

BAB V

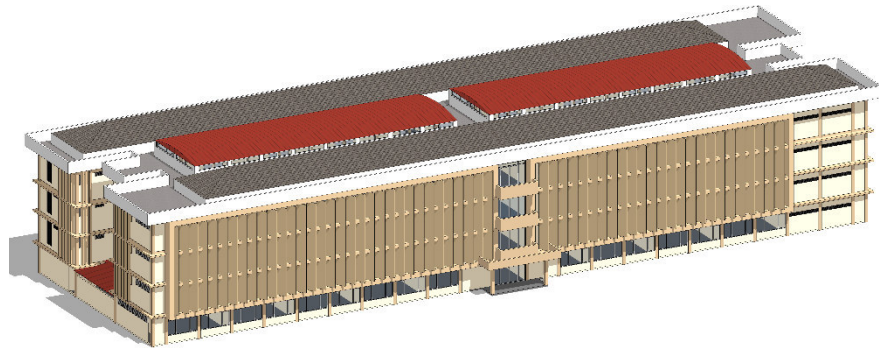
HASIL DAN PEMBAHASAN REDESAIN

5.1. Pengembangan Alternatif Desain

Penelitian ini menyusun empat alternatif desain selubung berbasis strategi pasif, yang mengombinasikan *skylight* dan *secondary skin* dengan berbagai konfigurasi. Keempat alternatif kemudian diuji melalui simulasi *VELUX Daylight Visualizer* untuk menilai efektivitasnya dalam meningkatkan distribusi cahaya dan menentukan desain dengan performa terbaik.

5.1.1. Alternatif Desain 1

Alternatif desain 1 pada **Gambar 5.1.** mengembangkan analisis berdasarkan kondisi eksisting yang berfokus pada penambahan *clerestory skylight* untuk mendistribusikan cahaya ke area tengah dan *passive secondary skin* untuk mengendalikan cahaya berlebih dari fasad.

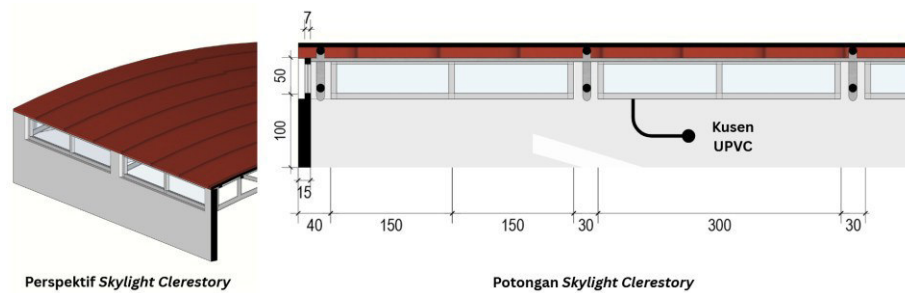


Gambar 5. 1. Isometri Alternatif Desain 1

Sumber: Penulis, 2026

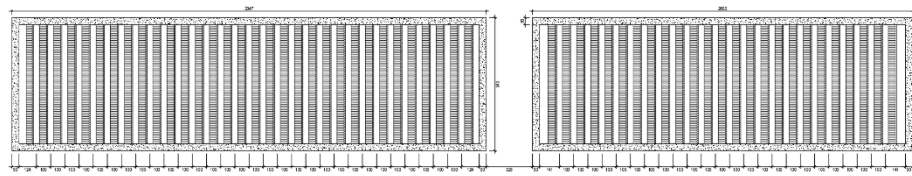
Clerestory skylight pada **Gambar 5.2** merupakan jendela kaca di bagian atas atap, yang dapat memungkinkan cahaya alami masuk dari

elevasi lebih tinggi dan menyebar ke ruang tengah. Posisi bukaan di atas bidang pandang juga membantu mengurangi silau dibandingkan bukaan horizontal langsung. Dan pada **Gambar 5.3.** *passive secondary skin* disusun berdasarkan kisi-kisi besar dengan kemiringan 45° pada fasad bangunan. Elemen ini berfungsi sebagai peneduh tanpa sistem mekanis atau pengaturan manual.



Gambar 5. 2. Detail Skylight Clerestory

Sumber: Penulis, 2026



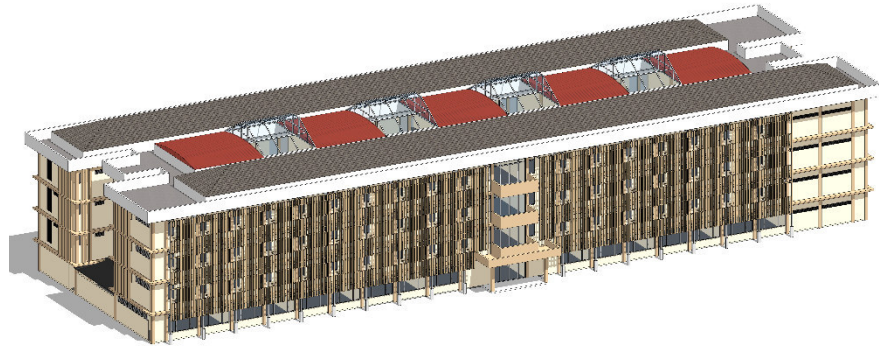
Gambar 5. 3. Tampak Fasad Sekunder Pasif

Sumber: Penulis, 2026

5.1.2. Alternatif Desain 2

Alternatif Desain 2 pada **Gambar 5.4.** mengembangkan pendekatan dengan mengombinasikan *raised skylight* dan *adaptive secondary skin*. Berbeda dengan alternatif pertama yang menggunakan *Raised skylight* dan *adaptive secondary skin*, alternatif ini dirancang untuk meningkatkan penerimaan cahaya alami dari berbagai arah

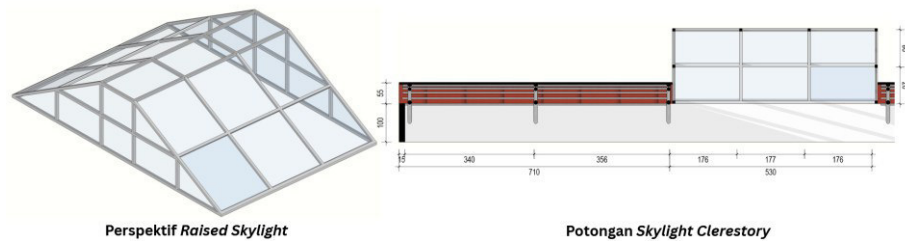
melalui *skylight* yang ditinggikan, sekaligus memberikan pengendalian intensitas cahaya yang lebih fleksibel pada fasad bangunan.



Gambar 5. 4. Isometri Alternatif Desain 2

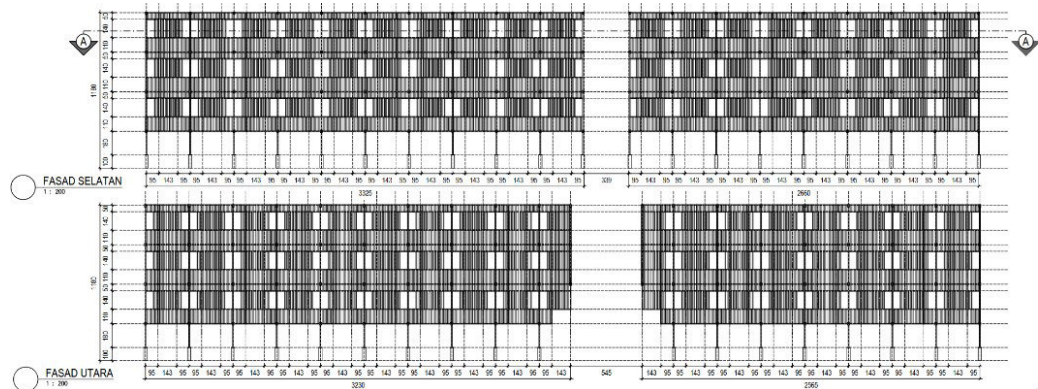
Sumber: Penulis, 2026

Raised skylight pada **Gambar 5.5.** dirancang dengan menaikkan bagian tengah atap sekitar 50 cm sehingga membentuk ruang di bawah atap yang dilengkapi bukaan kaca pada keempat sisinya. Konfigurasi ini memungkinkan cahaya masuk dari berbagai arah, sehingga distribusi pencahayaan di area tengah bangunan diharapkan lebih merata. Sedangkan sisi fasad melalui **Gambar 5.6.** alternatif adaptive di fasad berupa *secondary skin* yang terususun dari kisi-kisi berukuran kecil dan dipasang dengan sistem engsel geser. Sistem tersebut memungkinkan kisi-kisi mampu dibuka dan ditutup oleh penghuni sesuai kebutuhan pencahayaan dan kondisi penyinaran matahari.



Gambar 5. 5. Perspektif & Potongan *Raised Skylight*

Sumber: Penulis, 2026



Gambar 5. 6. Tampak Fasad Sekunder Adaptif

Sumber: Penulis, 2026

5.1.3. Alternatif Desain 3

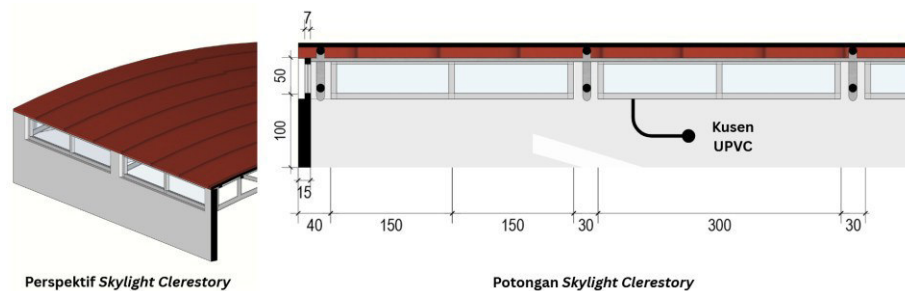
Alternatif Desain 3 pada **Gambar 5.7.** menggabungkan *clerestory skylight* dan *adaptive secondary skin*. Strategi ini merupakan pengembangan dari dua alternatif sebelumnya dengan mengambil elemen yang dinilai paling baik dalam meningkatkan pencahayaan alami. *Clerestory skylight* berfungsi sebagai pencahayaan dari atas, sementara *adaptive secondary skin* berfungsi mengendalikan intensitas cahaya pada fasad. Kombinasi diharapkan menghasilkan distribusi cahaya yang lebih merata dengan fleksibilitasnya sinar matahari.



Gambar 5. 7. Isometri Alternatif Desain 3

Sumber: Penulis, 2026

Pada alternatif desain ini *clerestory skylight* di **Gambar 5.8** digunakan untuk mendistribusikan cahaya ke area tengah bangunan melalui bukaan kaca di atap. Selain itu, *clerestory skylight* meminimalisir potensi silau. Sedangkan pada fasad melalui **Gambar 5.9** menerapkan *adaptive secondary skin* berupa kisi-kisi kecil dengan sistem panel geser. Berbeda dengan *secondary skin* pasif di alternatif pertama, sistem adaptif memungkinkan sudut bukaan disesuaikan dengan arah sinar matahari dan kebutuhan ruang. Dengan begitu, intensitas cahaya yang masuk dapat dikendalikan lebih efektif tanpa mengurangi pemanfaatan cahaya alami di siang hari.



Gambar 5. 8. Detail Skylight Clerestory

Sumber: Penulis, 2026

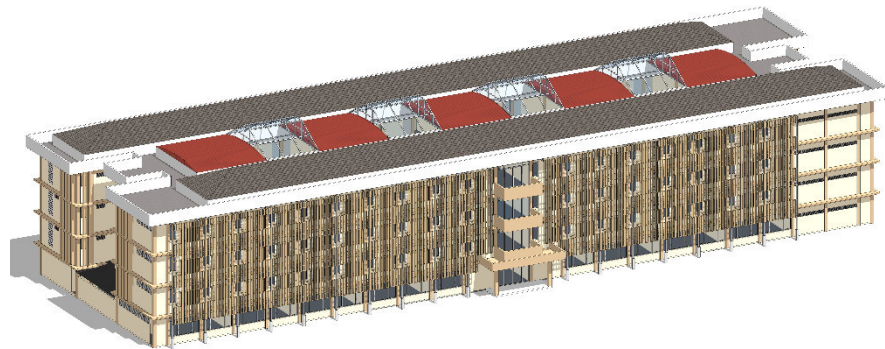


Gambar 5. 9. Tampak Fasad Sekunder Adaptif

Sumber: Penulis, 2026

5.1.4. Alternatif Desain 4

Alternatif Desain 4 pada **Gambar 5.10** menggabungkan *raised skylight* dan *passive secondary skin*. Strategi ini merupakan kombinasi dari dua alternatif sebelumnya, sehingga dapat dibandingkan kombinasi antara jenis *skylight* dan *secondary skin*.

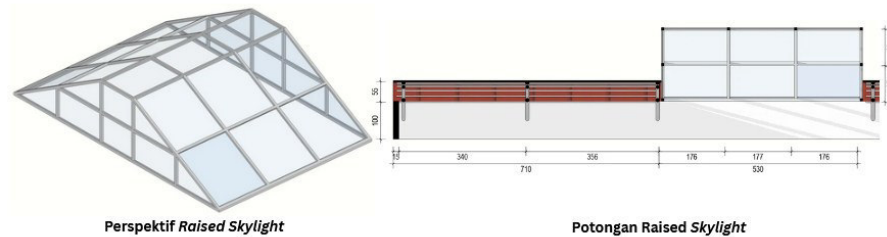


Gambar 5. 10. Isometri Alternatif Desain 4

Sumber: Penulis, 2026

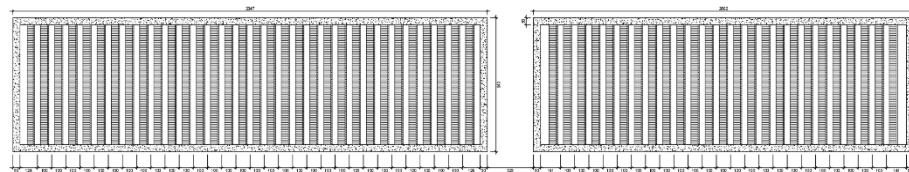
Raised skylight pada **Gambar 5.11** dirancang dengan menaikkan area *skylight* sekitar 50 cm sehingga membentuk ruang di bawah atap dengan bukaan kaca pada masing-masing sisi. Sehingga

memungkinkan cahaya alami masuk dari berbagai arah dan distribusi pencahayaan di area tengah bangunan diharapkan menjadi lebih merata. Selain itu, pada alternatif fasad **Gambar 5.12** *passive secondary skin* disusun dari kisi-kisi dengan kemiringan 45°. Elemen ini berfungsi sebagai peneduh pasif tanpa pengaturan manual dan dipilih karena bentuknya sederhana, mudah dirawat, serta mampu melindungi ruang dari silau serta panas akibat sinar matahari langsung.



Gambar 5. 11. Perspektif & Potongan *Raised Skylight*

Sumber: Penulis, 2026



Gambar 5. 12. Tampak Fasad Sekunder Pasif

Sumber: Penulis, 2026

5.1.5. Rekapitulasi Alternatif Desain

Setelah keempat alternatif desain pada **Tabel 5.1** dijelaskan, rekapitulasi desain dilakukan untuk membandingkan karakteristik desain dengan memberikan gambaran ringkas tentang perbedaan strategi selubung bangunan. Sehingga diharapkan dapat memudahkan evaluasi dan pemilihan desain yang tepat pada bangunan.

Perbandingan yang disusun mencakup jenis *skylight*, jenis *secondary skin*, strategi utama, keunggulan, dan kelemahan setiap desain. Hasil rekapitulasi ini akan digunakan sebagai dasar simulasi dan evaluasi kinerja pencahayaan alami dari tiap alternatif desain.

Tabel 5. 1. Rekapitulasi Perbandingan Alternatif Desain

Aspek	Desain 1	Desain 2	Desain 3	Desain 4
Jenis	<i>Clerestory</i>	<i>Raised</i>	<i>Clerestory</i>	<i>Raised</i>
<i>Skylight</i>	<i>Skylight</i>	<i>Skylight</i>	<i>Skylight</i>	<i>Skylight</i>
Jenis	Kisi-kisi besar	Kisi-kisi kecil	Kisi-kisi kecil	Kisi-kisi besar
<i>Second</i>	miring 45°	adaptif	adaptif	miring 45°
<i>ary</i>	pasif			
<i>Skin</i>				
Strategi	Distribusi cahaya dan reduksi silau	Distribusi cahaya dengan adaptif	Distribusi cahaya optimal dan adaptif	Distribusi cahaya optimal dan adaptif
Keungg	Sederhana dan	Kontrol cahaya	Kombinasi	Sederhana dan
ulan	minim perawatan	lebih fleksibel	distribusi dan kontrol adaptif	minim perawatan
Kelema	Kisi-kisi tidak	Bentuk	Sistem	Kisi-kisi tidak
han	dapat disesuaikan	skylight lebih kompleks	konstruksi lebih kompleks	dapat disesuaikan

Sumber: Penulis, 2026

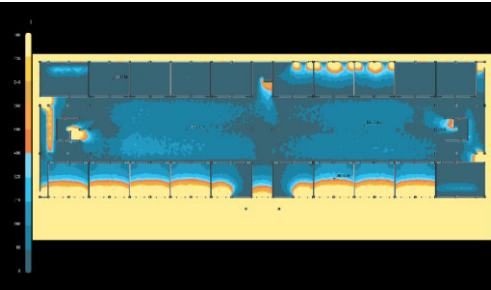
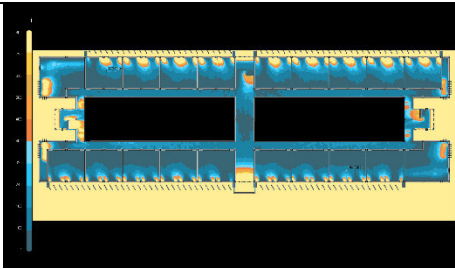
5.2. Simulasi Alternatif Desain

Simulasi alternatif desain bertujuan untuk mengetahui tingkat distribusi cahaya alami pada masing-masing alternatif desain setelah diberikan tambahan desain untuk menunjang pemerataan pencahayaan di bangunan. Simulasi ini dilakukan menggunakan VELUX *Daylight Visualizer* yang klasifikasi tingkat pencahayaannya didasarkan pada karakteristik distribusi iluminansi velux, dengan ketentuan rendah (<100 lux), sedang (100–250 lux), tinggi (251–500 lux), dan sangat tinggi (>500 lux).

5.2.1. Simulasi Alternatif Desain 1

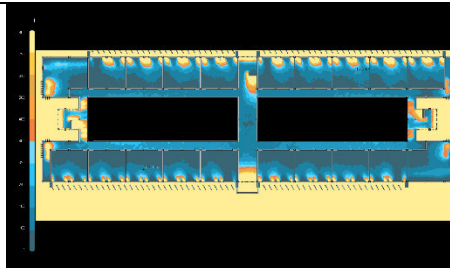
Simulasi pada **Tabel 5.2** diuji untuk mengetahui pengaruh alternatif desain 1, *clerestory skylight* dan *passive secondary skin* terhadap pemerataan distribusi pencahayaan alami yang dilakukan pada pukul 08.00, 13.00, dan 16.00 WIB.

Tabel 5. 2. Hasil Simulasi Pencahayaan Alami Alternatif Desain 1

Diagram Velux					
					
Ruang	Kode	08.00 (lux)	13.00 (lux)	16.00 (lux)	Keterangan
Aula	1A	39,1	41,5	12	Rendah
Selasar Kiri	1B	90,9	112,8	76,6	Rendah
Selasar Kanan	1C	77	102.3	32,9	Rendah
Kantor	1D	255,5	380,6	150,9	Tinggi
Diagram Velux					
					

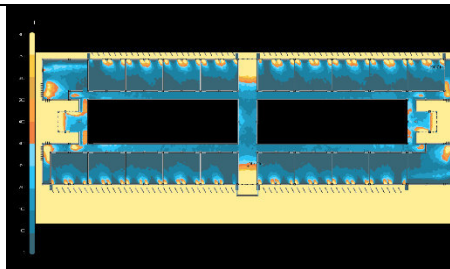
Ruang	Kode	08.00 (lux)	13.00 (lux)	16.00 (lux)	Keterangan
Kamar Tidur	2A	105,9	173,8	56,1	Sedang
Kamar Tidur	2B	112,7	144,6	44,1	Sedang

Diagram Velux



Ruang	Kode	08.00 (lux)	13.00 (lux)	16.00 (lux)	Keterangan
Kamar Tidur	3A	102	187,5	58,5	Sedang
Kamar Tidur	3B	103,2	143,1	62,8	Sedang

Diagram Velux



Ruang	Kode	08.00 (lux)	13.00 (lux)	16.00 (lux)	Keterangan
Kamar Tidur	4A	110,9	230,7	91,9	Sedang
Lobi	4B	448,4	507,7	213,5	Sangat Tinggi

Sumber: Penulis, 2026

Tabel hasil simulasi pada jam 13.00 menunjukkan bahwa, Alternatif Desain 1 meningkatkan penetrasi cahaya ke area tengah

bangunan yang sebelumnya terbatas aksesnya melalui *clerestory skylight*. Meskipun demikian, beberapa ruang di sisi samping bangunan masih menerima intensitas cahaya yang relatif tinggi.

Data menunjukan iluminasi pada ruang kantor (1D) sebesar 255.5 lux (08.00), 380.6 lux (13.00), dan 150.9 lux (16.00) serta Lobi (4B) sebesar 507.7 lux (13.00) tercapat memiliki iluminasi yang lebih tinggi daripada ruang lainnya, seperti kedua selasar (1B, 1C) yang masih dalam kategori rendah meskipun *clerestory* sudah diterapkan. Sementara itu, iluminasi pada kamar tidur berada pada kategori sedang dan menunjukkan *clerestory skylight* mampu meningkatkan distribusi cahaya di ruang hunian, meski intensitasnya masih fluktuatif.

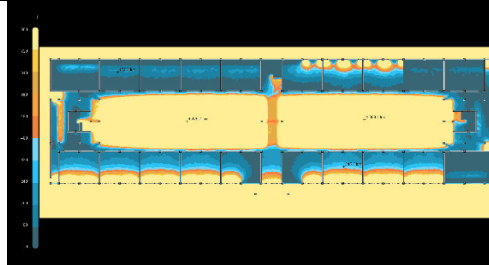
Sehingga secara keseluruhan, Alternatif Desain 1 lebih baik dari kondisi eksisting, namun *passive secondary skin* dengan kemiringan 45° masih kurang untuk optimalisasi pengendalian cahaya di ruang yang berada di sisi samping bangunan. Karena itu, alternatif lain tetap perlu dievaluasi untuk mendapatkan strategi selubung yang optimal dalam mendistribusikan dan mengendalikan cahaya alami.

5.2.2. Simulasi Alternatif Desain 2

Simulasi pada **Tabel 5.3** diuji untuk mengetahui pengaruh alternatif desain 2, berupa *raised skylight* dan *adaptive secondary skin* terhadap distribusi pencahayaan alami di ruang sampel. Dengan simulasi dilakukan pada pukul 08.00, 13.00, dan 16.00 WIB.

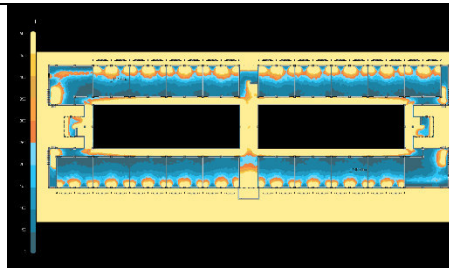
Tabel 5. 3. Hasil Simulasi Pencahayaan Alami Alternatif Desain 2

Diagram Velux



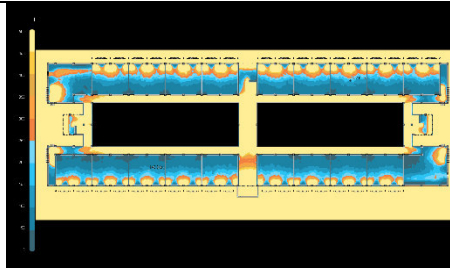
Ruang	Kode	08.00 (lux)	13.00 (lux)	16.00 (lux)	Keterangan
Aula	1A	93,7	157,3	19,8	Sedang
Selasar Kiri	1B	2.335,0	4.426,7	1.066,9	Sangat Tinggi
Selasar Kanan	1C	2.250,2	4.058,1	1.116,7	Sangat Tinggi
Kantor	1D	203,8	345,2	160,4	Tinggi

Diagram Velux



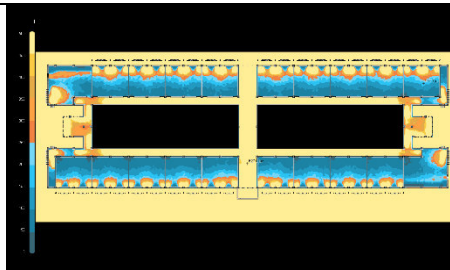
Ruang	Kode	08.00 (lux)	13.00 (lux)	16.00 (lux)	Keterangan
Kamar Tidur	2A	137,8	168	91,7	Sedang
Kamar Tidur	2B	127,6	153	100	Sedang

Diagram Velux



Ruang	Kode	08.00 (lux)	13.00 (lux)	16.00 (lux)	Keterangan
Kamar Tidur	3A	137,9	162,4	104,3	Sedang
Kamar Tidur	3B	127,5	153,5	95,3	Sedang

Diagram Velux



Ruang	Kode	08.00 (lux)	13.00 (lux)	16.00 (lux)	Keterangan
Kamar Tidur	4A	126,6	157,9	85	Sedang
Lobi	4B	479	685,7	291,4	Sangat Tinggi

Sumber: Penulis, 2026

Tabel 5.3 menunjukkan hasil simulasi pencahayaan alami pada Alternatif Desain 2 di tiga waktu pengukuran (08.00, 13.00, dan 16.00). Data menunjukkan ruang kantor (1D) berada pada iluminasi tinggi sebesar (160,4–345,2 lux), menandakan *raised skylight* mampu menerangi ruang hunian secara relatif merata sepanjang hari. Namun pada kedua selasar (1B, 1C) tercatat illuminance dengan nilai sangat

tinggi pada jam 13.00 senilai lebih dari 4.000 lux dan lobi 685,7 lux dengan arti *raised skylight* memusatkan cahaya berlebihan di area selasar.

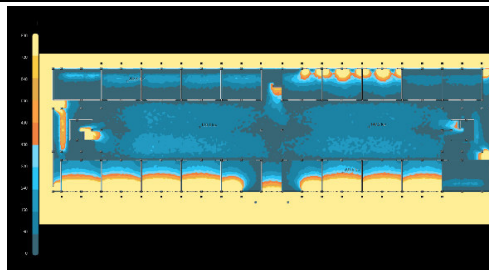
Secara keseluruhan, Alternatif Desain 2 menghasilkan distribusi pencahayaan yang lebih tinggi pada area selasar dan lobi, sementara aula dan kamar tidur cenderung berada pada tingkat sedang. Tingginya nilai pada selasar berkaitan dengan masuknya cahaya alami secara langsung melalui area terbuka, sedangkan kamar tidur memperoleh pencahayaan yang lebih terkendali melalui bukaan. Jadi, Alternatif Desain 2 memiliki karakter distribusi cahaya yang berbeda antar ruang, dengan konsentrasi tertinggi pada selasar dan lobi.

5.2.3. Simulasi Alternatif Desain 3

Simulasi pada **Tabel 5.4** diuji untuk mengetahui pengaruh alternatif desain 3, berupa kombinasi *clerestory skylight* dan *adaptive secondary skin* terhadap distribusi pencahayaan alami di ruang sampel. Simulasi dilakukan pada pukul 08.00, 13.00, dan 16.00 WIB untuk melihat perubahan intensitas cahaya sepanjang jam aktivitas utama penghuni.

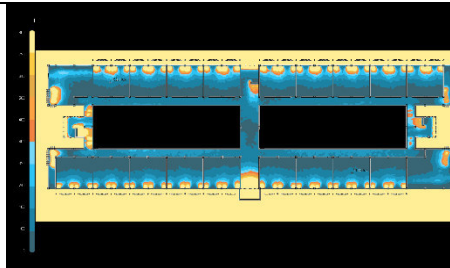
Tabel 5. 4. Hasil Simulasi Pencahayaan Alami Alternatif Desain 3

Diagram Velux



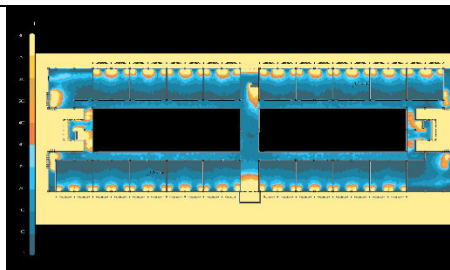
Ruang	Kode	08.00 (lux)	13.00 (lux)	16.00 (lux)	Keterangan
Aula	1A	102,3	202,6	44,0	Sedang
Selasar Kiri	1B	94,5	125,3	47,2	Rendah
Selasar Kanan	1C	100,0	143,2	48,0	Sedang
Kantor	1D	275,2	391,8	182,7	Tinggi

Diagram Velux



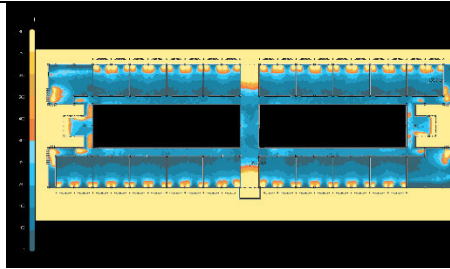
Ruang	Kode	08.00 (lux)	13.00 (lux)	16.00 (lux)	Keterangan
Kamar Tidur	2A	140,8	150,1	70,6	Sedang
Kamar Tidur	2B	105,4	148,8	63,3	Sedang

Diagram Velux



Ruang	Kode	08.00 (lux)	13.00 (lux)	16.00 (lux)	Keterangan
Kamar Tidur	3A	113,7	129,7	63,9	Sedang
Kamar Tidur	3B	125,6	151,2	82	Sedang

Diagram Velux



Ruang	Kode	08.00 (lux)	13.00 (lux)	16.00 (lux)	Keterangan
Kamar Tidur	4A	134,4	159,5	103,5	Sedang
Lobi	4B	319,1	399,6	223,2	Tinggi

Sumber: Penulis, 2026

Hasil simulasi desain pada pukul 13.00 menunjukkan distribusi cahaya pada alternatif desain 3 lebih merata dibandingkan dua alternatif sebelumnya. *Clerestory skylight* menyalurkan cahaya ke area tengah, sementara *adaptive secondary skin* mengendalikan cahaya dari fasad. Kombinasi ini menghasilkan persebaran iluminansi yang lebih seimbang di ruang sampel.

Seperti dijabarkan dengan data pada tabel yang menunjukkan sebagian besar ruang, seperti kamar tidur dan aula berada pada kategori sedang. Aula memiliki nilai 102,3 lux (08.00), 202,6 lux (13.00), dan 44,0 lux (16.00) termasuk kategori sedang. Selasar kiri memiliki nilai 94,5–125,3 lux termasuk kategori rendah, sedangkan selasar kanan 100,0–143,2 lux termasuk kategori sedang. Kantor mencapai 391,8 lux pada pukul 13.00 dengan rentang 182,7–391,8 lux termasuk kategori tinggi. Seluruh kamar tidur berada pada kategori sedang dengan nilai 63,3–159,5 lux. Lobi juga termasuk kategori tinggi dengan nilai mencapai 399,6 lux. Ini berarti distribusi cahaya meningkat dari eksisting dan lebih stabil daripada Alternatif 1 maupun 2.

Sehingga secara keseluruhan, alternatif desain 3 menunjukkan kinerja terbaik di antara keempat alternatif. Kombinasi *clerestory skylight* dan *adaptive secondary skin* berhasil mengoptimalisasi distribusi cahaya sekaligus mengendalikan intensitas di ruang yang terpapar sinar langsung.

5.2.4. Simulasi Alternatif Desain 4

Simulasi alternatif desain 4 pada **Tabel 5.5** diuji untuk mengetahui hasil kombinasi *raised skylight* dan *passive secondary skin* pada bangunan eksisting. Simulasi dilakukan dengan pada pukul 08.00, 13.00, dan 16.00 WIB untuk mengetahui intensitas distribusi cahaya alami pada bangunan.

Tabel 5. 5. Hasil Simulasi Pencahayaan Alami Alternatif Desain 4

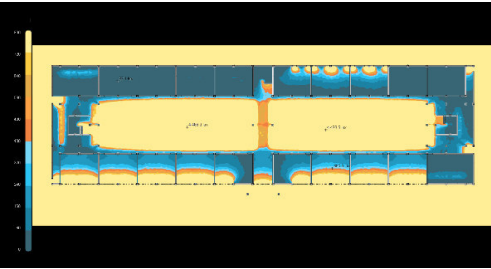
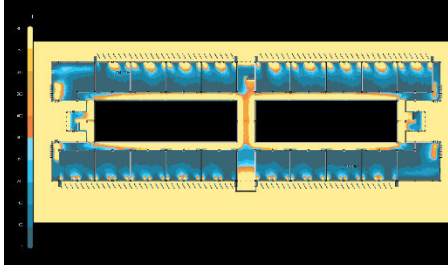
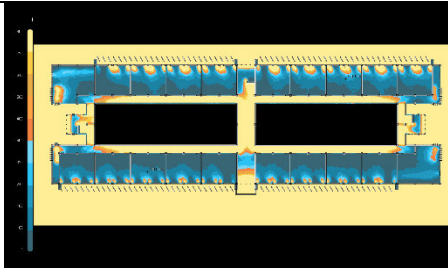
Diagram Velux					
					
Ruang	Kode	08.00 (lux)	13.00 (lux)	16.00 (lux)	Keterangan
Aula	1A	41,6	37,1	13,4	Sedang
Selasar Kiri	1B	2.202,4	4.486,3	1.108,4	Rendah
Selasar Kanan	1C	2.240,8	4.473,5	1.012,2	Sedang
Kantor	1D	285	395,6	176,7	Tinggi

Diagram Velux



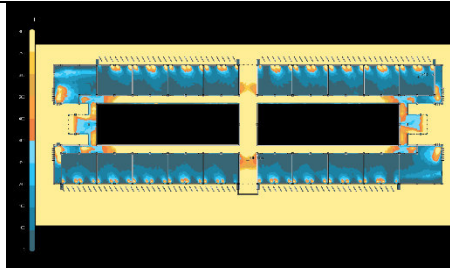
Ruang	Kode	08.00 (lux)	13.00 (lux)	16.00 (lux)	Keterangan
Kamar Tidur	2A	96,3	184,2	52,2	Sedang
Kamar Tidur	2B	83,7	118,4	59,7	Sedang

Diagram Velux



Ruang	Kode	08.00 (lux)	13.00 (lux)	16.00 (lux)	Keterangan
Kamar Tidur	3A	107,5	170,1	87,5	Sedang
Kamar Tidur	3B	103,4	133,6	105,3	Sedang

Diagram Velux



Ruang	Kode	08.00 (lux)	13.00 (lux)	16.00 (lux)	Keterangan
Kamar Tidur	4A	87,8	184,3	87,2	Sedang
Lobi	4B	386	606	271,1	Tinggi

Sumber: Penulis, 2026

Tabel 5.5. hasil simulasi alternatif desain 4 pada pukul 13.00 menunjukkan distribusi cahaya lebih merata dengan sebagian besar ruang terutama kamar tidur dan aula berada pada kategori sedang. aula memperoleh nilai 41,6 lux pada pukul 08.00, 37,1 lux pada pukul 13.00, dan 13,4 lux pada pukul 16.00. Selasar kiri dan selasar kanan menunjukkan nilai yang sangat tinggi sebesar 2.202,4–4.486,3 lux pada selasar kiri dan 1.012,2–4.473,5 lux pada selasar kanan. Kantor memiliki nilai 285–395,6 lux yang termasuk kategori tinggi. Seluruh kamar tidur berada pada kategori sedang dengan nilai 52,2–184,2 lux. Lobi termasuk kategori tinggi dengan nilai mencapai 606 lux.

Secara keseluruhan, Alternatif Desain 4 menunjukkan perbedaan intensitas yang cukup besar antar ruang. Selasar kiri dan kanan menjadi area dengan nilai tertinggi, terutama pada pukul 13.00, sedangkan aula memiliki nilai terendah sepanjang waktu simulasi. Kantor dan lobi berada pada kategori tinggi, sementara seluruh kamar tidur berada pada kategori sedang. Pola ini menunjukkan bahwa

distribusi cahaya pada Alternatif Desain 4 terlalu banyak menerima cahaya alami hingga tingkat glare pada area bagian tengah bangunan.

5.2.5. Perbandingan Hasil Simulasi Antar Alternatif Desain

Perbandingan hasil simulasi pada **Tabel 5.6** dilakukan untuk mengetahui kesesuaian distribusi pencahayaan alami sesuai dengan SNI 03-6197-2011 pada pukul 13.00 WIB di masing-masing alternatif desain. Pukul tersebut dipilih berdasarkan intensitas cahaya tertinggi, sehingga menjadi waktu kritis untuk mengevaluasi performa selubung bangunan.

Perbandingan dilakukan pada sepuluh ruang sampel yang dikelompokkan berdasarkan fungsi ruang, yaitu aula, selasar, kantor, kamar tidur, dan lobi. Setiap alternatif menghasilkan tingkat iluminansi yang berbeda pada masing-masing fungsi ruang akibat perbedaan konfigurasi *skylight* dan *secondary skin*.

Tabel 5. 6. Perbandingan hasil simulasi antar alternatif desain

Pukul 13.00 WIB						
Ruang	Kode	SNI (lux)	Desain 1 (lux)	Desain 2 (lux)	Desain 3 (lux)	Desain 4 (lux)
Aula	1A	200 - 250	41,5	157,3	202,6	37,1
Selasar Kiri	1B	100 - 200	112,8	4.426,7	125,3	4.486,3
Selasar Kanan	1C	100 - 200	102,3	4.058,1	143,2	4.473,5
Kantor	1D	350 - 400	380,6	345,2	391,8	395,6
Kamar Tidur	2A	150 - 200	173,8	168	150,1	184,2
Kamar Tidur	2B	150 - 200	144,6	153	148,8	118,4

Pukul 13.00 WIB						
Ruang	Kode	SNI (lux)	Desain 1 (lux)	Desain 2 (lux)	Desain 3 (lux)	Desain 4 (lux)
Kamar Tidur	3A	150 - 200	187,5	162,4	129,7	170,1
Kamar Tidur	3B	150 - 200	143,1	153,5	151,2	133,6
Kamar Tidur	4A	150 - 200	230,7	157,9	159,5	184,3
Lobi	4B	350 - 400	507,7	685,7	399,6	606

Sumber: Penulis, 2026

Berdasarkan hal tersebut, pada ruang aula (1A), hasil simulasi menunjukkan perbedaan iluminansi yang cukup besar antar alternatif desain. Desain 1 menghasilkan nilai 41,5 lux, sedangkan Desain 2 menghasilkan 157,3 lux, Desain 3 menghasilkan nilai tertinggi sebesar 202,6 lux, sementara Desain 4 menghasilkan 37,1 lux. Berdasarkan hasil tersebut, Desain 3 menghasilkan tingkat pencahayaan yang paling mendekati rentang standar aula sebesar 200–250 lux. Sementara itu, Desain 1 dan Desain 4 menghasilkan tingkat pencahayaan rendah, sedangkan Desain 2 menghasilkan tingkat pencahayaan sedang.

Pada area selasar, hasil simulasi menunjukkan perbedaan yang paling signifikan antar alternatif desain. Selasar Kiri (1B) menghasilkan nilai 112,8 lux pada Desain 1, 4.426,7 lux pada Desain 2, 125,3 lux pada Desain 3, dan 4.486,3 lux pada Desain 4. Pola yang serupa ditemukan pada Selasar Kanan (1C), yaitu masing-masing sebesar 102,3 lux, 4.058,1 lux, 143,2 lux, dan 4.473,5 lux. Desain 1 dan Desain 3 menghasilkan tingkat pencahayaan yang relatif sedang pada kedua selasar, sedangkan Desain 2 dan Desain 4 menghasilkan nilai iluminansi yang sangat tinggi. Berdasarkan rentang standar 100–200 lux, Desain 1

dan Desain 3 menunjukkan tingkat pencahayaan yang berada dalam rentang standar pada kedua area selasar.

Pada ruang kantor (1D), nilai iluminansi yang dihasilkan keempat alternatif relatif berdekatan, yaitu 380,6 lux pada Desain 1, 345,2 lux pada Desain 2, 391,8 lux pada Desain 3, dan 395,6 lux pada Desain 4. Keempat alternatif menghasilkan tingkat pencahayaan tinggi. Berdasarkan rentang standar 350–400 lux, Desain 1, Desain 3, dan Desain 4 berada dalam rentang standar, sedangkan Desain 2 sedikit berada di bawah batas bawah standar. Nilai tertinggi dihasilkan oleh Desain 4, sedangkan nilai terendah dihasilkan oleh Desain 2.

Pada kelompok kamar tidur yang terdiri atas Kamar Tidur 2A, 2B, 3A, 3B, dan 4A, hasil simulasi keempat alternatif secara data berada pada tingkat pencahayaan sedang. Pada Kamar Tidur 2A, nilai iluminansi masing-masing alternatif adalah 173,8 lux, 168 lux, 150,1 lux, dan 184,2 lux. Kamar Tidur 2B menghasilkan 144,6 lux, 153 lux, 148,8 lux, dan 118,4 lux, sedangkan Kamar Tidur 3A menghasilkan 187,5 lux, 162,4 lux, 129,7 lux, dan 170,1 lux. Pada Kamar Tidur 3B diperoleh 143,1 lux, 153,5 lux, 151,2 lux, dan 133,6 lux, sementara Kamar Tidur 4A menghasilkan 230,7 lux, 157,9 lux, 159,5 lux, dan 184,3 lux. Berdasarkan rentang standar 150–200 lux, Desain 3 menunjukkan hasil yang relatif konsisten pada kelompok kamar tidur, dengan nilai 150,1 lux pada Kamar Tidur 2A, 148,8 lux pada 2B, 129,7 lux pada 3A, 151,2 lux pada 3B, dan 159,5 lux pada 4A. Dibandingkan alternatif lainnya, Desain 3 menghasilkan variasi nilai yang relatif lebih terkendali, meskipun beberapa ruang masih berada di bawah rentang standar.

Pada ruang lobi (4B), nilai iluminansi yang dihasilkan adalah 507,7 lux pada Desain 1, 685,7 lux pada Desain 2, 399,6 lux pada Desain 3, dan 606 lux pada Desain 4. Keempat alternatif menghasilkan tingkat

pencahayaannya tinggi hingga sangat tinggi. Berdasarkan rentang standar 350–400 lux, Desain 3 menghasilkan nilai yang paling mendekati dan berada pada batas atas rentang standar. Sementara itu, Desain 1, Desain 2, dan Desain 4 menghasilkan nilai di atas rentang standar.

Tabel 5. 7. Rekapitulasi Perbandingan Simulasi Alternatif Desain

Parameter	Desain 1	Desain 2	Desain 3	Desain 4
Ruang mendekati standar SNI	Baik	Cukup	Sangat Baik	Baik
Potensi silau	Sedang	Tinggi	Rendah	Sedang
Distribusi pencahayaan	Kurang merata	Tidak merata	Lebih merata	Kurang merata
Pengendalian cahaya	<i>Passive secondary skin</i>	<i>Adaptive secondary skin</i>	<i>Adaptive secondary skin</i>	<i>Passive secondary skin</i>
<i>Skylight</i>	<i>Clerestory Skylight</i>	<i>Raised Skylight</i>	<i>Clerestory Skylight</i>	<i>Raised Skylight</i>

Sumber: Penulis, 2026

Dari perbandingan pada setiap kategori ruang pada **Tabel 5.7**, terlihat bahwa respons pencahayaan terhadap alternatif desain berbeda sesuai dengan fungsi dan posisi ruang pada bangunan. Pada ruang aula, Desain 3 menghasilkan nilai iluminansi yang paling mendekati rentang standar. Pada area selasar, Desain 1 dan Desain 3 menghasilkan tingkat pencahayaan yang relatif terkendali, sedangkan Desain 2 dan Desain 4 menghasilkan nilai iluminansi yang sangat tinggi. Pada ruang kantor, keempat alternatif menghasilkan nilai yang relatif berdekatan, dengan Desain 3 dan Desain 4 berada dalam rentang standar. Pada kelompok kamar tidur, Desain 3 menghasilkan distribusi nilai yang relatif terkendali meskipun masih terdapat beberapa ruang yang berada di bawah rentang standar. Sementara itu, pada ruang lobi, Desain 3

menghasilkan nilai yang paling mendekati rentang standar dibandingkan alternatif lainnya.

Secara keseluruhan, Desain 3 menunjukkan distribusi pencahayaan yang paling terkendali pada berbagai kategori ruang. Desain ini tidak menghasilkan lonjakan iluminansi yang sangat tinggi pada area selasar seperti yang terjadi pada Desain 2 dan Desain 4, serta menghasilkan nilai pencahayaan aula dan lobi yang lebih mendekati rentang standar. *Dengan demikian, Desain 3 dipilih untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai desain terpilih.*

5.3. Desain Terpilih

Dari hasil evaluasi dan perbandingan kinerja keempat alternatif desain, Alternatif Desain 3 dipilih dengan menggunakan kombinasi *clerestory skylight* sebagai strategi pencahayaan dari atas sebagai pencahayaan dari atas dengan *adaptive secondary skin* berupa kisi-kisi berukuran kecil yang dapat disesuaikan dengan arah datangnya cahaya matahari. Sehingga berikut adalah jабaran mengenai **desain terpilih pada alternatif 3**.

5.3.1. Hasil Simulasi Desain Terpilih Dengan Desain Eksisting

Pada bahasan ini, dimana diilustrasikan melalui **Tabel 5.8** hingga **Tabel 5.10**, bertujuan untuk membahas perbandingan hasil simulasi distribusi pencahayaan alami bangunan eksisting dengan desain terpilih (alternatif desain 3) sesuai dengan SNI 03-6197-2011.

Tabel 5. 8. Perbandingan Nilai Hasil Simulasi Eksiting dengan Desain
Tepilih pada pukul 08.00 WIB

Pukul 08.00 WIB					
Ruang	Kode	SNI (lux)	Eksisting (lux)	Terpilih (lux)	Keterangan
Aula	1A	200 - 250	38,4	102,3	Meningkat Mendekati SNI
Selasar Kiri	1B	100 - 200	86,3	94,5	Meningkat Mendekati SNI
Selasar Kanan	1C	100 - 200	31,4	100,0	Meningkat Sesuai SNI
Kantor	1D	350 - 400	798,3	275,2	Menurun Mendekati SNI
Kamar Tidur	2A	150 - 200	439,1	140,8	Menurun Mendekati SNI
Kamar Tidur	2B	150 - 200	276	105,4	Menurun Mendekati SNI
Kamar Tidur	3A	150 - 200	345,8	113,7	Menurun Mendekati SNI
Kamar Tidur	3B	150 - 200	286,8	125,6	Menurun Mendekati SNI
Kamar Tidur	4A	150 - 200	259,5	134,4	Menurun Mendekati SNI
Lobi	4B	350 - 400	868,8	319,1	Menurun Mendekati SNI

Sumber: Penulis, 2026

Tabel 5. 9. Perbandingan Nilai Hasil Simulasi Eksiting dengan Desain
Tepilih pada pukul 13.00 WIB

Pukul 13.00 WIB					
Ruang	Kode	SNI (lux)	Eksisting (lux)	Terpilih (lux)	Keterangan
Aula	1A	200 - 250	38,4	202,6	Meningkat Sesuai SNI
Selasar Kiri	1B	100 - 200	86,3	125,3	Meningkat Sesuai SNI

Pukul 13.00 WIB					
Ruang	Kode	SNI (lux)	Eksisting (lux)	Terpilih (lux)	Keterangan
Selasar Kanan	1C	100 - 200	31,4	143,2	Meningkat Sesuai SNI
Kantor	1D	350 - 400	798,3	391,8	Meningkat Sesuai SNI
Kamar Tidur	2A	150 - 200	439,1	150,1	Meningkat Sesuai SNI
Kamar Tidur	2B	150 - 200	276	148,8	Menurun Mendekati SNI
Kamar Tidur	3A	150 - 200	345,8	129,7	Menurun Mendekati SNI
Kamar Tidur	3B	150 - 200	286,8	151,2	Meningkat Sesuai SNI
Kamar Tidur	4A	150 - 200	259,5	159,5	Meningkat Sesuai SNI
Lobi	4B	350 - 400	868,8	399,6	Meningkat Sesuai SNI

Sumber: Penulis, 2026

Tabel 5. 10. Perbandingan Nilai Hasil Simulasi Eksisting dengan Desain Terpilih pada pukul 16.00 WIB

Pukul 16.00 WIB					
Ruang	Kode	SNI (lux)	Eksisting (lux)	Terpilih (lux)	Keterangan
Aula	1A	200 - 250	38,4	44,0	Meningkat Mendekati SNI
Selasar Kiri	1B	100 - 200	86,3	47,2	Menurun Mendekati SNI
Selasar Kanan	1C	100 - 200	31,4	48,0	Meningkat Mendekati SNI
Kantor	1D	350 - 400	798,3	182,7	Menurun Mendekati SNI

Pukul 16.00 WIB					
Ruang	Kode	SNI (lux)	Eksisting (lux)	Terpilih (lux)	Keterangan
Kamar Tidur	2A	150 - 200	439,1	70,6	Menurun Mendekati SNI
Kamar Tidur	2B	150 - 200	276	63,3	Menurun Mendekati SNI
Kamar Tidur	3A	150 - 200	345,8	63,9	Menurun Mendekati SNI
Kamar Tidur	3B	150 - 200	286,8	82	Menurun Mendekati SNI
Kamar Tidur	4A	150 - 200	259,5	103,5	Menurun Mendekati SNI
Lobi	4B	350 - 400	868,8	223,2	Menurun Mendekati SNI

Sumber: Penulis, 2026

Hasil simulasi menunjukkan bahwa strategi selubung bangunan pada desain terpilih memberikan perubahan iluminansi yang berbeda pada setiap ruang sesuai dengan kondisi eksisting. Ruang-ruang yang mengalami pencahayaan berlebih pada sisi samping bangunan (kantor, kamar tidur, dan lobi) mengalami penurunan intensitas cahaya sehingga nilainya lebih mendekati standar pencahayaan. Sebaliknya, ruang-ruang yang sebelumnya memiliki pencahayaan rendah, seperti ruang Tengah bangunan (aula dan selasar), mengalami peningkatan iluminansi sehingga distribusi cahaya menjadi lebih merata. Adapula ilustrasi tersebut dapat ditelaah melalui **Tabel 5.11.** pada waktu kritis intensitas cahaya matahari tertinggi di pukul 13.00 WIB.

Sehingga berdasarkan hal tersebut, kombinasi *clerestory skylight* dan *adaptive secondary skin* tidak hanya dapat meningkatkan pencahayaan pada ruang yang kekurangan cahaya, tetapi juga dapat mengendalikan pencahayaan pada ruangan yang menerima cahaya berlebih (*glare*). Dengan demikian, desain selubung bangunan yang diterapkan mampu menghasilkan distribusi pencahayaan alami lebih seimbang dibandingkan desain selubung bangunan pada kondisi eksisting.

Tabel 5. 11. Gambar perbandingan hasil simulasi desain

Lantai	Eksisting 13.00	Desain Terpilih 13.00
1		
2		
3		
4		

Sumber: Penulis 2026

5.3.2. Hasil Simulasi Desain Terpilih Dengan Matahari Tahunan

Simulasi pencahayaan alami pada **Tabel 5.12.** dan **Tabel 5.13.** dilakukan untuk mengetahui perubahan kondisi pencahayaan pada desain terpilih berdasarkan perubahan posisi gerak semu matahari tahunan. Simulasi dilakukan pada periode ekuinoks (21 Maret) dan solstis (21 Juni), untuk dapat menggambarkan kondisi pencahayaan pada posisi matahari yang berbeda.

Simulasi matahari tahunan menggunakan parameter pengaturan yang sama pada simulasi sebelumnya dan dilakukan pada pukul 13.00 WIB pada waktu kritis intensitas matahari tertinggi, untuk melihat intensitas distribusi cahaya alami pada masing-masing ruang sampel. Hasil simulasi nantinya akan digunakan untuk mengamati karakteristik distribusi pencahayaan alami pada desain terpilih sepanjang kondisi matahari tahunan.

Tabel 5. 12. Hasil simulasi pencahayaan alami ekuinoks dan solstis pada keadaan desain secara tertutup

Pukul 13.00 WIB				
Nama Ruang	Kode	SNI (lux)	21 Maret (lux)	21 Juni (lux)
Aula	1A	200 - 250	120,0	202,3
Selasar Kiri	1B	100 - 200	138,5	126,8
Selasar Kanan	1C	100 - 200	125,5	112,5
Kantor	1D	350 - 400	355,7	359,2
Kamar Tidur	2A	150 - 200	146,5	155,4
Kamar Tidur	2B	150 - 200	136,2	147,8
Kamar Tidur	3A	150 - 200	153,8	152,6
Kamar Tidur	3B	150 - 200	148,0	140,4
Kamar Tidur	4A	150 - 200	148,6	159,6
Lobi	4B	350 - 400	402,7	328,2

Sumber: Penulis, 2026

Tabel 5.12 menunjukkan hasil simulasi pencahayaan alami pada desain terpilih dalam kondisi *adaptive secondary skin* tertutup pada pukul 13.00 WIB. Simulasi dilakukan pada dua tanggal yang mewakili posisi matahari tahunan, yaitu 21 Maret dan 21 Juni.

Dari hasil simulasi, beberapa ruang menunjukkan nilai yang berada atau mendekati rentang standar pada kedua tanggal. Kantor memperoleh 355,7 lux (21 Maret) dan 359,2 lux (21 Juni), sedangkan kamar tidur 2A, 3A, dan 4A menunjukkan nilai yang relatif mendekati standar. Selasar kiri dan kanan juga berada pada rentang standar. Namun, aula pada 21 Maret masih memiliki nilai 120,0 lux, sedangkan pada 21 Juni meningkat menjadi 202,3 lux. Beberapa kamar tidur, seperti 2B dan 3B, masih berada di bawah rentang standar pada salah satu atau kedua tanggal.

Kondisi *secondary skin* tertutup masih memungkinkan cahaya alami masuk ke sebagian besar ruang, meskipun tingkat pencahayaan yang dihasilkan berbeda berdasarkan posisi matahari pada masing-masing tanggal memengaruhi jumlah cahaya yang masuk melalui bukaan bangunan. Dengan *secondary skin* tertutup, pencahayaan pada beberapa ruang menjadi lebih terkontrol, sementara beberapa kamar tidur masih mengalami variasi yang cukup besar.

Tabel 5. 13. Hasil simulasi pencahayaan alami ekuinoks dan solstis pada keadaan desain terbuka

Pukul 13.00 WIB				
Nama Ruang	Kode	SNI (lux)	21 Maret (lux)	21 Juni (lux)
Aula	1A	200 - 250	137,3	207,9
Selasar Kiri	1B	100 - 200	137,0	126,2
Selasar Kanan	1C	100 - 200	125,8	113,7
Kantor	1D	350 - 400	356,1	360,7
Kamar Tidur	2A	150 - 200	152,2	164,3
Kamar Tidur	2B	150 - 200	146,1	153,8
Kamar Tidur	3A	150 - 200	159,0	157,8
Kamar Tidur	3B	150 - 200	145,2	162,6
Kamar Tidur	4A	150 - 200	157,9	171,4
Lobi	4B	350 - 400	401,6	325,0

Sumber: Penulis, 2026

Tabel 5.13 menunjukkan hasil simulasi pencahayaan alami pada desain terpilih dalam kondisi *adaptive secondary skin* terbuka pada pukul 13.00 WIB pada dua tanggal yang mewakili posisi matahari tahunan, yaitu 21 Maret dan 21 Juni. Hasil simulasi menunjukkan tingkat pencahayaan alami pada setiap ruang ketika kisi-kisi *secondary skin* berada dalam kondisi terbuka.

Dari hasil simulasi, kantor memperoleh nilai 356,1 lux (21 Maret) dan 360,7 lux (21 Juni), sehingga berada dalam rentang standar. Selasar kiri dan kanan juga menunjukkan nilai pada rentang standar pada kedua tanggal. Beberapa kamar tidur, seperti kamar 2A, 3A, dan 4A, menunjukkan nilai dalam atau mendekati rentang standar, sedangkan kamar 2B dan 3B mengalami variasi di sekitar batas bawah standar. Aula memperoleh nilai 137,3 lux pada 21 Maret dan meningkat menjadi 207,9 lux pada 21 Juni, menunjukkan perubahan pencahayaan akibat perbedaan posisi matahari.

Secara keseluruhan, kondisi *secondary skin* terbuka menghasilkan pencahayaan alami yang relatif merata pada sebagian besar ruang sampel. Perbedaan nilai antara 21 Maret dan 21 Juni menunjukkan bahwa posisi matahari tahunan tetap memengaruhi intensitas cahaya yang masuk. Dibandingkan kondisi tertutup, perubahan nilai pada kondisi terbuka tidak menunjukkan perbedaan yang terlalu besar pada sebagian besar ruang, sehingga sistem *adaptive secondary skin* tetap dapat digunakan untuk mengatur bukaan fasad tanpa menimbulkan perubahan pencahayaan yang ekstrem.

5.3.3. Detail Desain Terpilih

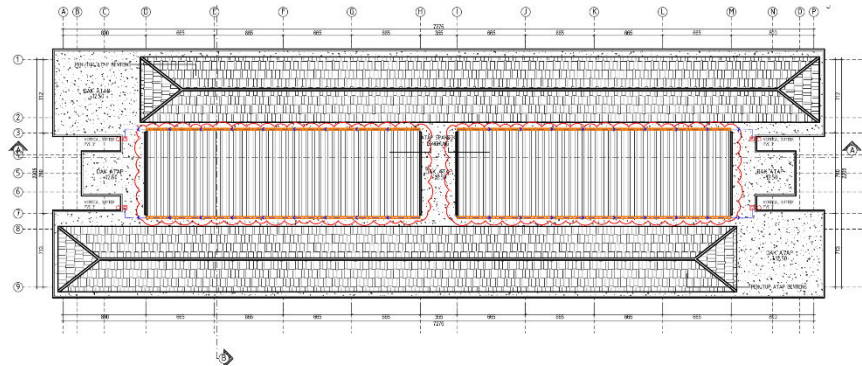
Bahasan ini akan membahas mengenai detail desain terpilih, yang terdiri dari *clerestory skylight* dan *adaptive secondary skin*.

a. Detail *clerestory skylight*

Clerestory Skylight merupakan desain selubung bangunan yang berguna untuk mendistribusikan cahaya melalui atap. Dalam penerapannya, desain ini mempertimbangkan bagaimana desain diterapkan berserta dimensi, dan material penyusun desain.

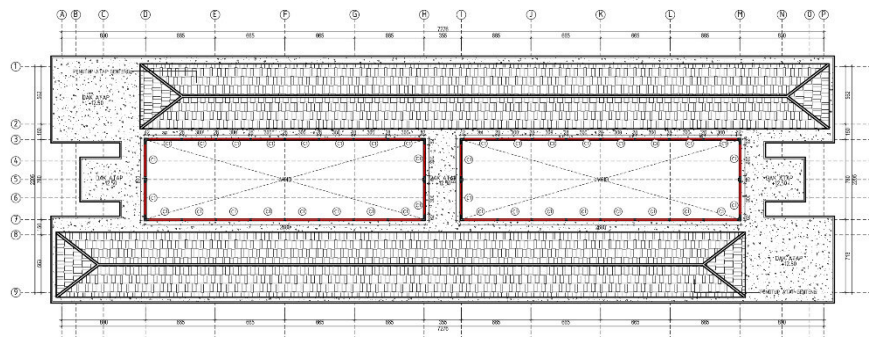
1) Penerapan *Clerestory Skylight*

Pada **Gambar 5.13.** dan **Gambar 5.14.** desain diletakan di tengah area atap bangunan yang berluaskan void ukuran 2.650 cm x 800 cm pada masing-masing sayap sesuai peletakan atyp eksisting untuk memungkinkan cahaya masuk lebih merata.



Gambar 5. 13. Denah Peletakan *Clerestory Skylight*

Sumber: Penulis, 2026



Gambar 5. 14. Denah Kusen *Clerestory Skylight*

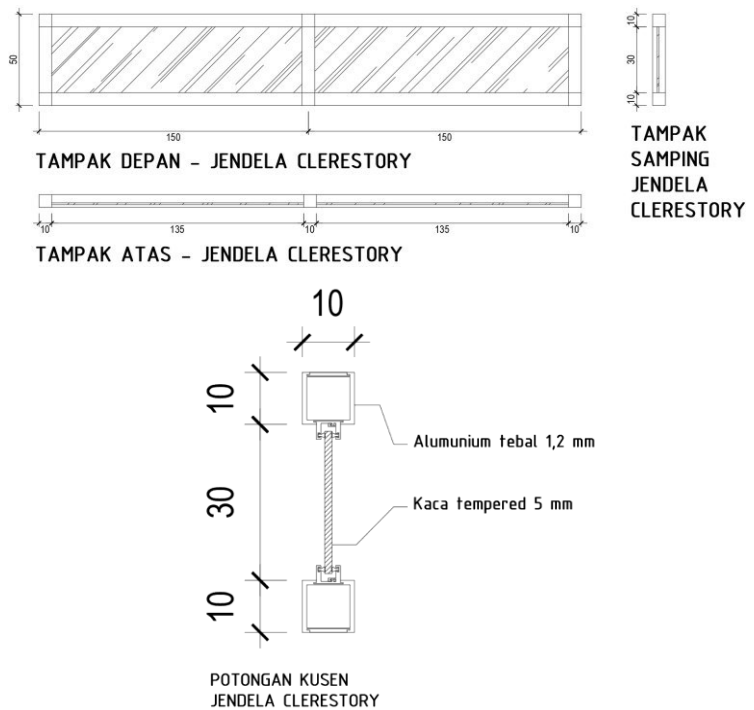
Sumber: Penulis, 2026

2) Dimensi dan Material Jendela *Clerestory*

Jendela *Clerestory Skylight* pada **Gambar 5.15.** memiliki ukuran 300 cm x 50 cm dengan jarak tiap jendela, 28 cm di bidang horizontal dan 75 cm di bidang vertikal. Material yang digunakan, tersusun dari kusen alumunium 100 mm tebal 1,2 mm dengan *finishing powder coating* berwarna terang - tipe *fixed* dan dipasang dengan baut serta sekrup galvanis. Material ini dipilih, karena memiliki bobot ringan, tahan terhadap korosi

dan memudahkan proses fabrikasi serta pemasangan pada bangunan.

Sedangkan untuk panel jendela disusun menggunakan kaca *tempered* 5 mm bening bertransmisi tinggi dengan sistem penjepit atau glazing bead yang dilengkapi gasket karet untuk mengurangi kontak langsung antara kaca dan alumunium sehingga dapat memaksimalkan masuknya cahaya melalui jendela *clerestory*.

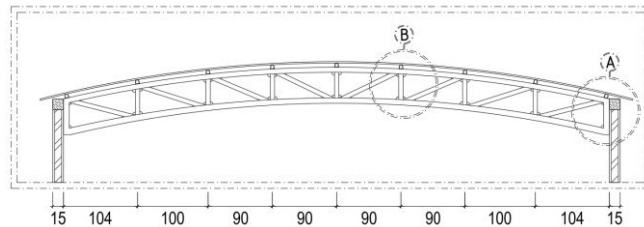


Gambar 5. 15. Detail kusen jendela *clerestory*

Sumber: Penulis, 2026

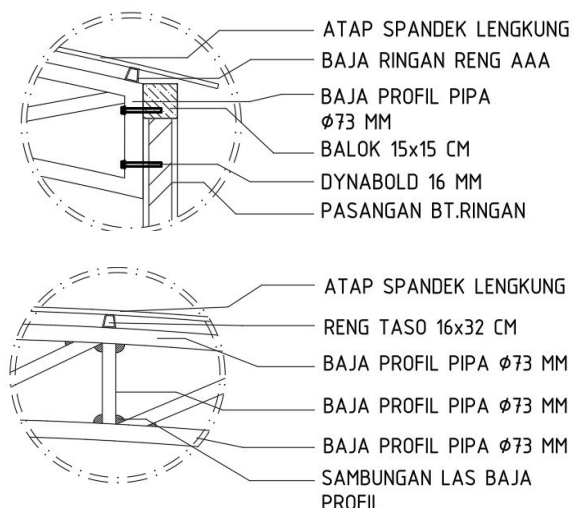
3) Struktur Rangka *Skylight*

Pekerjaan rangka atap pada **Gambar 5.16** dan **Gambar 5.17** menggunakan rangka atap pipa dengan diameter 7,3 cm berpenutup galvalum, dengan dipasang tiap jarak 6,65 m sesuai peletakan kolom struktur pada masing-masing sisinya. Rangka atap yang digunakan ditambahkan trekstang untuk mengatasi sumbu lemah pada gording atap. Hal ini dapat dilihat pada ilustrasi denah rangka atap di **Gambar 5.18**.



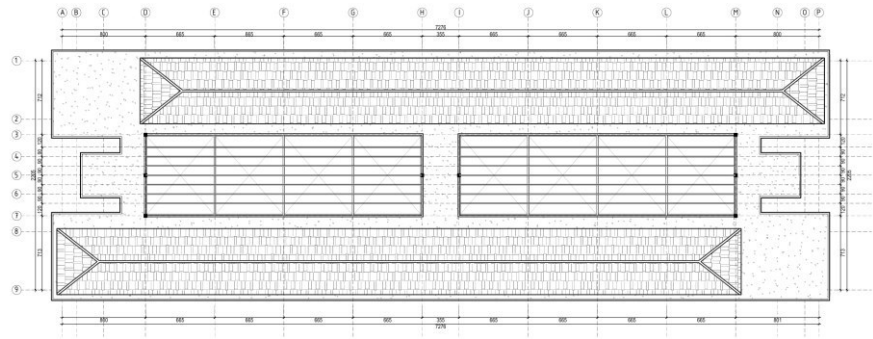
Gambar 5. 16. Gambar 5.16. Struktur rangka skylight

Sumber: Penulis, 2026



Gambar 5. 17. Detail sambungan strutur rangka

Sumber: Penulis, 2026



Gambar 5. 18. Denah rangka atap

Sumber: Penulis, 2026

4) Finishing

Seluruh komponen alumunium kusen jendela clerestory dilakukan melalui finishing kusen aluminium menggunakan lapisan *powder coating* berwarna terang yang berfungsi meningkatkan ketahanan terhadap korosi, goresan, dan paparan cuaca, sekaligus memberikan tampilan yang selaras dengan fasad bangunan.

b. Detail *Adaptive Secondary Skin*

Adaptive secondary skin merupakan elemen selubung bangunan yang berfungsi mengendalikan intensitas cahaya matahari sebelum melalui bukaan fasad. Dalam penerapannya, desain ini mempertimbangkan desain aspek penerapan desain dan memperhatikan detail-detail penyusun desain.

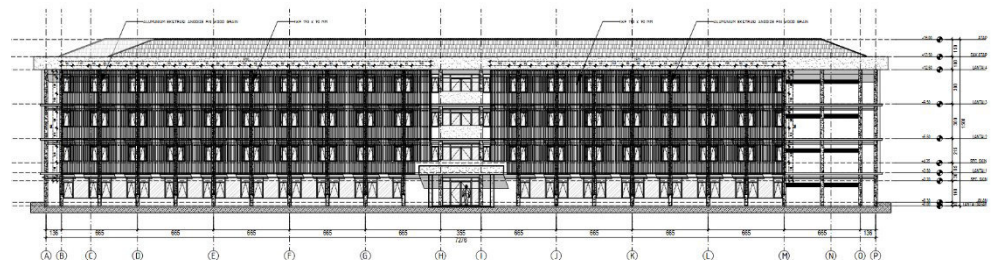
1) Penerapan *Adaptive Secondary Skin*

Tampak depan bangunan pada **Gambar 5.19.** merupakan *adaptive secondary skin* yang diterapkan di area

fasad utama dan membentuk dua bidang penerapan, yaitu bagian kiri dan kanan bangunan. Pemisahan pada bagian tengah dilakukan karena terdapat area balkon yang menjadi bidang terbuka pada fasad, sehingga *secondary skin* tetap mengikuti kondisi eksisting bangunan tanpa menutupi area balkon. Kisi-kisi diterapkan secara menerus pada area fasad yang memiliki bukaan, membentuk lapisan kedua di depan bidang bangunan.

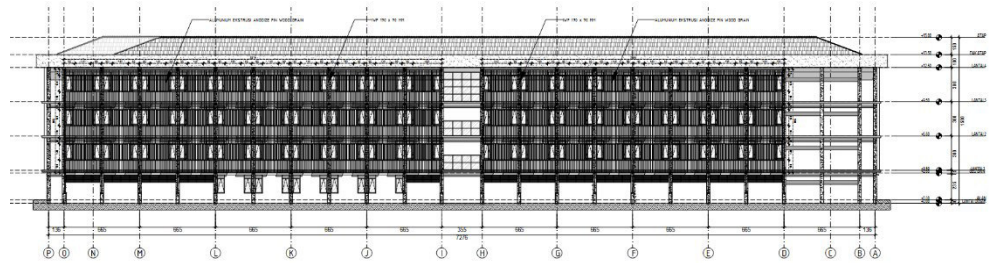
Tampak belakang pada **Gambar 5.20**. *secondary skin* juga diterapkan pada bidang fasad utama dengan konfigurasi yang menyesuaikan pembagian massa bangunan. Sistem ini diteruskan pada area yang memiliki bukaan untuk mendukung pengendalian cahaya alami, termasuk pada bagian tangga supaya memperoleh cahaya alami.

Penerapan *adaptive secondary skin* pada tampak depan dan belakang menunjukkan bahwa sistem tidak diterapkan secara seragam pada seluruh bidang bangunan, tetapi disesuaikan dengan posisi bukaan, balkon, dan area tangga. Pembagian tersebut mempertahankan fungsi bukaan bangunan sekaligus memberikan lapisan peneduh pada bidang fasad yang membutuhkan pengendalian cahaya alami.



Gambar 5. 19. Tampak depan adaptive secondary skin

Sumber: Penulis, 2026



Gambar 5. 20. Tampak belakang adaptive secondary skin

Sumber: Penulis, 2026

2) Dimensi dan Material *Adaptive Secondary Skin*

Adaptive secondary skin pada **Gambar 5.21.** tersusun dari elemen utama berupa kisi-kisi aluminium berukuran 100×20 mm dengan jarak antar kisi-kisinya 10 cm. Kisi-kisi aluminium menggunakan proses ekstrusi dan anodizing sebagai perlakuan permukaan untuk meningkatkan ketahanan material terhadap korosi. Susunan kisi-kisi diterapkan secara berulang mengikuti modul fasad bangunan sehingga membentuk lapisan kedua di depan bukaan.

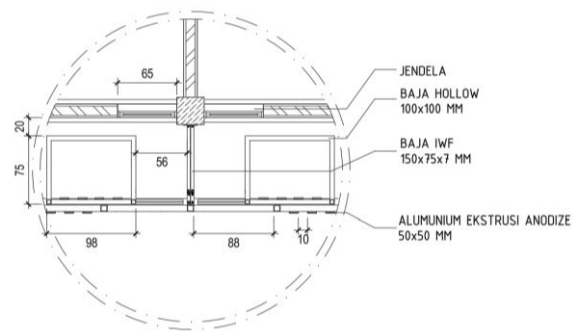


Gambar 5. 21. Detail konfigurasi dimensi adaptive secondary skin pada Fasad Selatan, Utara, dan Potongan Fasad A-A

Sumber: Penulis, 2026

Melalui gambar, penerapan *adaptive secondary skin* terlihat pada Fasad Selatan dan Fasad Utara dengan konfigurasi kisi-kisi yang mengikuti pembagian bidang fasad. Adanya bagian fasad yang terpisah sesuai dengan konfigurasi massa dan bukaan bangunan. Dimensi horizontal dan vertikal pada gambar digunakan sebagai acuan dalam menentukan posisi serta jumlah elemen kisi-kisi yang diterapkan pada setiap bidang fasad. Kisi-kisi aluminium ditopang oleh baja hollow galvanis berukuran 100×100 mm yang berfungsi sebagai rangka pendukung elemen *secondary skin*. Rangka tersebut kemudian ditopang oleh baja IWF $150 \times 75 \times 7$ mm sebagai elemen struktur *secondary skin*. Pada arah horizontal, baja IWF dihubungkan dengan struktur kolom utama bangunan, sedangkan pada arah vertikal struktur *secondary skin* diteruskan menuju kolom pedestal berukuran $25 \times 25 \times 80$ cm. Kolom pedestal tersebut menerus hingga struktur pondasi *footplat* berukuran 150×150 cm dengan kedalaman 3 m.

Hubungan antara elemen *secondary skin* dengan struktur bangunan menggunakan sistem sambungan mekanis berupa angkur dan *end plate* untuk menghubungkan struktur *secondary skin* dengan struktur utama bangunan. Sementara sambungan las digunakan pada bagian rangka *secondary skin* untuk membentuk dan menyatukan elemen rangka pendukung kisi-kisi. Rangka tersebut memiliki sistem penopang yang terhubung dengan struktur bangunan sekaligus menyediakan bidang pemasangan bagi kisi-kisi aluminium.



Gambar 5. 22. Detail Sambungan *Secondary Skin* Kisi-kisi

Sumber: Penulis, 2026

Untuk memperjelas konfigurasi dan hubungan antar elemen, **Gambar 5.22.** menunjukkan potongan bagian atas *secondary skin* pada kondisi terbuka di depan jendela. Pada bagian depan posisi kisi-kisi aluminium terhadap bukaan serta elemen struktur yang menopangnya rangka baja hollow berukuran 100×100 mm, pada bagian belakang *secondary skin* terdapat baja IWF berukuran $150 \times 75 \times 7$ mm yang berfungsi sebagai elemen penyangga horizontal dan dihubungkan dengan struktur kolom utama bangunan.

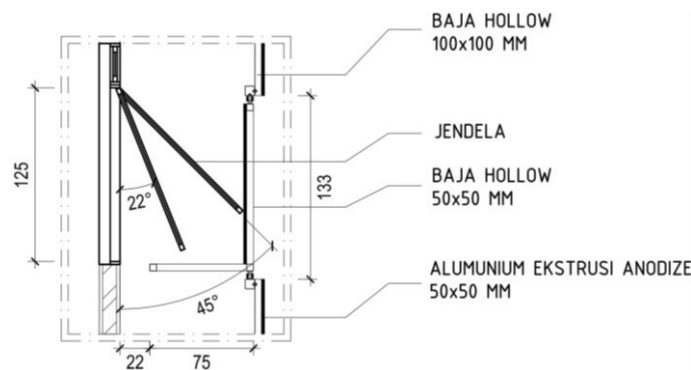
Pada gambar tersebut juga menampilkan beberapa jarak antara elemen bukaan, rangka, dan struktur pendukung. Jarak yang ditunjukkan pada gambar antara lain, 65 cm pada bagian atas menunjukkan lebar bukaan atau jendela, 56 cm pada bagian tengah jarak dari penyangga horizontal hingga ke *secondary skin* saat terbuka, serta dimensi horizontal 98 cm dan 75 cm sebagai ukuran bagian *adaptive secondary skin*. Dimensi 88 cm sebagai lebar lubang *secondary skin* yang berada di depan bukaan, 10 cm pada bagian bawah menampilkan jarak antar kisi-kisi, dan 20 cm jarak bukaan ke *railing* dari *secondary skin* supaya dapat dijangkau penghuni. Dimensi tersebut menunjukkan posisi relatif antara rangka

secondary skin, bukaan, dan elemen struktur bangunan sehingga posisi *secondary skin* tetap berada pada jarak yang sesuai dari bidang bukaan ketika berada dalam kondisi terbuka.

3) Pemasangan Engsel Geser

Berdasarkan **Gambar 5.23**, ditunjukkan sistem geser pada penerapan *adaptive secondary skin*, yang berguna sebagai ruang gerak antara rangka dan bidang bukaan jendela.

Jarak antara rangka geser dengan bidang jendela, yakni 22 cm dan jarak keseluruhan bidang jendela hingga ke *posisi secondary skin* adalah 97 cm. Dimensi tersebut memungkinkan rangka *secondary skin* untuk tidak bertabrakan dengan elemen jendela. Detail jendela juga menunjukkan 22° dan 45° pada saat membuka jendela, dimana kondisi tersebut, jendela saat terbuka tidak mengganggu pengoprasioan rangka *secondary skin*.



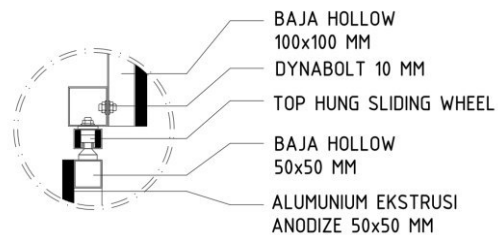
Gambar 5. 23. Potongan kisi-kisi Adaptive *Secondary Skin*

Sumber: Penulis, 2026

Sedangkan pada **Gambar 5.24**. ditampilkan mekanisme geser menggunakan *top hung sliding wheel* yang dipasang pada

rangka *adaptive secondary skin*. Roda berfungsi sebagai elemen penggantung sekaligus penggerak panel pada jalur geser, sehingga panel dapat dipindahkan secara horizontal di depan bukaan bangunan dengan komponen roda terhubung dengan rangka geser melalui elemen sambungan yang kemudian diteruskan ke rangka *secondary skin*.

Struktur rangka geser terdiri dari besi hollow galvanis 50 x 50 mm yang disambung menggunakan las, sedangkan aluminium ekstruksi anodize disambung menggunakan dynabolt 10 mm pada rangka geser.

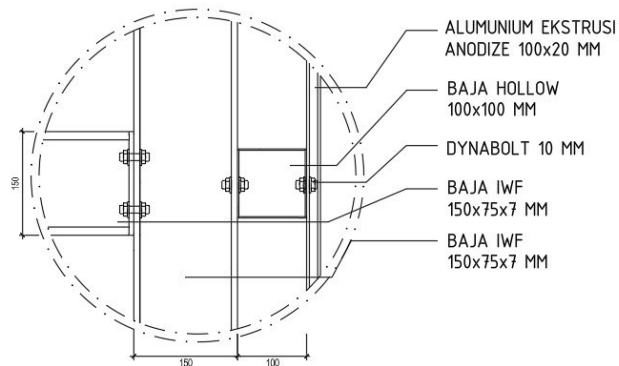


Gambar 5. 24. Detail engsel geser

Sumber: Penulis, 2026

4) Struktur Penyangga

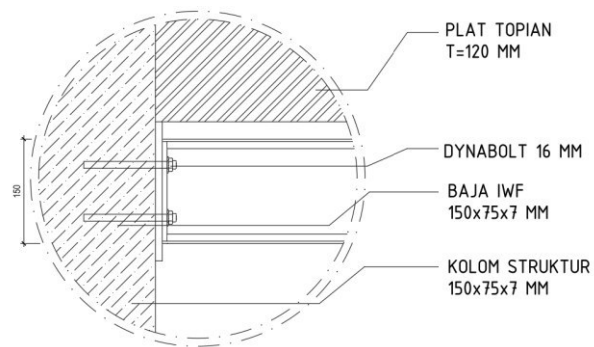
Sambungan Baja IWF yang ditunjukkan pada **Gambar 5.25.** dengan kolom struktur utama bangunan yang terletak di bagian bawah dak topi-topian menggunakan end plate dan dynabolt 16 mm sebagai elemen pengikat untuk meneruskan beban horizontal dari sistem *secondary skin* menuju struktur utama bangunan sehingga posisi penyangga tetap stabil.



Gambar 5. 25. Detail sambungan penyangga ke penopang

Sumber: Penulis, 2026

Pada **Gambar 5.26.** Baja IWF juga berfungsi sebagai penyangga horizontal yang menghubungkan rangka baja hollow 100 × 100 mm menjadi elemen penopang kisi-kisi aluminium ekstrusi anodize 100 × 20 mm, sehingga beban dari kisi-kisi diteruskan melalui rangka hollow menuju Baja IWF dan selanjutnya ke struktur bangunan.

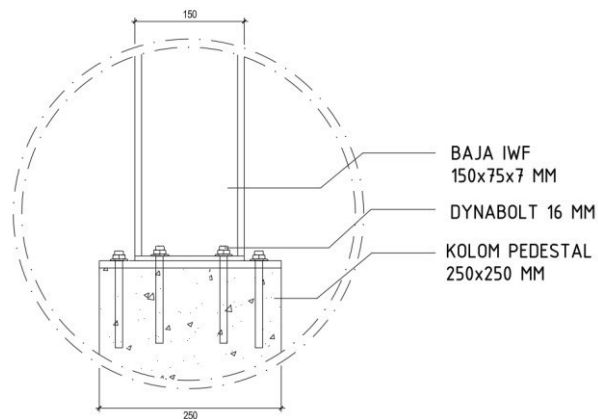


Gambar 5. 26. Detail sambungan penyangga ke struktur kolom utama bangunan

Sumber: Penulis, 2026

Bagian bawah *secondary skin* pada **Gambar 5.27.** baja IWF 150 × 75 × 7 mm dihubungkan dengan kolom pedestal 250 × 250 mm setinggi 80 cm menggunakan dynabolt 16 mm

yang berfungsi sebagai tumpuan vertikal dan meneruskan beban menuju pondasi footplat. Sistem penyangga *adaptive secondary skin* menggunakan kombinasi sambungan mekanis *endplate* dan dynabolt yang memberikan tumpuan stabil tanpa pengelasan langsung pada struktur utama. Karena pengelasan hanya digunakan pada bagian rangka penopang *secondary skin* sesuai kebutuhan perakitan komponen.



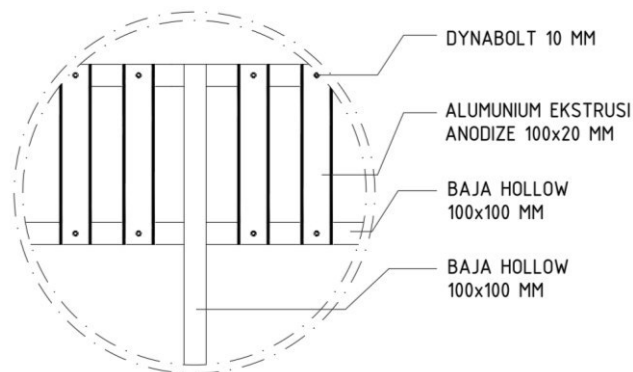
Gambar 5. 27. Detail sambungan ke kolom pedestal

Sumber: Penulis, 2026

5) Struktur Rangka Penopang

Penopang *adaptive secondary skin* pada **Gambar 5.28.** menunjukkan hubungan antara kisi-kisi aluminium dengan rangka penopang yang menggunakan baja hollow 100 × 100 mm, dimana kisi-kisi aluminium ekstrusi anodize berukuran 100 × 20 mm ditempatkan pada rangka baja hollow sebagai elemen *secondary skin*. Hubungan antara kisi-kisi dan rangka penopang menggunakan dynabolt 10 mm yang ditempatkan pada beberapa titik sepanjang rangka. Titik-titik dynabolt ditunjukkan pada bagian atas dan bawah kisi-kisi mengikuti

susunan rangka, sehingga setiap bagian kisi-kisi memperoleh tumpuan yang memadai. Sambungan tersebut berfungsi mengikat kisi-kisi agar tetap berada pada posisi yang telah ditentukan sekaligus memungkinkan beban dari kisi-kisi diteruskan menuju rangka penopang.



Gambar 5. 28. Detail sambungan penopang ke peneleh

Sumber: Penulis, 2026

6) Finishing

Finishing desain *secondary skin* diberikan tambahan pelapisan akhir komponen setelah seluruh rangka dan kisi-kisi terpasang. Kisi-kisi aluminium ekstrusi diberi lapisan anodize untuk melindungi permukaan dari kondisi lingkungan luar sekaligus menghasilkan permukaan yang lebih tahan lama. Proses anodize ini diterapkan secara konsisten seluruh elemen aluminium dalam sistem *secondary skin*. Sementara rangka penopang dari baja hollow dan baja IWF menggunakan material yang telah dilindungi terhadap kondisi lingkungan. Setelah perakitan, sambungan dan elemen baja diperiksa kembali untuk memastikan tidak ada bagian yang terbuka atau lapisan pelindung yang rusak.

Tahap akhir memastikan seluruh kisi-kisi terpasang seragam, sambungan dynabolt terpasang dengan baik, serta rangka penopang sesuai dengan gambar kerja. Pemeriksaan juga dilakukan pada sistem pergeseran untuk memastikan panel dapat bergerak horizontal atau digeser tanpa hambatan pada rangka maupun bukaan jendela.

5.3.4. Rencana Anggaran Biaya

Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dimulai dengan menghitung kebutuhan material dan biaya pembuatan unit prototipe. Komponen yang diperhitungkan meliputi rangka hollow galvanis 100x100x1,4 mm, frame hollow galvanis 50x50x1,4 mm, railing hollow galvanis, kisi-kisi aluminium, rel aluminium sliding top hung, roda sliding, jendela clerestory skylight, struktur baja, pondasi footplat, serta sambungan las. Setelah biaya satuan diperoleh, estimasi total dihitung dengan mengalikan jumlah unit yang akan dipasang pada seluruh bidang fasad bangunan.

Harga keseluruhan estimasi biaya sebesar Rp.2.202.492.000,00. Angka ini disusun dengan mengacu pada Peraturan Wali Kota Semarang Nomor 30 Tahun 2025 tentang Standardisasi Harga Satuan Bahan Bangunan, Upah, dan Analisa Pekerjaan untuk Kegiatan Pembangunan Pemerintah Kota Semarang Tahun Anggaran 2026, serta mempertimbangkan perbandingan harga dari beberapa toko material dan platform daring.

Estimasi total biaya diperoleh dengan mengalikan harga satuan prototipe dengan jumlah titik bukaan yang direncanakan, yaitu sebanyak 210 unit. Berdasarkan perhitungan tersebut, total biaya yang dibutuhkan

mencapai Rp348.439.766,80. Nilai ini telah memperhitungkan kondisi lapangan, seperti pengulangan pekerjaan per modul, penyesuaian mekanisme geser, dan efisiensi kerja, sehingga koefisien yang dihasilkan lebih mendekati kondisi aktual pelaksanaan di lapangan.

5.3.5. Potensi Efisiensi pada Desain Terpilih

Selain optimalisasi distribusi pencahayaan alami, desain terpilih juga dapat ditinjau kontribusinya terhadap efisiensi energi bangunan. Tinjauan ini mengacu pada SNI 03-6197-2011 yang merupakan standar konservasi energi pada sistem pencahayaan. Dengan tingkat kesesuaian iluminansi suatu ruang terhadap standar tersebut dapat digunakan sebagai indikator tidak langsung terhadap potensi pengurangan kebutuhan pencahayaan buatan pada ruang tersebut.

Dari **Tabel 5.8.** sampai dengan **Tabel 5.10.**, jumlah ruang yang sesuai rentang SNI pada desain terpilih meningkat signifikan dibandingkan kondisi eksisting, terutama pada pukul 13.00 WIB sebagai representasi intensitas matahari tertinggi. Pada kondisi eksisting, tidak ada satupun dari 10 ruang sampel yang memenuhi standar pada jam tersebut (**Tabel 4.4.**). Sebaliknya, pada desain terpilih, 8 dari 10 ruang (80%) telah berada dalam rentang SNI. Secara akumulatif dari keempat sesi pengukuran, 9 dari 30 titik telah sesuai standar dan 21 titik lainnya berada pada kondisi mendekati standar.

Peningkatan ini menunjukkan semakin besarnya potensi ruang yang tidak lagi bergantung pada pencahayaan buatan di siang hari. Meskipun penelitian ini tidak melakukan pengukuran konsumsi energi listrik secara langsung, capaian kesesuaian terhadap SNI 03-6197-2011 dapat dijadikan indikator awal bahwa strategi desain selubung bangunan

pada Alternatif Desain 3 turut mendukung efisiensi energi pencahayaan.
Hal ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya.