



aspek penting yang memengaruhi kenyamanan termal dan konsumsi energi bangunan.

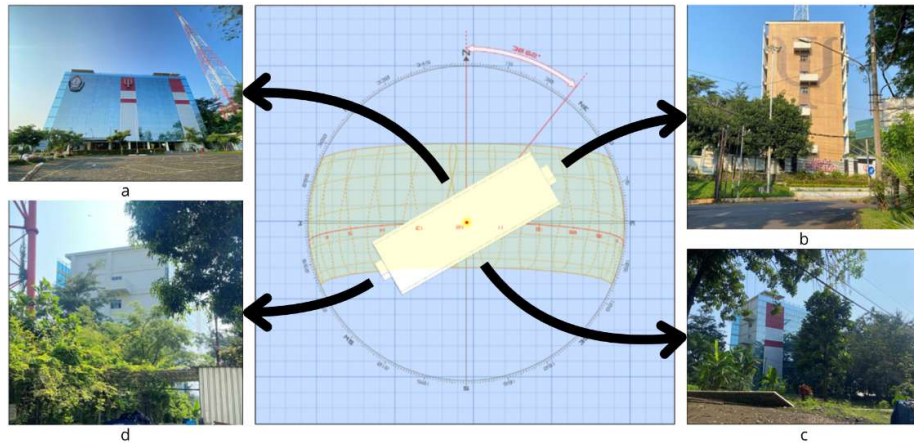


Gambar 4. 2 Gedung Fakultas Psikologi UNDIP

Gedung ini dipilih sebagai objek penelitian karena memiliki karakteristik bangunan pendidikan bertingkat yang memerlukan kenyamanan termal optimal untuk menunjang aktivitas belajar dan bekerja. Selain itu, bangunan yang telah terbangun memungkinkan dilakukan evaluasi terhadap performa termal selubung bangunan berdasarkan parameter *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV). Melalui penelitian ini, dilakukan analisis terhadap kondisi eksisting bangunan dan penyusunan rekomendasi desain *sun shading* sebagai upaya optimalisasi performa energi bangunan tanpa mengubah fungsi utama bangunan yang sudah ada.

#### **4.1.1 Orientasi Bangunan**

Bangunan memiliki orientasi fasad yang cenderung menghadap barat laut, sehingga menerima paparan radiasi matahari dengan intensitas tinggi pada waktu tertentu.


















Gambar 4. 3 Orientasi Gedung Fakultas Psikologi UNDIP; Fasad Barat Laut (a); Fasad Timur Laut (b); Fasad Tenggara (c); Fasad Barat Daya (d)

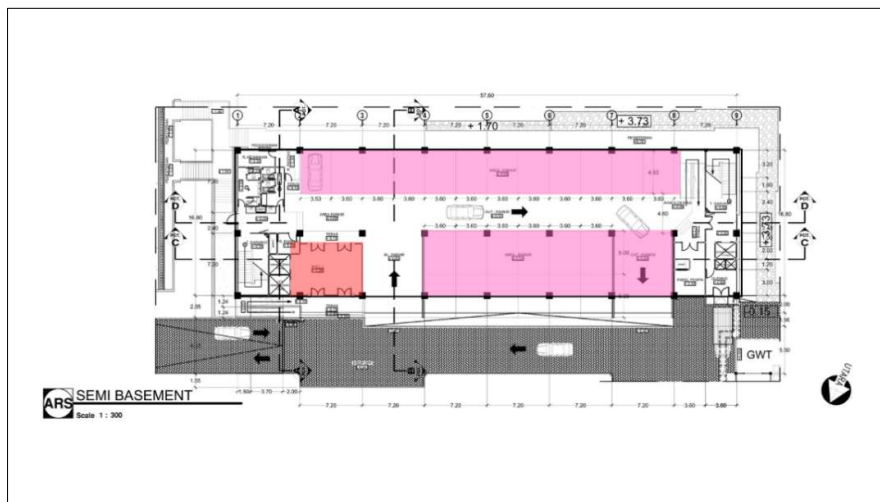
#### 4.1.2 Fungsi Ruang per Lantai

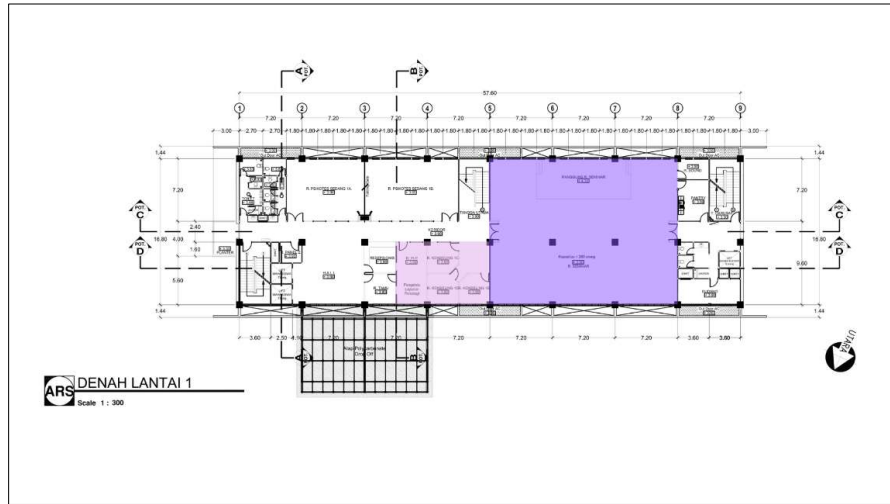
Berikut merupakan tabel jumlah lantai yang ada pada Gedung Fakultas Psikologi beserta dengan fungsi ruangan setiap lantai. Terlihat bahwa fungsi ruang perkuliahan terdapat pada lantai 2 dan 3. Dari kedua lantai ini, salah satunya akan menjadi acuan terhadap pengoptimalan desain sun shading sebagai alternatif desain fasad Gedung Fakultas Psikologi Undip.

Tabel 4. 1 Fungsi Ruang per Lantai

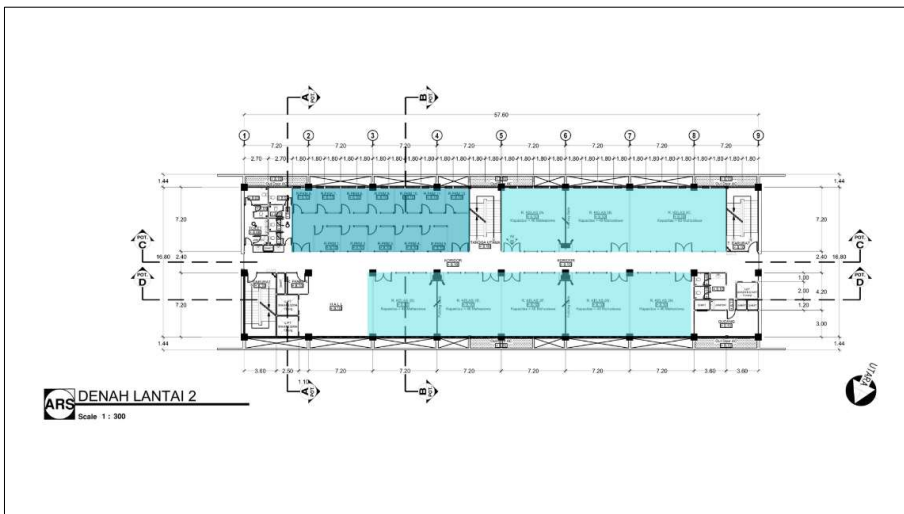
Area	Kode	Fungsi
Lantai Semi Basement		Area parkir
		Lobi
Lantai 1		Pelayanan psikologi
		Ruang komunal
Lantai 2		Ruang PKM

		Ruang perkuliahan mahasiswa S1
Lantai 3		Ruang perkuliahan mahasiswa S1
		Laboratorium
Lantai 4		Ruang konseling
		Perpustakaan
Lantai 5		Pusat Studi
		Ruang Dosen
Lantai 6		Administrasi
Lantai 7		Administrasi
Penthouse		Utilitas bangunan

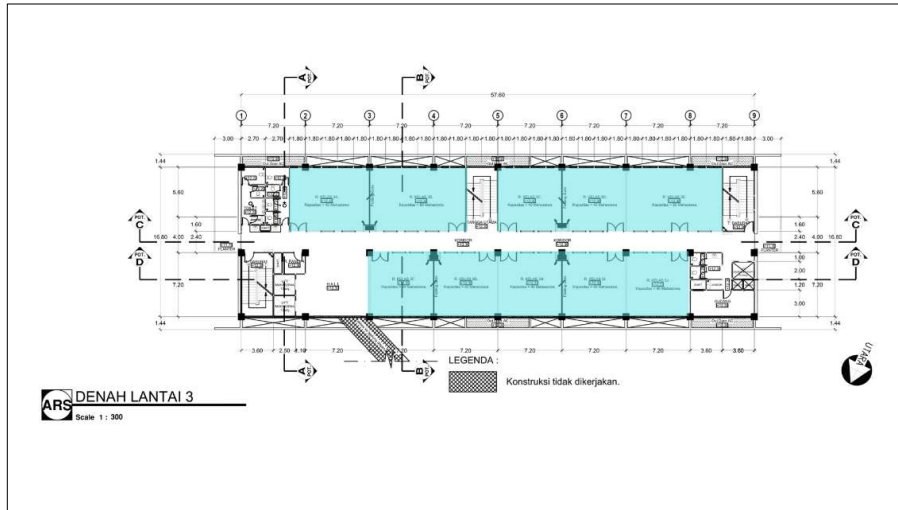
Gambar 4. 4 Denah Semi *Basement*



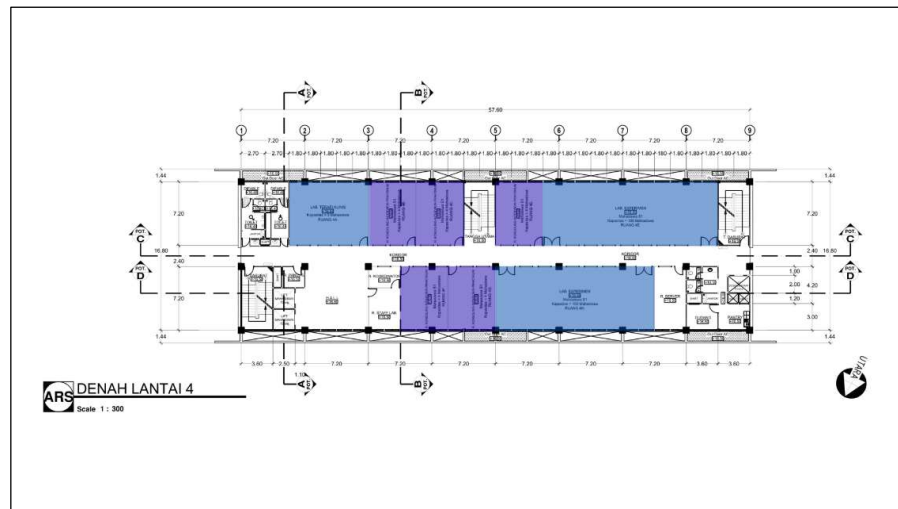
Gambar 4. 5 Denah Lantai 1



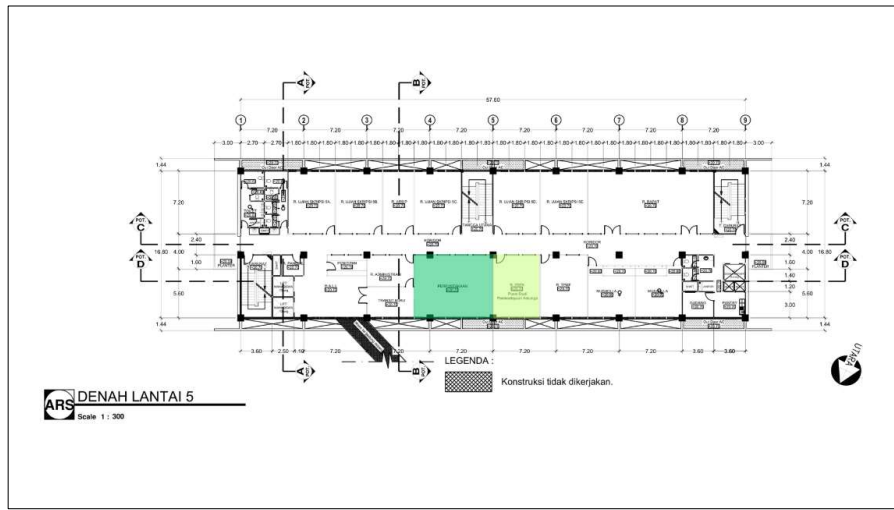
Gambar 4. 6 Denah Lantai 2



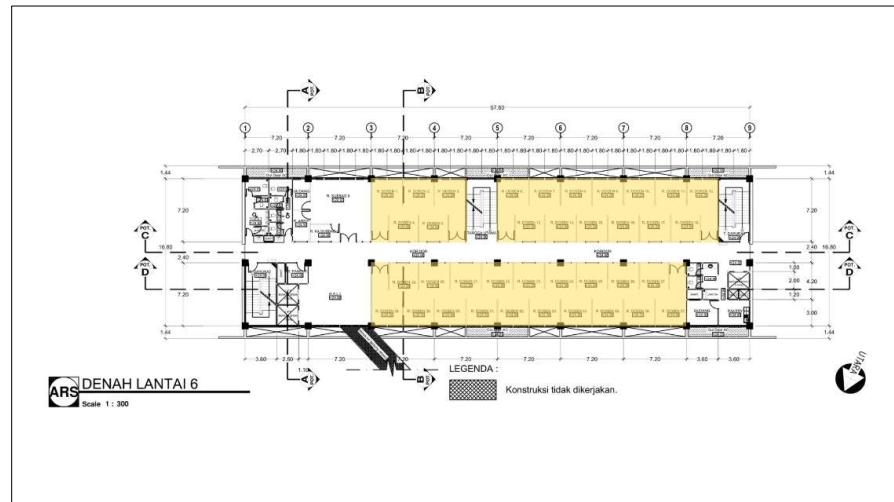
Gambar 4. 7 Denah Lantai 3



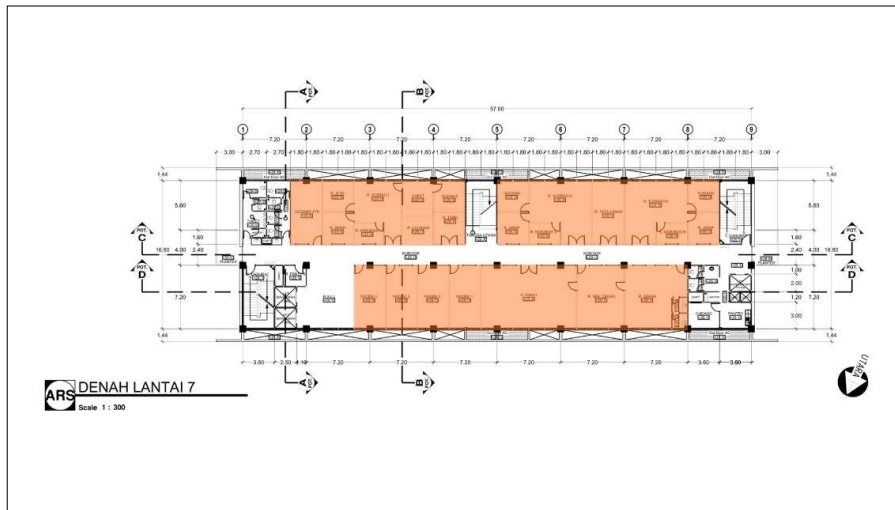
Gambar 4. 8 Denah Lantai 4



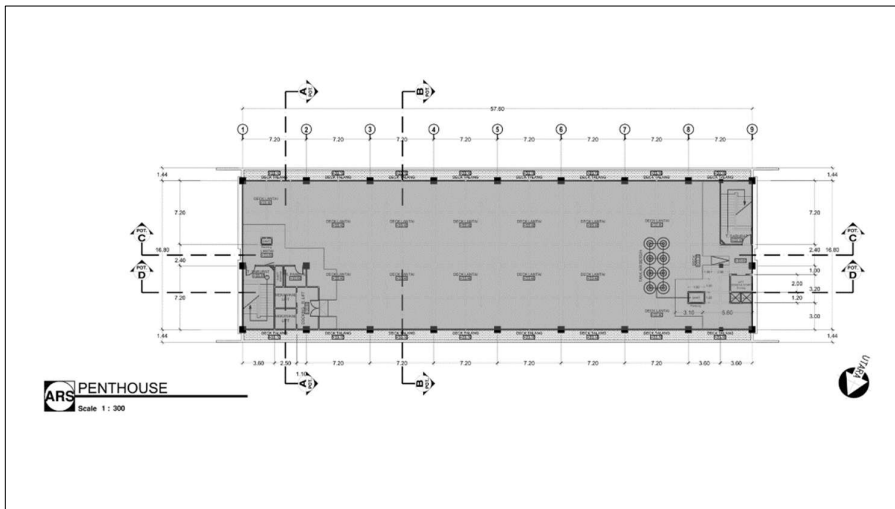
Gambar 4. 9 Denah Lantai 5



Gambar 4. 10 Denah Lantai 6



Gambar 4. 11 Denah Lantai 7

Gambar 4. 12 Denah *Penthouse*

### 4.1.3 Sistem Fasad Bangunan Eksisting

Bangunan menggunakan sistem *double skin façade* berupa *curtain wall* yang berfungsi sebagai elemen pembungkus bangunan sekaligus elemen estetika. Selain sistem *double skin facade*, bangunan juga memiliki beberapa elemen peneduh seperti balkon pada sisi fasad timur laut dan barat daya, serta

elemen overhang yang difungsikan sebagai *outdoor* ac ataupun talang air pada sisi fasad barat laut dan tenggara.



Gambar 4. 13 Kondisi Sistem Fasad Eksisting

#### 4.1.4 Material Selubung Bangunan

Berdasarkan data teknis dari dokumen Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada bangunan eksisting, diketahui bahwa material utama pada fasad curtain wall terjadi perubahan spesifikasi dari kaca Stopsol menjadi kaca Panasap. Hal ini dapat memengaruhi kemampuan reduksi panas dikarenakan sifat keduanya

berbeda. Kaca stopsol bersifat reflective seperti cermin sehingga dapat mengontrol panas lebih baik, sedangkan panasap memiliki karakteristik transparan gelap yang dapat menyerap panas.

## 4.2 Analisis Kondisi Bangunan Eksisting

Bagian ini memaparkan hasil analisis terhadap kondisi bangunan eksisting Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro sebagai dasar dalam mengevaluasi performa termal selubung bangunan. Analisis dilakukan melalui dua tahapan utama, yaitu perhitungan *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV) pada bangunan eksisting dan analisis lintasan matahari (*sun path*) untuk mengetahui pengaruh orientasi bangunan terhadap penerimaan radiasi matahari. Kedua tahapan tersebut digunakan untuk mengidentifikasi tingkat perpindahan panas yang terjadi melalui selubung bangunan serta mengetahui fasad yang memiliki potensi beban panas paling besar. Hasil analisis terhadap nilai OTTV dan lintasan matahari selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan redesain fasad bangunan, khususnya melalui penerapan elemen *sun shading* yang disesuaikan dengan orientasi dan karakteristik bangunan eksisting.

### 4.2.1 Perhitungan *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV) pada Bangunan Eksisting

Perhitungan *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV) dilakukan menggunakan *Building Envelope OTTV Compliance Form v3.0* dari Kementerian PUPR dengan mengacu pada parameter bangunan eksisting yang diperoleh dari dokumen teknis berupa *Detail Engineering Design* (DED) dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB). Perhitungan ini tidak dilakukan melalui pengukuran langsung di lapangan, melainkan melalui simulasi parametrik dengan menginputkan data spesifikasi material, dimensi fasad, dan karakteristik sistem fenestrasi ke dalam formulir perhitungan resmi tersebut. Hal ini sesuai dengan sifat dasar perhitungan OTTV yang bersifat parametrik,

di mana nilai akhirnya ditentukan oleh besaran fisik material dan geometri bangunan, bukan oleh pengukuran kondisi termal yang berlangsung di lapangan. Pada tahap ini, data yang digunakan meliputi orientasi fasad, luas dinding dan bukaan, jenis material dinding, jenis material kaca, serta parameter termal material yang memengaruhi nilai OTTV. Perhitungan dilakukan pada setiap orientasi fasad bangunan, kemudian hasilnya dirata-ratakan untuk memperoleh nilai OTTV keseluruhan bangunan. Nilai OTTV eksisting ini selanjutnya dibandingkan dengan batas maksimum yang ditetapkan dalam standar konservasi energi untuk mengetahui apakah bangunan telah memenuhi kriteria efisiensi termal atau masih memerlukan intervensi desain.

#### 4.2.1.1 Perhitungan OTTV Bangunan Eksisting Tanpa *Secondary Skin*

Simulasi ini dilakukan dengan mengidentifikasi spesifikasi dinding eksterior dengan kode EW1 berupa *Brick Wall* sebagai tipe konstruksi utama dinding pada Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro. Pemilihan tipe tersebut disesuaikan dengan kondisi eksisting bangunan yang menggunakan material bata ringan sebagai elemen utama dinding luar. Data ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan karakteristik termal dinding pada perhitungan OTTV bangunan eksisting (lihat tabel 4.2).

Tabel 4. 2 Tipe Konstruksi Dinding Yang Teridentifikasi

Kode	Tipe Konstruksi
EW 1	Brick Wall

Setelah itu, perlu identifikasi sistem fenestrasi eksterior yang digunakan pada bangunan eksisting (lihat tabel 4.3). Pada tahap ini terdapat enam tipe bukaan yang terdata, yaitu F1 Kaca Polos I, F2 Kaca Polos II, F3 Kaca Polos III, F4 Kaca Polos IV, F5 Kaca Tempered I, dan F6 Pintu I. Empat tipe pertama menggunakan *clear glass* dengan nilai SHGC 0,8 dan U-value 5,93 W/m<sup>2</sup>K, sedangkan F5 menggunakan *tempered glass* dengan nilai SHGC 0,7 dan U-value 5,7 W/m<sup>2</sup>K, dan F6 memiliki SHGC 0,05 dengan U-value 10 W/m<sup>2</sup>K. Berdasarkan data eksisting menunjukkan bahwa F1 dan F3 tidak menggunakan

peneduh luar, sedangkan F2, F4, F5, dan F6 menggunakan peneduh luar dengan kode SH1, SH2, SH3, dan SH4. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa bukaan dominan pada bangunan masih didominasi kaca polos dengan nilai SHGC tinggi, sehingga berpotensi besar memasukkan radiasi matahari ke dalam ruang.

Tabel 4. 3 Material Kaca Dan Pintu Yang Digunakan Pada Bangunan

No.	Kode	Nama	SHGC	U-Value (W/ m <sup>2</sup> K)	Peneduh Luar	Kode Peneduh	Keterangan
1	F1	Kaca Polos I	0,80	5,93	No	SH 5	Jendela kaca lantai 1 hingga lantai 6 (Barat Laut & Tenggara)
2	F2	Kaca Polos II	0,80	5,93	Yes	SH 1	Jendela kaca lantai 7 (Barat Laut & Tenggara)
3	F3	Kaca Polos III	0,80	5,93	No	SH 5	Jendela kaca lantai 1, 3, 5, dan 7 (Timur Laut & Barat Daya)
4	F4	Kaca Polos IV	0,80	5,93	Yes	SH 2	Jendela kaca lantai 2, 4, dan 6 (Timur Laut & Barat Daya)
5	F5	Kaca Tempered I	0,70	5,70	Yes	SH 3	Pintu jendela kaca lantai <i>semi-basement</i>
6	F6	Pintu I	0,05	10,00	Yes	SH 4	Pintu gudang lantai <i>semi-basement</i>

Selanjutnya mengidentifikasi detail elemen peneduh luar yang menjadi parameter penting dalam perhitungan *shading coefficient* efektif (lihat tabel 4.4). Pada tahap ini, teridentifikasi tipe shading horizontal dengan empat kode peneduh yang aktif, yaitu SH1, SH2, SH3, dan SH4. SH1 memiliki dimensi

panjang 1,15 m dan tinggi 2,67 m, dengan nilai Scef sebesar 0,756 untuk orientasi utara/selatan, 0,7703 untuk barat/timur, 0,7563 untuk timur laut/barat laut, dan 0,7413 untuk tenggara/barat daya. SH2 berdimensi 2,8 m x 2,83 m dengan Scef 0,6819, 0,5998, 0,6105, dan 0,5828 untuk keempat kelompok orientasi tersebut. SH3 berdimensi 10,95 m x 4,06 m dan menghasilkan Scef paling kecil pada orientasi barat/timur, yaitu 0,4432, sedangkan SH4 berdimensi 3,68 m x 3,2 m dengan Scef 0,6731, 0,5656, 0,5809, dan 0,5502. Pada tabel vertikal dan eggcrate, seluruh kode SV1–SV25 dan SE1–SE25 juga bernilai 0, sehingga dapat disimpulkan bahwa bangunan eksisting hanya memanfaatkan peneduh horizontal dan belum menerapkan peneduh vertikal maupun eggcrate.

Tabel 4. 4 Dimensi Dan Faktor Pembayangan (Scef) Untuk Elemen Peneduh Horizontal

No.	Kode	Panjang (m)	Tinggi (m)	Kemiringan (derajat)	Scef (U/S)	Scef (B/T)	Scef (TL/BL)	Scef (Tg/BD)
1	SH1	1,15	2,67	0	0,756	0,770	0,756	0,741
2	SH2	2,80	2,83	0	0,682	0,600	0,611	0,583
3	SH3	10,95	4,06	0	0,661	0,443	0,505	0,473
4	SH4	3,68	3,20	0	0,673	0,566	0,581	0,550
5	SH5	-	-	-	-	-	-	-

Setelah mengidentifikasi spesifikasi material dan sistem fenestrasi eksterior, data yang dibutuhkan sudah memenuhi untuk mengidentifikasi fasad berdasarkan tiap orientasi. Identifikasi fasad timur laut sebagai salah satu orientasi yang dianalisis dalam perhitungan OTTV bangunan eksisting. Peneliti memasukkan variabel fasad berupa tinggi (jarak antar lantai), panjang, kode tipe konstruksi dinding (sesuai identifikasi material), kode tipe konstruksi sistem fenestrasi, area bukaan, dan jumlah lantai (lihat tabel 4.5). Berdasarkan data pada lembar OTTV, fasad ini memiliki total area 493,92 m<sup>2</sup> dengan luas bukaan 22,3755 m<sup>2</sup>, sehingga menghasilkan WWR sebesar 4,53%. Nilai WWR yang relatif kecil menunjukkan bahwa fasad timur laut tidak terlalu dominan pada bidang kaca, sehingga beban panas yang masuk lebih terkendali dibanding

fasad dengan proporsi bukaan lebih besar. Data ini menjadi dasar untuk menghitung komponen konduksi melalui dinding, konduksi melalui bukaan, dan radiasi melalui bukaan pada orientasi timur laut.

Tabel 4. 5 Dimensi Dinding Dan Bukaan Jendela Pada Fasad Sisi Timur Laut

No.	Nama Fasad	Tinggi (m)	Panjang (m)	Area Fasad (m <sup>2</sup> )	Kode Dinding	Kode Fenestrasi	Area Bukaan (m <sup>2</sup> )	Jumlah Lantai	Total Area Fasad (m <sup>2</sup> )
1	TL 1	4,2	16,8	70,56	EW 1	F3	3,1965	4	282,24
2	TL 2	4,2	16,8	70,56	EW 1	F4	3,1965	3	211,68

Untuk menentukan nilai konduksi melalui dinding pada fasad timur laut yaitu dengan menggunakan luas fasad 493,92 m<sup>2</sup>, WWR 4,53%, nilai 1-WWR = 95,47%, U-value dinding = 2,7975 W/m<sup>2</sup>K, dan T<sub>deq</sub> = 10, diperoleh kontribusi panas melalui dinding sebesar 6595,7289 W. Nilai ini menunjukkan bahwa walaupun WWR rendah, dinding tetap memberikan kontribusi panas yang nyata karena luas bidang opaque masih dominan. Dengan demikian, komponen dinding pada fasad timur laut masih perlu diperhatikan dalam evaluasi performa termal bangunan.

Selain itu, konduksi melalui bukaan juga dapat ditentukan. Pada perhitungan ini digunakan luas fasad 493,92 m<sup>2</sup>, luas bukaan 22,3755 m<sup>2</sup>, WWR 4,53%, U-value bukaan 5,7 W/m<sup>2</sup>K, dan  $\Delta T = 5$ . Hasilnya menunjukkan kontribusi konduksi melalui bukaan sebesar 663,4336 W. Nilai ini relatif kecil dibandingkan komponen lain karena luas bukaan fasad timur laut memang rendah. Namun demikian, hasil ini tetap menunjukkan bahwa sistem fenestrasi memberikan kontribusi tambahan terhadap beban panas selubung bangunan.

Dengan demikian, hasil perhitungan radiasi melalui bukaan pada fasad timur laut dapat ditentukan dengan menggunakan WWR 4,53%, solar factor 170 untuk Semarang pada orientasi timur laut, serta shading coefficient sesuai sistem peneduh yang dipakai. Hasil perhitungan menghasilkan nilai radiasi sebesar 2947,7826 W. Nilai ini lebih besar dibandingkan konduksi melalui

bukaan, sehingga dapat disimpulkan bahwa beban panas pada fasad timur laut lebih banyak disebabkan oleh radiasi matahari langsung daripada perpindahan panas konduktif melalui kaca. Secara keseluruhan, kombinasi ketiga komponen menghasilkan nilai OTTV pada fasad timur laut sebesar  $20,67 \text{ W/m}^2$ , yang masih berada di bawah batas SNI  $35 \text{ W/m}^2$ . Rangkuman perhitungan perpindahan panas ini dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Energi Panas (Watt) Untuk Orientasi Timur Laut

Kategori Perhitungan	Kode Fasad	Hasil (Watt)	Total per Kategori (Watt)
Konduksi Dinding	TL 1 / TL 2	3.768,99 / 2.826,74	6.595,73
Konduksi Bukaan	TL 1 / TL 2	379,10 / 284,33	663,43
Radiasi Bukaan	TL 1 / TL 2	2.021,97 / 925,81	2.947,78

Hal yang sama juga dilakukan untuk identifikasi fasad tenggara sebagai orientasi yang dianalisis dalam perhitungan OTTV. Berdasarkan data yang telah diinput sepertihalnya fasad timur laut, fasad ini memiliki total area  $1714,02 \text{ m}^2$  dan luas bukaan  $393,3552 \text{ m}^2$ , sehingga menghasilkan WWR sebesar  $22,95\%$  (lihat tabel 4.7). Dibandingkan fasad timur laut, proporsi bukaan pada fasad tenggara jauh lebih besar, sehingga potensi panas yang masuk melalui bidang kaca juga meningkat. Kondisi ini menjadikan fasad tenggara salah satu bagian bangunan yang perlu dianalisis secara lebih kritis.

Tabel 4. 7 Dimensi Dinding Dan Bukaan Jendela Pada Fasad Sisi Tenggara

No.	Nama Fasad	Tinggi (m)	Panjang (m)	Area Fasad ( $\text{m}^2$ )	Kode Dinding	Kode Fenestrasi	Area Bukaan ( $\text{m}^2$ )	Jumlah Lantai	Total Area Fasad ( $\text{m}^2$ )
1	Tg 1	4,2	58,3	244,86	EW 1	F1	56,1936	6	1.469,16
2	Tg 2	4,2	58,3	244,86	EW 1	F2	56,1936	1	244,86

Dengan luas fasad  $1714,02 \text{ m}^2$ , WWR  $22,95\%$ , 1-WWR  $77,05\%$ , U-value dinding  $2,7975 \text{ W/m}^2\text{K}$ , dan Tdeq 10, diperoleh hasil konduksi melalui dinding sebesar  $18.472,7994 \text{ W}$ . Nilai ini menunjukkan bahwa dinding masih menyumbang beban panas yang cukup besar karena luas bidang opaque pada

fasad tenggara juga sangat besar. Hasil ini menegaskan bahwa walaupun bukaan penting, bidang dinding tetap menjadi komponen penting dalam pengendalian OTTV.

Selain itu, konduksi melalui bukaan juga dapat ditentukan. Pada perhitungan ini digunakan luas fasad 493,92 m<sup>2</sup>, luas bukaan 393,35 m<sup>2</sup>, WWR 22,95%, U-value bukaan 5,93 W/m<sup>2</sup>K, dan  $\Delta T = 5$ . Hasilnya menunjukkan kontribusi konduksi melalui bukaan sebesar 11.662,98 W. Nilai ini cukup besar dibandingkan bukaan fasad timur laut. Namun demikian, hasil ini menegaskan bahwa fenestrasi pada orientasi ini memberikan kontribusi besar terhadap total beban panas bangunan.

Selanjutnya melakukan perhitungan radiasi melalui bukaan pada fasad tenggara. Dengan WWR 22,95%, solar factor 155 untuk orientasi tenggara, serta nilai peneduh efektif yang sesuai, diperoleh hasil radiasi sebesar 48.629,6487 W. Nilai ini merupakan komponen terbesar pada fasad tenggara dan menunjukkan bahwa radiasi matahari langsung menjadi penyumbang utama OTTV pada orientasi ini. Nilai OTTV yang dihasilkan pada fasad tenggara mencapai 45,95 W/m<sup>2</sup>, sehingga fasad ini tidak memenuhi batas SNI 35 W/m<sup>2</sup> dan memerlukan perbaikan desain fasad. Lihat rangkuman perhitungan pada tabel 4.8.

*Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Energi Panas (Watt) Untuk Orientasi Tenggara*

Kategori Perhitungan	Kode Fasad	Hasil (Watt)	Total per Kategori (Watt)
Konduksi Dinding	Tg 1 / Tg 2	15.833,83 / 2.638,97	18.472,80
Konduksi Bukaan	Tg 1 / Tg 2	9.996,84 / 1.666,14	11.662,98
Radiasi Bukaan	Tg 1 / Tg 2	43.282,14 / 5.347,51	48.269,65

Selanjutnya mengidentifikasi orientasi fasad barat daya sebagai salah satu orientasi yang dianalisis dalam perhitungan OTTV. Fasad ini memiliki total area 493,92 m<sup>2</sup> dan luas bukaan 22,3755 m<sup>2</sup>, sehingga WWR yang dihasilkan adalah 4,53% (lihat pada tabel 4.9). Secara proporsi, nilai ini sama

dengan fasad timur laut, namun karakter radiasi matahari pada sisi barat daya berbeda sehingga hasil perhitungan OTTV juga tidak sama. Identifikasi ini menjadi dasar untuk melihat seberapa besar beban panas yang diterima fasad tersebut.

Tabel 4. 9 Dimensi Dinding Dan Bukaannya Jendela Pada Fasad Sisi Barat Daya

No.	Nama Fasad	Tinggi (m)	Panjang (m)	Area Fasad (m <sup>2</sup> )	Kode Dinding	Kode Fenestrasi	Area Bukaannya (m <sup>2</sup> )	Jumlah Lantai	Total Area Fasad (m <sup>2</sup> )
1	Tg 1	4,2	16,8	70,56	EW 1	F3	3,1965	4	282,24
2	Tg 2	4,2	16,8	70,56	EW 1	F4	3,1965	3	21,68

Dengan data luas fasad 493,92 m<sup>2</sup>, WWR 4,53%, 1-WWR 95,47%, U-value dinding 2,7975 W/m<sup>2</sup>K, dan Tdeq 10, diperoleh hasil konduksi melalui dinding sebesar 6595,7289 W. Nilai ini sama dengan fasad timur laut karena luas dan komposisi bidang fasadnya serupa. Meski demikian, hasil total OTTV fasad barat daya tetap berbeda karena komponen radiasi matahari pada orientasi ini lebih kecil dibanding fasad timur laut.

Selanjutnya, menghitung nilai konduksi melalui bukaan pada fasad barat daya. Dengan luas bukaan 22,3755 m<sup>2</sup>, WWR 4,53%, U-value kaca 5,7 W/m<sup>2</sup>K, dan  $\Delta T$  5, hasil yang diperoleh adalah 663,4336 W. Nilai ini kembali menunjukkan bahwa kontribusi konduksi dari bukaan relatif kecil karena luas bukaan tidak besar. Namun, komponen ini tetap memengaruhi total OTTV fasad barat daya secara keseluruhan.

Berikut merupakan hasil perhitungan radiasi melalui bukaan pada fasad barat daya. Pada orientasi ini digunakan solar factor 155 untuk Semarang, yang menghasilkan nilai radiasi sebesar 2649,3841 W. Nilai ini lebih rendah dibanding fasad timur laut karena karakter paparan matahari pada fasad barat daya berbeda. Nilai OTTV yang dihasilkan pada fasad barat daya sebesar 20,06 W/m<sup>2</sup>, sehingga fasad ini masih memenuhi standar SNI 35 W/m<sup>2</sup>. Rangkuman perhitungan energi panas pada fasad barat daya dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Energi Panas (Watt) Untuk Orientasi Barat Daya

Kategori Perhitungan	Kode Fasad	Hasil (Watt)	Total per Kategori (Watt)
Konduksi Dinding	BD 1 / BD 2	3.768,99 / 2.826,74	6.595,73
Konduksi Bukaan	BD 1 / BD 2	379,10 / 284,33	663,43
Radiasi Bukaan	BD 1 / BD 2	1.843,56 / 805,82	2.649,38

Identifikasi fasad barat laut sebagai orientasi dengan potensi penerimaan radiasi paling tinggi pada bangunan eksisting. Data pada lembar OTTV menunjukkan bahwa fasad ini memiliki total area 1803,72 m<sup>2</sup> dan luas bukaan 407,9352 m<sup>2</sup> (lihat tabel 4.11), sehingga menghasilkan WWR sebesar 22,62%. Dibanding fasad lainnya, fasad barat laut memiliki kombinasi luas bidang dan luas bukaan yang cukup besar, sehingga potensi beban termalnya juga tinggi.

Tabel 4. 11 Dimensi Dinding Dan Bukaan Jendela Pada Fasad Sisi Barat Laut

No.	Nama Fasad	Tinggi (m)	Panjang (m)	Area Fasad (m <sup>2</sup> )	Kode Dinding	Kode Fenestrasi	Area Bukaan (m <sup>2</sup> )	Jumlah Lantai	Total Area Fasad (m <sup>2</sup> )
1	BL 1	4,2	58,3	244,86	EW 1	F1	56,1936	6	1.469,16
2	BL 2	4,2	58,3	244,86	EW 1	F2	56,1936	1	244,86
3	BL 3	3,9	15,1	58,89	EW 1	F5	9,45	1	58,89
4	BL 4	3,9	7,9	30,81	EW 1	F6	5,13	1	30,81

Dengan luas fasad 1803,72 m<sup>2</sup>, WWR 22,62%, 1-WWR 77,38%, U-value dinding 2,7975 W/m<sup>2</sup>K, dan Tdeq 10, diperoleh nilai konduksi dinding sebesar 19.523,5404 W. Nilai ini cukup besar karena luas dinding fasad barat laut memang paling dominan di antara fasad yang dianalisis. Hal ini menunjukkan bahwa dinding masih menjadi komponen penting dalam pembentukan beban panas pada orientasi ini.

Selanjutnya menghitung nilai konduksi melalui bukaan pada fasad barat laut. Dengan luas bukaan 407,9352 m<sup>2</sup>, WWR 22,62%, U-value kaca 5,7 W/m<sup>2</sup>K, dan  $\Delta T$  5, diperoleh nilai konduksi melalui bukaan sebesar 12.188,8067 W. Nilai ini jauh lebih besar dibanding fasad timur laut dan barat

daya karena luas bukaan pada fasad barat laut memang tinggi. Hasil ini menegaskan bahwa fenestrasi pada orientasi ini memberikan kontribusi besar terhadap total beban panas bangunan.

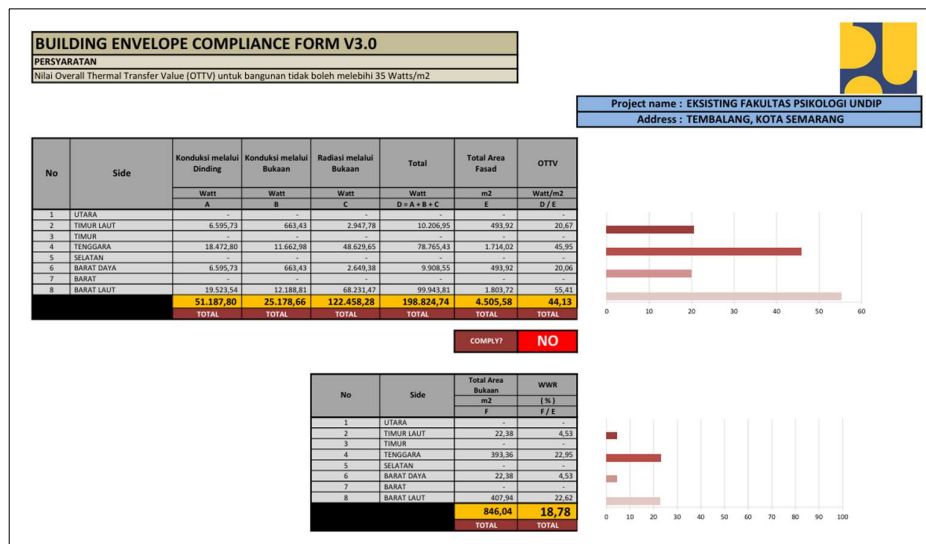
Lalu, dengan solar factor 191 untuk Semarang pada orientasi barat laut dan WWR sebesar 22,62%, diperoleh nilai radiasi sebesar 68.231,4666 W. Nilai ini merupakan komponen terbesar pada fasad barat laut dan menunjukkan bahwa sisi ini menerima paparan radiasi matahari paling tinggi di antara seluruh orientasi yang dihitung. Nilai OTTV yang dihasilkan pada fasad barat laut sebesar 55,41 W/m<sup>2</sup>, sehingga fasad ini menjadi yang paling tinggi dan paling tidak memenuhi standar di antara fasad yang dianalisis. Rangkuman perhitungan fasad barat laut dapat dilihat pada tabel 4.12. Untuk melihat seluruh rangkaian simulasi perhitungan OTTV ini dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan Energi Panas (Watt) Untuk Orientasi Barat Laut

Kategori Perhitungan	Kode Fasad	Hasil (Watt)	Total per Kategori (Watt)
Konduksi Dinding	BL 1	15.833,83	19.523,54
	BL 2	2.638,97	
	BL 3	691,54	
	BL 4	359,20	
Konduksi Bukaan	BL 1	9.996,84	12.188,81
	BL 2	1.666,14	
	BL 3	269,33	
	BL 4	256,50	
Radiasi Bukaan	BL 1	59.904,99	68.231,47
	BL 2	7.551,02	
	BL 3	742,36	
	BL 4	33,09	

Gambar 4.14 menyajikan rekapitulasi akhir OTTV bangunan eksisting secara keseluruhan. Berdasarkan summary tersebut, total luas fasad bangunan tercatat 4505,58 m<sup>2</sup> dengan total luas bukaan 846,0414 m<sup>2</sup>, sehingga menghasilkan WWR keseluruhan sebesar 18,78%. Dari sisi beban panas, total konduksi melalui dinding adalah 51.187,7976 W, total konduksi melalui

bukaan 25.178,6555 W, dan total radiasi melalui bukaan 122.458,2820 W, dengan total akumulasi panas sebesar 198.824,7350 W. Hasil akhir menunjukkan nilai OTTV total bangunan sebesar 44,13 W/m<sup>2</sup>, sehingga status pada lembar kerja tercatat ‘not comply’. Dari seluruh orientasi yang dianalisis, fasad barat laut dan tenggara merupakan penyumbang panas terbesar, sedangkan fasad timur laut dan barat daya masih berada di bawah batas standar. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa bangunan eksisting belum memenuhi standar konservasi energi selubung bangunan dan memerlukan optimalisasi desain fasad, khususnya pada elemen *sun shading* di orientasi yang memiliki beban panas paling tinggi.



Gambar 4. 14 Summary OTTV dari Bangunan Eksisting

#### 4.2.1.2 Perhitungan OTTV Bangunan Eksisting dengan *Secondary Skin*

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dian Wibowo Kahayanto (2024) dengan judul *Efektifitas Double Skin Façade Kaca & Dinding Bata Terhadap Penurunan Suhu Dalam Gedung (Studi Kasus Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro)*, dilakukan perhitungan OTTV pada bangunan eksisting dengan menggunakan *Building Envelope OTTV Compliance Form V3.0* dari Kementerian PUPR. Pada penelitian tersebut, selubung bangunan dianalisis dengan mempertimbangkan elemen *secondary*

*skin* berupa fasad kaca dan dinding bata, sehingga hasil perhitungan OTTV dapat menunjukkan pengaruh sistem fasad ganda terhadap performa termal bangunan.

Pada hasil rekapitulasi keseluruhan (lihat gambar 4.15), nilai konduksi melalui dinding tercatat sebesar 44.285,21 W, nilai konduksi melalui bukaan sebesar 29.382,65 W, dan nilai radiasi melalui bukaan sebesar 125.406,78 W. Dari ketiga komponen tersebut, radiasi melalui bukaan merupakan penyumbang beban panas terbesar, sehingga dapat disimpulkan bahwa bidang bukaan masih menjadi titik lemah utama dalam performa termal selubung bangunan. Jika seluruh komponen dijumlahkan, total beban panas bangunan mencapai 199.074,63 W dengan total luas fasad sebesar 5.054,94 m<sup>2</sup>, sehingga diperoleh nilai OTTV keseluruhan sebesar 39,38 W/m<sup>2</sup>. Nilai tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *secondary skin* memang mampu menurunkan OTTV dibanding kondisi tanpa *secondary skin* dengan nilai OTTV 44,13 W/m<sup>2</sup>, namun hasil akhirnya masih belum memenuhi batas maksimum 35 W/m<sup>2</sup>. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem *secondary skin* memberikan pengaruh positif terhadap penurunan beban panas bangunan, tetapi belum cukup untuk membawa nilai OTTV bangunan ke dalam kriteria konservasi energi yang dipersyaratkan.

No	Side	Konduksi melalui Dinding	Konduksi melalui Bukaan	Radiasi melalui Bukaan	Total	Total Area Fasad	OTTV
		Watt A	Watt B	Watt C	Watt D = A + B + C	m2 E	Watt/m2 D / E
1	UTARA	-	-	-	-	-	-
2	TIMUR LAUT	6,365.37	618.45	2,754.91	9,738.73	586.08	16.62
3	TIMUR	-	-	-	-	-	-
4	TENGGARA	13,615.10	17,312.90	64,389.90	95,317.89	1,941.39	49.10
5	SELATAN	-	-	-	-	-	-
6	BARAT DAYA	6,365.37	618.45	2,465.34	9,449.17	586.08	16.12
7	BARAT	-	-	-	-	-	-
8	BARAT LAUT	17,939.36	10,832.85	55,796.63	84,568.84	1,941.39	43.56
		<b>44,285.21</b>	<b>29,382.65</b>	<b>125,406.78</b>	<b>199,074.63</b>	<b>5,054.94</b>	<b>39.38</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL</b>

COMPLY?	NO
---------	----

Gambar 4. 15 Summary OTTV Bangunan Eksisting dengan Secondary Skin (Sumber: Kahayanto et al, 2024)

#### 4.2.1.3 Perbandingan Hasil Perhitungan OTTV Bangunan Eksisting Tanpa *Secondary Skin* dan dengan *Secondary Skin*

Untuk mengetahui pengaruh penerapan *secondary skin* terhadap performa termal bangunan, penulis melakukan perbandingan antara hasil perhitungan OTTV pada kondisi tanpa *secondary skin* dan dengan *secondary skin*. Perbandingan ini mencakup total konduksi melalui dinding, total konduksi melalui bukaan, total radiasi melalui bukaan, total akumulasi panas, serta total luas fasad bangunan. Rekapitulasi perbandingan hasil perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4. 13 Perbandingan Hasil *Summary* OTTV Bangunan Eksisting Tanpa dan dengan *Secondary Skin*

Uraian	Tanpa <i>Secondary Skin</i>	Dengan <i>Secondary Skin</i>	Selisih	Keterangan
Total Konduksi Melalui Dinding (W)	51.187,8	44.285,21	6.902,59	Menurun
Total Konduksi Melalui Bukaan (W)	25.178,66	29.382,65	4.203,99	Meningkat
Total Radiasi Melalui Bukaan (W)	122.458,28	125.406,78	2.948,5	Meningkat
Total Akumulasi Panas (W)	198.824,7350	199.074,63	249,895	Meningkat
Total Area Fasad (m <sup>2</sup> )	4505,58	5.054,94	549,36	Bertambah

Berdasarkan Tabel 4.13, penerapan *secondary skin* pada Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro menunjukkan perubahan pada komponen perpindahan panas selubung bangunan. Pada kondisi tanpa *secondary skin*, total konduksi melalui dinding tercatat sebesar 51.187,8 W, kemudian menurun menjadi 44.285,21 W pada kondisi dengan *secondary skin*, sehingga terjadi penurunan sebesar 6.902,59 W. Penurunan ini menunjukkan bahwa keberadaan *secondary skin* mampu membantu mengurangi perpindahan panas melalui elemen dinding. Namun demikian, pada komponen konduksi melalui bukaan justru terjadi peningkatan dari 25.178,66 W menjadi 29.382,65 W, sedangkan radiasi melalui bukaan meningkat dari 122.458,28 W menjadi 125.406,78 W. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengaruh *secondary skin* belum sepenuhnya mampu menekan beban panas yang masuk melalui bidang bukaan. Selain itu, total akumulasi panas bangunan juga mengalami kenaikan tipis dari 198.824,7350 W menjadi 199.074,63 W, dengan selisih sebesar 249,895 W. Meskipun total panas meningkat, nilai OTTV keseluruhan justru menurun karena total luas fasad bangunan bertambah dari 4.505,58 m<sup>2</sup> menjadi 5.054,94 m<sup>2</sup>, atau meningkat sebesar 549,36 m<sup>2</sup>.

Selain rekapitulasi total bangunan, perbandingan juga dilakukan pada masing-masing orientasi fasad untuk mengetahui sisi bangunan yang paling terdampak oleh penerapan *secondary skin*. Perbandingan ini penting untuk menunjukkan orientasi mana yang mengalami penurunan nilai OTTV dan orientasi mana yang justru mengalami peningkatan. Hasil perbandingan OTTV pada setiap orientasi fasad disajikan pada Tabel 4.14 berikut.

Tabel 4. 14 Perbandingan Nilai OTTV Bangunan Eksisting Tanpa dan Dengan Secondary Skin Setiap Orientasi

Orientasi	OTTV		Selisih (W/m <sup>2</sup> )	Keterangan
	Tanpa Secondary Skin (W/m <sup>2</sup> )	Dengan Secondary Skin (W/m <sup>2</sup> )		
Timur Laut	20,67	16,62	4,05	Menurun
Tenggara	45,95	49,10	3,15	Meningkat
Barat Daya	20,06	16,12	3,94	Menurun
Barat Laut	55,41	43,56	11,85	Menurun
(Total)	44,13	39,38	4,75	Menurun

Berdasarkan Tabel 4.14, penerapan *secondary skin* pada Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro menunjukkan adanya perubahan nilai OTTV pada masing-masing orientasi fasad bangunan. Pada orientasi Timur Laut, nilai OTTV mengalami penurunan dari 20,67 W/m<sup>2</sup> menjadi 16,62 W/m<sup>2</sup>, sehingga terjadi penurunan sebesar 4,05 W/m<sup>2</sup>. Penurunan juga terjadi pada orientasi Barat Daya, yaitu dari 20,06 W/m<sup>2</sup> menjadi 16,12 W/m<sup>2</sup>, dengan selisih sebesar 3,94 W/m<sup>2</sup>. Sementara itu, orientasi Barat Laut menunjukkan penurunan paling signifikan, yaitu dari 55,41 W/m<sup>2</sup> menjadi 43,56 W/m<sup>2</sup>, sehingga terjadi penurunan sebesar 11,85 W/m<sup>2</sup>. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan *secondary skin* mampu mengurangi perpindahan panas pada beberapa orientasi fasad, khususnya pada sisi bangunan yang menerima paparan radiasi matahari secara langsung.

Namun demikian, pada orientasi Tenggara terjadi peningkatan nilai OTTV dari 45,95 W/m<sup>2</sup> menjadi 49,10 W/m<sup>2</sup>, atau meningkat sebesar 3,15 W/m<sup>2</sup>. Kondisi ini menunjukkan bahwa efektivitas *secondary skin* tidak memberikan pengaruh yang sama pada seluruh orientasi bangunan. Perbedaan hasil tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti arah datang

radiasi matahari, konfigurasi fasad, proporsi bukaan, serta efektivitas dimensi peneduh terhadap sudut datang sinar matahari pada masing-masing orientasi.

Secara keseluruhan, nilai OTTV total bangunan mengalami penurunan dari 44,13 W/m<sup>2</sup> pada kondisi tanpa *secondary skin* menjadi 39,38 W/m<sup>2</sup> pada kondisi dengan *secondary skin*. Meskipun terjadi penurunan sebesar 4,75 W/m<sup>2</sup> atau sekitar 10,76%, nilai OTTV akhir masih berada di atas batas maksimum 35 W/m<sup>2</sup>, sehingga bangunan belum memenuhi standar konservasi energi selubung bangunan. Dengan demikian, hasil ini menegaskan bahwa *secondary skin* memberikan dampak positif terhadap pengurangan beban panas, tetapi masih diperlukan pengembangan desain fasad yang lebih optimal pada tahap redesain berikutnya.

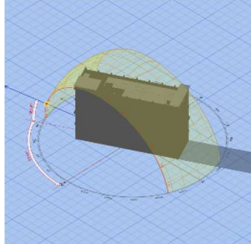
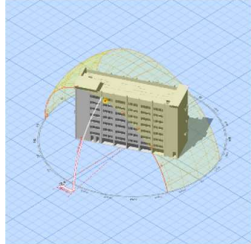
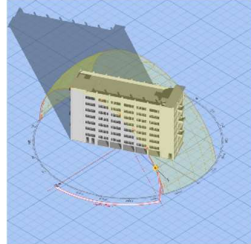
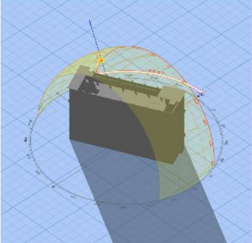
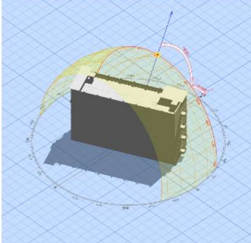
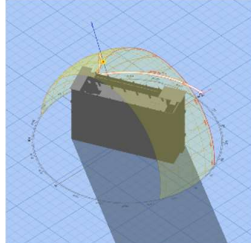
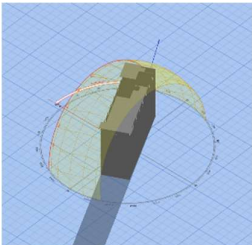
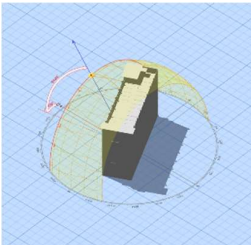
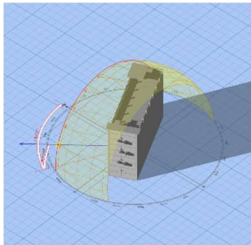
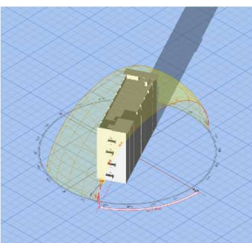
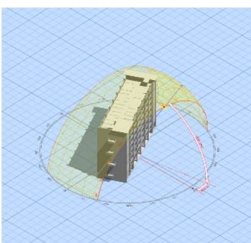
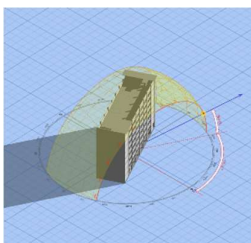
#### **4.2.2 Analisa Lintasan Matahari (*Sun Path*)**

Analisis lintasan matahari dilakukan untuk mengetahui pergerakan matahari terhadap bangunan sepanjang hari dan sepanjang tahun. Analisis ini penting karena besarnya paparan radiasi matahari pada tiap fasad bangunan sangat dipengaruhi oleh orientasi bangunan dan posisi matahari pada waktu tertentu. Dalam penelitian ini, analisis lintasan matahari dilakukan menggunakan perangkat *3D Sun Path Andrew Mash* untuk memperoleh gambaran yang lebih akurat mengenai arah datang sinar matahari terhadap bangunan eksisting.

Sebelum dilakukan simulasi lintasan matahari menggunakan *3D Sun Path Andrew Mash*, terlebih dahulu ditetapkan beberapa data dasar yang diperlukan sebagai parameter input dalam proses analisis. Data tersebut meliputi lokasi objek penelitian, tanggal dan jam simulasi, serta model massa bangunan tiga dimensi yang merepresentasikan kondisi eksisting bangunan. Penetapan data tersebut bertujuan agar proses simulasi dapat dilakukan secara akurat dan sesuai dengan kondisi aktual bangunan, sehingga hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar dalam menganalisis karakteristik penerimaan radiasi matahari pada masing-masing fasad bangunan.

Sebagaimana dijelaskan dalam kajian teori (Sub-bab 2.4.1), kondisi kritis puncak tahunan pada fasad barat laut di lintang Semarang terjadi pada periode sekitar solstis Juni. Oleh karena itu, simulasi sun path dilakukan pada tanggal 14 Juni 2026 sebagai representasi kondisi paparan matahari tertinggi yang membebani fasad barat laut sepanjang tahun. Adapun hasil simulasi *sun path* dengan *3D Sun Path Andrew Mash* disajikan pada Tabel 4.15 berikut.

Tabel 4. 15 Hasil Simulasi *Sun Path* dengan *3D Sun Path Andrew Mash*

Orientasi	Waktu		
	07.00	12.00	16.00
Barat Laut			
Tenggara			
Barat Daya			
Timur Laut			

Berdasarkan hasil simulasi *sun path* pada Tabel 4.15 menggunakan perangkat lunak *3D Sun Path Andrew Marsh* pada tanggal 14 Juni 2026, diperoleh gambaran mengenai pola pergerakan matahari terhadap massa bangunan Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro pada beberapa waktu pengamatan, yaitu pukul 07.00, 12.00, dan 16.00. Simulasi ini dilakukan pada empat orientasi bangunan, meliputi Barat Laut, Tenggara, Barat Daya, dan Timur Laut, untuk mengidentifikasi karakteristik penerimaan radiasi matahari serta distribusi bayangan pada masing-masing sisi bangunan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pergerakan matahari pada hari pengamatan memengaruhi arah dan panjang bayangan yang terbentuk, sehingga setiap orientasi bangunan menerima intensitas penyinaran yang berbeda sesuai dengan posisi matahari pada waktu tertentu.

Pada pukul 07.00, matahari berada pada sisi timur laut sehingga bagian bangunan yang menghadap arah tersebut menerima penyinaran langsung. Pada kondisi ini, bayangan bangunan memanjang ke arah barat daya. Sementara itu, sisi bangunan yang berlawanan masih berada dalam area bayangan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pada pagi hari, fasad timur laut cenderung lebih terekspos terhadap radiasi matahari dibandingkan fasad lainnya.

Selanjutnya, pada pukul 12.00, posisi matahari berada pada ketinggian yang lebih tinggi dengan azimut  $-9,68^\circ$  dan elevasi  $59,25^\circ$ , sehingga penyinaran matahari mengenai bagian atas bangunan secara lebih dominan. Pada waktu ini, bayangan yang terbentuk menjadi lebih pendek dan berada lebih dekat dengan massa bangunan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada tengah hari, paparan matahari cenderung lebih merata pada permukaan atap dan bagian fasad yang tidak terlindungi elemen peneduh.

Pada pukul 16.00, matahari bergeser ke arah barat laut sehingga bayangan bangunan kembali memanjang ke arah berlawanan. Dalam kondisi ini, fasad yang menghadap barat laut menerima paparan sinar matahari langsung yang lebih besar. Hal tersebut dikarenakan, posisi lintasan matahari bergeser jauh ke belahan bumi utara. Akibatnya, pada sore hari, matahari tidak

terbenam tepat di titik Barat ( $270^\circ$ ), melainkan bergeser ke arah Barat Laut (sekitar azimuth  $293^\circ$ ). Dengan demikian, hasil simulasi menunjukkan bahwa orientasi bangunan memengaruhi pola penerimaan radiasi matahari sepanjang hari, khususnya mulai dari pukul 14.00 hingga matahari terbenam, dinding atau jendela yang menghadap Barat Laut akan menerima paparan sinar matahari langsung dengan sudut yang rendah, menciptakan silau (*glare*) dan akumulasi panas (*solar heat gain*) yang sangat tinggi pada ruangan di baliknya. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengendalian panas melalui penerapan elemen *sun shading* pada fasad yang paling terekspos untuk mendukung kenyamanan termal bangunan.

#### **4.2.2.1 Komparasi Hasil Simulasi Sunpath Tanggal 14 Juni dengan 21 Maret, 23 September, dan 22 Desember 2026**

Untuk memperkuat justifikasi pemilihan tanggal 14 Juni sebagai kondisi kritis simulasi, dilakukan komparasi dengan simulasi pada tanggal 21 Maret (equinox), 23 September (equinox), dan 22 Desember (solstis Desember). Hasil komparasi menunjukkan bahwa setiap orientasi fasad memiliki karakteristik paparan matahari yang berbeda akibat perubahan posisi matahari sepanjang tahun. Pada orientasi barat laut, kondisi paling kritis terjadi pada tanggal 14 Juni pukul 16.00 WIB. Pada periode tersebut matahari berada pada azimuth sekitar  $\pm 293^\circ$  sehingga sinar matahari datang langsung ke fasad barat laut dengan sudut datang yang sangat rendah. Kondisi ini menyebabkan paparan radiasi matahari berlangsung lebih intens dibandingkan tanggal pengamatan lainnya. Pada tanggal 23 September, arah matahari sore bergeser mendekati barat sejati sehingga paparan dominan berpindah ke fasad barat daya. Sementara itu, pada tanggal 21 Maret dan 22 Desember distribusi paparan matahari pada fasad barat laut cenderung lebih merata dan tidak seintens kondisi yang terjadi pada 14 Juni.

Pada orientasi tenggara, kondisi paling kritis terjadi pada tanggal 22 Desember pukul 07.00 WIB. Pada saat tersebut matahari terbit dari arah tenggara dengan azimuth sekitar  $\pm 114^\circ$  sehingga fasad tenggara menerima

paparan langsung maksimum dengan sudut elevasi yang masih rendah. Kondisi ini menyebabkan potensi perolehan panas yang tinggi pada periode pagi hari. Sebaliknya, pada tanggal 14 Juni fasad tenggara relatif lebih terlindungi karena arah terbit matahari bergeser ke timur laut. Adapun pada tanggal 21 Maret dan 23 September tingkat paparan yang diterima fasad tenggara berada pada kondisi menengah dan tidak menunjukkan karakteristik yang seintens kondisi solstis Desember.

Pada orientasi barat daya, paparan matahari relatif rendah pada pagi hari dan mulai meningkat menjelang sore hari. Kondisi paling kritis terjadi pada tanggal 23 September dan 22 Desember pukul 16.00 WIB ketika arah terbenam matahari berada pada rentang azimuth yang mengarah langsung ke fasad barat daya. Pada kondisi tersebut sinar matahari datang dengan sudut rendah sehingga meningkatkan potensi perolehan panas melalui elemen kaca dan bukaan. Sebaliknya, pada tanggal 14 Juni posisi matahari sore bergeser ke arah barat laut sehingga fasad barat daya menerima paparan yang lebih kecil dibandingkan dua periode tersebut.

Sementara itu, orientasi timur laut menunjukkan kondisi paling kritis pada tanggal 14 Juni pukul 07.00 WIB. Pada saat tersebut matahari terbit dari kuadran timur laut sehingga fasad timur laut menerima paparan langsung dengan sudut datang rendah yang berpotensi meningkatkan beban panas pada periode pagi hari. Namun, setelah tengah hari hingga sore hari, fasad ini cenderung terlindungi oleh massa bangunan sendiri karena posisi matahari bergerak menuju sisi barat bangunan. Pada tanggal 22 Desember, fasad timur laut bahkan berada dalam kondisi bayangan hampir sepanjang hari karena arah terbit matahari telah bergeser ke tenggara.

Berdasarkan keseluruhan hasil komparasi, dapat disimpulkan bahwa tanggal 14 Juni 2026 merepresentasikan kondisi paling kritis bagi bangunan, khususnya pada orientasi barat laut yang merupakan fasad dominan dengan luas bukaan terbesar. Pada tanggal tersebut, paparan matahari sore hari terjadi secara langsung dengan sudut datang yang rendah sehingga berpotensi menghasilkan perolehan panas yang lebih besar dibandingkan periode lainnya.

Oleh karena itu, tanggal 14 Juni 2026 dipilih sebagai dasar simulasi dan evaluasi performa termal bangunan pada penelitian ini, termasuk dalam perhitungan OTTV dan simulasi pencahayaan menggunakan DIALux evo. Keputusan ini diambil karena kondisi tersebut mewakili skenario terburuk (*worst-case scenario*) yang paling relevan untuk menguji efektivitas desain sun shading yang diusulkan. Untuk melihat komparasi simulasi ini dapat dilihat pada lampiran.

#### **4.2.3 Kesimpulan Analisis Kondisi Bangunan Eksisting**

Berdasarkan hasil perhitungan *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV) pada bangunan eksisting, diperoleh bahwa kondisi tanpa *secondary skin* menghasilkan nilai OTTV total sebesar 44,13 W/m<sup>2</sup>, sedangkan kondisi dengan *secondary skin* menunjukkan penurunan menjadi 39,38 W/m<sup>2</sup>. Meskipun terdapat penurunan nilai OTTV setelah penerapan *secondary skin*, kedua kondisi tersebut masih berada di atas batas maksimum OTTV yang dipersyaratkan, yaitu 35 W/m<sup>2</sup>, sehingga status bangunan pada kedua kondisi tersebut belum memenuhi kriteria konservasi energi. Dari keempat orientasi fasad yang dianalisis, fasad barat laut tetap menjadi orientasi dengan nilai OTTV tertinggi pada kedua kondisi, sehingga dapat diindikasikan sebagai fasad yang paling kritis terhadap penerimaan beban panas bangunan.

Selanjutnya, hasil analisis *sun path* menunjukkan bahwa intensitas paparan matahari pada bangunan berubah sesuai dengan posisi matahari pada waktu pengamatan. Berdasarkan simulasi tanggal 14 Juni 2026, orientasi massa bangunan yang memanjang dari barat daya ke timur laut menyebabkan distribusi radiasi matahari pada setiap fasad menjadi berbeda. Pada pukul 07.00, matahari berada pada sisi timur laut sehingga paparan sinar matahari lebih banyak mengenai fasad yang menghadap timur laut, sedangkan bayangan bangunan memanjang ke arah barat daya. Pada pukul 12.00, posisi matahari berada pada ketinggian yang lebih tinggi sehingga penyinaran pada bangunan menjadi lebih merata dan dominan mengenai bagian atap serta fasad yang tidak

terlindungi elemen peneduh. Sementara itu, pada pukul 16.00, matahari bergeser ke arah barat laut sehingga fasad yang menghadap barat laut menerima paparan radiasi matahari yang lebih besar dibandingkan sisi lainnya. Hasil simulasi ini memperkuat temuan perhitungan OTTV bahwa fasad barat laut merupakan orientasi yang paling kritis terhadap penerimaan beban panas bangunan, sedangkan fasad pada sisi timur laut cenderung menerima paparan lebih dominan pada pagi hari.

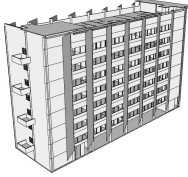
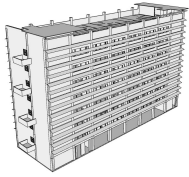
Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kondisi bangunan eksisting masih memerlukan optimalisasi pada elemen selubung bangunan, khususnya pada fasad yang menerima radiasi matahari paling tinggi. Hasil analisis OTTV dan *sun path* tersebut menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi redesain fasad, terutama melalui penerapan *sun shading* yang disesuaikan dengan orientasi dan karakteristik paparan matahari pada bangunan.

### **4.3 Rencana Alternative Desain Fasad Bangunan**

#### **4.3.1 Katalog Desain**

Berdasarkan studi literatur, penelitian dilakukan dengan membuat dua katalog desain berdasarkan tipe shading device yakni vertikal (katalog 1) dan horizontal (katalog 2) dapat dilihat pada Tabel 4.16. Pemilihan dua tipe shading ini sebagai katalog desain, dikarenakan keduanya memiliki efektivitas lebih tinggi untuk beberapa orientasi dibandingkan dengan tipe eggcrate yang dimana hanya memberikan hasil terbaik pada orientasi Utara.

Tabel 4. 16 Katalog Desain

Perbandingan	Katalog Desain 1 (Shading Vertikal)	Katalog Desain 2 (Shading Horizontal)
Karakteristik	 <p>Sirip tegak lurus yang dipasang pada sisi-sisi bukaan jendela ataupun dikaitkan pada dinding/struktur bangunan.</p>	 <p>Bagian atap atau sirip yang menjulur keluar dari dinding bangunan. Biasanya bersifat permanen (<i>fixed</i>) dan menyatu dengan struktur bangunan</p>
Efektivitas	<p>Berdasarkan simulasi di wilayah Jakarta, tipe ini merupakan jenis peneduh yang paling menguntungkan untuk menurunkan nilai OTTV total. <i>Vertical fin</i> sangat efisien dalam menangkal panas matahari yang memiliki sudut rendah. (Safitri &amp; Zakiah, 2020)</p>	<p>Sangat efektif untuk menghalangi sinar matahari pada siang hari namun tetap membiarkan cahaya alami masuk di pagi dan sore hari. Penggunaan overhang dengan dimensi optimal dapat mengurangi beban pendinginan hingga 24,1%. (Rambe et al., 2023)</p>
Orientasi Optimal	<p>Sangat efektif untuk sisi Timur, Barat, dan Selatan. (Safitri &amp; Zakiah, 2020)</p>	<p>Paling tepat digunakan untuk sisi Utara dan Selatan. Namun, efektivitasnya tetap signifikan untuk sisi Barat. (Rambe et al., 2023)</p>

Dari penjelasan Tabel 4.16 mengenai katalog desain, dapat disimpulkan bahwa tipe shading device yang paling optimal diterapkan pada hampir seluruh orientasi adalah tipe vertikal. Meskipun peneduh jenis eggcrate adalah yang terbaik khusus untuk sisi Utara, secara keseluruhan bangunan yang menggunakan satu jenis peneduh saja untuk seluruh orientasi akan mendapatkan hasil terbaik (konsumsi energi paling rendah) jika menggunakan sirip vertikal. Penggunaan peneduh vertikal tetap memungkinkan masuknya pencahayaan alami tanpa menyebabkan *overheating* yang berlebihan jika dibandingkan dengan peneduh horizontal yang terlalu lebar, yang berpotensi membuat ruangan terlalu gelap di siang hari.

Namun terdapat beberapa pertimbangan tambahan mengapa peneliti tidak memilih tipe horizontal untuk desain Gedung Fakultas Psikologi. Dari segi implementasi, tipe shading horizontal tidak praktis karena memerlukan konstruksi tambahan dan dapat menyebabkan beberapa bagian bangunan harus diubah sepenuhnya (Rambe et al., 2023). Tidak hanya itu, pada studi kasus Rambe et al. (2023) panjang overhang 1,5 m di rumah dapat mengurangi beban pendinginan tahunan sebesar 7%. Hal ini menjadi pertimbangan peneliti untuk menambahkan konstruksi dengan panjang overhang 1,5 m.

Dari hasil penentuan tipe shading yakni tipe vertikal. Peneliti membuat dua desain untuk disimulasikan nantinya apakah desain tersebut merupakan alternatif desain shading vertikal paling efektif dari segi saving energy. Kedua desain dibedakan berdasarkan arah penempatan shading pada fasad yang dikhususkan untuk fasad barat laut saja, karena pada kondisi eksisting fasad tenggara terdapat banyak vegetasi dan bangunan di sekitarnya yang membuat fasad tenggara memiliki tambahan penghalang sinar radiasi matahari secara langsung. Berikut merupakan alternatif desain sun shading vertikal yang akan disimulasikan nantinya. (lihat gambar 4.16 dan 4.17)



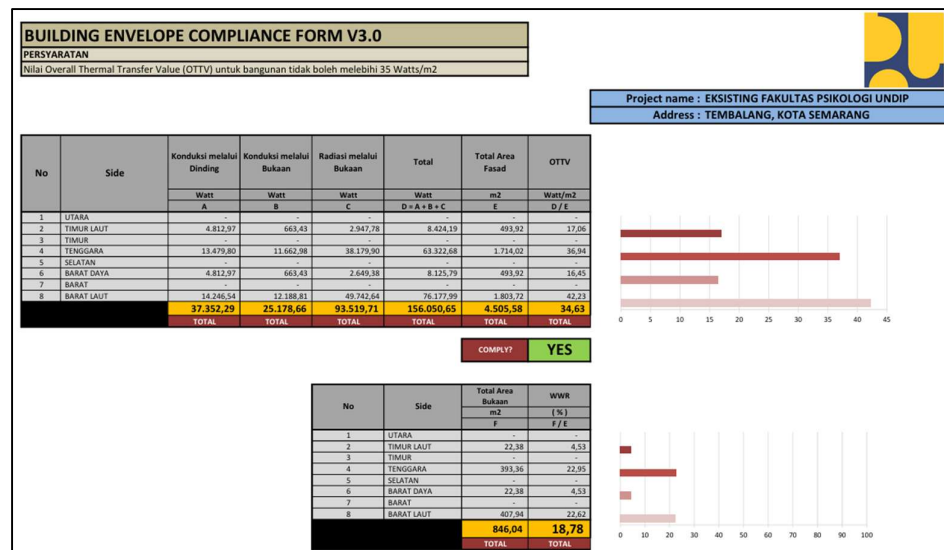
vertikal shading yang memiliki sub-parameter berisi kemiringan shading, panjang, dan jarak antar vertikal shading. Penentuan panjang modul *sun shading* didasarkan pada dimensi standar fabrikasi material berupa lembaran panel yang umum tersedia di pasaran, yaitu  $1,2 \text{ m} \times 2,4 \text{ m}$  per lembar panel. Dengan mengacu pada dimensi fabrikasi tersebut, panjang modul yang diinputkan ke dalam perhitungan ditetapkan sebesar 1,2 m, sehingga setiap modul dapat diproduksi dari satu lembar utuh tanpa pemotongan. Pendekatan ini secara langsung menerapkan prinsip *zero waste material*, karena tidak ada sisa potongan yang terbuang dalam proses fabrikasi modul.

Adapun jarak antar sirip *sun shading* ditetapkan secara berbeda untuk masing-masing orientasi fasad sesuai dengan kondisi kontekstual bangunan. Pada fasad barat laut, jarak antar sirip ditetapkan sebesar 1,44 m dengan menyesuaikan grid struktur bangunan eksisting, sehingga sistem pemasangan dapat mengikuti pola struktural yang sudah ada tanpa memerlukan modifikasi tambahan pada elemen struktur. Pada fasad tenggara, jarak antar sirip ditetapkan lebih lebar yaitu 1,8 m. Penetapan jarak yang lebih lebar pada sisi ini didasarkan pada dua pertimbangan: pertama, kondisi eksisting pada fasad tenggara terdapat lebih banyak vegetasi dan bangunan di sekitarnya yang dalam kenyataan berfungsi sebagai penghalang panas dan cahaya tambahan, meskipun variabel-variabel tersebut tidak dimasukkan ke dalam parameter simulasi OTTV maupun DIALux; kedua, seperti pada fasad barat laut yakni menyesuaikan grid struktur bangunan eksisting.

Selain itu, pada sub-parameter kemiringan sudut terdapat berbagai pilihan mulai dari kemiringan 0 hingga 50 dengan kelipatan 10. Untuk menentukan kemiringan berapa yang paling tepat sebagai alternatif desain fasad, maka peneliti melakukan simulasi pada tiap kemiringan yang sudah ditentukan di kalkulator Building Envelop Compliance Form V3.0. Untuk melihat rangkaian perhitungan keseluruhan dapat dilihat pada lampiran.

#### 4.3.2.1 Hasil Perhitungan OTTV Desain 1 (Kemiringan 0°)

Hasil perhitungan OTTV desain 1 dengan kemiringan *sun shading* 0 derajat menunjukkan bahwa nilai OTTV total bangunan sebesar 34,63 W/m<sup>2</sup> dengan status compliance: YES (lihat pada gambar 4.18). Pada kondisi ini, total konduksi melalui dinding tercatat sebesar 37.352,29 W, total konduksi melalui bukaan sebesar 25.178,66 W, dan total radiasi melalui bukaan sebesar 93.519,71 W, dengan total akumulasi panas bangunan sebesar 156.050,65 W. Meskipun nilai OTTV total telah memenuhi batas maksimum yang dipersyaratkan, hasil ini masih menunjukkan bahwa fasad barat laut memiliki nilai OTTV paling tinggi, yaitu sebesar 42,23 W/m<sup>2</sup> diikuti oleh orientasi tenggara sebesar 36,94 W/m<sup>2</sup>, sehingga fasad tersebut tetap memerlukan perhatian lebih dalam perancangan *sun shading*. Sementara itu, orientasi timur laut dan barat daya menunjukkan nilai OTTV yang lebih rendah, yaitu masing-masing 17,06 W/m<sup>2</sup> dan 16,45 W/m<sup>2</sup>, sehingga keduanya relatif lebih aman terhadap beban panas bangunan.

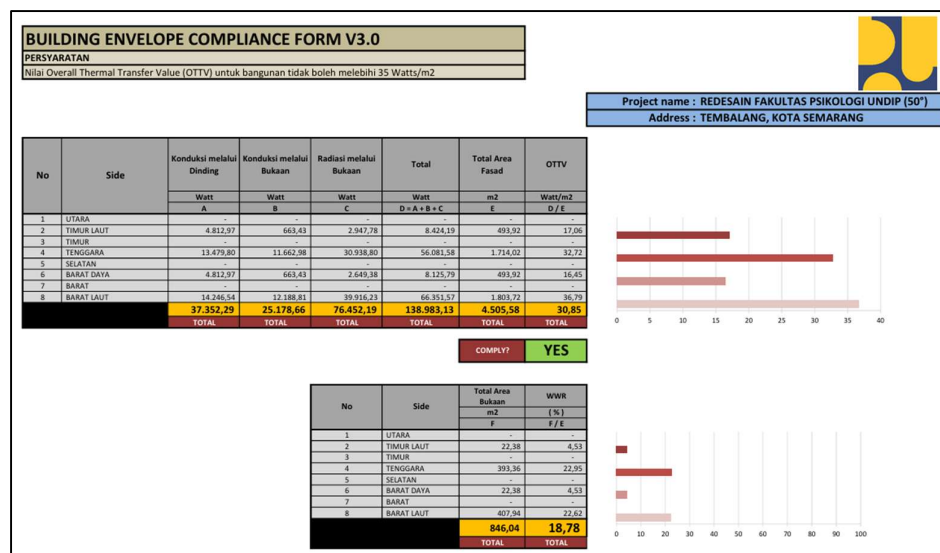


Gambar 4. 18 Summary OTTV Alternatif Desain Fasad Kemiringan 0

#### 4.3.2.1 Hasil Perhitungan OTTV Desain 6 (Kemiringan 50°)

Pada desain 6 dengan kemiringan *sun shading* 50 derajat, diperoleh nilai OTTV total bangunan sebesar 30,85 W/m<sup>2</sup> dengan status compliance:

YES (lihat pada gambar 4.23). Total konduksi melalui dinding tetap pada angka 37.352,29 W, total konduksi melalui bukaan sebesar 25.178,66 W, sedangkan total radiasi melalui bukaan kembali menurun menjadi 76.452,19 W. Dengan demikian, total akumulasi panas bangunan menjadi 138.983,13 W, yang merupakan nilai terendah dibandingkan seluruh variasi kemiringan yang diuji. Hasil ini menunjukkan bahwa sudut kemiringan 50 derajat merupakan kondisi yang paling efektif dalam menurunkan beban panas bangunan pada simulasi ini. Walaupun demikian, fasad barat laut tetap menjadi orientasi dengan nilai OTTV paling tinggi, yaitu 36,79 W/m<sup>2</sup>, sehingga masih perlu dipertimbangkan sebagai sisi fasad yang paling memerlukan perlakuan *sun shading* secara optimal.

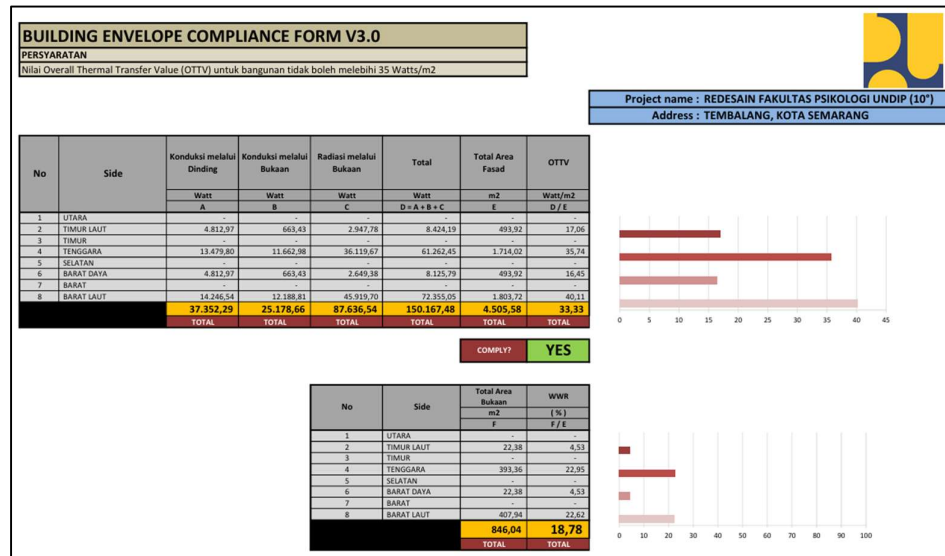


Gambar 4. 19 Summary OTTV Alternatif Desain Fasad Kemiringan 50

#### 4.3.2.2 Hasil Perhitungan OTTV Desain 2 (Kemiringan 10°)

Pada desain 2 dengan kemiringan *sun shading* 10 derajat, nilai OTTV total bangunan menurun menjadi 33,33 W/m<sup>2</sup> dengan status compliance: YES (lihat pada gambar 4.19). Total konduksi melalui dinding tetap sebesar 37.352,29 W, sedangkan total konduksi melalui bukaan sebesar 25.178,66 W. Adapun total radiasi melalui bukaan menurun menjadi 87.636,54 W, sehingga total akumulasi panas bangunan berkurang menjadi 150.167,48 W. Hasil ini

menunjukkan bahwa perubahan kemiringan pada elemen *sun shading* mulai memberikan pengaruh terhadap penurunan beban panas bangunan, terutama pada komponen radiasi matahari melalui bukaan. Walaupun demikian, fasad barat laut masih menjadi orientasi dengan nilai OTTV tertinggi, yaitu 40,11 W/m<sup>2</sup>, sehingga sisi tersebut tetap merupakan area yang paling kritis dalam menerima paparan panas.

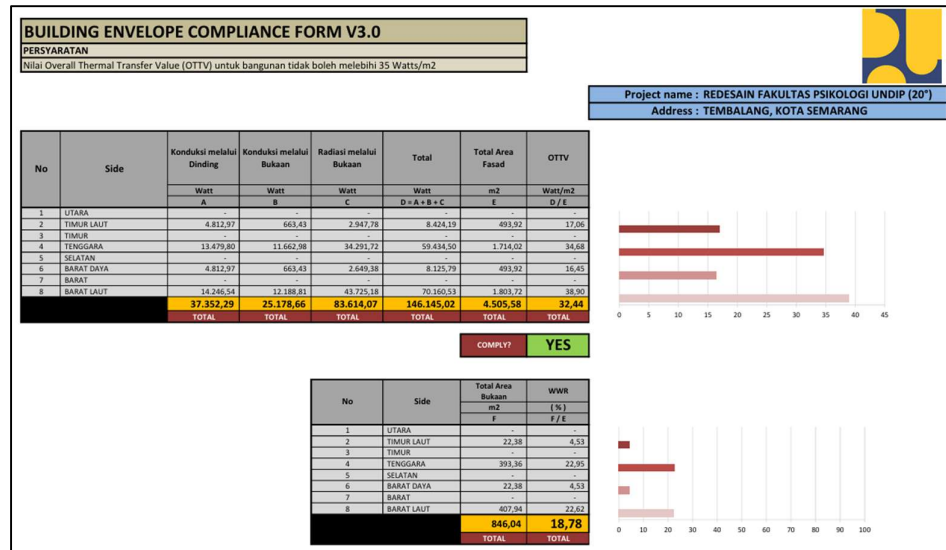


Gambar 4. 20 Summary OTTV Alternatif Desain Fasad Kemiringan 10

#### 4.3.2.3 Hasil Perhitungan OTTV Desain 3 (Kemiringan 20°)

Hasil perhitungan pada desain 3 dengan kemiringan *sun shading* 20 derajat menunjukkan penurunan nilai OTTV total menjadi 32,44 W/m<sup>2</sup>, dan masih termasuk dalam kategori compliance: YES (lihat pada gambar 4.20). Pada kondisi ini, total konduksi melalui dinding tetap berada pada angka 37.352,29 W, total konduksi melalui bukaan 25.178,66 W, sedangkan total radiasi melalui bukaan turun menjadi 83.614,07 W. Dengan demikian, total akumulasi panas bangunan menjadi 146.145,02 W. Penurunan nilai OTTV ini menunjukkan bahwa peningkatan sudut kemiringan *sun shading* semakin efektif dalam mengurangi perolehan panas dari radiasi matahari. Fasad barat laut masih mencatat nilai OTTV tertinggi sebesar 38,90 W/m<sup>2</sup>, sedangkan

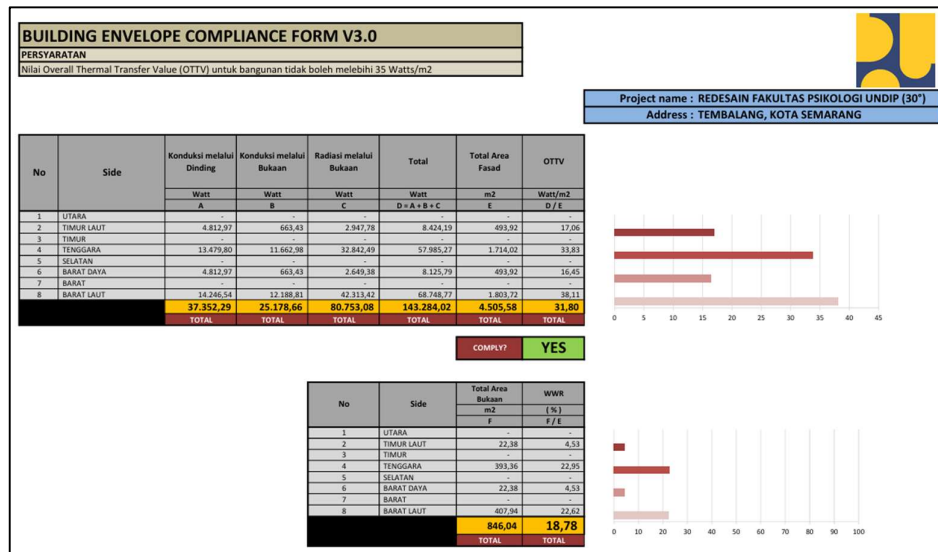
orientasi timur laut dan barat daya tetap berada pada nilai yang lebih rendah dan masih memenuhi kriteria OTTV yang dipersyaratkan.



Gambar 4. 21 Summary OTTV Alternatif Desain Fasad Kemiringan 20

#### 4.3.2.4 Hasil Perhitungan OTTV Desain 4 (Kemiringan 30°)

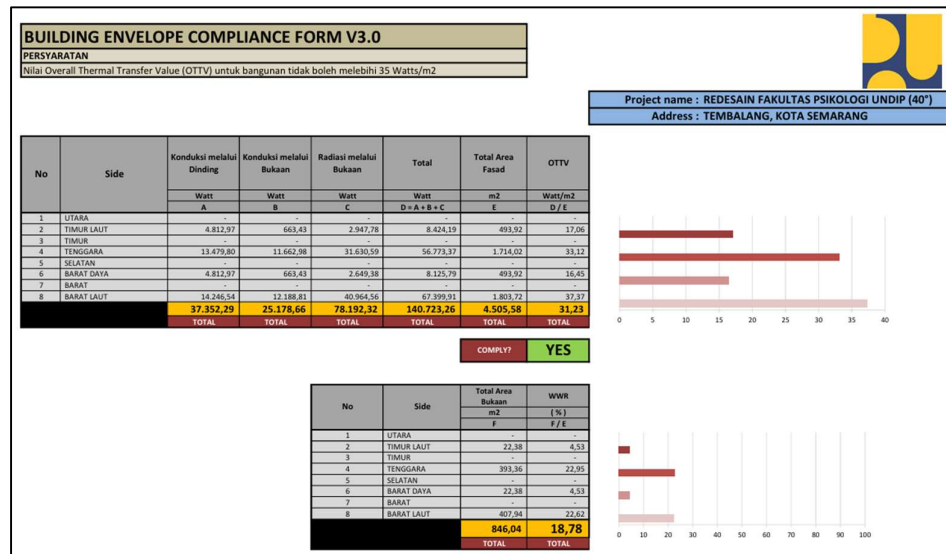
Pada desain 4 dengan kemiringan *sun shading* 30 derajat, nilai OTTV total kembali menurun menjadi 31,80 W/m<sup>2</sup> dengan status compliance: YES (lihat pada gambar 4.21). Total konduksi melalui dinding masih sama, yaitu 37.352,29 W, dan total konduksi melalui bukaan juga tetap sebesar 25.178,66 W. Sementara itu, total radiasi melalui bukaan turun menjadi 80.753,08 W, sehingga total akumulasi panas bangunan menjadi 143.284,02 W. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan sudut *sun shading* hingga 30 derajat masih memberikan pengaruh positif terhadap pengurangan beban panas bangunan. Meskipun demikian, fasad barat laut tetap menjadi orientasi dengan OTTV tertinggi, yaitu 38,11 W/m<sup>2</sup>, yang menunjukkan bahwa sisi ini masih paling dominan dalam menerima paparan radiasi matahari dibandingkan orientasi lainnya.



Gambar 4. 22 Summary OTTV Alternatif Desain Fasad Kemiringan 30°

#### 4.3.2.5 Hasil Perhitungan OTTV Desain 5 (Kemiringan 40°)

Hasil perhitungan OTTV desain 5 dengan pada kemiringan *sun shading* 40 derajat menunjukkan nilai total sebesar 31,23 W/m<sup>2</sup>, dengan status compliance: YES (lihat pada gambar 4.22). Total konduksi melalui dinding tetap sebesar 37.352,29 W, total konduksi melalui bukaan sebesar 25.178,66 W, dan total radiasi melalui bukaan turun menjadi 78.192,32 W. Akibatnya, total akumulasi panas bangunan berkurang menjadi 140.723,26 W. Nilai ini menunjukkan bahwa peningkatan kemiringan *sun shading* hingga 40 derajat mampu menekan radiasi matahari secara lebih efektif dibandingkan sudut sebelumnya. Pada orientasi fasad, barat laut masih memiliki nilai OTTV tertinggi sebesar 37,37 W/m<sup>2</sup>, yang berarti masih berada sedikit di atas atau mendekati ambang batas sehingga tetap menjadi prioritas utama dalam pengendalian panas.



Gambar 4. 23 Summary OTTV Alternatif Desain Fasad Kemiringan 40

#### 4.3.2.6 Kesimpulan Hasil Perhitungan OTTV dari Seluruh Desain

Berdasarkan seluruh hasil perhitungan, menunjukkan bahwa setiap peningkatan 10° kemiringan sun shading secara konsisten menurunkan nilai OTTV total bangunan. Dari kondisi eksisting tanpa *secondary skin* (44,13 W/m<sup>2</sup>), penerapan sun shading vertikal dengan kemiringan 0° saja sudah mampu menurunkan OTTV hingga 34,63 W/m<sup>2</sup> sebuah penurunan sebesar 21,53% yang sekaligus menempatkan bangunan pada status compliance terhadap SNI 6389:2020. Peningkatan kemiringan lebih lanjut hingga 50° berhasil menekan OTTV total bangunan ke angka 30,85 W/m<sup>2</sup>, yang berarti penurunan sebesar 30,10% dari kondisi eksisting awal dan 21,66% dari kondisi eksisting dengan *secondary skin* yang ada saat ini (lihat tabel 4.17). Tren linier penurunan ini mengonfirmasi bahwa sudut kemiringan merupakan variabel yang memiliki pengaruh signifikan dan terukur terhadap kinerja termal selubung bangunan.

Dengan demikian, kemiringan 50° merupakan salah satu alternatif desain yang terpilih untuk diimplementasikan pada fasad gedung psikologi. Namun fasad barat laut tetap menjadi orientasi dengan nilai OTTV paling tinggi, sehingga sisi tersebut merupakan bagian bangunan yang paling

memerlukan pengendalian radiasi matahari melalui desain *sun shading* (lihat tabel 4.18). Tidak hanya itu, diperlukan simulasi untuk mengetahui efek dari implementasi tersebut terhadap intensitas cahaya alami yang dapat masuk ke dalam bangunan.

Tabel 4. 17 Rekapitulasi Perbandingan Nilai OTTV Seluruh Desain (Total Bangunan)

Kemiringan (°)	OTTV Total (W/m <sup>2</sup> )	Status SNI (≤35)	Penurunan dari Eksisting (%)	Penurunan dari Desain Sebelumnya (%)
Eksisting (tanpa <i>Secondary Skin</i> )	44,13	✗ Tidak memenuhi	—	—
Eksisting (dengan <i>Secondary Skin</i> )	39,38	✗ Tidak memenuhi	10,78%	—
0°	34,63	✓ Memenuhi	21,53%	10,76%
10°	33,33	✓ Memenuhi	24,47%	13,71%
20°	32,44	✓ Memenuhi	26,45%	15,73%
30°	31,80	✓ Memenuhi	27,94%	17,18%
40°	31,23	✓ Memenuhi	29,23%	18,47%
50°	<b>30,85</b>	<b>✓ Memenuhi</b>	<b>30,10%</b>	<b>21,66%</b>

Tabel 4. 18 Rekapitulasi Nilai OTTV per Orientasi pada Kemiringan 50° (Desain Terpilih)

Orientasi Fasad	OTTV (W/m <sup>2</sup> )	Status SNI (≤35 W/m <sup>2</sup> )
Barat Laut	36,79	≈ Batas (perlu perhatian)
Tenggara	32,72	✓ Memenuhi

Barat Daya	16,45	✓ Memenuhi
Timur Laut	17,06	✓ Memenuhi
<b>Total Bangunan</b>	<b>30,85</b>	<b>✓ Memenuhi</b>

### 4.3.3 Simulasi DIALux evo

Pada simulasi menggunakan DIALux ini dilakukan untuk mengetahui dampak yang diberikan jika mengoptimalkan nilai OTTV terhadap paparan cahaya alami yang masuk ke dalam ruangan. Simulasi ini juga menjadi validasi untuk menentukan kemiringan vertikal shading yang telah ditentukan sebelumnya. Tidak hanya efisien dalam hal energi, tetapi intensitas ruangan juga terpenuhi dengan menentukan alternatif desain.

Simulasi ini dilakukan dengan membuat objek bangunan sesuai gambar 4.17 dan 4.18 pada katalog desain, dengan mengambil sample satu lantai, dalam hal ini peneliti mengambil sample lantai 3 dikarenakan lantai 3 merupakan fungsi untuk ruang kelas. Dikarenakan kondisi eksisting bangunan memiliki sedikit bukaan pada orientasi timur laut dan barat daya, maka pada simulasi DiaLux akan diabaikan. Perlu diperhatikan bahwa menentukan lokasi dan juga arah mata angin sangat penting pada simulasi ini. Setelah modul lantai yang sudah dibuat beserta jendela dan vertikal shading, hal selanjutnya adalah menentukan tanggal serta waktu untuk dikalkulasikan. Penentuan tanggal dan waktu berdasarkan kondisi kritis puncaknya matahari mengenai fasad khususnya pada orientasi barat laut dan tenggara. Berdasarkan analisa sunpath yang dilakukan dengan simulasi andrewmash, tanggal 14 Juni jam 12.00 WIB merupakan puncaknya matahari mengenai fasad barat laut. Maka dari itu, pada simulasi DIALux peneliti memasukkan tanggal dan waktu sesuai dengan analisa sunpath andrewmash. Setelah semua dilakukan dengan tiap kemiringan shading sesuai simulasi OTTV sebelumnya, maka hasil kalkulasi akan seperti pada tabel 4.19. Hasil kalkulasi diambil pada sample ruang kelas 3.A dan 3.F untuk

mewakili ruangan dengan orientasi tenggara dan barat laut yang memiliki banyak bukaan.

Tabel 4. 19 Simulasi DIALux evo 14 Juni 2026 Pukul 12.00 WIB

Degree (°)	Alternatif Shading Vertikal Desain 1				Alternatif Shading Vertikal Desain 2			
	R. 3.A		R.3.F		R. 3.A		R.3.F	
	<i>Avg</i> (lx)	<i>Range</i> (lx)	<i>Avg</i> (lx)	<i>Range</i> (lx)	<i>Avg</i> (lx)	<i>Range</i> (lx)	<i>Avg</i> (lx)	<i>Range</i> (lx)
0	229	55 – 1096	1413	191 – 3879	229	55 – 1096	1413	191 – 3879
10	232	44 – 1136	1349	184 – 3668	232	44 – 1136	1402	163 – 3847
20	226	37 – 1080	1231	156 – 3489	226	37 – 1080	1338	137 – 3868
30	216	31 – 1031	1113	123 – 3531	216	31 – 1031	1240	121 – 3872
40	205	25 – 983	1000	113 – 3357	205	25 – 983	1128	107 – 3656
50	191	25 – 930	891	97 – 3122	191	25 – 930	1010	92 – 3357

Untuk mengetahui efektivitas alternatif desain sun shading vertikal, diperlukan simulasi tambahan diluar kondisi kritis bangunan. Maka, peneliti melakukan simulasi sesuai dengan jam yang sama pada tanggal sesuai gerak semu tahunan matahari, yaitu 21 Maret, 23 September, dan 22 Desember. (lihat pada tabel 4.20, 4.21, dan 4.22).

Tabel 4. 20 Simulasi DIALux evo 21 Maret 2026 Pukul 12.00 WIB

Degree (°)	Alternatif Shading Vertikal Desain 1				Alternatif Shading Vertikal Desain 2			
	R. 3.A		R.3.F		R. 3.A		R.3.F	
	<i>Avg</i> (lx)	<i>Range</i> (lx)	<i>Avg</i> (lx)	<i>Range</i> (lx)	<i>Avg</i> (lx)	<i>Range</i> (lx)	<i>Avg</i> (lx)	<i>Range</i> (lx)
0	188	38 – 1104	386	79 – 2121	188	38 – 1104	386	79 – 2121
10	188	32 – 1132	378	72 – 2055	188	32 – 1132	378	70 – 2058
20	181	25 – 1071	362	64 – 2040	181	25 – 1071	361	61 – 2060
30	173	22 – 993	341	59 – 2042	173	22 – 993	339	54 – 2036
40	162	17 – 927	316	52 – 1975	162	17 – 927	313	49 – 1970
50	151	16 – 802	290	48 – 1923	151	16 – 802	288	45 – 1893

Tabel 4. 21 Simulasi DIALux evo 23 September 2026 Pukul 12.00 WIB

Degree (°)	Alternatif Shading Vertikal Desain 1				Alternatif Shading Vertikal Desain 2			
	R. 3.A		R.3.F		R. 3.A		R.3.F	
	<i>Avg</i> (lx)	<i>Range</i> (lx)	<i>Avg</i> (lx)	<i>Range</i> (lx)	<i>Avg</i> (lx)	<i>Range</i> (lx)	<i>Avg</i> (lx)	<i>Range</i> (lx)
0	191	42 – 1116	456	81 – 2096	191	42 – 1116	456	81 – 2096
10	190	34 – 1151	450	77 – 2042	190	34 – 1151	446	70 – 2010

20	183	28 – 1079	435	66 – 2039	183	28 – 1079	428	61 – 2007
30	173	23 – 1000	417	59 – 2050	173	23 – 1000	406	55 – 1972
40	162	18 – 938	392	57 – 1983	162	18 – 938	381	50 – 1919
50	151	17 – 891	366	51 – 1906	151	17 – 891	356	44 – 1831

Tabel 4. 22 Simulasi DIALux evo 22 Desember 2026 Pukul 12.00 WIB

<i>Degree</i> (°)	Alternatif Shading Vertikal Desain 1				Alternatif Shading Vertikal Desain 2			
	R. 3.A		R.3.F		R. 3.A		R.3.F	
	<i>Avg</i> (lx)	<i>Range</i> (lx)	<i>Avg</i> (lx)	<i>Range</i> (lx)	<i>Avg</i> (lx)	<i>Range</i> (lx)	<i>Avg</i> (lx)	<i>Range</i> (lx)
0	646	109 – 2323	217	45 – 1156	646	109 – 2323	217	45 – 1156
10	640	88 – 2408	216	39 – 1129	640	88 – 2408	209	40 – 1070
20	619	76 – 2259	209	31 – 1141	619	76 – 2259	196	32 – 1853
30	595	69 – 2142	200	27 – 1147	595	69 – 2142	181	25 – 1057
40	568	57 – 1998	185	25 – 1121	568	57 – 1998	164	24 – 1030
50	542	53 – 1914	168	22 – 1077	542	53 – 1914	147	21 – 987

Berdasarkan keseluruhan data simulasi DIALux evo pada keempat kondisi gerak semu tahunan matahari (Tabel 4.19–4.22), dapat dirumuskan beberapa poin analisis sebagai berikut.

1. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada Ruang 3.A (orientasi tenggara), nilai intensitas cahaya rata-rata antara Desain 1 dan Desain 2 menghasilkan angka yang identik pada seluruh variasi kemiringan dan seluruh tanggal simulasi. Hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan konfigurasi geometri antara kedua desain tidak memberikan pengaruh terhadap pencahayaan pada orientasi tenggara, sehingga pemilihan desain untuk fasad ini tidak dapat dibedakan berdasarkan parameter intensitas cahaya semata.
2. Pada Ruang 3.F (orientasi barat laut) sebagai orientasi paling kritis secara termal, terdapat perbedaan nilai lux antara kedua desain yang bervariasi tergantung periode simulasi. Pada kondisi kritis bangunan (14 Juni, Tabel 4.19), Desain 2 menghasilkan nilai rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan Desain 1 pada seluruh variasi kemiringan, dengan selisih paling signifikan pada kemiringan  $50^\circ$  yaitu 1.010 lux (Desain 2) berbanding 891 lux (Desain 1). Namun pada periode 21 Maret, 23 September, dan 22 Desember, Desain 1 secara konsisten menghasilkan nilai lux yang lebih tinggi dibandingkan Desain 2 pada fasad barat laut, meskipun selisihnya relatif kecil (antara 2–21 lux).
3. Apabila ditinjau terhadap standar minimal SNI 6197:2020 sebesar 350 lux untuk ruang kelas, hasil simulasi memperlihatkan bahwa:
  - a. Pada kondisi kritis bangunan (14 Juni, Tabel 4.19), nilai rata-rata R. 3.F pada kemiringan  $50^\circ$  mencapai 891 lux (Desain 1) dan 1.010 lux (Desain 2), keduanya jauh melampaui standar minimum SNI. Perlu dicatat bahwa simulasi dilakukan pada pukul 12.00 WIB, sementara kondisi paling kritis fasad barat laut secara geometris terjadi pada sore hari ketika matahari bergerak ke kuadran barat laut dengan sudut elevasi yang lebih rendah. Dengan demikian, nilai lux aktual pada sore hari di fasad barat laut dapat lebih tinggi dari yang tersimulasikan, yang semakin memperkuat kecukupan pencahayaan alami pada orientasi ini.
  - b. Pada 21 Maret dan 23 September (Tabel 4.20–4.21), nilai rata-rata R. 3.F pada kemiringan  $50^\circ$  berkisar antara 288–366 lux untuk kedua desain, berada di sekitar ambang batas SNI. Nilai ini bersifat

konservatif karena simulasi hanya mencakup satu titik waktu (pukul 12.00 WIB) dan dilakukan pada kondisi ideal tanpa faktor reduksi eksternal. Pada periode equinoks, distribusi paparan matahari sepanjang hari yang lebih merata berpotensi menghasilkan akumulasi cahaya alami yang mencukupi kebutuhan ruang kelas.

- c. Pada 22 Desember (Tabel 4.22), posisi matahari berada pada deklinasi selatan sehingga fasad barat laut menerima paparan paling terbatas sepanjang tahun pada pukul 12.00 WIB. Nilai rata-rata R. 3.F pada kemiringan  $50^\circ$  hanya mencapai 168 lux (Desain 1) dan 147 lux (Desain 2), jauh di bawah standar SNI. Kondisi ini merupakan skenario terburuk pencahayaan alami pada fasad barat laut dan perlu diantisipasi dengan penerapan sistem pencahayaan buatan sebagai pelengkap, yang merupakan praktik standar dalam desain bangunan hemat energi berstandar SNI 6197:2020. Sementara itu, R. 3.A (tenggara) pada Desember justru mencatat nilai tertinggi sepanjang tahun dengan rata-rata 542 lux pada kedua desain, melampaui standar SNI, karena pada periode ini matahari bergerak lebih dominan ke arah selatan sehingga fasad tenggara menerima paparan lebih besar.

Berdasarkan keseluruhan analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa Desain 1 merupakan alternatif desain terpilih. Pemilihan ini didasarkan pada dua pertimbangan utama:

1. Pada fasad tenggara, kedua desain menghasilkan performa pencahayaan yang identik di seluruh periode simulasi, sehingga perbedaan konfigurasi desain tidak menjadi faktor pembeda pada orientasi ini.
2. Pada fasad barat laut sebagai orientasi paling kritis secara termal, Desain 1 menghasilkan nilai intensitas cahaya yang lebih tinggi dibandingkan Desain 2 pada tiga dari empat periode simulasi (Maret, September, Desember)—meskipun pada Juni Desain 2 lebih unggul, keunggulan tersebut terjadi pada kondisi di mana nilai lux kedua desain sudah jauh

melampaui standar SNI sehingga selisihnya tidak berdampak signifikan terhadap kecukupan pencahayaan.

Dengan demikian, Desain 1 merupakan konfigurasi yang paling optimal dalam menyeimbangkan kinerja termal dan ketersediaan cahaya alami pada Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro. Untuk keseluruhan *summary* simulasi dapat dilihat pada lampiran.

#### 4.3.4 Pemilihan Material *Sun Shading*

Dalam penelitian ini, pemilihan material *sun shading* dilakukan berdasarkan beberapa kriteria utama yang relevan dengan konteks bangunan publik bertingkat di wilayah beriklim tropis lembap, meliputi ketahanan terhadap cuaca dan kelembapan, bobot material terhadap struktur eksisting, kemudahan pembentukan geometri modul, ketahanan jangka panjang, ketersediaan di pasar lokal, serta efisiensi biaya. Berdasarkan pertimbangan tersebut, dipilih dua alternatif material untuk dievaluasi secara komparatif, yaitu *Glassfiber Reinforced Cement (GRC) Board* dan *Wood Plastic Composite (WPC)*.

*GRC Board* merupakan material komposit berbasis semen yang diperkuat serat kaca alkali-resisten (*alkali-resistant glassfiber*) yang terdistribusi merata di seluruh matriks semen dan agregat halus. Secara teknis, *GRC Board* memiliki densitas sekitar 1.800–2.000 kg/m<sup>3</sup> dengan ketebalan tipikal 8–12 mm, sehingga bobot per satuan luas panel hanya berkisar 15–24 kg/m<sup>2</sup>, jauh lebih ringan dibandingkan beton pracetak konvensional (Blazy & Blazy, 2022). Kekuatan tekan *GRC Board* umumnya mencapai lebih dari 40 MPa dengan kekuatan lentur lebih dari 34 MPa. Penambahan serat kaca pada matriks semen terbukti menurunkan konduktivitas termal material hingga 15% dibandingkan beton konvensional, yang berkontribusi positif pada performa energi selubung bangunan (Blazy & Blazy, 2022). *GRC Board* bersifat tidak mudah terbakar (*non-combustible*) karena seluruh komposisinya merupakan

material anorganik, serta mudah dibentuk dan diproduksi dalam berbagai modul dan dimensi, menjadikannya sangat sesuai untuk elemen *sun shading* dengan geometri sirip tertentu.

Sementara itu, WPC merupakan material komposit yang terbuat dari kombinasi serat atau tepung kayu dengan matriks termoplastik seperti HDPE atau polipropilena, dilengkapi aditif stabilizer dan inhibitor UV (Nurazzi et al., 2021). Densitas WPC berkisar antara 1.000–1.100 kg/m<sup>3</sup> dengan kekuatan lentur yang dapat mencapai 27–44 MPa bergantung pada kadar serat kayu yang digunakan (Nurazzi et al., 2021). WPC memiliki tampilan visual menyerupai kayu alami sehingga mampu memberikan kesan fasad yang lebih hangat, dengan ketahanan terhadap kelembapan dan serangan biologis yang lebih baik dibandingkan kayu konvensional karena matriks plastik berfungsi sebagai penghalang terhadap air dan rayap (Nurazzi et al., 2021). Namun demikian, studi jangka panjang menunjukkan bahwa paparan cuaca berkelanjutan khususnya radiasi UV dan siklus basah-kering di iklim tropis dapat menurunkan kekuatan lentur WPC seiring waktu, sehingga diperlukan lapisan pelindung *co-extruded cap* atau pelapisan protektif UV untuk aplikasi fasad jangka panjang (Friedrich & Luible, 2016).

Untuk mendukung keputusan pemilihan material secara objektif, berikut disajikan tabel perbandingan komprehensif antara *GRC Board* dan WPC berdasarkan parameter teknis dan non-teknis yang relevan. (lihat tabel 4.23).

Tabel 4. 23 Perbandingan Alternatif Material Untuk Desain Sun Shading

Kriteria	Parameter	GRC Board	WPC
Sifat Fisik	Densitas	±1.800-2.000 kg/m <sup>3</sup>	±1.000-1.100 kg/m <sup>3</sup>
	Bobot per satuan luas (panel tipikal)	15-24 kg/m <sup>2</sup>	11-12 kg/m <sup>2</sup>

	Ketebalan tipikal	8-12 mm	18-25 mm
Ketahanan Mekanis	Kekuatan tekan	>40 MPa	20-35 MPa
	Kekuatan lentur	>34 MPa	27-44 MPa
Performa Termal	Konduktivitas termal	Lebih rendah 15% dari beton konvensional (Blazy & Blazy, 2022).	Lebih rendah dari kayu alami; bervariasi sesuai komposisi
Ketahanan Cuaca	Ketahanan terhadap UV	Sangat baik (material anorganik, tidak terdegradasi UV)	Rentan tanpa lapisan pelindung UV (Friedrich & Luible, 2016)
	Ketahanan terhadap kelembapan	Sangat baik; tidak ada tulangan baja sehingga bebas korosi	Baik; penyerapan air rata-rata 0,4% (Nurazzi et al., 2021)
	Ketahanan terhadap cuaca tropis jangka panjang	Sangat baik; stabil pada paparan panas dan siklus basah-kering	Menurun seiring waktu tanpa <i>co-extruded cap</i> (Friedrich & Luible, 2016)
Ketahanan Kebakaran	Sifat api	Tidak mudah terbakar ( <i>non-combustible</i> ); material anorganik (Blazy & Blazy, 2022)	Dapat terbakar; mengandung komponen termoplastik
Kemudahan Fabrikasi	Pembentukan geometri	Sangat fleksibel; dapat dicetak dalam berbagai modul dan dimensi	Terbatas; lebih sulit dibentuk pada geometri kompleks
Ekonomi	Harga material relatif	Lebih ekonomis	Lebih mahal
	Ketersediaan supplier lokal (Semarang)	Mudah diperoleh	Cukup mudah diperoleh

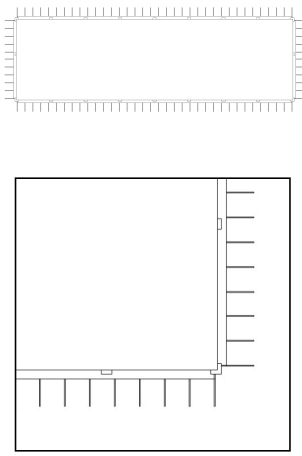
Kebutuhan perawatan berkala	Rendah; tidak memerlukan pelapisan ulang	Rendah dibanding kayu, namun perlu pengecekan lapisan UV
-----------------------------	--	--

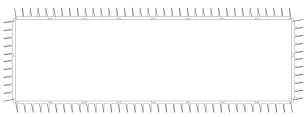
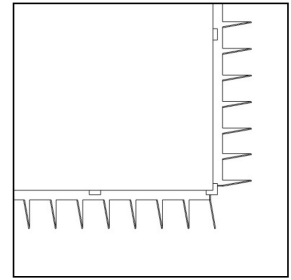

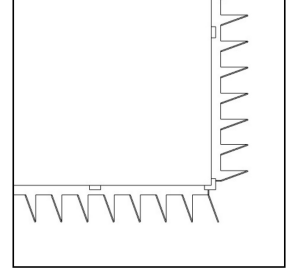
Berdasarkan perbandingan pada tabel di atas, *GRC Board* dipilih sebagai material utama pada rekomendasi desain *sun shading* Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro. Keputusan ini didasarkan pada tiga pertimbangan utama. Pertama, dari sisi fabrikasi, *GRC Board* memiliki fleksibilitas cetak dan pembentukan modul yang jauh lebih baik dibandingkan WPC, sehingga sangat sesuai dengan kebutuhan geometri sirip vertikal berkemiringan  $50^\circ$  yang menjadi desain terpilih. Kedua, dari sisi ketahanan jangka panjang, *GRC Board* terbukti lebih stabil terhadap paparan panas ekstrem, kelembapan tinggi, dan radiasi UV yang merupakan kondisi tipikal Kota Semarang sebagai kota pesisir beriklim tropis tanpa memerlukan lapisan pelindung tambahan seperti halnya WPC. Ketiga, secara ekonomis *GRC Board* lebih terjangkau dan lebih mudah diperoleh dari *supplier* lokal, yang secara langsung mendukung efisiensi biaya pelaksanaan sebagaimana tercermin dalam Rencana Anggaran Biaya (RAB) redesain fasad. WPC tetap dihadirkan sebagai alternatif apabila anggaran memungkinkan dan disertai dengan penerapan lapisan protektif UV yang memadai.

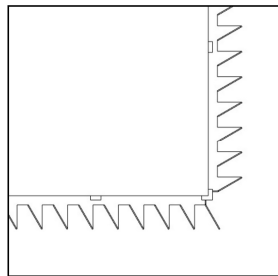
#### 4.3.5 Rekomendasi Desain

Berdasarkan simulasi yang sudah dilakukan, maka diperlukan adanya perbandingan antar alternatif dari desain 1. Dengan demikian, dapat ditarik kesimpulan dari pembahasan simulasi untuk menentukan alternatif desain fasad 1 dari beberapa kemiringan yang dapat dilihat pada tabel 4.24.

Tabel 4. 24 Perbandingan Rekomendasi Desain 1 Berdasarkan Kemiringan Shading Vertikal

Rekomendasi Desain	OTTV (Watt// m <sup>2</sup> )	DiaLux (lx)	Pembahasan
	34,63 (Total) 42,23 (Barat Laut) 36,94 (Tenggara)	1413 (Barat Laut) 229 (Tenggara)	<p><i>Sun shading</i> vertikal Desain 1 kemiringan 0° menghasilkan nilai OTTV total sebesar 34,63 W/m<sup>2</sup> yang memenuhi kriteria <i>saving energy</i>, namun nilai OTTV pada orientasi barat laut sebesar 42,23 W/m<sup>2</sup> dan tenggara sebesar 36,94 W/m<sup>2</sup> keduanya masih di atas ambang batas 35,00 W/m<sup>2</sup>. Dari sisi pencahayaan, intensitas cahaya rata-rata barat laut sebesar 1.413 lux jauh melampaui standar minimal SNI 6197:2020 sebesar 350 lux, sehingga potensi silau pada ruang kelas perlu diantisipasi.</p>

	33,33 (Total)	1349 (Barat	<i>Sun shading</i> vertikal
	40,11 (Barat	Laut)	Desain 1 kemiringan
	Laut)	232	10° menghasilkan nilai
	35,74	(Tenggara)	OTTV total sebesar
	(Tenggara)		33,33 W/m <sup>2</sup> yang
			memenuhi kriteria
			<i>saving energy</i> , namun
			nilai OTTV orientasi
			barat laut 40,11 W/m <sup>2</sup>
			dan tenggara 35,74
			W/m <sup>2</sup> masih di atas
			ambang batas 35,00
			W/m <sup>2</sup> . Intensitas
			cahaya rata-rata barat
			laut sebesar 1.349 lux
			masih jauh melampaui
			standar minimal SNI
			6197:2020, meskipun
			menunjukkan
			penurunan
			dibandingkan
			kemiringan 0°.
	32,44 (Total)	1231 (Barat	<i>Sun shading</i> vertikal
	38,90 (Barat	Laut	Desain 1 kemiringan
	Laut)	226	20° menghasilkan nilai
	34,68	(Tenggara)	OTTV total sebesar
	(Tenggara)		32,44 W/m <sup>2</sup> yang
			memenuhi kriteria
			<i>saving energy</i> . OTTV
			orientasi barat laut
			sebesar 38,90 W/m <sup>2</sup>
			masih di atas ambang
			batas, sementara
			OTTV tenggara
			sebesar 34,68 W/m <sup>2</sup>
			sudah berada di bawah


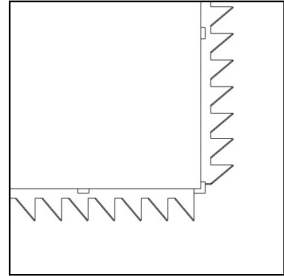



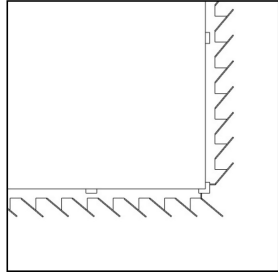
31,80 (Total)

38,11 (Barat  
Laut)33,83  
(Tenggara)1113 (Barat  
Laut  
216  
(Tenggara)

standar. Intensitas cahaya rata-rata barat laut sebesar 1.231 lux masih melampaui standar minimal SNI 6197:2020 dan berpotensi menimbulkan silau.

*Sun shading* vertikal Desain 1 kemiringan  $30^\circ$  menghasilkan nilai OTTV total sebesar  $31,80 \text{ W/m}^2$  yang memenuhi kriteria *saving energy*. OTTV orientasi barat laut sebesar  $38,11 \text{ W/m}^2$  masih di atas ambang batas, sementara OTTV tenggara sebesar  $33,83 \text{ W/m}^2$  telah memenuhi standar. Intensitas cahaya rata-rata barat laut sebesar 1.113 lux masih melampaui standar minimal SNI 6197:2020, namun tren penurunan semakin signifikan seiring peningkatan kemiringan.

	31,23 (Total)	1000 (Barat	<i>Sun shading</i> vertikal
	37,37 (Barat Laut)	Laut 205 (Tenggara)	Desain 1 kemiringan 40° menghasilkan nilai OTTV total sebesar 31,23 W/m <sup>2</sup> yang memenuhi kriteria <i>saving energy</i> . OTTV orientasi barat laut sebesar 37,37 W/m <sup>2</sup> masih di atas ambang batas, sementara OTTV tenggara sebesar 33,12 W/m <sup>2</sup> telah memenuhi standar. Intensitas cahaya rata-rata barat laut sebesar 1.000 lux masih melampaui standar minimal SNI 6197:2020, namun sudah menunjukkan penurunan yang cukup signifikan dibandingkan kemiringan sebelumnya.
	33,12 (Tenggara)		

	30,85 (Total)	891 (Barat	<i>Sun shading</i> vertikal
	36,79 (Barat Laut)	Laut	Desain 1 kemiringan
	32,72 (Tenggara)	191 (Tenggara)	50° menghasilkan nilai
			OTTV total terendah
			sebesar 30,85 W/m <sup>2</sup>
			yang memenuhi
			kriteria <i>saving energy</i> ,
			dengan OTTV
			orientasi barat laut
			sebesar 36,79 W/m <sup>2</sup>
			yang paling mendekati
			ambang batas 35,00
			W/m <sup>2</sup> di antara seluruh
			variasi kemiringan.
			OTTV tenggara
			sebesar 32,72 W/m <sup>2</sup>
			telah memenuhi
			standar. Intensitas
			cahaya rata-rata barat
			laut sebesar 891 lux
			merupakan nilai
			terendah di antara
			seluruh kemiringan dan
			paling mendekati
			standar minimal SNI
			6197:2020 sebesar 350
			lux, menjadikan
			konfigurasi ini paling
			optimal dari sisi
			keseimbangan termal
			dan pencahayaan
			alami.

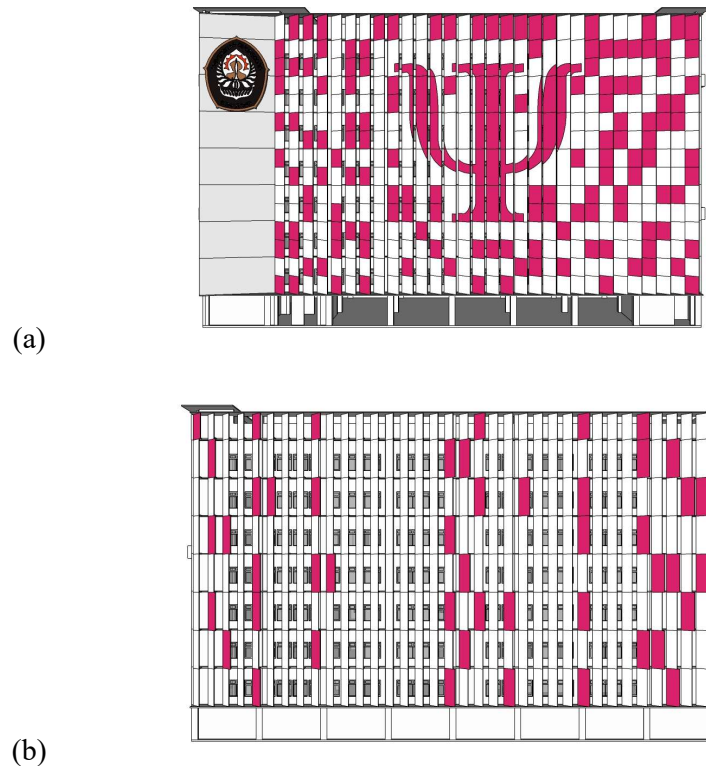
Berdasarkan perbandingan seluruh variasi kemiringan pada Tabel 4.24, Desain 1 dengan kemiringan 50° ditetapkan sebagai alternatif desain fasad yang paling optimal untuk Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro. Dari

sisi termal, kemiringan  $50^\circ$  menghasilkan nilai OTTV total terendah sebesar  $30,85 \text{ W/m}^2$  yang memenuhi standar SNI 6389:2020, dengan OTTV orientasi tenggara sebesar  $32,72 \text{ W/m}^2$  yang telah berada di bawah ambang batas, serta OTTV orientasi barat laut sebesar  $36,79 \text{ W/m}^2$  yang paling mendekati ambang batas  $35,00 \text{ W/m}^2$  dibandingkan seluruh variasi kemiringan lainnya. Dari sisi pencahayaan, intensitas cahaya rata-rata barat laut sebesar 891 lux merupakan nilai terendah dan paling mendekati standar minimal SNI 6197:2020 untuk ruang kelas sebesar 350 lux di antara seluruh alternatif. Perlu digarisbawahi bahwa simulasi DIALux dilakukan pada kondisi ideal pukul 12.00 WIB tanpa memperhitungkan faktor reduksi eksterior seperti vegetasi dan bangunan sekitar yang secara nyata ada di lapangan, sehingga nilai intensitas cahaya aktual diperkirakan lebih rendah dari hasil simulasi dan semakin mendekati standar SNI. Dengan demikian, kemiringan  $50^\circ$  merupakan satu-satunya konfigurasi yang secara bersamaan menghasilkan kinerja termal paling efektif sekaligus intensitas cahaya yang paling proporsional terhadap standar kenyamanan visual penghuni ruang kelas.

Meskipun kemiringan  $50^\circ$  telah menghasilkan nilai intensitas cahaya yang paling proporsional di antara seluruh variasi, perlu dipertimbangkan bahwa pada kondisi tertentu khususnya pada fasad barat laut saat periode solstis Juni (sore hari) dan fasad tenggara saat periode solstis Desember (pagi hari)—kedua orientasi tersebut masih berpotensi menerima terang langit yang berlebih akibat sudut datang matahari yang rendah dan intensitas radiasi langsung yang tinggi. Oleh karena itu, sebagai *treatment* tambahan untuk mengendalikan silau (*glare*) pada kondisi kritis tersebut, direkomendasikan penerapan *roller blind* pada sisi interior kaca jendela di kedua fasad. *Roller blind* berfungsi sebagai lapisan pengatur cahaya sekunder yang dapat dioperasikan secara manual sesuai kebutuhan pengguna, sehingga tidak mengorbankan ketersediaan cahaya alami secara permanen namun tetap memberikan perlindungan visual yang memadai pada saat paparan matahari langsung paling intens. Penggunaan *roller blind* dengan material *solar screen* transmisi rendah direkomendasikan agar

efektivitas pengendalian silau dapat dicapai tanpa menghilangkan koneksi visual ke luar bangunan secara keseluruhan.

Setelah menentukan alternatif desain fasad yang paling optimal, peneliti melakukan beberapa penyesuaian desain yang masih mengacu pada hasil alternatif desain. Pada orientasi barat laut, peneliti tidak menggunakan 100% penerapan shading khususnya pada area yang tidak memiliki bukaan untuk memberikan ruang peletakan logo Universitas Diponegoro dan untuk mempertahankan identitas fakultas maka tiap shading dicat warna yang mewakili fakultas serta memberikan ilusi logo fakultas pada fasad ini. Hal ini dilakukan agar alternatif desain fasad untuk bangunan gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro tidak hanya memberikan *saving energy* ataupun penerangan yang baik tapi juga tetap mempertahankan karakter dan estetika fasad bangunan. Dapat dilihat pada gambar 4.24. Untuk detail fasad *sun shading* dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 4. 24 Implementasi Alternatif Desain Fasad Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro; (a) Tampak Barat Laut; (b) Tampak Tenggara

#### 4.3.6 Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

Berdasarkan hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada redesain fasad Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro, diperoleh bahwa total biaya untuk pekerjaan persiapan sebesar Rp 348.772.633,08, sedangkan biaya untuk pekerjaan fasad (*sun shading*) sebesar Rp 1.361.883.266,73. Jika kedua komponen tersebut dijumlahkan, maka total biaya sebelum pajak yang dibutuhkan untuk pelaksanaan redesain fasad adalah sebesar Rp 1.710.655.899,80. Setelah ditambahkan Pajak Pertambahan Nilai (PPN) sebesar 11%, yaitu sebesar Rp 188.172.148,98, maka total keseluruhan biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan redesain fasad Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro menjadi Rp 1.898.828.048,78 (lihat tabel 4.25). Hasil ini menunjukkan bahwa komponen biaya terbesar terdapat pada pekerjaan fasad, yang mencakup pengadaan dan pemasangan elemen *sun*

*shading* bermaterial GRC Board sebagai bagian utama dari desain ulang fasad bangunan.

Tabel 4. 25 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) Redesain Fasad Gedung Fakultas Psikologi UNDIP

NO.	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	HARGA TOTAL
<b>I PEKERJAAN PERSIAPAN</b>					
1	Pembuatan 1m' pagar sementara dari seng gelombang rangka kayu tinggi 2 meter	80,00	m'	Rp 224.290,88	Rp 17.943.270,40
2	Pembersihan Lahan	2984,60	m <sup>2</sup>	Rp 25.300,00	Rp 75.510.380,00
3	Pembuatan Direksi Keet	1,00	Unit	Rp 5.319.600,00	Rp 5.319.600,00
4	Pembongkaran Curtain Wall Kaca (rangka aluminium + panel kaca)	2984,60	m <sup>2</sup>	Rp 81.406,00	Rp 242.964.332,68
5	Pengangkutan Limbah Kaca	1,00	Ls	Rp 5.197.500,00	Rp 5.197.500,00
6	Papan Proyek	1,00	Unit	Rp 1.837.550,00	Rp 1.837.550,00
<b>Subtotal</b>					<b>Rp 348.772.633,08</b>
<b>II PEKERJAAN FACADE (SUN SHADING)</b>					
<b>A Pekerjaan Pemasangan Modul GRC Board dan Rangka</b>					
1	Custom GRC Shading Modul 1	402,00	paket	Rp 1.495.481,29	Rp 601.183.478,29
2	Custom GRC Shading Modul 2	67,00	paket	Rp 1.158.733,22	Rp 77.635.125,54
3	Custom GRC Shading Modul 3	1,00	paket	Rp 902.677,25	Rp 902.677,25
4	Custom GRC Shading Modul 4	1,00	paket	Rp 4.792.377,61	Rp 4.792.377,61
5	Custom GRC Shading Modul 5	7,00	paket	Rp 1.346.511,25	Rp 9.425.578,77
6	Custom GRC Shading Modul 6	7,00	paket	Rp 7.420.657,65	Rp 51.944.603,52
<b>Subtotal A</b>					<b>Rp 745.883.840,97</b>
<b>B Pekerjaan Pemasangan Pelat Custom</b>					
1	Pelat Custom	469,00	paket	Rp 1.209.486,30	Rp 567.249.074,70
<b>Subtotal B</b>					<b>Rp 567.249.074,70</b>
<b>C Pekerjaan Pemasangan Penopang Modul</b>					
1	Penopang Modul	1,00	paket	Rp 48.750.351,05	Rp 48.750.351,05
<b>Subtotal C</b>					<b>Rp 48.750.351,05</b>
<b>Subtotal II</b>					<b>Rp 1.361.883.266,73</b>
					<b>Subtotal Rp 1.710.655.899,80</b>
					<b>PPN 11% Rp 188.172.148,98</b>
<b>TOTAL KESELURUHAN</b>					<b>Rp 1.898.828.048,78</b>