGI	391	295	370	212	234	213	294	303	276	288	55,6%	37,1%
SIANG	546	412	518	297	327	297	410	424	386	402	11,1%	
SORE	359	270	340	195	214	195	269	278	253	264	44,4%	
ALTERNATIF 3 (EKSTERNAL II)												
PAGI	388	291	367	203	227	205	273	264	259	275	77,8%	51,9%
SIANG	542	407	512	284	317	286	382	368	362	385	22,2%	
SORE	356	267	336	187	208	188	250	242	238	252	55,7%	

: >300 lux (terlalu terang) : 200-300 lux (ideal/nyaman) : <200 lux (terlalu gelap)

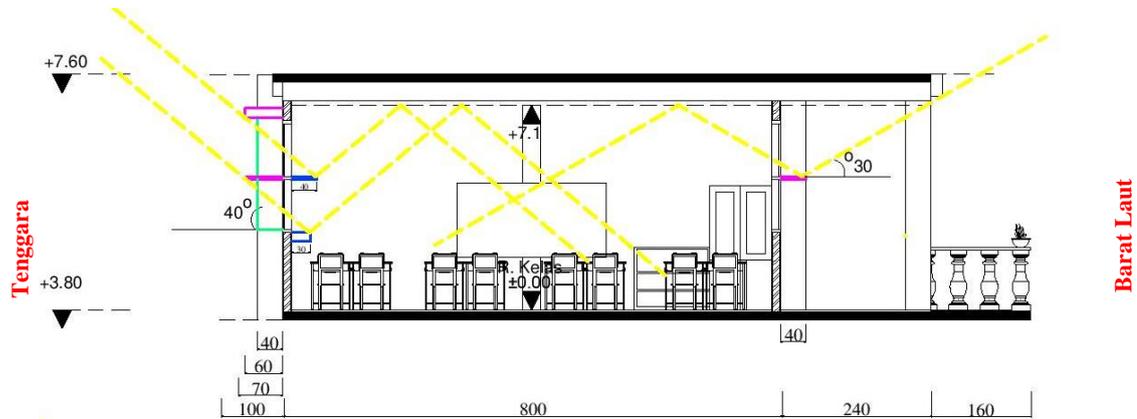
3. Rekomendasi Eksterior-Interior (Bukaan-Pembayang Matahari-*Lightshelves*)

Pada rekomendasi ini dilakukan penambahan *lightshelves* pada bagian dalam ruangan. Material yang digunakan pada *lightshelves* adalah material yang menyesuaikan dengan karakteristik bangunan yaitu material beton dengan finishing warna coklat muda sesuai dengan warna sebagian besar bangunan.

a. Alternatif 1

Alternatif 1 menambahkan *lightshelves* 2 sirip di sisi tenggara. Dilakukan pengurangan dimensi pembayang matahari horizontal di sisi tenggara dari hasil terpilih rekomendasi sebelumnya. Pada rekomendasi sebelumnya lebar pembayang matahari horizontal adalah 1 m dan 0,85 m, pada alternatif ini diubah menjadi 0,6 m dan 0,7 m. Hal

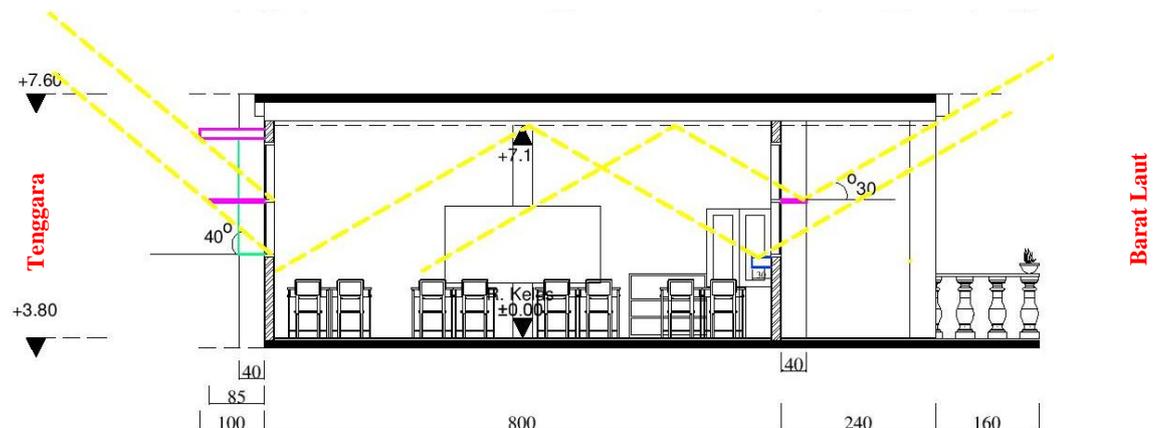
tersebut dilakukan agar sinar matahari dapat mengenai *lightselves* untuk kemudian dipantulkan ke dalam ruangan



Gambar 4.83 Potongan Ruang Alternatif 1 Rekomendasi Eksternal-Internal

b. Alternatif 2

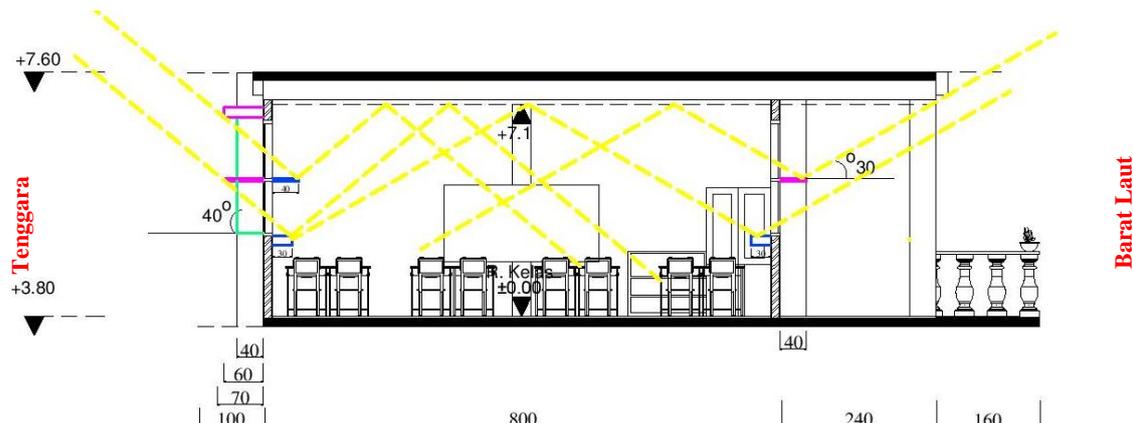
Terdapat penambahan *lightselves* di sisi barat laut ruang pada alternatif 2. Lightself berukuran lebar 30 cm dengan ketinggian 1,1 m dari atas lantai. Ukuran pembayang matahari pada sisi tenggara maupun barat laut sama seperti alternatif terpilih pada rekomendasi eksternal 2.



Gambar 4.84 Potongan Ruang Alternatif 2 Rekomendasi Eksternal-Internal

c. Alternatif 3

Alternatif 3 menggabungkan antara alternatif 1 dan 2 yaitu penambahan *lightselves* 2 sirip di sisi tenggara dan 1 sirip di sisi barat laut. Ukuran pembayang matahari di sisi tenggara sama seperti pada alternatif 1, yaitu mengalami pengurangan dimensi dari alternatif terpilih hasil rekomendasi sebelumnya. Adanya *lightselves* di 2 sisi ini diharapkan dapat memberikan hasil yang baik berupa distribusi cahaya dalam ruang yang lebih merata.



Gambar 4.85 Potongan Ruang Alternatif 3 Rekomendasi Eksternal-Internal

d. Hasil pengukuran simulasi alternatif desain

Hasil pengukuran simulasi alternatif desain untuk rekomendasi eksternal-internal dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Simulasi Alternatif Desain (Rekomendasi Eksternal III) Ruang Kelas IPA VIII

Waktu	Titik Ukur									Rata-rata (lux)	Area yang Memenuhi Standar	Rata-rata Area yang Memenuhi Standar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
<i>ALTERNATIF 1 (EKSTERNAL-INTERNAL)</i>												
PAGI	230	232	254	184	203	185	263	246	248	227	78 %	68 %
SIANG	284	297	321	236	261	238	334	318	307	288	56 %	
SORE	211	212	233	168	186	170	241	225	227	208	67 %	
<i>ALTERNATIF 2 (EKSTERNAL-INTERNAL)</i>												
PAGI	403	304	391	205	228	207	243	238	225	272	67 %	56 %
SIANG	494	389	481	267	296	270	308	311	279	344	44 %	
SORE	370	279	359	188	209	190	223	218	206	249	56 %	
<i>ALTERNATIF 3 (EKSTERNAL-INTERNAL)</i>												
PAGI	297	264	290	200	224	205	257	251	240	247	100%	97%
SIANG	283	295	320	232	256	235	300	300	270	277	89%	
SORE	281	264	282	217	237	216	296	300	257	261	100%	

: >300 lux (terlalu terang) : 200-300 lux (ideal/nyaman) : <200 lux (terlalu gelap)

Pada Tabel 4.29 dapat dilihat bahwa alternatif 3 mempunyai presentase rata-rata area yang memenuhi standar tertinggi dibandingkan alternatif 1 dan 2 yaitu sebesar 97%. Pada alternatif 1 hanya 68% area pada ruangan yang memenuhi standar sedangkan alternatif 2 hanya sebedar 56%. Pada alternatif 3 hampir seluruh area pada ruangan memenuhi standar pencahayaan apada ruang kelas yakni 200-300 lux. Hal tersebut menunjukkan bahwa distribusi cahaya pada ruangan tersebut sudah cukup merata jika dibandingkan dengan kondisi eksisting. Oleh karena itu, desain pada alternatif 3 adalah desain terpilih dari rekomendasi eksternal-internal pada ruang kelas IPA VIII.

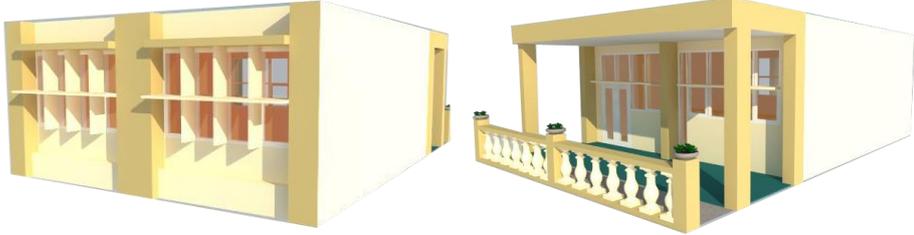
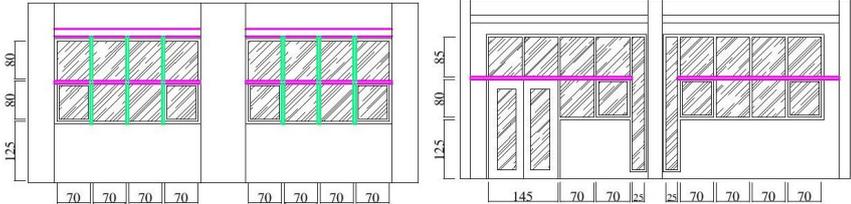
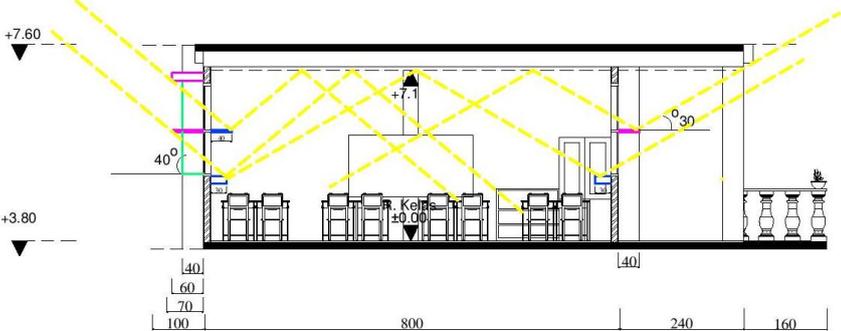
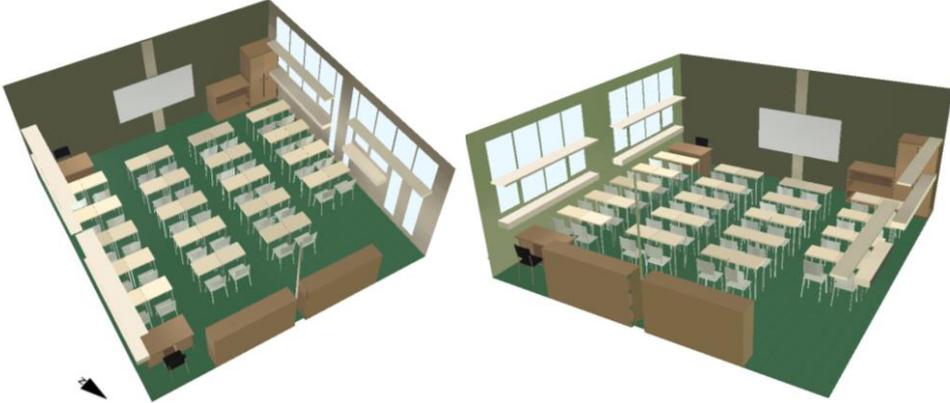
4. Kesimpulan

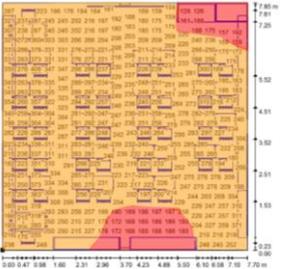
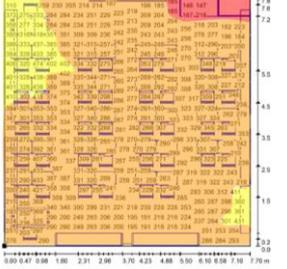
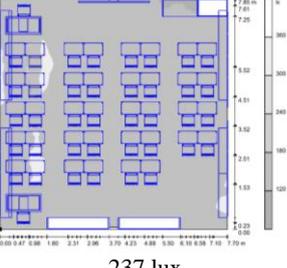
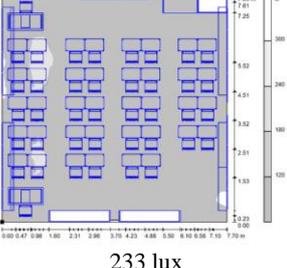
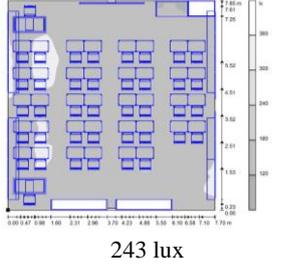
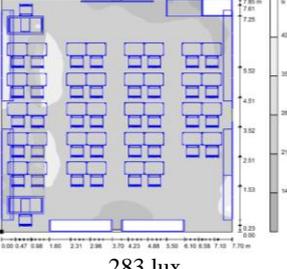
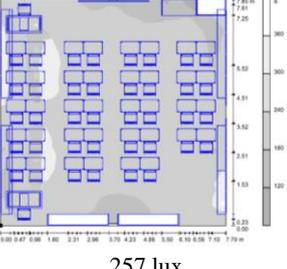
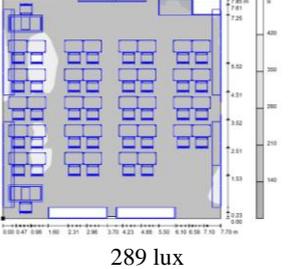
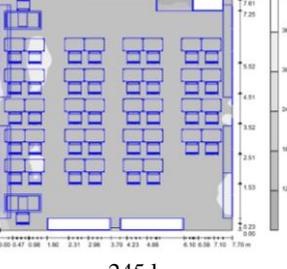
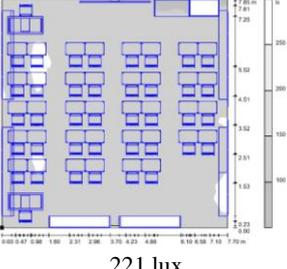
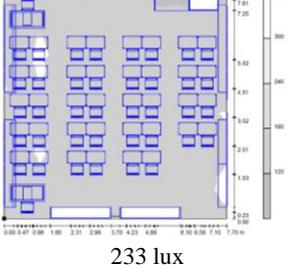
Setelah melakukan berbagai simulasi alternatif desain, akhirnya didapatkan rekomendasi desain yang paling tinggi dalam meningkatkan presentase area yang memenuhi standar pencahayaan dalam ruang kelas IPA VIII. Penentuan desain terpilih ditentukan berdasarkan SNI 03-2396-2001 mengenai standar tingkat pencahayaan pada ruang kelas yaitu 200-300 lux. Rekomendasi desain terpilih adalah desain dengan pembayang matahari 2 sirip di sisi luar tenggara, lighself eksternal 1 sirip pada sisi barat laut, serta lightselves internal 2 sirip di sisi tenggara dan 1 sirip di sisi barat laut (Tabel 4.32, Lampiran 2). Desain tersebut dapat menambah presentase area yang memenuhi standar pencahayaan pada ruang kelas dari kondisi eksisting 37% menjadi 97% atau meningkat sebesar 60% (Tabel 4.31).

Tabel 4.29 Hasil Perbandingan Tingkat Pencahayaan Alami & Kontur Cahaya Eksisting dan Rekomendasi Desain Terpilih Ruang Kelas IPA VIII

Waktu	Titik Ukur									Rata-rata (lux)	Area yang Memenuhi Standar	Rata-rata Area yang Memenuhi Standar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
EKSISTING												
PAGI	790	461	789	217	243	213	298	244	326	398	56%	37%
SIANG	1104	645	1103	304	340	297	416	342	455	556	11%	
SORE	725	423	724	199	223	195	273	224	299	365	44%	
KONTUR CAHAYA (EKSISTING)												
PAGI				SIANG					SORE			
REKOMENDASI TERPILIH												
PAGI	297	264	290	200	224	205	257	251	240	247	100%	97%
SIANG	283	295	320	232	256	235	300	300	270	277	89%	
SORE	281	264	282	217	237	216	296	300	257	261	100%	
KONTUR CAHAYA (REKOMENDASI)												
PAGI				SIANG					SORE			
 : >300 lux (terlalu terang) : 200-300 lux (ideal/nyaman) : <200 lux (terlalu gelap)												

Tabel 4.30 Hasil Desain Rekomendasi Terpilih Ruang Kelas IPA VIII

Alternatif Terpilih	Keterangan
Desain	Shading Horizontal 2 sirip (Sirip atas 100 cm, sirip bawah 85 cm) Shading vertikal 3 sirip @40 cm Light selves 1 sirip (lebar 25 cm, ketinggian 110 cm dari lantai)
Perspektif tenggara dan barat laut	
	
Tampak Tenggara dan barat laut	
 <p>Keterangan: ■ : Sinar Matahari ■ : Pembayang Matahari Horizontal ■ : Pembayang Matahari Vertikal ■ : Lightselves</p>	
Potongan Ruang	
 <p>Keterangan: ■ : Sinar Matahari ■ : Pembayang Matahari Horizontal ■ : Pembayang Matahari Vertikal ■ : Lightselves</p>	
Interior Ruang	
	

Zonasi Ruang berdasarkan Tingkat Pencahayaan	Waktu	08.00	13.00	15.00
				
		Keterangan:		
		 : >300 lux (terlalu terang)  : 200-300 lux (ideal/nyaman)  : <200 lux (terlalu gelap)		
Tingkat Pencahayaan Alami Sepanjang Tahun	Waktu	21 Maret	21 Juni	22 Desember
	08.00			
	13.00			
	15.00			
		237 lux	233 lux	243 lux
		283 lux	257 lux	289 lux
	245 lux	221 lux	233 lux	

4.7.3 Ruang kelas IPA IX (Lantai 3)

1. Rekomendasi Eksterior (Bukaan)

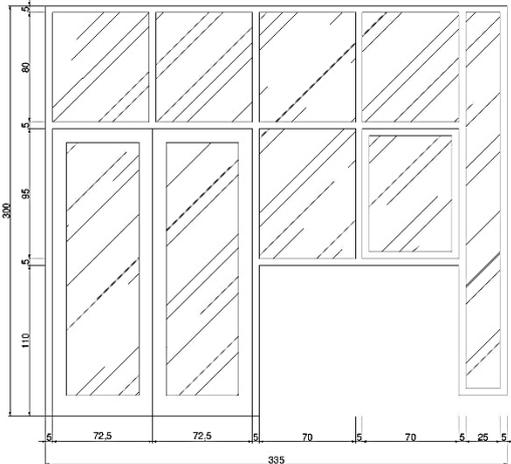
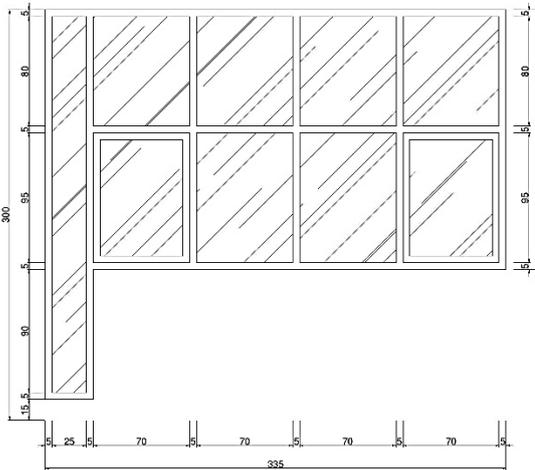
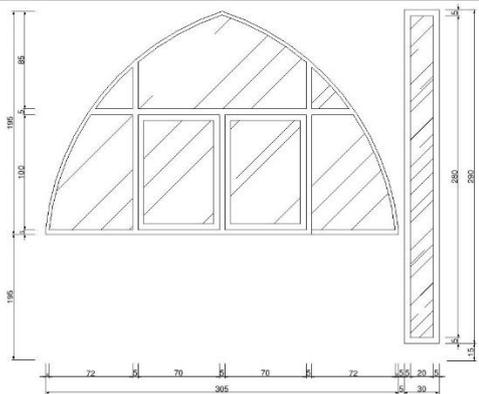
Pada kondisi eksisting, luas total bukaan pada ruang IPA IX 13,73 m² atau 22% dari luas ruang. Pada sisi tenggara bukaan memiliki WWR sebesar 21 % sedangkan di sisi barat laut sebesar 23%. Bukaan pada kelas IPA IX ini masih dapat dimodifikasi sedemikian rupa agar didapatkan pencahayaan yang optimal. Karena berdasarkan ASHRAE 90.1-2007 WWR yang direkomendasikan untuk pencahayaan yang baik adalah 20-30%, sehingga

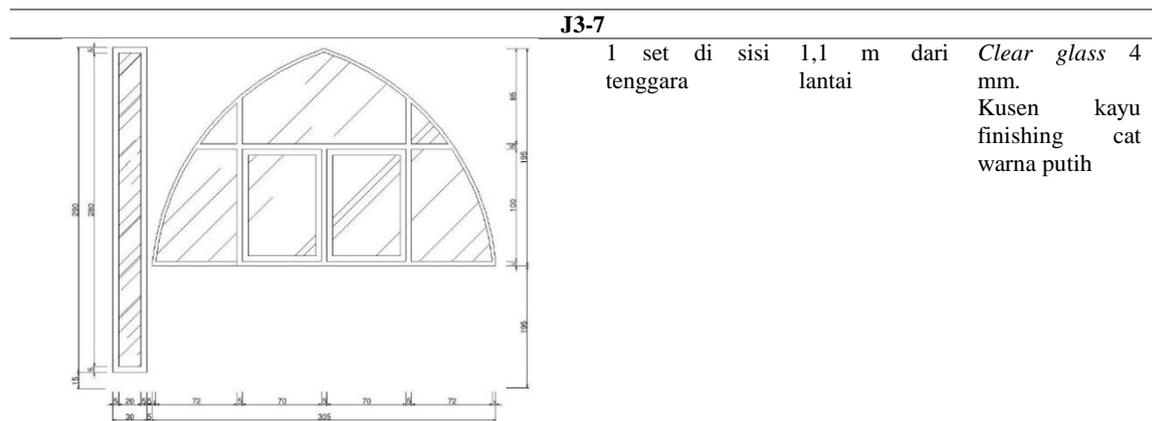
bukaan masih dapat ditambah presentase WWRnya pada saat penentuan desain untuk rekomendasi.

Tabel 4.31 Karakteristik Bukaan Eksisting pada Ruang Kelas IPA IX

Dimensi	Jumlah dan letak orientasi bukaan	Posisi dari lantai	Material
J3-1			
	1 set di sisi barat laut	1,1 m dari lantai	<i>Clear glass</i> 4 mm . Kusen aluminium putih
J3-2			
	1 set di sisi barat laut	1,1 m dari lantai	<i>Clear glass</i> 4 mm . Kusen aluminium putih
J3-3			
	2 set di sisi tenggara	1,1 m dari lantai	<i>Clear glass</i> 4 mm . Kusen aluminium putih

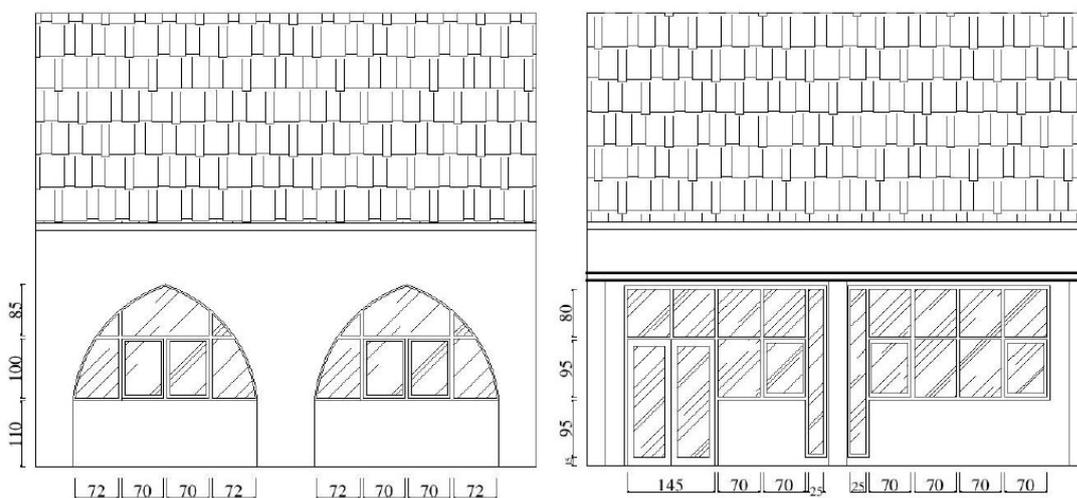
Tabel 4.32 Karakteristik Bukaan Rekomendasi pada Ruang Kelas IPA IX

Dimensi	Jumlah dan letak orientasi bukaan	Posisi dari lantai	Material
<p style="text-align: center;">J3-4</p> 	1 set di sisi barat laut	1,1 m dari lantai	<i>Clear glass</i> 4 mm. <i>Frosted glass</i> 4 mm pada kaca pintu. Kusen kayu finishing cat warna putih.
<p style="text-align: center;">J3-5</p> 	1 set di sisi barat laut	1,1 m dari lantai	<i>Clear glass</i> 4 mm pada jendela. Kusen kayu finishing cat warna putih.
<p style="text-align: center;">J3-6</p> 	1 set di sisi tenggara	1,1 m dari lantai	<i>Clear glass</i> 4 mm. Kusen kayu finishing cat warna putih



a. Alternatif 1

Alternatif bukaan 1 adalah gabungan antara jendela tenggara eksisting (J3-3 2 set) serta J3-4 dan J3-5 pada sisi barat laut. Jendela pada sisi barat laut dimodifikasi dengan menambahkan jendela vertikal di bagian tengah serta meninggikan jendela atas. Penambahan jendela vertikal dimaksudkan agar cahaya matahari dapat menerangi area tengah ruangan sedangkan peninggian jendela atas agar jangkauan sinar matahari lebih jauh sehingga pencahayaan pada ruang kelas menjadi lebih merata. Total luasan bukaan adalah $16,9 \text{ cm}^2$ yaitu 26,34% dari luas ruang. Luas bukaan tersebut meningkat dari kondisi eksisting yang hanya $13,72 \text{ cm}^2$ atau 21,44% dari luas ruang. WWR pada sisi tenggara adalah 21% sedangkan pada sisi barat laut sebesar 30%.

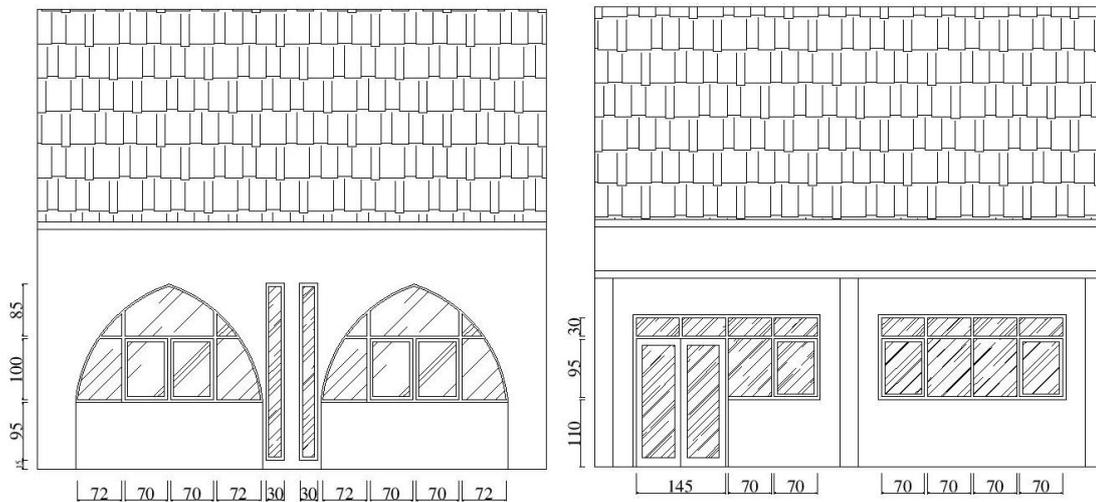


Gambar 4.86 Tampak Tenggara dan Barat Laut Ruang Alternatif 1 Rekomendasi Eksternal I Ruang Kelas IPA IX.

b. Alternatif 2

Alternatif bukaan 2 adalah gabungan antara jendela barat laut eksisting (J3-2 dan J3-4) serta J3-6 dan J3-7 pada sisi tenggara. Terdapat penambahan jendela vertikal dengan ketinggian 20 cm dari lantai pada sisi tenggara. Hal tersebut bertujuan agar area tengah ruangan mendapatkan sinar matahari sehingga pencahayaan alami dalam ruang menjadi lebih merata. Total luas bukaan pada alternatif 2 meningkat dari kondisi eksisting yang

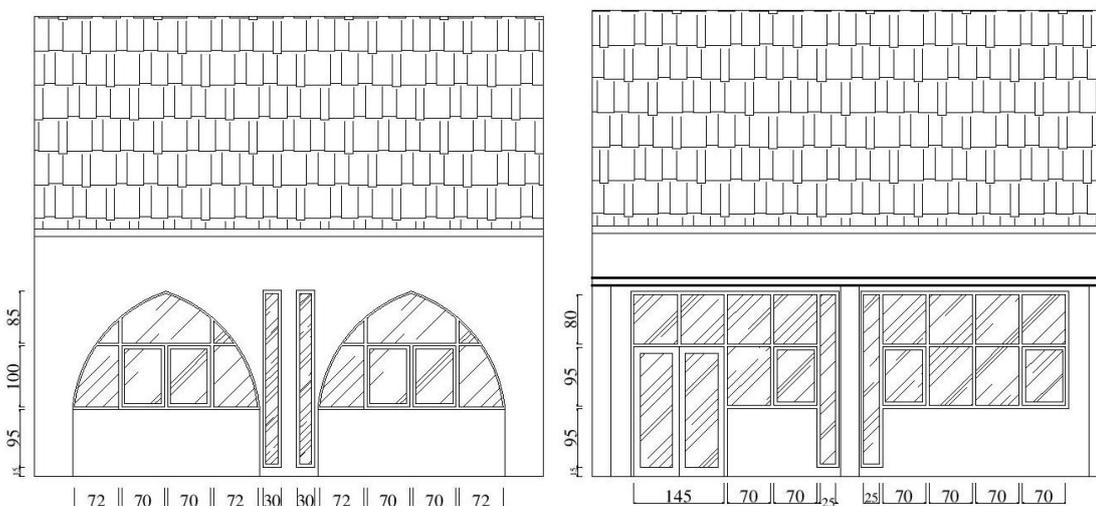
semula $13,72 \text{ cm}^2$ menjadi $14,84 \text{ cm}^2$ atau 23% dari luas ruang. WWR pada sisi barat laut sama seperti pada kondisi eksisting yaitu 22%, sedangkan pada sisi tenggara berubah menjadi 24%.



Gambar 4.87 Tampak Tenggara dan Barat Laut Ruang Alternatif 2 Rekomendasi Eksternal I Ruang Kelas IPA IX.

c. Alternatif 3

Alternatif bukaan 3 adalah gabungan antara J3-4 dan J3-5 pada sisi barat laut serta J3-6 dan J3-7 pada sisi tenggara. Dengan kata lain alternatif 3 merupakan gabungan antara modifikasi bukaan sisi barat laut pada alternatif 1 dan modifikasi bukaan sisi tenggara pada alternatif 2. Tujuan modifikasi bukaan juga sama dengan alternatif sebelumnya yaitu agar cahaya alami yang masuk ke dalam ruangan menjadi lebih merata. Total luasan bukaan pada alternatif ini diubah dari yang awalnya $13,44 \text{ cm}^2$ menjadi $17,98 \text{ cm}^2$ atau 28% dari luas ruang. WWR pada sisi tenggara adalah 30%, sedangkan pada sisi barat laut adalah 28%.



Gambar 4.88 Tampak Tenggara dan Barat Laut Ruang Alternatif 3 Rekomendasi Eksternal I Ruang Kelas IPA IX

d. Hasil pengukuran simulasi alternatif desain

Alternatif desain yang telah diruskan selanjutnya divalidasi dengan menggunakan *software* Dialux 4.12, sehingga tingkat pencahayaannya dapat diketahui seperti pada tabel 4.33. Dari hasil pengukuran tersebut dapat diketahui bahwa ketiga alternatif desain masih mempunyai rata-rata area yang memenuhi standar sangat rendah yaitu hanya sekitar 20%. Namun harus dipilih satu alternatif untuk selanjutnya dapat dimodifikasi kembali pada rekomendasi selanjutnya. Alternatif yang terpilih adalah alternatif 3 yang mempunyai rata-rata area yang memenuhi standar sebesar 29,6% atau 3,7 % lebih tinggi dibanding kedua alternatif lainnya.

Tabel 4.33 Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Simulasi Alternatif Desain (Rekomendasi Eksternal I) Ruang Kelas IPA IX

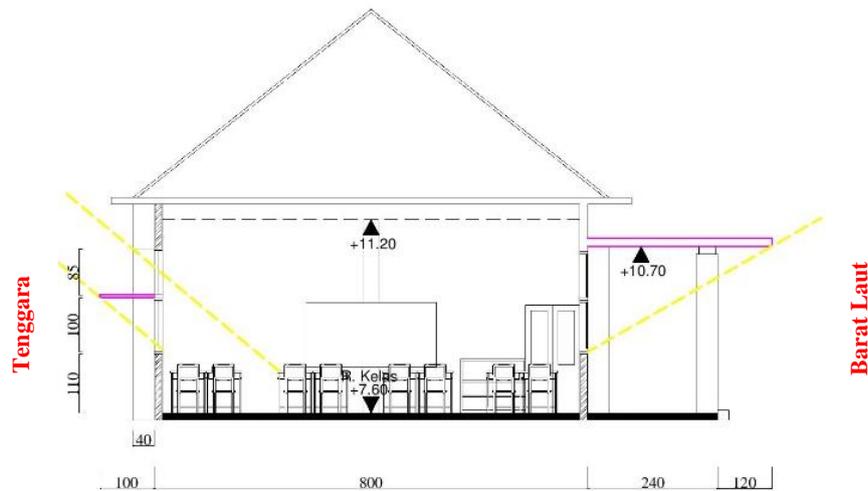
Waktu	Titik Ukur									Rata-rata (lux)	Area yang memenuhi Standar	Rata-rata Area yang memenuhi Standar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
<i>ALTERNATIF 1 (EKSTERNAL I)</i>												
PAGI	599	272	604	228	250	245	405	381	388	375	44,4%	25,9%
SIANG	781	355	788	298	326	320	529	496	506	489	11,1%	
SORE	512	233	517	195	214	198	347	325	332	320	22,2%	
<i>ALTERNATIF 2 (EKSTERNAL I)</i>												
PAGI	601	264	606	222	238	240	393	302	377	358	44,4%	25,9%
SIANG	784	345	790	305	311	312	512	367	491	467	0%	
SORE	514	226	518	190	204	196	336	241	322	306	33,3%	
<i>ALTERNATIF 3 (EKSTERNAL I)</i>												
PAGI	603	376	609	233	262	250	409	386	392	391	33,3%	29,6%
SIANG	787	490	794	299	342	300	534	503	511	510	22,2%	
SORE	516	321	521	200	224	214	350	330	335	334	33,3%	

: >300 lux (terlalu terang) : 200-300 lux (ideal/nyaman) : <200 lux (terlalu gelap)

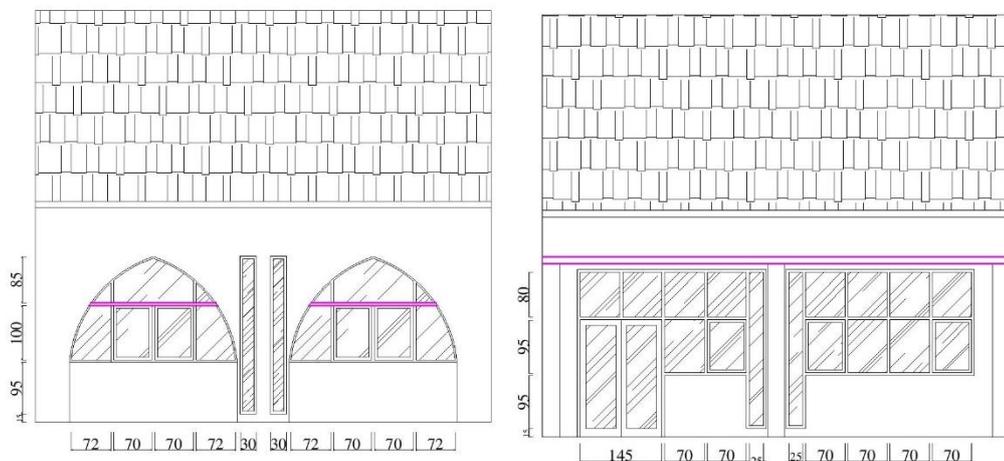
2. Rekomendasi Eksterior (Bukaan-Pembayang Matahari)

a. Alternatif 1

Alternatif 1 menambahkan pembayang matahari di sisi tenggara dan memodifikasi pembayang matahari di sisi barat laut. Di sisi tenggara ditambahkan pembayang matahari horizontal 1 sirip dengan lebar 1 m dan di sisi barat laut pembayang matahari diperlebar 20 cm, dari yang awalnya 1 m menjadi 1,2 m. Pembayang matahari di sisi tenggara diletakkan 2,15 m dari lantai atau pada kusen jendela. Berdasarkan sbv, masih terdapat sinar matahari langsung yang masuk ke dalam ruangan melalui jendela di atas pembayang matahari tambahan namun sudah dapat membayangi bukaan di bawah pembayang matahari tersebut. Di sisi barat laut pembayang matahari sudah dapat menaungi bukaan pada sisi tersebut.



Gambar 4.89 Potongan Ruang Alternatif 1 Rekomendasi Eksternal II Ruang Kelas IPA

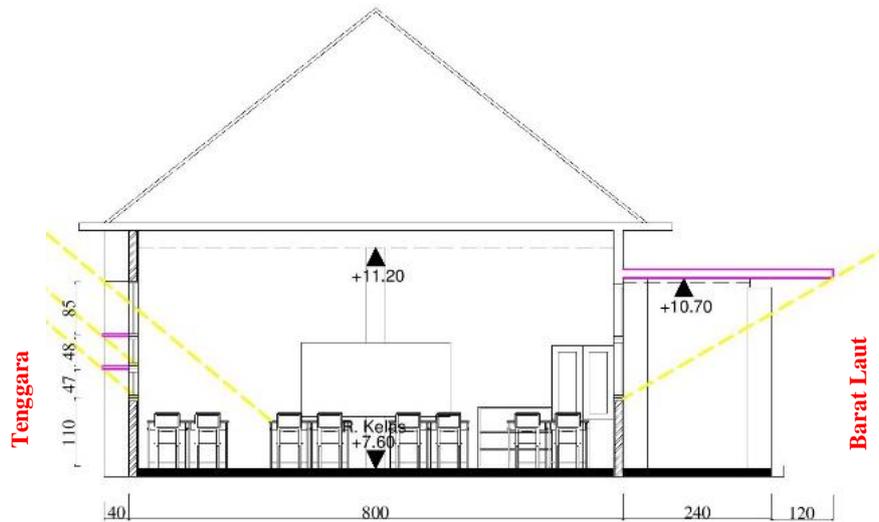


Gambar 4.90 Tampak Tenggara dan Barat Laut Ruang Alternatif 1 Rekomendasi Eksternal II Ruang Kelas IPA

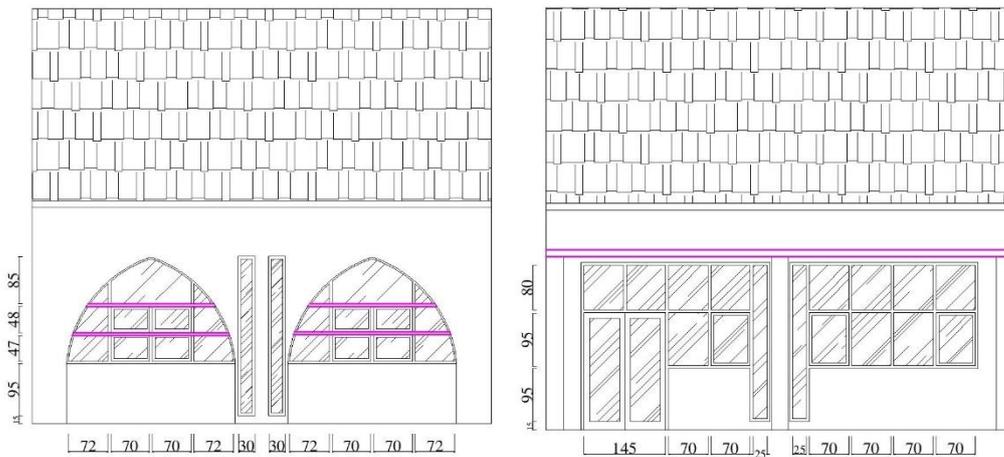
Keterangan: ■ : Sinar Matahari ■ : Pembayang Matahari Horizontal ■ : Pembayang Matahari Vertikal ■ : Lightselves

b. Alternatif 2

Alternatif 2 mirip dengan alternatif 1, hanya saja pembayang matahari di sisi tenggara di bagi menjadi dua sirip dengan masing-masing lebar 40 cm. Hal tersebut dapat mengurangi beban struktur juga dapat meminimalisir perubahan bentuk fasad yang terlalu berlebihan. Pada alternatif 1, pembayang matahari tambahan memiliki lebar 1 m melebihi lebar fasad tambahan pada kondisi eksisting yaitu 40 cm. Modifikasi pembayang matahari tambahan menjadi dua sirip menyebabkan adanya perubahan pada jendela di sisi tenggara yaitu dengan penambahan kusen sebagai tempat meletakkan pembayang matahari.



Gambar 4.91 Potongan Ruang Alternatif 2 Rekomendasi Eksternal II Ruang Kelas IPA

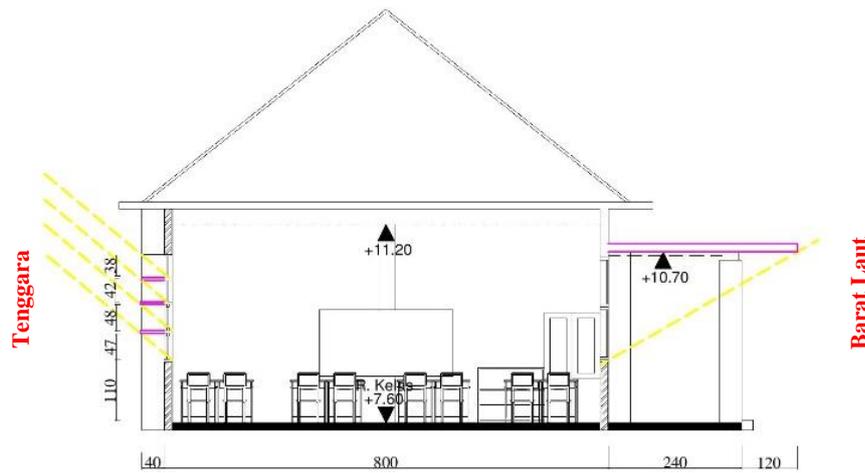


Gambar 4.92 Tampak Tenggara dan Barat Laut Ruang Alternatif 2 Rekomendasi Eksternal II Ruang Kelas IPA

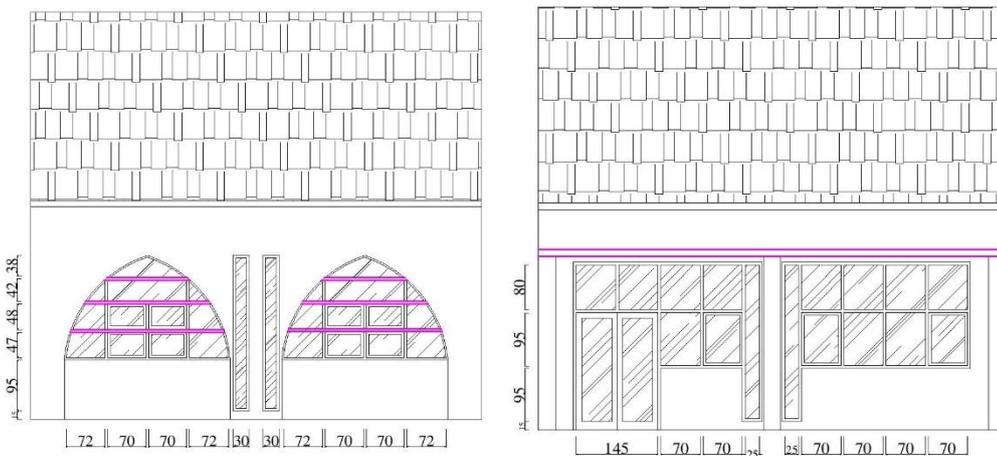
Keterangan: — : Sinar Matahari — : Pembayang Matahari Horizontal — : Pembayang Matahari Vertikal — : Lightselves

c. Alternatif 3

Alternatif 3 merupakan lanjutan dari alternatif 2 yaitu dengan melakukan penambahan pembayang matahari untuk menaungi bukaan di sisi tenggara yang tidak ternaungi pada alternatif 1 dan 2. Jumlah pembayang matahari horizontal pada sisi tenggara menjadi 3 sirip pada alternatif 3. Pada sisi barat laut, pembayang matahari sama seperti alternatif sebelumnya yaitu dengan lebar lebih dari 120 cm lebar koridor. Berdasarkan sbv, pembayang matahari pada alternatif 3 baik di sisi tenggara maupun barat laut sudah dapat menaungi bukaan dari sinar matahari langsung.



Gambar 4.93 Potongan Ruang Alternatif 2 Rekomendasi Eksternal II Ruang Kelas IPA



Gambar 4.94 Tampak Tenggara dan Barat Laut Ruang Alternatif 3 Rekomendasi Eksternal II Ruang Kelas IPA

Keterangan: █ : Sinar Matahari █ : Pembayang Matahari Horizontal █ : Pembayang Matahari Vertikal █ : Lightselves

d. Hasil pengukuran simulasi alternatif desain

Hasil pengukuran alternatif desain eksterior (bukaan-pembayang matahari) dapat diketahui setelah melakukan simulasi melalui aplikasi Dialux 4.12. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.36.

Tabel 4.34 Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Simulasi Alternatif Desain (Rekomendasi Eksternal II) Ruang Kelas IPA IX

Waktu	Titik Ukur									Rata-rata (lux)	Area yang memenuhi Standar	Rata-rata Area yang memenuhi Standar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
ALTERNATIF 1												
PAGI	321	330	345	243	251	229	363	315	364	229	33%	37%
SIANG	327	332	412	272	272	248	359	309	343	248	33%	
SORE	295	319	320	240	246	228	430	394	433	228	44%	
ALTERNATIF 2												
PAGI	230	275	240	220	237	214	356	306	354	270	67%	67%
SIANG	229	288	281	249	259	233	350	297	333	280	67%	
SORE	243	285	283	225	237	218	426	388	427	304	67%	
ALTERNATIF 3												
PAGI	217	266	226	206	223	201	350	299	347	260	78%	75%
SIANG	232	283	274	233	243	217	344	288	322	271	78%	
SORE	241	281	279	215	227	205	419	382	422	297	67%	

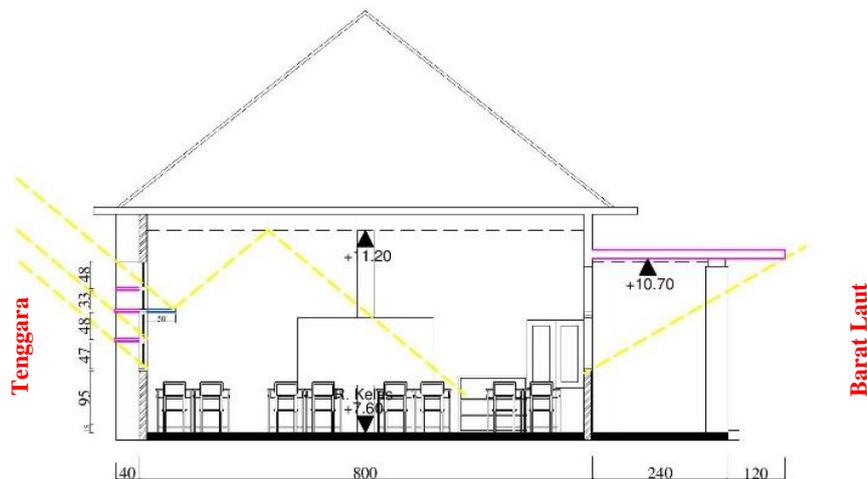
: >300 lux (terlalu terang) : 200-300 lux (ideal/nyaman) : <200 lux (terlalu gelap)

Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 4.36 dapat diketahui bahwa alternatif desain 3 merupakan alternatif desain dengan presentase area yang memenuhi standar pencahayaan terbanyak dibandingkan alternatif lainnya yaitu sebesar 75%. Area pada sisi barat laut masih terdapat beberapa yang melebihi standar, namun masih lebih baik jika dibandingkan dengan alternatif 1 dan 2. Oleh karena itu alternatif 3 adalah alternatif terpilih yang akan dikembangkan pada rekomendasi selanjutnya agar mendapat hasil pencahayaan yang lebih merata serta memenuhi standar.

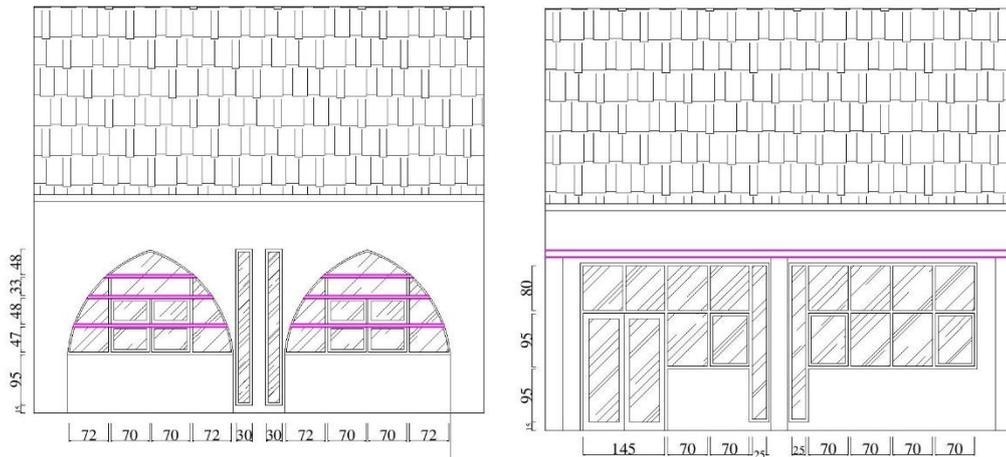
3. Rekomendasi Eksterior-Interior (Bukaan-Pembayang Matahari-*Lightselves*)

a. Alternatif 1

Penambahan lightself 1 sirip pada sisi tenggara dilakukan pada alternatif 1 ini. Lightself memiliki lebar 50 cm dengan ketinggian 2,15 m dari lantai. Penambahan lightself ini bertujuan agar sinar matahari lebih merata di dalam ruang. Sinar matahari dapat dipantulkan ke dalam ruang jika pembayang matahari di sisi tenggara mengalami sedikit perubahan dari rekomendasi sebelumnya. Sirip teratas diturunkan 9 cm agar sinar matahari dapat mengenai lightself dan dipantulkan ke dalam ruangan. Perubahan tersebut otomatis juga merubah jendela pada sisi tenggara yaitu dengan meletakkan kusen di tempat diletakkannya pembayang matahari.



Gambar 4.95 Pootngan Ruang Alternatif 1 Rekomendasi Eksternal-Internal Ruang Kelas IPA

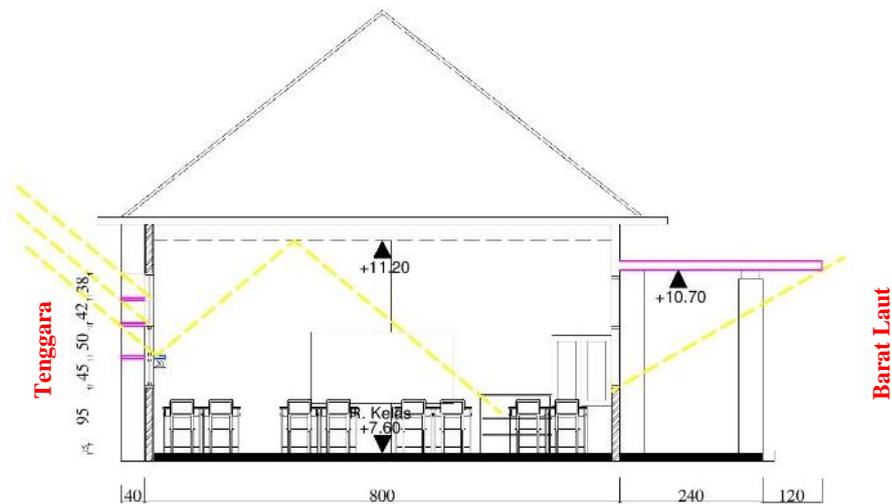


Gambar 4.96 Tampak Tenggara dan Barat Laut Ruang Alternatif 1 Rekomendasi Eksternal-Internal Ruang Kelas IPA

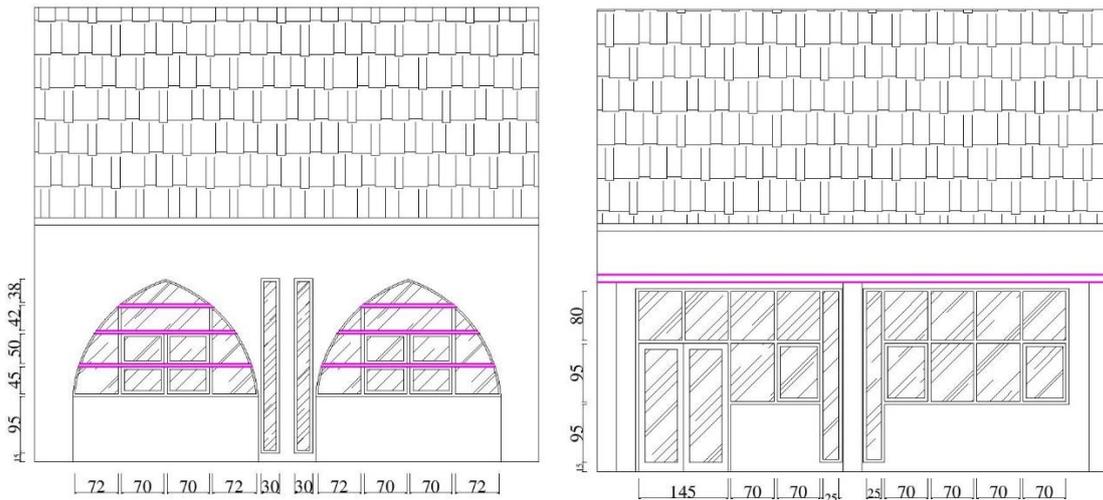
Keterangan: ■ : Sinar Matahari ■ : Pembayang Matahari Horizontal ■ : Pembayang Matahari Vertikal ■ : Lightselves

b. Alternatif 2

Pada alternatif 2 lightself dengan lebar 20 cm ditambahkan di sisi tenggara pada ketinggian 1,6 m dari lantai. Agar sinar matahari dapat dipantulkan oleh lightself tersebut maka terjadi sedikit perubahan posisi pada pembayang matahari horizontal. Pembayang matahari horizontal sirip paling bawah diturunkan beberapa cm (3 cm). Perubahan jendela yaitu desain posisi kusen mengikuti tempat perletakan pembayang matahari horizontal tersebut.



Gambar 4.97 Potongan Ruang Alternatif 2 Rekomendasi Eksternal-Internal Ruang Kelas IPA

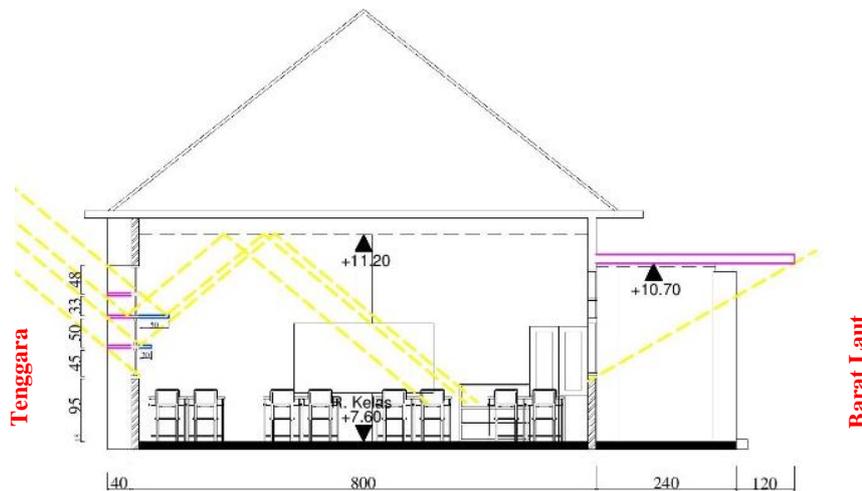


Gambar 4.98 Tampak Tenggara dan Barat Laut Ruang Alternatif 2 Rekomendasi Eksternal-Internal Ruang Kelas IPA

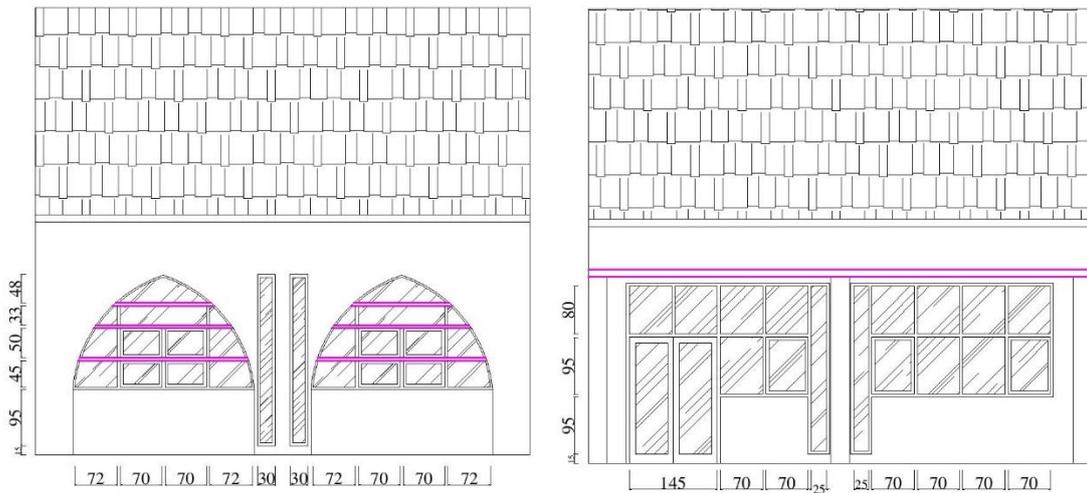
Keterangan: ■ : Sinar Matahari ■ : Pembayang Matahari Horizontal ■ : Pembayang Matahari Vertikal ■ : Lightselves

c. Alternatif 3

Alternatif 3 merupakan perpaduan antara alternatif 1 dan 2. Terjadi penambahan lightselves 2 sirip pada sisi tenggara. Posisi pembayang matahari horizontal di luar juga gabungan alternatif 1 dan 2, dimana jika dibandingkan dengan alternatif terpilih pada rekomendasi eksternal 2, pembayang matahari horizontal sirip paling atas diturunkan 9 cm, sedangkan sirip bawah diturunkan 3 cm. Penambahan dua lightselves ini membuat ruangan mendapatkan pencahayaan yang lebih merata.



Gambar 4.99 Potongan Ruang Alternatif 3 Rekomendasi Eksternal-Internal Ruang Kelas IPA

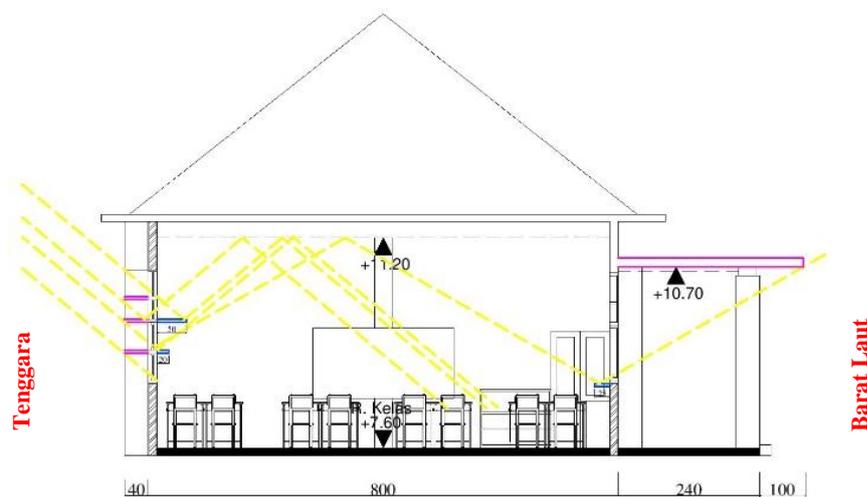


Gambar 4.100 Tampak Tenggara dan Barat Laut Ruang Alternatif 3 Rekomendasi Eksternal-Internal Ruang Kelas IPA

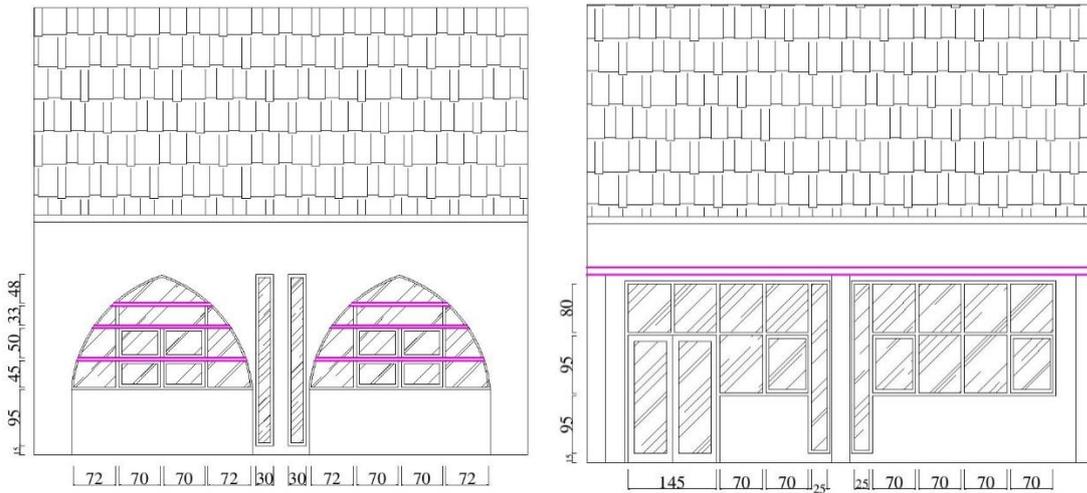
Keterangan: ■ : Sinar Matahari ■ : Pembayang Matahari Horizontal ■ : Pembayang Matahari Vertikal ■ : Lightselves

d. Alternatif 4

Selain pembahan lightselves di sisi tenggara, juga dilakukan penambahan lightself di sisi barat laut pada alternatif 4. Lightselves pada sisi tenggara sama dengan penambahan pada alternatif 3. Sedangkan pada sisi barat laut, agar sinar matahari dapat dipantulkan oleh lightself maka dilakukan pengurangan lebar pembayang matahari di sisi barat laut sebesar 20 cm dari alternatif terpilih pada rekomendasi eksternal 2. Dengan kata lain, pembayang matahari pada sisi barat laut sama pembayang matahari pada kondisi eksisting.



Gambar 4.101 Potongan Ruang Alternatif 4 Rekomendasi Eksternal-Internal Ruang Kelas IPA

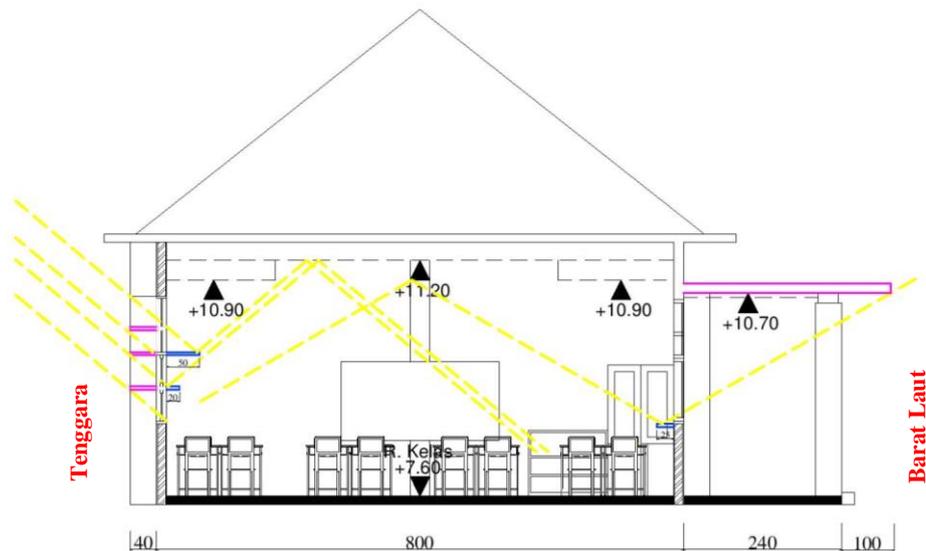


Gambar 4.102 Tampak Tenggara dan Barat Laut Ruang Alternatif 4 Rekomendasi Eksternal-Internal Ruang Kelas IPA

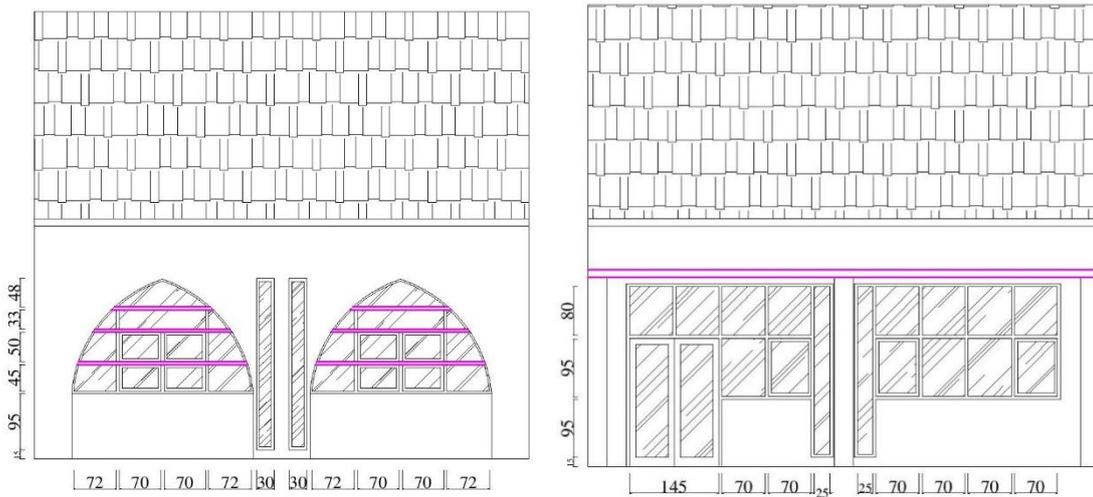
Keterangan: ■ : Sinar Matahari ■ : Pembayang Matahari Horizontal ■ : Pembayang Matahari Vertikal ■ : Lightselves

e. Alternatif 5

Alternatif 5 merupakan pengembangan dari alternatif 4 dengan penurunan plafon sebesar 30 cm pada area sisi tenggara dan barat laut ruangan. Hal tersebut dilakukan untuk menurunkan tingkat pencahayaan di area sisi barat laut dan tenggara sehingga pencahayaan dalam ruang dapat lebih merata. Modifikasi bukaan, pembayang matahari dan lightselves sama seperti pada alternatif 4 yaitu terdapat pembayang matahari 3 sirip di sisi tenggara, lightselves 2 sirip di sisi tenggara, serta lightself 1 sirip di sisi barat laut.



Gambar 4.103 Potongan Ruang Alternatif 3 Rekomendasi Eksternal-Internal Ruang Kelas IPA



Gambar 4.104 Tampak Tenggara dan Barat Laut Ruang Alternatif 5 Rekomendasi Eksternal-Internal Ruang Kelas IPA

Keterangan: ■ : Sinar Matahari ■ : Pembayang Matahari Horizontal ■ : Pembayang Matahari Vertikal ■ : Lightselves

f. Hasil pengukuran simulasi alternatif desain

Hasil pengukuran konsep alternatif desain pada rekomendasi eksternal-internal menggunakan simulasi Dialux 4.12 dapat diketahui pada Tabel 4.36. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa alternatif 5 mempunyai presentase rata-rata area yang memenuhi standar (200-300 lux) tertinggi dari pada alternatif lainnya yaitu 97%. Alternatif 1 dan 3 mempunyai presentase area yang memenuhi standar terendah yaitu hanya 41%, sedangkan alternatif 2 sebesar 67% dan alternatif 4 sebesar 64%. Oleh karena itu alternatif 5 adalah alternatif yang terpilih dari rekomendasi eksternal-internal pada ruang kelas IPA IX.

Tabel 4.35 Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Simulasi Alternatif Desain (Rekomendasi Eksternal-Internal) Ruang Kelas IPA IX

Waktu	Titik Ukur									Rata-rata (lux)	Area yang memenuhi Standar	Rata-rata Area yang memenuhi Standar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
ALTERNATIF 1												
PAGI	306	308	264	213	233	206	354	304	352	282	44%	41%
SIANG	332	329	318	225	243	211	343	287	321	290	44%	
SORE	320	315	308	217	231	208	422	385	423	314	33%	
ALTERNATIF 2												
PAGI	205	262	218	208	224	202	351	301	349	258	67%	67%
SIANG	212	272	256	220	229	205	339	283	318	259	67%	
SORE	229	275	271	214	226	208	421	384	423	294	67%	
ALTERNATIF 3												
PAGI	301	307	255	206	226	202	350	301	349	277	44%	41%
SIANG	328	327	309	220	236	206	340	284	318	285	44%	
SORE	319	316	301	212	226	205	418	382	421	311	33%	
ALTERNATIF 4												
PAGI	296	300	249	200	218	195	313	267	316	262	56%	64%
SIANG	322	320	304	213	230	200	302	255	291	271	67%	
SORE	314	312	297	205	219	200	259	311	235	261	67%	
ALTERNATIF 5												
PAGI	276	277	224	197	221	200	297	249	299	249	89%	97%
SIANG	298	292	272	209	233	202	283	237	272	255	100%	
SORE	295	288	275	202	224	205	243	292	215	249	100%	

□ : >300 lux (terlalu terang) □ : 200-300 lux (ideal/nyaman) □ : <200 lux (terlalu gelap)

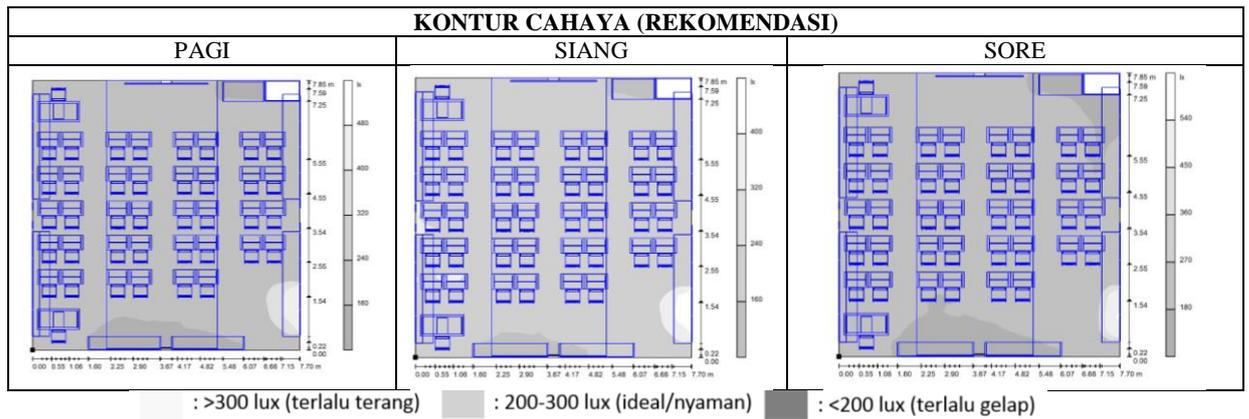
4. Kesimpulan

Dari semua rekomendasi desain yang telah diteliti didapatkan satu alternatif desain yang terpilih yang mempunyai rata-rata area yang memenuhi standar tertinggi dibandingkan alternatif lain. Alternatif tersebut merupakan alternatif 5 dari rekomendasi eksternal-internal. Desain pada alternatif tersebut menggunakan pembayang matahari 3 sirip di sisi tenggara, pembayang matahari eksisting di sisi barat laut, lightselves 2 sirip di sisi tenggara, lightselves 1 sirip di sisi barat laut, serta penambahan luas bukaan (Tabel 4.38, Lampiran 2). Dimensi dan posisi elemen-elemen yang mempengaruhi pencahayaan dalam ruang tersebut disesuaikan dengan SNI 03-2396-2001 mengenai standar tingkat pencahayaan pada ruang kelas yaitu standar luasan bukaan dan juga sbv untuk pembayang matahari.

Pada tabel 4.37 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan presentase area yang memenuhi standar yaitu sebesar 60% dari kondisi eksisting. Pada kondisi eksisting pencahayaan alami pada ruang kelas nampak kurang merata dimana area-area yang dekat dengan bukaan (titik ukur 1-3 dan 6-9) cenderung terlalu terang. Namun pada hasil rekomendasi pencahayaan alami pada ruang kelas cenderung lebih merata.

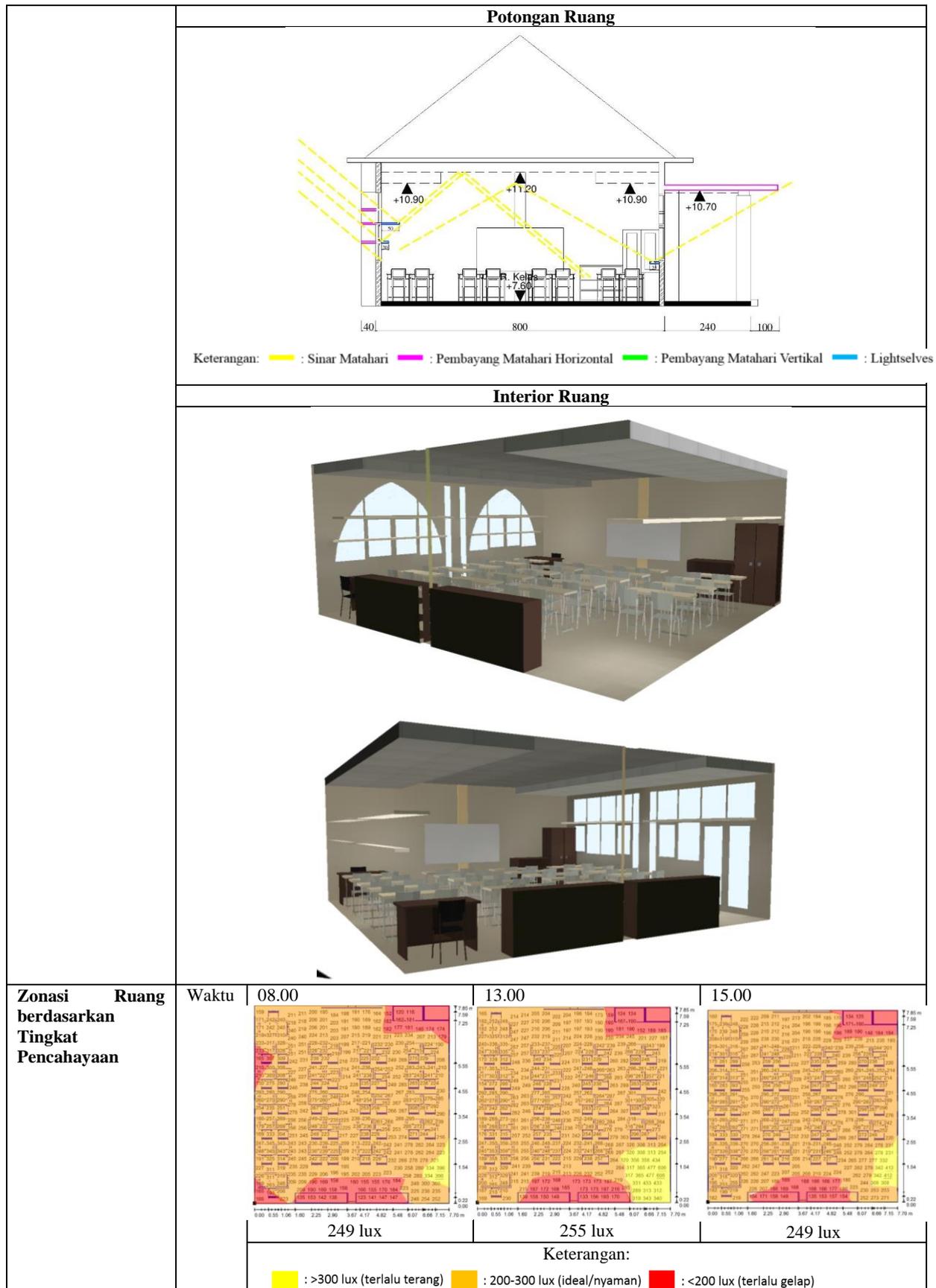
Tabel 4.36 Hasil Perbandingan Tingkat Pencahayaan Alami Eksisting dan Rekomendasi Desain Terpilih Ruang Kelas IPA IX

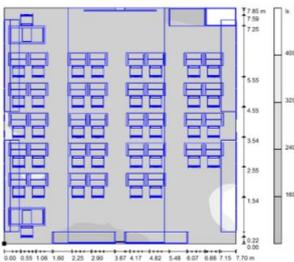
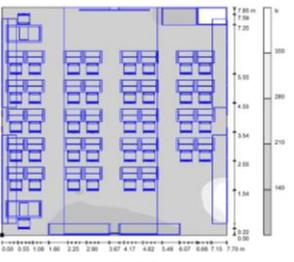
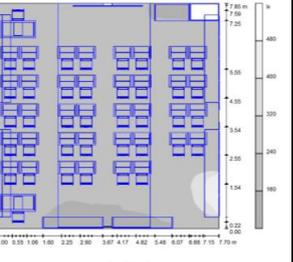
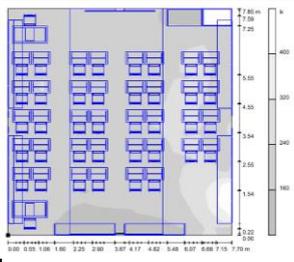
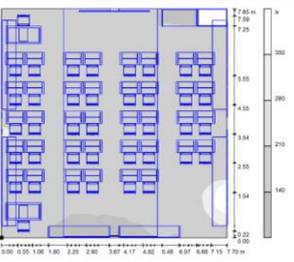
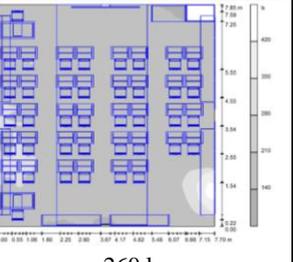
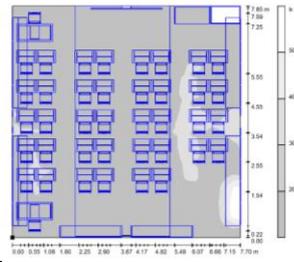
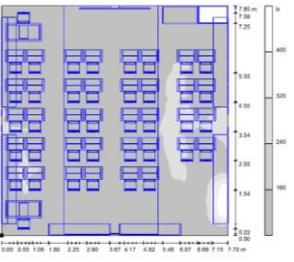
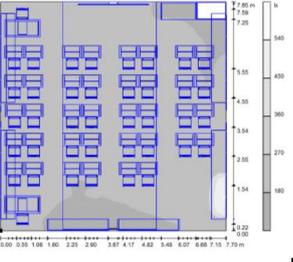
Waktu	Titik Ukur									Rata-rata (lux)	Area yang Memenuhi Standar	Rata-rata Area yang Memenuhi Standar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
EKSISTING												
PAGI	601	319	605	223	239	240	393	340	377	359	33%	26%
SIANG	784	353	789	290	311	313	512	368	492	468	11%	
SORE	514	232	512	190	204	205	336	382	322	307	34%	
KONTUR CAHAYA (EKSISTING)												
PAGI				SIANG					SORE			
REKOMENDASI TERPILIH												
PAGI	276	277	224	197	221	200	297	249	299	249	89%	97%
SIANG	298	292	272	209	233	202	283	237	272	255	100%	
SORE	295	288	275	202	224	205	243	292	215	249	100%	



Tabel 4.37 Hasil Desain Rekomendasi Terpilih Ruang Kelas IPA IX

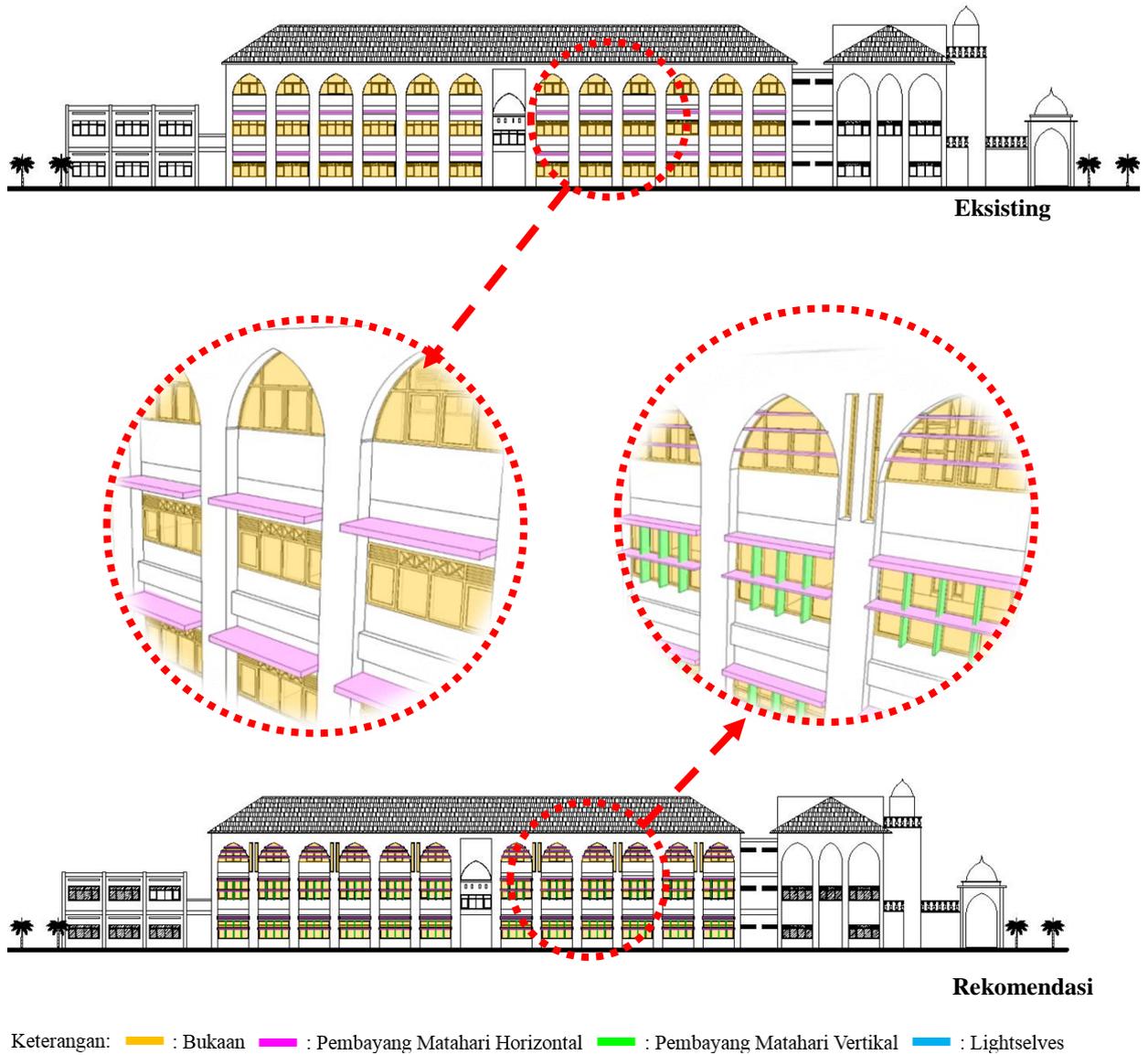
Alternatif Terpilih Desain	Keterangan
	Shading horizontal tenggara 3 sirip Light selves tenggara 2 sirip Light self barat laut 1 sirip Penurunan plafon 30 cm
	Perspektif tenggara dan barat laut
	Tampak Tenggara dan barat laut
	Keterangan: : Sinar Matahari : Pembayang Matahari Horizontal : Pembayang Matahari Vertikal : Lightselves



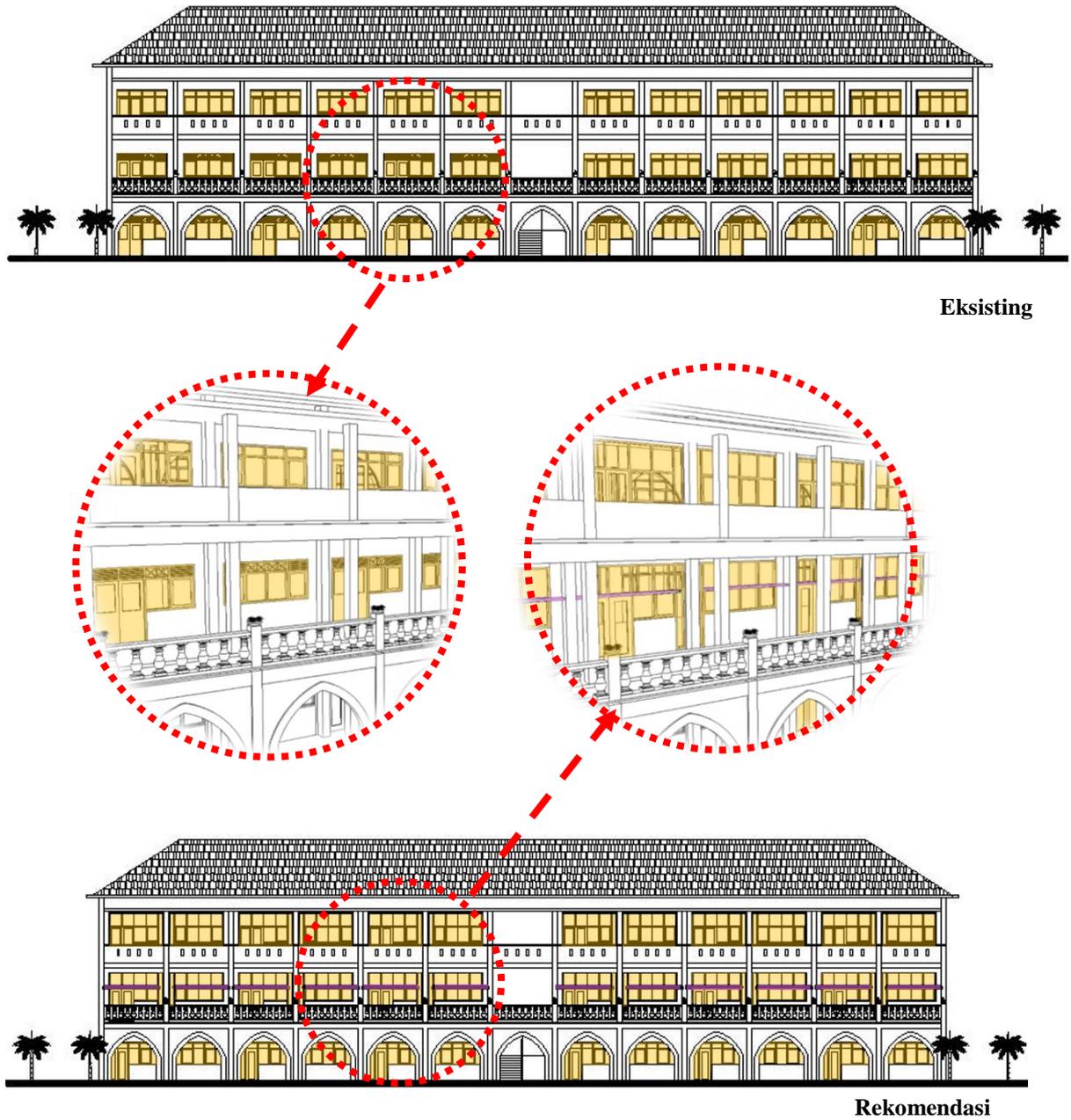
Tingkat Pencahayaan Alami Sepanjang Tahun	Waktu	21 Maret	21 Juni	22 Desember
	08.00			
		253 lux	218 lux	261 lux
	13.00			
		270 lux	229 lux	260 lux
	15.00			
		273 lux	220 lux	262 lux

4.7.4 Kesimpulan rekomendasi desain

Berdasarkan rekomendasi desain, diketahui bahwa peningkatan kinerja pencahayaan alami pada ruang kelas SMP Islam Sabilillah Malang dapat dilakukan dengan beberapa strategi antara lain bukaan, pembayang matahari, *lightselves*, dan elemen plafon ruang (lantai 3). Strategi-strategi tersebut berdampak pada perubahan eksterior dan interior. Pada eksterior, perubahan terlihat pada perubahan bukaan dan penambahan elemen pembayang. Konsep bangunan yang digunakan adalah konsep arsitektur timur tengah dengan penggunaan detail dengan elemen geometris. Fasad yang ditonjolkan terdiri dari garis vertikal dan lengkung. Pada rekomendasi desain ciri khas dari fasad bangunan tersebut masih tetap terlihat yang menunjukkan bahwa perubahan fasad yang terjadi tidak mengubah konsep bangunan yang sudah ada sebelumnya.



Gambar 4.105 Fasad Bangunan Tenggara Eksisting dan Rekomendasi



Keterangan: ■ : Bukaan ■ : Pembayang Matahari Horizontal ■ : Pembayang Matahari Vertikal ■ : Lightselves

Gambar 4.106 Fasad Bangunan Barat Laut Eksisting dan Rekomendasi

Berikut ini adalah kesimpulan rekomendasi desain secara terperinci:

Tabel 4.38 Kesimpulan Rekomendasi Desain

Ruang Matematika VII			
Kondisi Eksisting	Rekomendasi Eksternal I	Rekomendasi Eksternal 2	Rekomendasi Eksternal-Internal
-Rasio bukaan terhadap luas ruang 20% - WWR sisi tenggara dan barat laut 20% -Pembayang matahari horizontal di sisi tenggara 1 sirip lebar 1 m, tinggi 3,1 m dari lantai -Pembayang matahari barat laut lebar 4 m dengan ketinggian 3,3 m dari lantai	-Rasio luas bukaan terhadap luas ruang 25% -WWR sisi tenggara 26,5 % -WWR sisi barat laut 25%	-Rasio luas bukaan terhadap luas ruang 25% -WWR sisi tenggara 26,5 % -WWR sisi barat laut 25% -Pembayang matahari horizontal di sisi tenggara dua sirip dengan ketinggian 1,1 m (lebar 85 cm) dan 2,15 m (lebar 1m) -Pembayang matahari vertikal di sisi tenggara dengan lebar 40 cm.	-Rasio luas bukaan terhadap luas ruang 25% -WWR sisi tenggara 26,5 % -WWR sisi barat laut 25% -Pembayang matahari horizontal di sisi tenggara dua sirip dengan ketinggian 1,1 m (lebar 85 cm) dan 2,15 m (lebar 60 cm) -Pembayang matahari vertikal di sisi tenggara dengan lebar 40 cm. - <i>Lightshelves</i> sisi tenggara 2 sirip dengan lebar 25 cm (h 1,1 m) dan 40 cm (h 2,15 m)
Kinerja Pencahayaan Alami : 33%	Kinerja Pencahayaan Alami : 44%	Kinerja Pencahayaan Alami : 48 %	Kinerja Pencahayaan alami : 93 %
Ruang IPA VIII			
Kondisi Eksisting	Rekomendasi Eksternal I	Rekomendasi Eksternal 2	Rekomendasi Eksternal-Internal
-Rasio bukaan terhadap luas ruang 20% - WWR sisi tenggara dan barat laut 20% -Pembayang matahari horizontal di sisi tenggara 1 sirip lebar 1 m, tinggi 3,1 m dari lantai -Pembayang matahari barat laut lebar 4 m dengan ketinggian 3,3 m dari lantai	- Rasio luas bukaan terhadap luas ruang 30% -WWR sisi tenggara 29% - WWR sisi barat laut 28,5 %	- Rasio luas bukaan terhadap luas ruang 30% -WWR sisi tenggara 29% - WWR sisi barat laut 28,5 % -Pembayang matahari vertikal disisi tenggara dengan lebar 40 cm -Pembayang matahari horizontal dua sirip di sisi tenggara dengan lebar 85 cm (h 2,15 m) dan 100 cm (h 3,1 m) -Pembayang matahari horizontal di sisi barat laut dengan lebar 40 cm (h 2,15 m)	- Rasio luas bukaan terhadap luas ruang 30% -WWR sisi tenggara 29% - WWR sisi barat laut 28,5 % -Pembayang matahari vertikal disisi tenggara dengan lebar 40 cm -Pembayang matahari horizontal dua sirip di sisi tenggara dengan lebar 60 cm (h 2,15 m) dan 70 cm (h 3,1 m) -Pembayang matahari horizontal di sisi barat laut dengan lebar 40 cm (h 2,15 m) - <i>Lightshelves</i> di sisi tenggara dua sirip dengan lebar 30 cm (h 1,25 m) dan 40 cm (h 2,15 m) - <i>Lightshelves</i> di sisi barat laut dengan lebar 30 cm (h 1,25 m)
Kinerja Pencahayaan Alami : 37%	Kinerja Pencahayaan Alami : 40,8 %	Kinerja Pencahayaan Alami : 52%	Kinerja Pencahayaan alami : 97 %

Ruang IPA IX			
Kondisi Eksisting	Rekomendasi Eksternal I	Rekomendasi Eksternal 2	Rekomendasi Eksternal-Internal
-Rasio bukaan terhadap luas ruang 21% - WWR sisi tenggara 21 % dan barat laut 22% -Pembayang matahari horizontal di sisi tenggara 1 sirip lebar 1 m, tinggi 3,1 m dari lantai -Pembayang matahari barat laut lebar 4 m dengan ketinggian 3,3 m dari lantai	- Rasio luas bukaan terhadap luas ruang 28% -WWR sisi tenggara 30% -WWR sisi barat laut 28%	- Rasio luas bukaan terhadap luas ruang 28% -WWR sisi tenggara 30% -WWR sisi barat laut 28% - Pembayang matahari tenggara horizontal 3 sirip dengan ketinggian (1,57 m; 2,05 m; 2,47 m) dengan lebar yang sama yaitu 40 cm. -Lebar pembayang matahari barat laut ditambah 20 cm.	- Rasio luas bukaan terhadap luas ruang 28% -WWR sisi tenggara 30% -WWR sisi barat laut 28% - Pembayang matahari tenggara : Horizontal 3 sirip dengan lebar 40 cm dengan ketinggian masing-masing 1,45 m;1,95 m; 2,38 m -Lebar pembayang matahari barat laut sesuai kondisi eksisting. - <i>Lightshelves</i> sisi tenggara dua sirip dengan ketinggian 1,45 m dari lantai (lebar 20 cm) dan 1,95 m (lebar 50 cm) - <i>Lightshelves</i> sisi barat laut dengan ketinggian 1,1 m (lebar 25 cm) - Penurunan plafon 30 cm pada area sisi tenggara dan barat laut ruangan.
Kinerja Pencahayaan Alami : 26%	Kinerja Pencahayaan Alami : 30%	Kinerja Pencahayaan Alami : 75 %	Kinerja Pencahayaan alami : 97 %