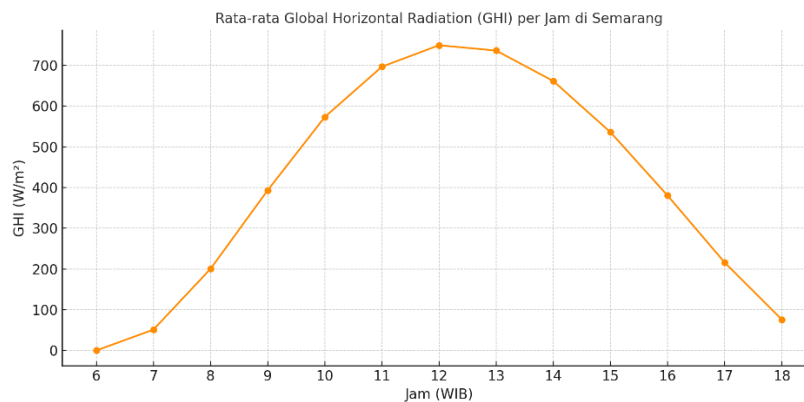


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Kondisi Iklim Wilayah

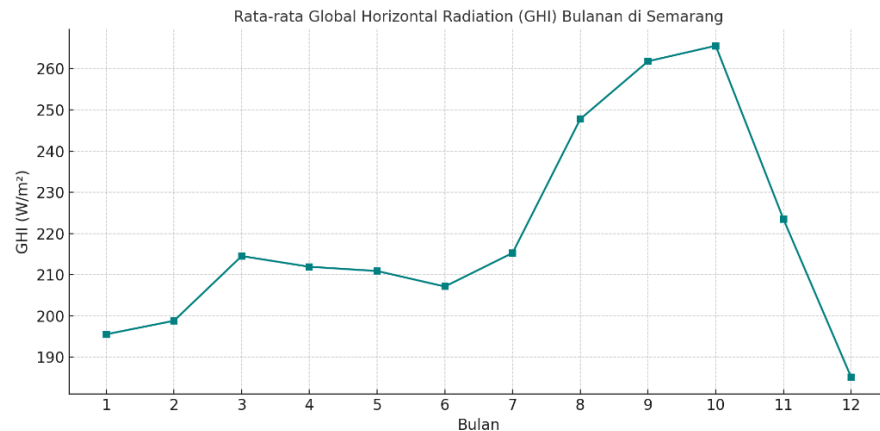
Dalam proses perencanaan ulang atau *redesain* fasad bangunan, khususnya untuk optimalisasi pencahayaan alami dan pengendalian panas matahari, penggunaan data iklim mikro yang akurat menjadi sangat penting. Salah satu sumber utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah data EPW (EnergyPlus Weather File) Semarang periode 2009–2023. Data ini memuat data meteorologi jam-jam-an selama satu tahun representatif (Typical Meteorological Year/ TMY), yang meliputi informasi seperti *Global Horizontal Radiation* (GHI), suhu, kelembaban, serta arah dan kecepatan angin. Analisis terhadap GHI sebagai representasi intensitas radiasi matahari sangat krusial karena menjadi dasar dalam menilai potensi panas matahari pada setiap orientasi bangunan, serta menentukan strategi shading atau bukaan yang paling tepat dan efisien secara energi.



Gambar 16 Grafik GHI Harian Kota Semarang

Berdasarkan data EPW, didapatkan bahwa rata-rata harian GHI di Semarang menunjukkan pola yang konsisten, dengan intensitas tertinggi terjadi antara pukul 11.00 hingga 13.00 WIB. Rentang waktu tersebut menunjukkan posisi matahari berada di puncak lintasannya, di mana radiasi datang hampir tegak lurus ke permukaan horizontal, terutama pada bagian atap dan fasad selatan bangunan. Di sisi lain, radiasi

dari arah timur mulai muncul sejak pukul 06.00 pagi dan meningkat hingga pukul 09.00, sedangkan arah barat mulai dominan dari pukul 14.00 hingga menjelang sore hari pukul 17.00. Oleh karena itu, fasad timur dan barat cenderung menerima beban panas langsung selama waktu yang cukup panjang, meskipun tidak sebesar intensitas puncak tengah hari.



Gambar 17 Grafik GHI Bulanan Kota Semarang

Selanjutnya, analisis bulanan menunjukkan bahwa paparan GHI tertinggi terjadi pada bulan Maret–April serta September–Oktober, yang bertepatan dengan periode *equinox* saat matahari melintasi garis khatulistiwa. Kedua periode ini mencerminkan kondisi radiasi maksimum dan menjadi referensi penting dalam menguji skenario terburuk dari paparan radiasi. Sementara pada bulan Desember–Januari dan Juni–Juli, intensitas radiasi menurun karena sudut datang matahari lebih rendah, menghasilkan distribusi energi yang lebih menyebar dan durasi paparan yang lebih pendek.

Dari keseluruhan data ini, dapat disimpulkan bahwa orientasi bangunan sangat mempengaruhi strategi desain yang tepat: fasad selatan membutuhkan elemen shading horizontal seperti *overhang* atau *light shelf* untuk menghalangi sinar tengah hari; fasad timur dan barat memerlukan elemen vertikal seperti *vertical fins* atau *perforated screen* untuk memblokir sinar rendah pagi dan sore; sedangkan fasad utara, yang menerima paparan tidak langsung dan lebih banyak cahaya difus, ideal untuk bukaan besar tanpa

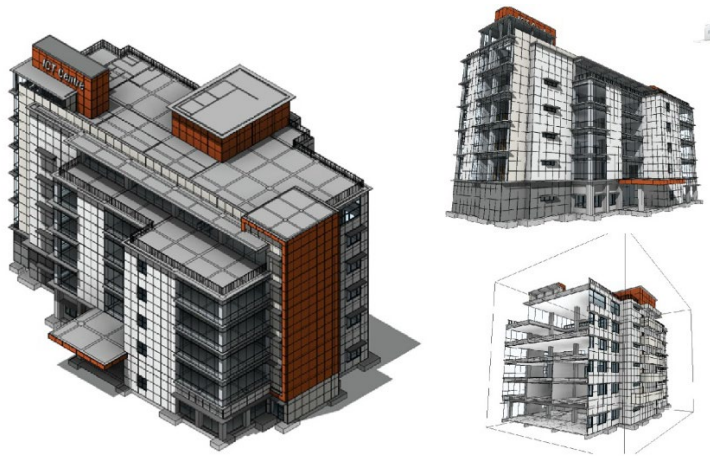
shading masif.

Dengan demikian, pemanfaatan data EPW bukan hanya menjadi dasar rasional dalam penentuan strategi desain pasif, tetapi juga memungkinkan pendekatan berbasis iklim lokal yang presisi dan berdampak signifikan terhadap efisiensi energi bangunan secara keseluruhan.

4.2 Analisa Kondisi Existing Pencahayaan

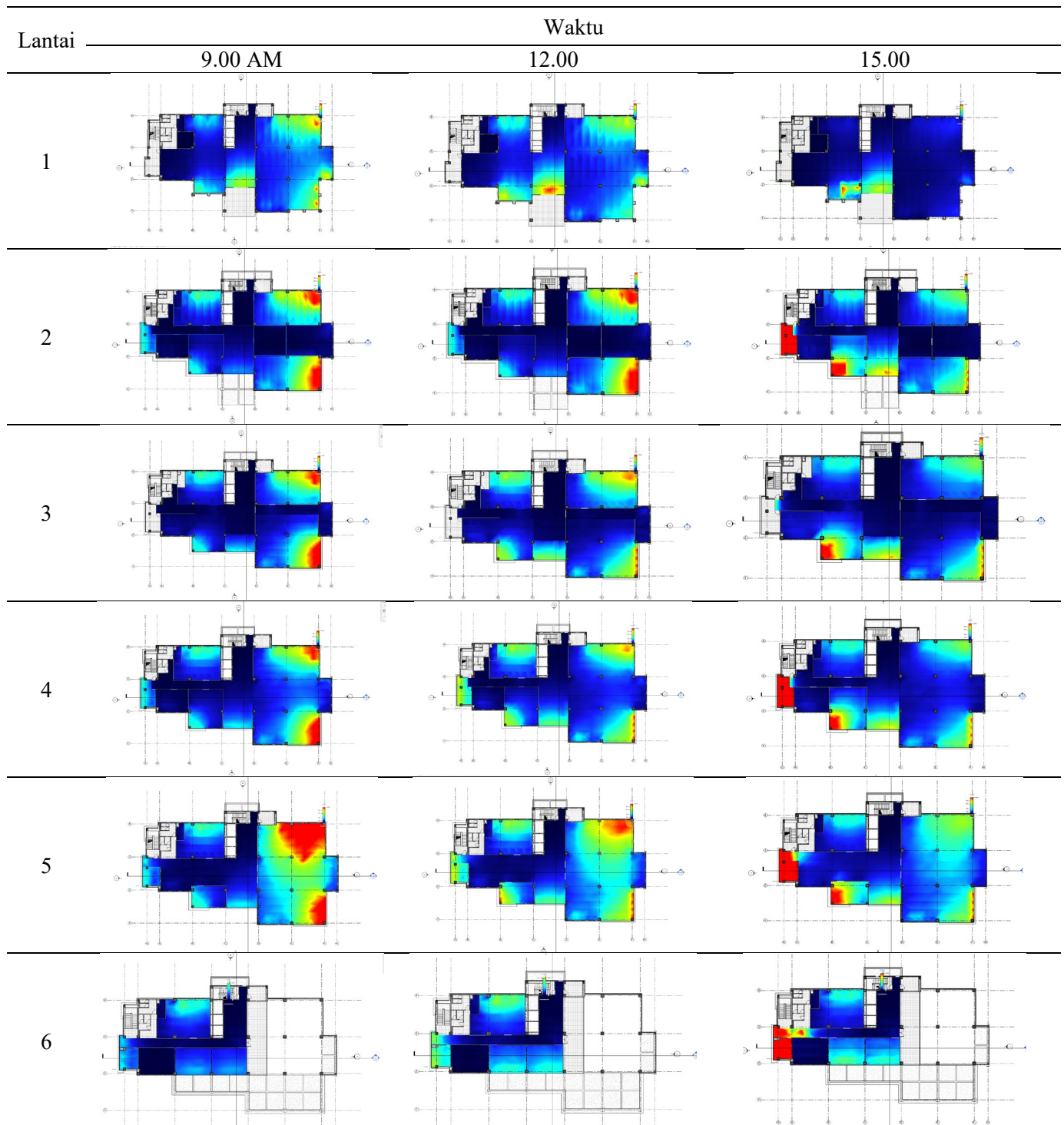
4.2.1 Simulasi Pencahayaan Alami

Simulasi secara keseluruhan diperlukan untuk memperoleh informasi yang lengkap mengenai kondisi pencahayaan alami pada Gedung ICT Centre Undip. Oleh karena itu, agar hasil simulasi dapat merepresentasikan kondisi lapangan secara akurat, terlebih dahulu dilakukan pemodelan digital bangunan (digital twin) menggunakan perangkat lunak Revit. Selanjutnya, simulasi pencahayaan alami dilakukan di dalam model tersebut dengan konfigurasi iluminasi pada tanggal 21 Maret pukul 09.00, 12.00, dan 15.00. Pemilihan tanggal ini didasarkan pada salah satu posisi matahari yang berada tepat di atas garis khatulistiwa, sedangkan pemilihan waktu simulasi merepresentasikan jam kerja pada umumnya yaitu, pukul 08.00 s.d. 16.00. Dari hasil simulasi pencahayaan alami ini, diperoleh data berupa tabel intensitas pencahayaan, baik pada tingkat ruang maupun per lantai bangunan.



Gambar 18 Twin model ICT Centre Undip dengan Revit

Tabel 3 Tabel visual *false colour* hasil simulasi dengan Revit Lighting Analysis



Sumber : Dokumen Pribadi

Warna biru tua mewakili iluminasi 100 lux, biru muda untuk 300 lux, hijau muda untuk 500 lux, hingga merah yang menunjukkan intensitas sangat terang, yaitu sekitar 1000 lux. Secara umum, warna dalam hasil simulasi **Tabel 3** menunjukkan tingkat intensitas iluminasi dalam ruang yang masih didominasi warna biru tua. Hal ini berarti masih **belum optimalnya kondisi pencahayaan alami** di Gedung ICT Centre Undip menurut SNI 03-6197-2011 tentang Konservasi Energi Sistem Pencahayaan dengan tipologi ruang kantor dengan syarat minimum iluminasi sebesar 350lux. Berdasarkan tingkat iluminasi tersebut, kondisi sangat terang hingga mencapai 1000 lux ditandai dengan warna merah, terpantau lebih dominan pada pukul 09.00 dari arah timur dan pukul 15.00 dari arah barat. Hal ini sejalan dengan pergerakan rotasi harian matahari yang terbit di timur dan terbenam di barat. Berdasarkan hasil simulasi tersebut, cakupan rentang iluminasi ideal (100–500 lux) adalah sebesar 44% pada pukul 09.00, meningkat menjadi 48% pada pukul 12.00, dan 49% pada pukul 15.00. Namun, data ini tidak serta-merta menunjukkan bahwa kondisi pada pukul 15.00 lebih optimal, karena simulasi ini mencakup seluruh ruangan, termasuk area servis seperti pantry dan gudang. Oleh karena itu, diperlukan pemilahan atau filter tambahan untuk memahami data hasil simulasi ini secara lebih akurat dan tepat guna. Mengingat fungsi utama Gedung ICT Centre Undip sebagai kantor.

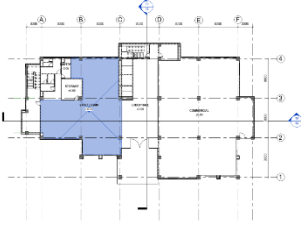
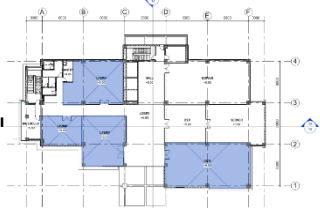
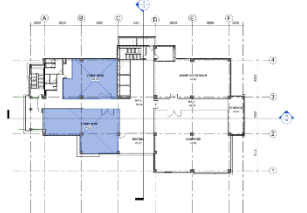
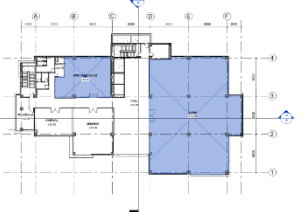
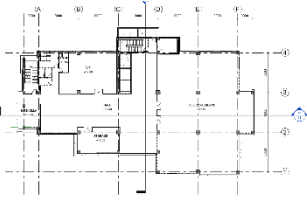
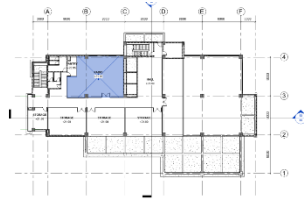
Tabel 4 Data hasil simulasi pencahayaan alami ruang

<_InsightLighting Room Schedule>																
0-12: Custom Analysis Whole Building Results: -7,05443096160880,110,430147049219																
3/21 9am: 44% & 3/21 12pm: 48% & both: 38% of points are between 100-500 lux (9-46 fc)																
Solar Values (W/m2): 3/21 9am GHI: 509, DNI: 584, DHI: 74 & 3/21 12pm GHI: 940, DNI: 852, DHI: 96																
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
Level	Name	Area	Include in Daylighting	9am threshold results						12pm threshold results						Both threshold results
				within threshold	above threshold	below threshold	within threshold	above threshold	below threshold	within threshold	above threshold	below threshold	within threshold	above threshold	below threshold	
				%	Area	%	Area	%	Area	%	Area	%	Area	%	Area	%
Denah Lantai 1																
Denah Lantai 1	STORAGE	17 m²	✓	0	0 m²	0	0 m²	100	17 m²	0	0 m²	0	0 m²	100	17 m²	0
Denah Lantai 1	PANTRY	7 m²	✓	0	0 m²	0	0 m²	100	7 m²	0	0 m²	0	0 m²	100	7 m²	0
Denah Lantai 1	STAFF LP2MP	225 m²	✓	37	84 m²	0	0 m²	63	141 m²	49	110 m²	3	6 m²	48	109 m²	35
Denah Lantai 1	LOBBY/HALL	116 m²	✓	44	52 m²	7	6 m²	49	58 m²	40	48 m²	16	19 m²	44	52 m²	35
Denah Lantai 1	COMMERCIAL	410 m²	✓	81	330 m²	10	41 m²	9	39 m²	75	308 m²	5	20 m²	29	81 m²	70
Denah Lantai 2																
Denah Lantai 2	DSTI	57 m²	✓	0	0 m²	0	0 m²	100	57 m²	0	0 m²	0	0 m²	100	57 m²	0
Denah Lantai 2	SERVER	86 m²	✓	2	2 m²	0	0 m²	98	84 m²	0	0 m²	0	0 m²	100	86 m²	0
Denah Lantai 2	LP2MP	44 m²	✓	0	0 m²	0	0 m²	100	44 m²	0	0 m²	0	0 m²	100	44 m²	0
Denah Lantai 2	HALL	47 m²	✓	0	0 m²	0	0 m²	100	47 m²	0	0 m²	0	0 m²	100	47 m²	0
Denah Lantai 2	PANTRY	7 m²	✓	0	0 m²	0	0 m²	100	7 m²	0	0 m²	0	0 m²	100	7 m²	0
Denah Lantai 2	LOBBY	137 m²	✓	17	24 m²	0	0 m²	83	114 m²	25	34 m²	2	3 m²	73	100 m²	15
Denah Lantai 2	LP2MP	73 m²	✓	43	32 m²	0	0 m²	57	41 m²	30	43 m²	10	6 m²	22	40 m²	30
Denah Lantai 2	MUSHOLLA	23 m²	✓	93	21 m²	0	0 m²	7	2 m²	43	10 m²	57	13 m²	0	0 m²	36
Denah Lantai 2	DSTI	139 m²	✓	58	81 m²	36	50 m²	6	8 m²	81	112 m²	17	23 m²	3	4 m²	58
Denah Lantai 2	LP2MP	89 m²	✓	87	59 m²	2	2 m²	31	28 m²	73	65 m²	10	9 m²	17	15 m²	58
Denah Lantai 2	SERVER	135 m²	✓	59	79 m²	32	44 m²	9	12 m²	65	87 m²	28	36 m²	9	12 m²	59
Denah Lantai 3																
Denah Lantai 3	HALL	149 m²	✓	0	0 m²	0	0 m²	100	149 m²	0	0 m²	0	0 m²	100	149 m²	0
Denah Lantai 3	HALL	36 m²	✓	0	0 m²	0	0 m²	100	36 m²	0	0 m²	0	0 m²	100	36 m²	0
Denah Lantai 3	OTORAOE	27 m²	✓	0	0 m²	0	0 m²	100	27 m²	0	0 m²	0	0 m²	100	27 m²	0
Denah Lantai 3	LP2MP HEAD	124 m²	✓	13	23 m²	0	0 m²	82	102 m²	27	33 m²	6	7 m²	68	84 m²	13
Denah Lantai 3	COMPUTER	218 m²	✓	47	103 m²	22	46 m²	31	67 m²	48	101 m²	10	21 m²	44	96 m²	34
Denah Lantai 3	LP2MP HEAD	90 m²	✓	81	55 m²	2	2 m²	37	33 m²	65	59 m²	9	8 m²	26	24 m²	54
Denah Lantai 3	MUSHOLLA	26 m²	✓	83	26 m²	0	0 m²	20	7 m²	26	21 m²	26	6 m²	14	6 m²	26
Denah Lantai 3	LP2MP COURTROD	135 m²	✓	62	83 m²	28	38 m²	10	14 m²	62	83 m²	25	34 m²	13	18 m²	59
Denah Lantai 4																
Denah Lantai 4	JOURNAL	44 m²	✓	0	0 m²	0	0 m²	100	44 m²	0	0 m²	0	0 m²	100	44 m²	0
Denah Lantai 4	HALL	183 m²	✓	18	30 m²	0	0 m²	84	153 m²	19	35 m²	1	2 m²	88	148 m²	15
Denah Lantai 4	SEMINAR	80 m²	✓	33	24 m²	0	0 m²	70	57 m²	48	38 m²	9	7 m²	43	35 m²	20
Denah Lantai 4	PANTRY	7 m²	✓	25	2 m²	0	0 m²	75	5 m²	50	4 m²	0	0 m²	50	4 m²	25
Denah Lantai 4	LP2MP	421 m²	✓	64	268 m²	19	79 m²	18	74 m²	58	243 m²	11	45 m²	32	133 m²	50
Denah Lantai 4	MUSHOLLA	23 m²	✓	100	23 m²	0	0 m²	0	0 m²	50	11 m²	50	11 m²	0	0 m²	50
Denah Lantai 4	WRITING CENTER	89 m²	✓	73	62 m²	2	2 m²	28	25 m²	80	71 m²	9	8 m²	11	10 m²	83
Denah Lantai 5																
Denah Lantai 5	PANTRY	7 m²	✓	0	0 m²	0	0 m²	100	7 m²	0	0 m²	0	0 m²	100	7 m²	0
Denah Lantai 5	HALL	259 m²	✓	15	40 m²	0	0 m²	85	219 m²	19	48 m²	1	2 m²	81	208 m²	15
Denah Lantai 5	STORAGE	42 m²	✓	68	29 m²	0	0 m²	32	13 m²	73	31 m²	23	10 m²	5	2 m²	45
Denah Lantai 5	TELECONFERENCE	421 m²	✓	59	208 m²	50	210 m²	0	2 m²	74	311 m²	25	106 m²	1	4 m²	49
Denah Lantai 5	MUSHOLLA	20 m²	✓	100	20 m²	0	0 m²	0	0 m²	50	10 m²	50	10 m²	0	0 m²	50
Denah Lantai 5	VIP	89 m²	✓	72	64 m²	2	2 m²	26	23 m²	78	70 m²	9	8 m²	13	12 m²	65
Denah Lantai 6																
Denah Lantai 6	STORAGE	45 m²	✓	0	0 m²	0	0 m²	100	45 m²	0	0 m²	0	0 m²	100	45 m²	0
Denah Lantai 6	PANTRY	7 m²	✓	0	0 m²	0	0 m²	100	7 m²	0	0 m²	0	0 m²	100	7 m²	0
Denah Lantai 6	HALL	103 m²	✓	7	7 m²	0	0 m²	93	96 m²	7	7 m²	4	4 m²	89	92 m²	4
Denah Lantai 6	RADIO	89 m²	✓	53	51 m²	0	0 m²	42	38 m²	71	63 m²	8	5 m²	23	20 m²	52
Denah Lantai 6	STORAGE	44 m²	✓	71	31 m²	0	0 m²	29	13 m²	100	44 m²	0	0 m²	0	0 m²	71
Denah Lantai 6	STORAGE	46 m²	✓	75	34 m²	0	0 m²	25	11 m²	96	44 m²	0	0 m²	4	2 m²	75
Denah Lantai 6	STORAGE	18 m²	✓	100	18 m²	0	0 m²	0	0 m²	75	13 m²	25	4 m²	0	0 m²	75

Sumber : Dokumen Pribadi

Data pada **Tabel 4** hasil simulasi diatas didapat dari filter data difokuskan kembali hanya memperhatikan ruang kerja (bertanda stabilo kuning) dengan pencahayaan paling gelap atau dibawah pada cakupan rentang iluminasi ideal (100–500 lux) dalam setiap lantainya. Diperoleh ruang-ruang berikut pada **Tabel 5**

Tabel 5 Objek ruang kerja untuk objek simulasi lanjutan

Lantai	Denah	Nama Ruang (urut dari yang tergelap)
1		R. Staff LP2MP
2		R.LP2MP barat, R.LP2MP selatan,, R.LP2MP utara, DSTI selatan
3		R.Kepala LP2MP selatan, R.LP2MP utara
4		R.Writing Centre, R.LPPM
5		(Tidak ada ruang kerja)
6		R.Radio

Sumber : Dokumen Pribadi

Berdasarkan **Tabel 5**, terlihat bahwa ruang-ruang yang terletak di sisi utara dan barat bangunan memiliki tingkat pencahayaan paling rendah, sementara ruang-ruang di sisi timur dan selatan memiliki tingkat pencahayaan paling tinggi. Data pada **Tabel 5** juga dijadikan dasar dalam menetapkan ruang-ruang yang disimulasikan pada tahap selanjutnya sebagai representasi alasan dilakukannya redesain.

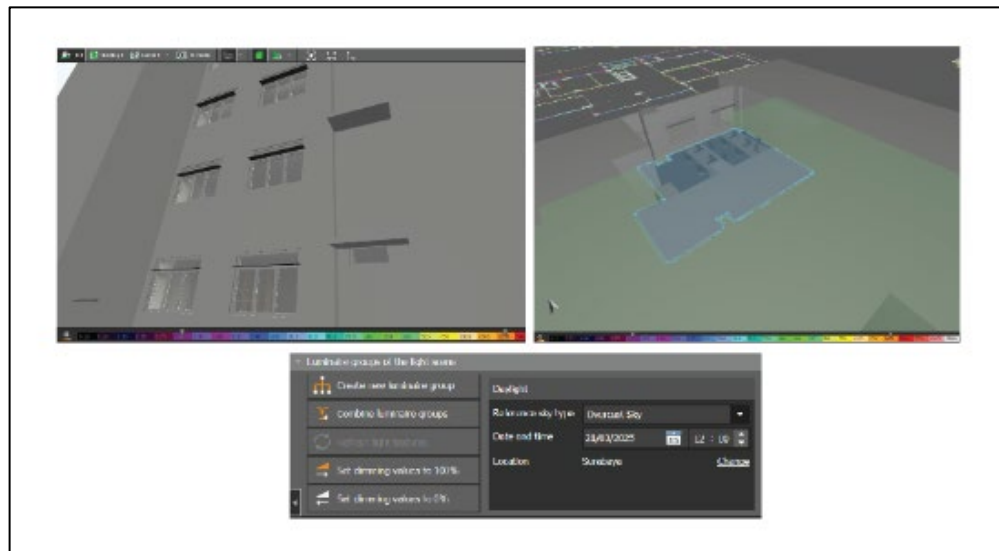
4.3 Strategi Redesain

Berdasarkan hasil analisis iklim wilayah dan kondisi eksisting Gedung ICT Centre UNDIP, strategi redesain diarahkan pada pendekatan yang efektif, efisien, modular, dan mudah diterapkan baik dari segi bentuk maupun material. Analisis data EPW menunjukkan bahwa radiasi matahari di Semarang memiliki pola yang konsisten dengan puncak intensitas antara pukul 11.00 hingga 13.00 WIB, serta konsentrasi paparan signifikan dari arah timur pada pagi hari dan arah barat pada sore hari. Sementara itu, simulasi pencahayaan alami melalui model digital menunjukkan bahwa sebagian besar ruang pada sisi utara dan barat bangunan memiliki tingkat iluminasi yang tidak memadai, dengan intensitas berada di bawah standar minimum 350 lux sebagaimana ditetapkan dalam SNI 03-6197-2011.

Berdasarkan kondisi tersebut, redesain fasad difokuskan pada dua sistem utama. Pertama, pada fasad utara yang memiliki pencahayaan alami difus namun minim radiasi langsung, diterapkan sistem light shelf horizontal modular. Sistem ini dirancang dalam satuan modul yang sesuai dengan dimensi jendela dan memungkinkan produksi massal serta pemasangan seragam. Tujuannya adalah untuk memantulkan cahaya langit ke dalam ruang kerja, sehingga meningkatkan distribusi pencahayaan alami secara merata tanpa menambah beban panas berlebih. Kedua, pada fasad timur, selatan, dan barat, dilakukan penambahan sistem shading device dalam bentuk modul yang sederhana dan seragam. Strategi ini ditujukan untuk mengurangi paparan radiasi langsung yang tinggi pada pagi dan sore hari, sambil tetap mempertahankan estetika dan konsistensi tampilan fasad bangunan.

Pendekatan modular pada kedua sistem ini tidak hanya memungkinkan proses fabrikasi dan pemasangan yang lebih cepat dan ekonomis, tetapi juga memberikan fleksibilitas terhadap variasi dimensi bukaan yang ada. Dengan mengintegrasikan data iklim lokal dan hasil simulasi pencahayaan alami, strategi redesain ini diharapkan mampu meningkatkan kenyamanan visual, menurunkan beban energi pendinginan, serta mendukung pencapaian bangunan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

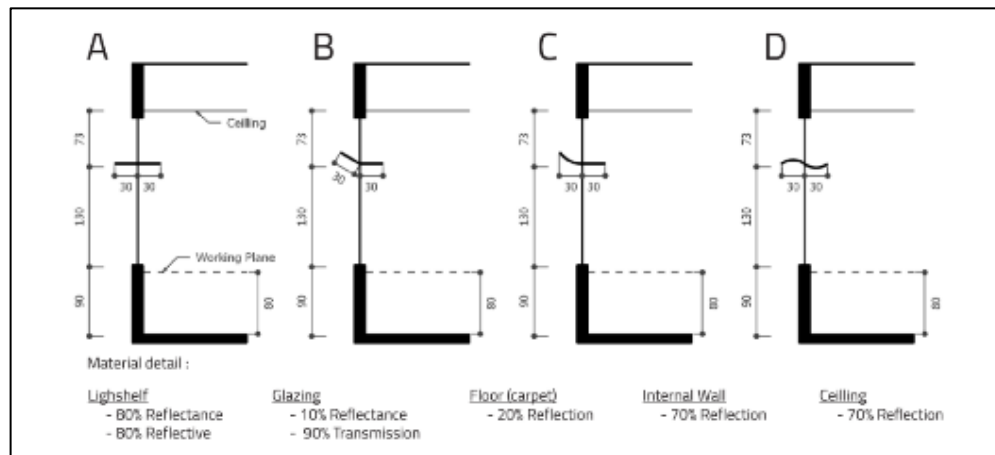
4.4 Eksplorasi Konfigurasi Bentuk *Light Shelf*



Gambar 19 Persiapan simulasi Dialux evo 13

Simulasi lanjutan ini menggunakan perangkat lunak Dialux Evo 13 untuk mensimulasikan kondisi siang hari melalui proses yang jelas dan terstruktur. Pada awalnya, data bangunan yang terperinci-termasuk dimensi, tata letak jendela, material, dan properti kaca-dikumpulkan dan diterjemahkan dengan hati-hati ke dalam model 3D yang akurat di dalam perangkat lunak. Karena Dialux Evo tidak secara langsung menyediakan Semarang sebagai lokasi yang dapat dipilih, maka dipilihlah Surabaya sebagai kota terdekat yang tersedia; koordinat kemudian disesuaikan secara manual pada bujur 110,04° dan lintang -7,05°, dengan arah utara yang ditetapkan tepat pada 351° agar sesuai dengan orientasi bangunan yang sebenarnya. Simulasi difokuskan

pada skenario *overcast sky* pada tanggal 21 Maret, yang dipilih karena tanggal tersebut merupakan tanggal ekuinoks, dan tingkat cahaya matahari dianalisis secara khusus pada pukul 09.00, 12.00, dan 15.00 untuk merepresentasikan jam kerja kantor standar. Bidang analisis diposisikan pada 0,75 meter di atas lantai akhir, sesuai dengan standar pencahayaan Indonesia (SNI) minimum 350 lux untuk pencahayaan ruang kerja. Konfigurasi bentuk rak lampu yang berbeda dievaluasi secara menyeluruh untuk menentukan desain yang paling efektif untuk meningkatkan pencahayaan alami. Akhirnya, hasilnya secara sistematis dibandingkan dan divalidasi dengan pedoman pencahayaan alami yang sudah ada untuk memastikan keandalan dan penerapan praktis.

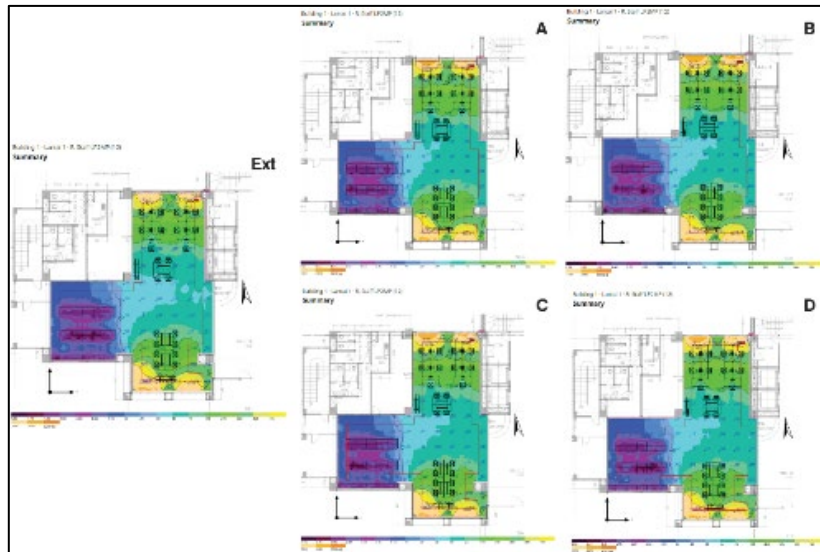


Gambar 20 Konfigurasi bentuk light shelf

Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 18**, beberapa desain rak lampu dieksplorasi melalui pengujian eksperimental dengan konfigurasi geometris yang berbeda. Untuk memastikan perbandingan yang adil dan konsisten, semua desain dikembangkan dengan menggunakan bahan yang sama dan dibuat agar sesuai dengan lebar bukaan jendela, dengan kedalaman tetap 60 cm. Pengaturan yang terkendali ini membantu mengisolasi dampak bentuk pada distribusi cahaya alami di dalam ruang interior. Empat pilihan desain yang berbeda diperiksa: Desain A menampilkan permukaan datar standar yang biasa terlihat pada aplikasi konvensional; Desain B

memperkenalkan kemiringan 30 derajat ke atas pada tepi luar ruangan untuk meningkatkan pengalihan cahaya matahari; Desain C menggabungkan kurva ke luar yang lembut untuk memandu cahaya secara lebih dinamis; dan Desain D mengadopsi kurva horizontal kontinu berbentuk S untuk menyelidiki efek geometri permukaan yang lebih kompleks. Variasi ini mewakili perkembangan dari bentuk yang sederhana ke bentuk yang lebih pahatan, yang bertujuan untuk lebih memahami bagaimana geometri mempengaruhi kinerja siang hari di lingkungan binaan.

4.4.1 Lantai 1 (R.Staff LP2MP)



Gambar 21 Hasil data visual simulasi pukul 12.00 R.Staff LP2MP

Pada lantai pertama, ruang kantor staf LP2MP dipilih sebagai objek studi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Ruang ini merupakan ruang yang paling besar dibandingkan dengan ruang lain yang disimulasikan, karena memiliki jumlah pengguna yang lebih banyak. Pada sisi kiri ruangan, terdapat area penyimpanan arsip yang menunjukkan tingkat pencahayaan paling rendah, yang ditunjukkan dengan dominasi warna biru pada hasil simulasi. Sementara itu, area kerja utama terletak di sisi kanan ruangan. Ruang kantor ini memiliki orientasi memanjang dari selatan ke utara. Meskipun terdapat bukaan jendela pada fasad selatan (fasad depan bangunan), analisis pencahayaan pada

penelitian ini dibatasi pada sisi utara (fasad belakang bangunan) sesuai dengan ruang lingkup studi yang telah ditetapkan.

Tabel 6 Data hasil simulasi R.Staff LP2MP

Light shelf design	Daylight Factor	Unified Glare	Time Illuminance (lux)		
			9:00	12:00	15:00
Existing	0,779	0,003	144	191	127
A	0,873	0,003	162	214	143
B	0,903	0,003	166	220	147
C	0,892	0,003	165	218	145
D	0,861	0,003	160	212	141

Sumber : Dokumen Pribadi

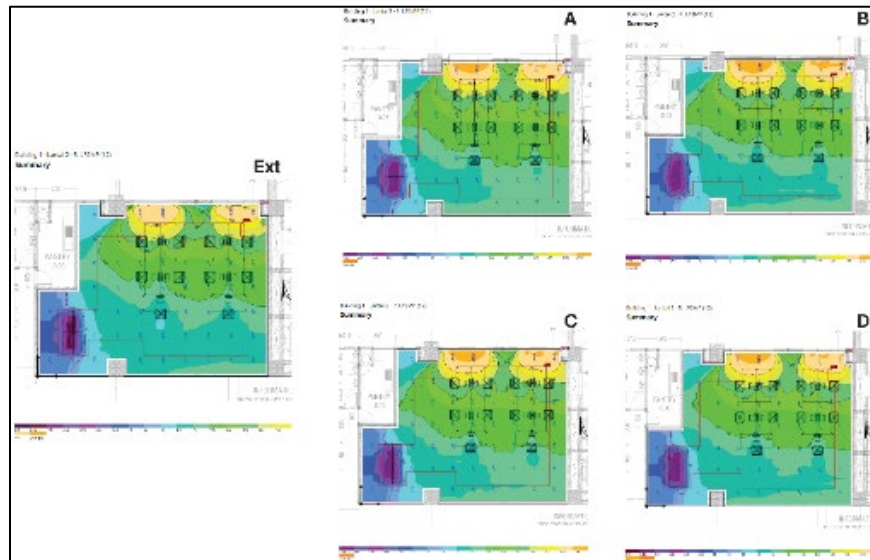
Hasil simulasi yang dirangkum dalam **Tabel 7** menunjukkan bahwa di antara berbagai konfigurasi rak lampu yang diuji, Desain B menawarkan kinerja pencahayaan alami yang paling baik untuk ruang staf LP2MP. Konfigurasi ini mencapai faktor pencahayaan siang hari tertinggi sebesar 0,903, yang mencerminkan peningkatan signifikan dalam ketersediaan cahaya alami dibandingkan dengan kondisi eksisting (0,779). Selain itu, Desain B secara konsisten mengungguli alternatif lain dalam hal tingkat pencahayaan di semua titik waktu yang diamati, mencapai 166 lux pada pukul 09.00, 220 lux pada pukul 12.00, dan 147 lux pada pukul 15.00.

Khususnya, peningkatan performa siang hari ini dicapai tanpa peningkatan ketidaknyamanan visual, seperti yang ditunjukkan oleh Unified Glare Rating (UGR) yang tidak berubah yaitu 0,003 di semua konfigurasi. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pencahayaan yang ditingkatkan tidak mengorbankan kenyamanan visual penghuni.

Secara keseluruhan, temuan ini menyoroti Lightshelf Design B sebagai solusi paling efektif untuk memaksimalkan penetrasi cahaya matahari di dalam ruangan, yang menawarkan manfaat kuantitatif dan kualitatif. Kinerjanya memperkuat potensi strategi pencahayaan alami pasif di lingkungan kantor

yang terletak di daerah tropis seperti Semarang.

4.4.2 Lantai 2 (R. LP2MP Utara)



Gambar 22 Hasil data visual simulasi pukul 12.00 R.LP2MP Utara

Di kantor LP2MP Utara yang terletak di lantai dua, terdapat beberapa set meja dan kursi kerja yang digunakan sebagai area aktivitas utama. Pada sisi kiri ruangan, terdapat sebuah lemari arsip kecil yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan dokumen. Berdasarkan hasil simulasi pencahayaan pada Gambar 6, area penyimpanan dokumen ini menunjukkan tingkat pencahayaan alami yang paling rendah dibandingkan dengan area kanan atau area kerja, yang ditunjukkan dengan dominasi warna biru pada visualisasi data. Hal ini mengindikasikan bahwa area tersebut menerima intensitas cahaya yang minim dibandingkan dengan area lainnya.

Tabel 7 Data hasil simulasi R. LP2MP Utara

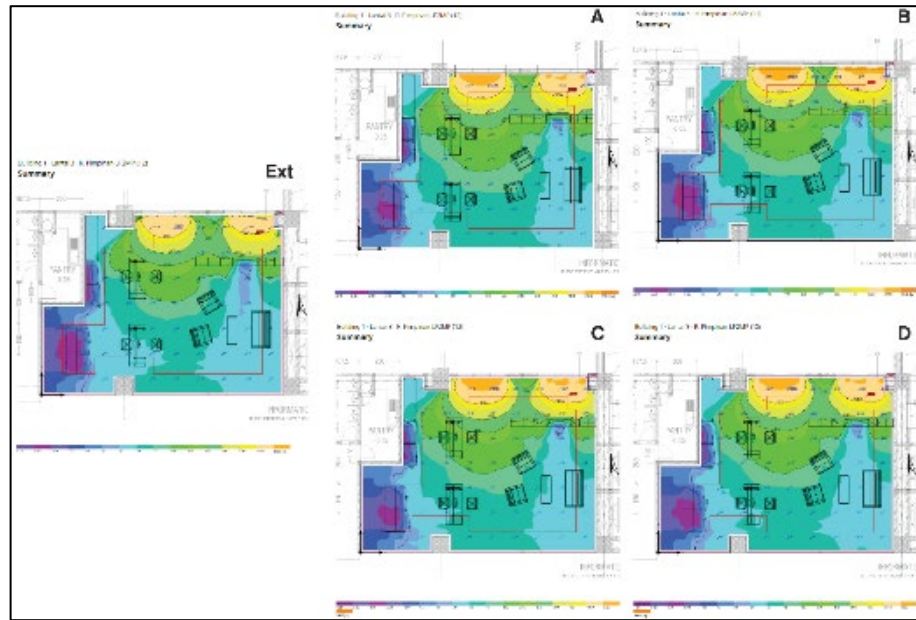
Light shelf design	Daylight Factor	Unified Glare	Time Illuminance (lux)		
			9:00	12:00	15:00
Existing	0,779	0,003	146	193	129
A	0,970	0,004	186	247	164
B	1,012	0,004	197	261	174
C	1,013	0,004	194	257	171
D	0,954	0,004	186	246	164

Sumber : Dokumen Pribadi

Simulasi seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 8** menunjukkan bahwa integrasi desain rak lampu secara signifikan meningkatkan kinerja pencahayaan dalam ruangan dibandingkan dengan kondisi eksisting. Di antara semua konfigurasi yang diuji, Desain C menunjukkan Faktor Pencahayaan tertinggi (1,013), diikuti oleh Desain B (1,012), keduanya melampaui varian lain dan kondisi awal (0,779). Nilai-nilai ini mencerminkan peningkatan penetrasi cahaya matahari ke dalam ruang interior. Dalam hal Pencahayaan berdasarkan Waktu, Desain B mencapai pencahayaan tertinggi pada pukul 12:00 siang (261 lux) dan secara konsisten berkinerja baik sepanjang hari, yang menunjukkan pantulan dan pengalihan cahaya yang optimal. Sementara itu, semua desain rak lampu mempertahankan Unified Glare Ratings yang rendah ($UGR \leq 0,004$), yang mengindikasikan risiko ketidaknyamanan visual yang minimal karena silau.

Secara keseluruhan, Desain B menawarkan pencahayaan yang paling seimbang-memaksimalkan kinerja tanpa meningkatkan silau-menjadikannya yang paling efektif di antara opsi yang diuji untuk pengoptimalan siang hari dalam konteks kantor LP2MP.

4.4.3 Lantai 3 (R. Kepala LP2MP Utara)



Gambar 23 Hasil data visual simulasi pukul 12.00 R. Kepala LP2MP Utara

Di lantai tiga, kantor eksekutif LP2MP secara khusus diperuntukkan bagi para pimpinan lembaga. Dibandingkan dengan ruang kantor lainnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7, ruangan ini memiliki tata letak yang lebih sederhana, hanya terdiri dari dua set perabot kantor yang dimaksudkan untuk mendukung kegiatan kerja para pejabat tinggi. Selain ruang kerja utama, ada ruang kecil di sebelahnya yang dirancang untuk menerima tamu, yang mencerminkan fungsi representatif dan formal dari area tersebut.

Tabel 8 Data hasil simulasi R. Kepala LP2MP Utara

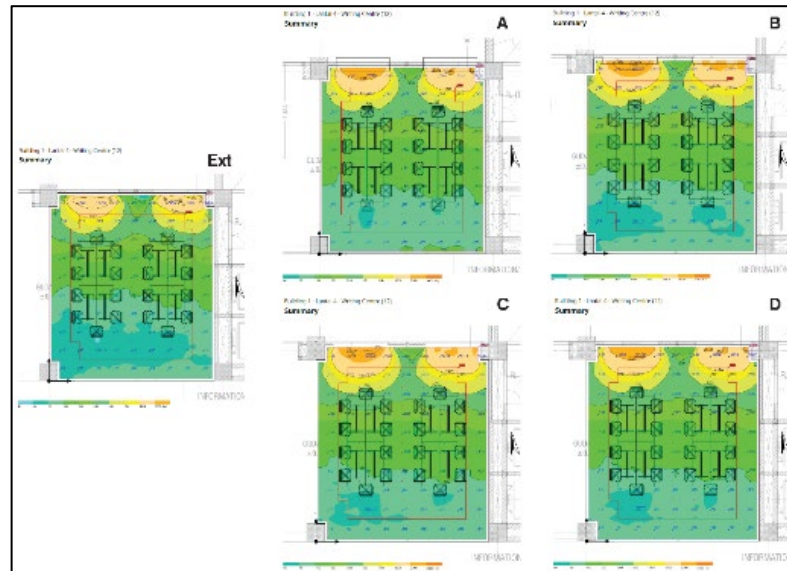
Light shelf design	Daylight Factor	Unified Glare	Time Illuminance (lux)		
			9:00	12:00	15:00
Existing	0,639	0,012	131	174	116
A	0,793	0,011	168	222	148
B	0,840	0,011	179	237	158
C	0,833	0,005	175	232	154
D	0,792	0,006	166	220	147

Sumber : Dokumen Pribadi

Simulasi yang didasarkan pada temuan **Tabel 9** tersebut untuk Kantor Eksekutif mengungkapkan bahwa penggabungan sistem rak cahaya mengarah pada peningkatan substansial dalam kinerja siang hari dibandingkan dengan kondisi eksisting. Faktor Cahaya Siang dari semua desain yang diusulkan melampaui baseline (0,639), dengan Desain B mencapai nilai tertinggi (0,840), diikuti oleh Desain C (0,833). Dalam hal Pencahayaan berdasarkan Waktu, Desain B memimpin dengan nilai puncak 237 lux pada pukul 12.00, dan mempertahankan kinerja yang kuat pada pukul 9.00 dan 15.00, yang menunjukkan kemampuannya yang unggul dalam meningkatkan pencahayaan vertikal sepanjang jam kerja.

Meskipun Desain C menunjukkan efisiensi siang hari yang hampir setara, keunggulannya terletak pada kontrol silau, dengan Unified Glare Rating (UGR) 0,005-terendah di antara semua konfigurasi yang diuji. Sebaliknya, kondisi eksisting menunjukkan performa terburuk baik dalam hal faktor siang hari dan nilai pencahayaan di semua interval waktu, sekaligus mencatat UGR tertinggi (0,012), yang mengindikasikan kenyamanan visual yang lebih rendah.

4.4.4 Lantai 4 (R. Writing Centre)



Gambar 24 Hasil data visual simulasi pukul 12.00 R. Writing Centre

Di lantai empat, Writing Centre berfungsi sebagai ruang literasi publik yang dirancang untuk mendukung kegiatan seperti membaca, menulis, dan diskusi akademik. Oleh karena itu, ruangan ini dilengkapi dengan meja dan kursi bersama yang diatur dalam tata letak komunal untuk mendorong interaksi di antara pengguna dan untuk menumbuhkan lingkungan belajar yang kolaboratif dan terbuka. Berdasarkan pencahayaan alami seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 hasil simulasi, distribusi cahaya matahari secara keseluruhan di dalam ruangan tampak relatif seragam. Hal ini sebagian besar disebabkan oleh geometri persegi panjang sederhana ruangan, yang meminimalkan variasi penetrasi cahaya di seluruh ruang interior.

Tabel 9 Data hasil simulasi R. Writing Centre

Light shelf design	Daylight Factor	Unified Glare	Time Illuminance (lux)		
			9:00	12:00	15:00
Existing	0,953	0,190	196	259	173
A	1,178	0,200	251	333	222
B	1,226	0,170	265	351	234
C	1,220	0,180	261	345	230
D	1,171	0,170	250	330	220

Sumber : Dokumen Pribadi

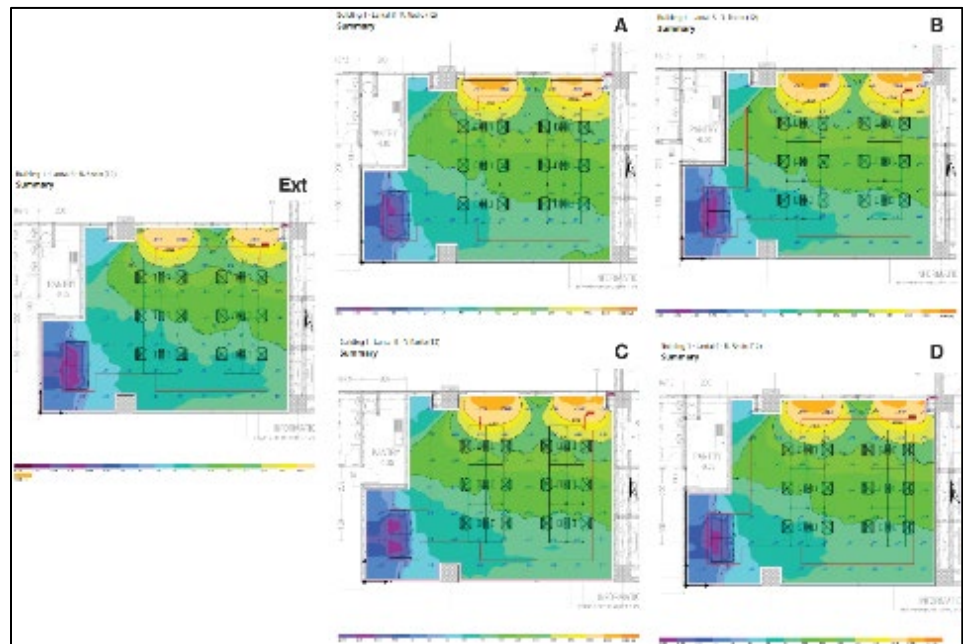
Berdasarkan **Tabel 10**, hasil simulasi untuk Pusat Penulisan menunjukkan peningkatan yang nyata dalam kinerja siang hari setelah integrasi elemen rak lampu. Kondisi saat ini menghasilkan Faktor Pencahayaan sebesar 0,953 dan Iluminasi puncak sebesar 259 lux pada siang hari, yang secara signifikan ditingkatkan oleh keempat konfigurasi rak lampu. Di antara keempat konfigurasi tersebut, Desain B merupakan yang paling efektif, mencapai Daylight Factor tertinggi (1,226) dan tingkat Iluminasi pada semua waktu yang diukur, mencapai puncaknya pada 351 lux pada pukul 12.00 - sedikit melebihi standar minimum 350 lux seperti yang direkomendasikan oleh SNI 03-6197-2000. Hal ini mengindikasikan distribusi cahaya alami yang lebih baik dan performa visual yang lebih baik sepanjang hari.

Dalam hal Unified Glare Rating (UGR), Desain B dan Desain D mencatat nilai terendah (0,170), menandakan mitigasi silau yang efektif dibandingkan dengan skenario awal, yang mencatat UGR yang relatif tinggi yaitu 0,190. Meskipun Desain A memberikan keuntungan siang hari yang signifikan, Desain A juga menunjukkan UGR tertinggi (0,200), yang menunjukkan potensi kompromi dalam kenyamanan visual karena peningkatan silau.

Secara keseluruhan, Desain B diidentifikasi sebagai solusi yang paling optimal, menawarkan peningkatan cahaya matahari tertinggi dan kontrol silau yang dapat diterima. Temuan ini mengonfirmasi peran penting geometri rak lampu yang dirancang dengan baik dalam meningkatkan ketersediaan cahaya

matahari sekaligus menjaga kenyamanan pengguna, terutama di lingkungan akademis dengan aktivitas tinggi seperti pusat penulisan.

4.4.5 Lantai 6 (R.Radio)



Gambar 25 Hasil data visual simulasi pukul 12.00 R. Radio

Di lantai enam, terdapat ruang kerja khusus untuk operasional radio. Area ini dilengkapi dengan beberapa set meja dan kursi kantor yang dirancang untuk mendukung berbagai kegiatan yang berhubungan dengan penyiaran, seperti pengeditan naskah, penjadwalan program radio, serta koordinasi teknis dan administratif.

Tabel 10 Data hasil simulasi R. Radio

Light shelf design	Daylight Factor	Unified Glare	Time Illuminance (lux)		
			9:00	12:00	15:00
Existing	0,785	0,005	150	199	133
A	1,012	0,011	197	261	174
B	1,057	0,008	209	276	184
C	1,045	0,011	204	270	180
D	0,979	0,015	193	256	170

Sumber : Dokumen Pribadi

Hasil simulasi Ruang Radio pada **Tabel 11** menunjukkan peningkatan yang jelas dalam performa pencahayaan siang hari dengan penerapan desain rak lampu. Kondisi saat ini menunjukkan Faktor Pencahayaan Siang Hari terendah (0,785) dan Pencahayaan berdasarkan Waktu, dengan puncak hanya 199 lux pada siang hari. Sebaliknya, semua konfigurasi rak lampu yang diusulkan menunjukkan peningkatan substansial, dengan Desain B memberikan Faktor Cahaya Siang hari tertinggi (1,057) dan pencahayaan maksimum 276 lux pada pukul 12:00. Desain ini juga mempertahankan performa yang unggul di seluruh interval waktu lainnya, menunjukkan pengalihan cahaya siang hari dan distribusi spasial yang efektif.

Meskipun Desain B menunjukkan Unified Glare Rating (UGR) yang sedikit lebih tinggi (0,008) dibandingkan dengan kondisi saat ini (0,005), nilainya tetap berada dalam batas kenyamanan yang dapat diterima, dan secara khusus lebih rendah daripada Desain D, yang memiliki UGR tertinggi pada 0,015. Meskipun Desain C memiliki kinerja yang hampir sama dengan B dalam hal faktor cahaya matahari dan pencahayaan, Desain C tidak menawarkan keuntungan yang signifikan dalam pengendalian silau.

Oleh karena itu, Desain B dianggap paling optimal untuk meningkatkan pencahayaan alami di R.Radio. Desain ini berhasil mencapai keseimbangan antara peningkatan penetrasi cahaya matahari dan kenyamanan visual pengguna, yang menunjukkan peran penting optimasi geometris dalam strategi

pencahayaannya pasif untuk lingkungan kerja khusus seperti ruang media atau siaran.

4.4.6 Simpulan

Ringkasan data diperoleh dari hasil simulasi menyeluruh pada masing-masing ruang yang kemudian dirata-rata untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai kondisi pencahayaan alami di seluruh area yang dianalisis. Berdasarkan analisis yang disajikan pada tabel, terdapat beberapa temuan penting terkait pengaruh konfigurasi lightshelf terhadap performa pencahayaan alami. Seluruh desain lightshelf yang diuji (A, B, C, dan D) terbukti mampu meningkatkan kondisi pencahayaan alami dibandingkan kondisi eksisting, yang ditunjukkan oleh peningkatan daylight factor serta nilai iluminasi yang konsisten lebih tinggi pada jam kerja yang dievaluasi (pukul 09.00, 12.00, dan 15.00). Di antara semua variasi, desain B menunjukkan kinerja paling optimal dalam meningkatkan pencahayaan alami hingga 30% lebih baik di dalam ruangan. Desain ini mencatat daylight factor tertinggi sebesar 1,010, serta nilai iluminansi tertinggi secara konsisten pada ketiga waktu pengamatan, yaitu 203,20 lux (09:00), 269,00 lux (12:00), dan 179,40 lux (15:00).

Meskipun desain A, C, dan D juga menunjukkan peningkatan performa dibandingkan kondisi eksisting, tidak ada yang melampaui efisiensi iluminansi desain B. Selain itu, seluruh konfigurasi lightshelf mempertahankan tingkat Unified Glare yang rendah dan stabil (0,040–0,050), yang mengindikasikan minimnya risiko silau meskipun terjadi peningkatan signifikan dalam pencahayaan alami.

Secara keseluruhan dari **Tabel 12**, dapat disimpulkan bahwa Desain B merupakan opsi terbaik dalam konteks studi ini karena mampu meningkatkan pencahayaan alami secara signifikan tanpa mengorbankan kenyamanan visual pengguna ruang. Hasil ini mendukung penerapan strategi pasif berupa

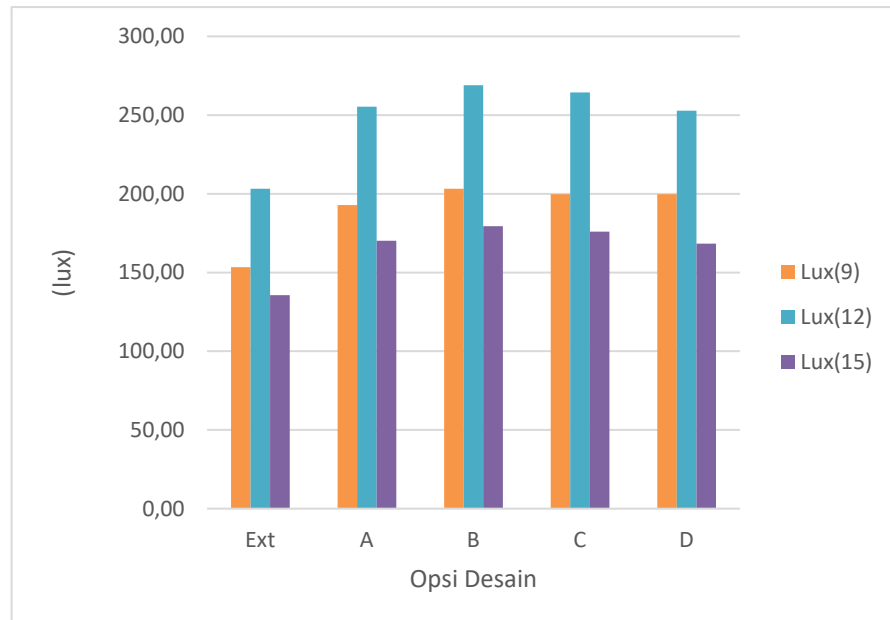
lightshef dalam upaya efisiensi energi dan peningkatan kualitas ruang kerja di bangunan beriklim tropis.

Tabel 11 Ringkasan hasil Data Simulasi

Light shelf design	Daylight Factor	Unified Glare	Time Illuminance (lux)		
			9:00	12:00	15:00
Existing	0,790	0,040	153,40	203,20	135,60
A	0,970	0,050	203,20	255,40	170,20
B	1,010	0,040	203,20	269,00	179,40
C	1,000	0,040	199,80	264,40	176,00
D	0,950	0,040	199,80	252,80	168,40

Sumber : Dokumen Pribadi

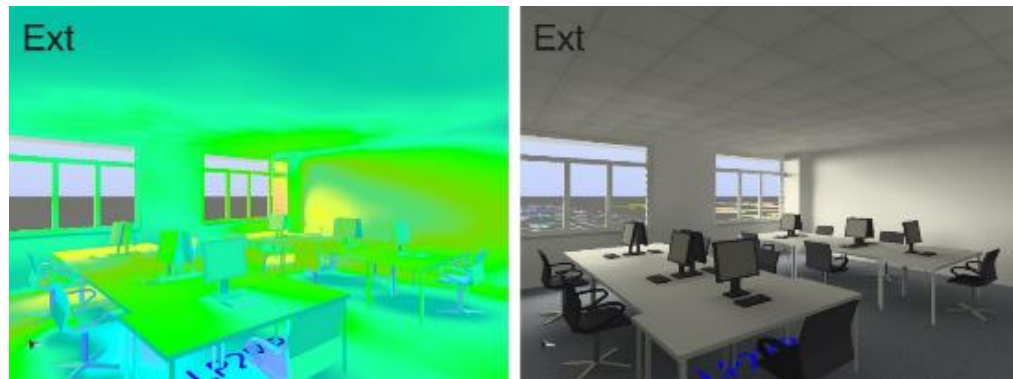
Analisis perbandingan yang diilustrasikan pada grafik dengan jelas menunjukkan kinerja superior konfigurasi rak lampu dalam meningkatkan pencahayaan dalam ruangan rata-rata di semua titik waktu yang diamati. Meskipun kondisi saat ini (Ext) menunjukkan tingkat pencahayaan terendah sepanjang hari-khususnya pada pukul 9:00 dan 15:00-penerapan desain rak lampu secara signifikan meningkatkan ketersediaan cahaya matahari.



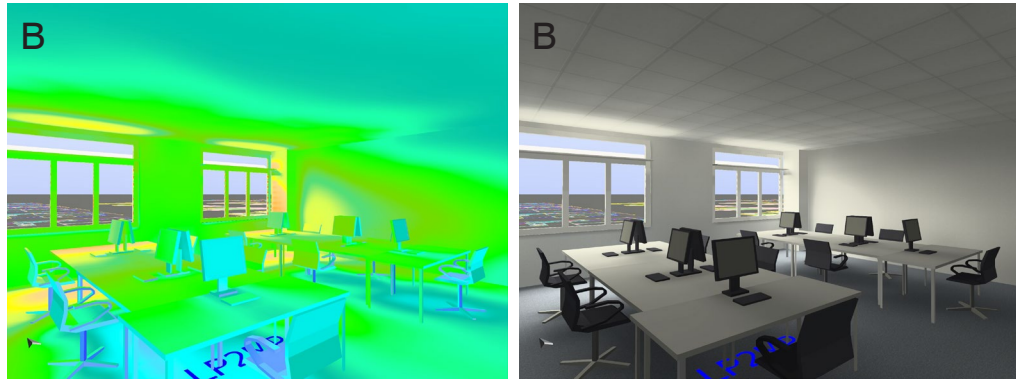
Gambar 26 Grafik Hasil Data Simulasi

Di antara opsi yang diuji, Desain B secara konsisten mencapai pencahayaan tertinggi di semua interval waktu, dengan kinerja puncak yang diamati pada pukul 12:00 siang. Tren ini selaras dengan hasil tabulasi sebelumnya, yang memperkuat kesimpulan bahwa Desain B, yang mencakup permukaan eksterior miring 30° , mengoptimalkan pantulan cahaya matahari ke langit-langit dan meningkatkan penetrasi cahaya tanpa mengorbankan keseragaman. Desain A dan C juga berkinerja baik, meskipun sedikit di bawah B, sementara Desain D menunjukkan peningkatan moderat relatif terhadap kondisi yang ada.

Hasil ini mendukung keefektifan perangkat pencahayaan pasif-terutama rak lampu miring-dalam meningkatkan otonomi siang hari spasial dan mengurangi ketergantungan pada pencahayaan buatan. Pola kinerja sepanjang waktu lebih lanjut menekankan pentingnya sudut matahari dan geometri rak lampu dalam memaksimalkan kinerja siang hari selama jam kerja, terutama di lingkungan kantor dalam konteks tropis.



Gambar 27 Render Prespektif Interior Exisiting R.LP2MP Utara pukul 12.00



Gambar 28 Render Prespektif Interior Opsi *light shelf* opsi B R.LP2MP Utara pukul 12.00

Berdasarkan perbandingan antara gambar di atas, baik dari citra false color maupun hasil pencahayaan yang dirender, penerapan desain *light shelf* B menunjukkan peningkatan signifikan dalam distribusi cahaya alami di dalam ruangan. Konfigurasi ini secara efektif memantulkan sinar matahari ke arah langit-langit, sehingga cahaya dapat menyebar lebih merata dan menjangkau area yang lebih dalam dari ruang interior. Yang menarik, peningkatan distribusi pencahayaan ini tidak menyebabkan peningkatan silau, sehingga kenyamanan visual tetap terjaga dengan baik. Temuan ini menegaskan bahwa modifikasi elemen desain pasif yang dirancang secara cermat, seperti *light shelf*, dapat menjadi strategi efektif untuk meningkatkan kualitas pencahayaan alami di dalam bangunan tanpa mengorbankan kenyamanan penghuni.

Namun demikian, meskipun peningkatan iluminansi tersebut cukup signifikan, hasil akhir yang berkisar antara 200 hingga 269 lux masih berada di bawah standar minimum iluminansi menurut SNI 03-6197-2000 ataupun standar internasional seperti IESNA atau EN 12464-1, yang merekomendasikan tingkat pencahayaan minimal 300–500 lux untuk aktivitas kerja visual ringan di perkantoran. Oleh karena itu, pencahayaan alami yang dihasilkan oleh desain *lightshelf* ini, meskipun sangat membantu, belum sepenuhnya mencukupi untuk menunjang aktivitas kerja secara optimal tanpa bantuan pencahayaan buatan.

Kendati demikian, kontribusinya tetap penting dalam mengurangi ketergantungan terhadap pencahayaan buatan, terutama pada jam-jam siang, dan sangat potensial untuk diterapkan sebagai bagian dari strategi pencahayaan hybrid guna meningkatkan efisiensi energi dalam bangunan perkantoran.

4.5 Eksplorasi Konfigurasi *Shading Devices*

Konfigurasi panjang shading sebesar 60 cm ditetapkan berdasarkan proporsio estetiuka dab prinsip modularitas terhadap ukuran material panel yang umum digunakan di lapangan, salah satunya yaitu lembaran aluminium composite panel (ACP)yang umumnya berukuran standar 122 cm × 244 cm. Dengan ukuran tersebut, elemen shading horizontal maupun vertikal dapat dipotong secara efisien tanpa menyisakan limbah berlebih, serta memudahkan dalam proses fabrikasi dan pemasangan di lapangan. Pemilihan jarak antar elemen shading awal sebesar sekitar 60-80 cm juga mempertimbangkan proporsi bukaan jendela pada fasad gedung yang memiliki lebar tinggi antar lantai 400cm, sehingga konfigurasi ini mampu menciptakan ritme visual yang seimbang sekaligus mempertahankan fungsi perlindungan terhadap radiasi matahari.

4.5.1 Berdasarkan Rumus Empiris

Untuk mengevaluasi efektivitas konfigurasi shading tersebut, digunakan pendekatan semi-empiris dengan mengacu pada rumus perhitungan Shading Mask Angle (SMA) sebagai berikut:

$$SMA = \tan^{-1} \left(\frac{h}{d} \right)$$

- h = tinggi shading (untuk fins vertikal) atau kedalaman overhang (untuk horizontal)
- d = jarak antar shading (jarak vertikal atau horizontal tergantung arah shading)
- Satuan h dan d harus konsisten (misal sama-sama dalam cm atau m)

Berikut hasil perhitngan konfigurasi awal shading devices dengan bentuk yang sama tetapi berbeda dalam pemasangan vertical atau horizontalnya,

Tabel 12 Hasil perhitungan empiris *shading devices*

Orientasi	Tipe Shading	Reduksi Perkiraan	Keterangan
Timur	Vertikal fins	15–20%	Halangi sinar pagi
Timur	Horizontal fins	5–10%	Tidak blokir sinar rendah
Selatan	Horizontal fins	15–25%	Halangi sinar atas
Selatan	Vertikal fins	5–8%	Tidak efektif
Barat	Vertikal fins	15–20%	Halangi sinar sore
Barat	Horizontal fins	5–10%	Tidak blokir sinar rendah

Sumber : Dokumen Pribadi

Berdasarkan hasil perbandingan pada **Tabel 13**, shading vertikal dengan konfigurasi tersebut lebih efektif diterapkan pada fasad timur dan barat, karena mampu menghalangi radiasi matahari yang datang dari arah horizontal rendah pada pagi dan sore hari. Sementara itu, shading horizontal terbukti lebih optimal di fasad selatan, mengingat intensitas radiasi matahari dari arah atas cukup tinggi terutama pada siang hari di wilayah tropis seperti Semarang. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas elemen shading tidak hanya bergantung pada besar dimensinya, namun juga pada arah orientasi fasad serta sudut datang sinar matahari.

Meskipun secara teknis konfigurasi shading vertikal dapat diterapkan pada beberapa orientasi, fasad selatan Gedung ICT Centre Undip memiliki luasan

WWR yang paling besar dibandingkan orientasi lainnya, serta berfungsi sebagai fasad utama bangunan. Oleh karena itu, dengan mempertimbangkan aspek proporsi visual, kesinambungan estetika, dan kemudahan konstruksi dalam proses implementasinya, diputuskan bahwa konfigurasi elemen shading yang digunakan pada fasad ini adalah jenis **horizontal**. Selain itu, penggunaan shading horizontal memungkinkan penerapan sistem modular yang disesuaikan dengan ukuran standar material (misalnya ACP 122×244 cm), sehingga dapat meminimalkan potensi limbah material dan menekan biaya konstruksi secara keseluruhan.

4.5.2 Berdasarkan Simulasi Pencahayaan Alami

Simulasi lanjutan dilakukan menggunakan perangkat lunak Dialux Evo 13, dengan objek simulasi terfokus pada ruang kantor bangunan sebelumnya. Waktu yang disimulasikan yaitu pukul 09.00, 12.00, dan 15.00 pada tanggal 21 Maret, 21 Juni, 23 September, dan 22 Desember dengan skenario *overcast sky*. Keseluruhan hasil simulasi lalu dirata-rata sebagai representasi hasil simulasi dalam satu tahun. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk mengevaluasi konfigurasi elemen shading yang paling optimal terhadap masing-masing orientasi fasad, khususnya timur, selatan, dan barat. Berdasarkan hasil analisis dari strategi redesain sebelumnya, orientasi selatan menunjukkan tingkat kenyamanan visual dan termal yang relatif lebih baik dibandingkan orientasi timur dan barat, baik dari segi intensitas pencahayaan alami maupun paparan panas matahari. Oleh karena itu redesain shading devices bertujuan untuk mengurangi paparan dari barat dan timur tetapi tidak menghalangi cahaya dari selatan. Simulasi redesain sudah menggunakan light shelf opsi B.

Tabel 13 Hasil Simulasi Tahunan Existing

Existing						
Lantai	Ruang	DF	Uo	Lux 09:00	Lux 12:00	Lux 15:00
1	Staff LP2MP	0,826	0,012	147,75	189,5	122,25
2	R.LP2MP selatan	1,524	0,032	330,75	425,25	274,25
	DSTI	4,081	0,082	795,75	1023,25	659,5
	R.LP2MP utara	0,864	0,015	159,75	205,5	132,75
3	Kepala LP2MP selatan	1,093	0,042	252	324	209
	Kepala LP2MP utara	0,87	0,11	159,75	205,75	132,75
4	LPPM	1,147	0,064	281,5	361,75	233,25
	Writing Centre	0,872	0,11	160,5	206	133
6	Radio	0,85	0,11	158	203	131

Sumber : Dokumen Pribadi

Berdasarkan hasil simulasi pada **Tabel 13** pencahayaan alami pada kondisi eksisting Gedung ICT Centre Universitas Diponegoro, ditemukan bahwa sebagian besar ruang belum memenuhi standar iluminasi minimum sebesar 350 lux sebagaimana ditetapkan dalam SNI 03-6197-2011. Hanya beberapa ruang, seperti R. LP2MP Selatan, DSTI, dan LPPM, yang mampu mencapai atau melampaui standar tersebut, khususnya pada pukul 12.00 siang, sementara ruang lainnya menunjukkan pencahayaan alami yang masih rendah, terutama pada pagi dan sore hari. Selain itu, nilai uniformity (Uo) pada sebagian besar ruang berada di bawah 0,1, yang mengindikasikan distribusi pencahayaan yang tidak merata dan dapat menurunkan kenyamanan visual pengguna. Ruang DSTI tercatat memiliki nilai iluminasi dan daylight factor tertinggi, namun berisiko mengalami silau akibat kelebihan pencahayaan, sedangkan ruang-ruang yang menghadap utara cenderung mengalami kekurangan cahaya. Berdasarkan temuan ini, dapat disimpulkan bahwa diperlukan intervensi desain berupa penambahan sistem light shelf pada sisi utara dan pemasangan shading device pada sisi timur, selatan, dan barat untuk menyeimbangkan pencahayaan alami dan meningkatkan kualitas visual ruang secara keseluruhan.

Tabel 14 Hasil Simulasi Tahunan Opsi Horizontal 3

Horizontal 3						
Lantai	Ruang	DF	Uo	Lux 09:00	Lux 12:00	Lux 15:00
1	Staff LP2MP	0,93	0,029	166	213,5	137,75
2	R.LP2MP selatan	0,588	0,051	126	161,75	106,95
	DSTI	1,084	0,12	319	410	264,75
	R.LP2MP utara	1,038	0,01	200,25	257,75	166
3	Kepala LP2MP selatan	0,632	0,078	127,75	164,5	106,05
	Kepala LP2MP utara	1,053	0,093	202,75	260,75	168
4	LPPM	0,932	0,078	196,5	252,75	163
	Writing Centre	1,054	0,096	202,75	260,5	167,75
6	Radio	1109	0,091	211,5	271,75	175,25

Sumber : Dokumen Pribadi

Berdasarkan hasil simulasi pada **Tabel 14**, penerapan sistem shading Horizontal 3 menunjukkan peningkatan performa pencahayaan alami yang cukup signifikan dibandingkan kondisi eksisting di sebagian besar ruang Gedung ICT Centre UNDIP. Seluruh ruang mengalami kenaikan nilai iluminasi, dengan rata-rata pencahayaan siang hari (pukul 12.00) berada dalam rentang 161,75 hingga 271,75 lux. Meskipun belum seluruhnya mencapai standar minimum 350 lux berdasarkan SNI 03-6197-2011, peningkatan ini mencerminkan perbaikan distribusi cahaya alami yang lebih merata. Hal tersebut juga didukung oleh nilai uniformity (Uo) yang cenderung meningkat, terutama pada ruang-ruang seperti DSTI, Writing Centre, dan Radio yang mencapai nilai Uo di atas 0,09. Selain itu, nilai daylight factor (DF) pada sebagian besar ruang menunjukkan peningkatan, dengan beberapa ruang seperti Writing Centre dan Kepala LP2MP utara mencatat nilai di atas 1,0. Dengan demikian, sistem Horizontal 3 dapat disimpulkan sebagai solusi desain pasif yang cukup efektif dalam meningkatkan pencahayaan alami dan persebarannya dalam ruang, meskipun tetap diperlukan strategi lanjutan untuk mencapai iluminasi sesuai standar nasional.

Tabel 15 Hasil Simulasi Tahunan Opsi Horizontal 4

Horizontal 4						
Lantai	Ruang	DF	Uo	Lux 09:00	Lux 12:00	Lux 15:00
1	Staff LP2MP	0,93	0,029	165,75	213,5	137,75
2	R.LP2MP selatan	0,512	0,052	115,75	148,5	145,7
	DSTI	1,513	0,12	292,5	376	242,5
	R.LP2MP utara	1,038	0,01	200,25	257,75	166
3	Kepala LP2MP selatan	0,533	0,072	117	150,75	97,125
	Kepala LP2MP utara	1,053	0,093	202,75	260,75	168
4	LPPM	0,869	0,077	185	237,75	153,25
	Writing Centre	1,054	0,096	202,75	260,5	167,75
6	Radio	1109	0,091	211,5	271,75	175,25

Sumber : Dokumen Pribadi

Berdasarkan **Tabel 15**, penerapan sistem shading Horizontal 4 pada Gedung ICT Centre UNDIP menunjukkan peningkatan pencahayaan alami yang cukup merata di sebagian besar ruang, meskipun nilai iluminasi yang dicapai masih berada di bawah standar minimum 350 lux berdasarkan SNI 03-6197-2011. Rata-rata nilai lux pada pukul 12.00 berada dalam kisaran 148,5 hingga 271,75 lux, dengan ruang DSTI, Writing Centre, dan Radio mencatat performa tertinggi. Nilai daylight factor (DF) umumnya cukup stabil, bahkan lebih tinggi dari simulasi sebelumnya di beberapa ruang seperti DSTI (1,513) dan Writing Centre (1,054), yang menandakan peningkatan penetrasi cahaya alami. Nilai uniformity (Uo) juga menunjukkan perbaikan pada beberapa ruang dengan nilai mendekati atau di atas 0,09, seperti pada Kepala LP2MP utara dan Radio. Namun demikian, beberapa ruang seperti R.LP2MP selatan dan Kepala LP2MP selatan masih menunjukkan pencahayaan yang relatif rendah, baik dari segi nilai lux maupun keseragamannya. Dengan demikian, sistem Horizontal 4 dapat disimpulkan sebagai strategi desain pasif yang cukup efektif dalam meningkatkan kualitas pencahayaan alami, meskipun belum sepenuhnya

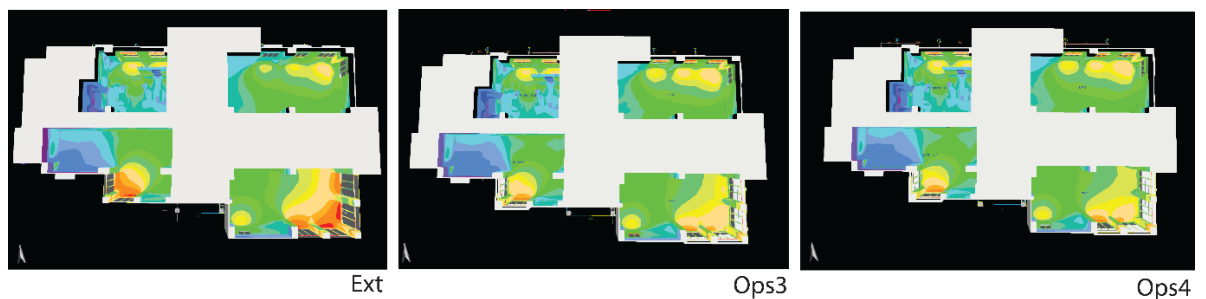
optimal untuk seluruh zona ruang, dan tetap memerlukan penguatan strategi tambahan untuk mencapai standar iluminasi yang disyaratkan.

Ketiga data tersebut direkapitulk pada ruang yang teerpengaruh oleh shading, sebagai berikut

Tabel 16 Data Rekapitulasi Simulasi Shading

Orientasi	Ruang	Opsi	DF	Uo	Lux 9.00	Lux 12.00	Lux 15.00
Barat - Selatan	R.LP2MP selatan	Ext	1,52	0,03	330,75	425,25	274,25
	R.LP2MP selatan	H3	0,59	0,05	126,00	161,75	106,95
	R.LP2MP selatan	H4	0,51	0,05	115,75	148,50	145,70
	R.Kepala LP2MP selatan	Ext	1,09	0,04	252,00	324,00	209,00
	R.Kepala LP2MP selatan	H3	0,63	0,08	127,75	164,50	106,05
	R.Kepala LP2MP selatan	H4	0,53	0,07	117,00	150,75	97,13
Timur - Selatan	R.DSTI	Ext	4,08	0,08	795,75	1023,25	659,50
	R.DSTI	H3	1,08	0,12	319,00	410,00	264,75
	R.DSTI	H4	1,51	0,12	292,50	376,00	242,50
	R.LPPM	Ext	1,15	0,06	281,50	361,75	233,25
	R.LPPM	H3	0,93	0,08	196,50	252,75	163,00
	R.LPPM	H4	0,87	0,08	185,00	237,75	153,25

Sumber : Dokumen Pribadi



Gambar 29 Data visual hasil simulasi shading devices

4.5.3 Simpulan

Berdasarkan **Tabel 16** yang menyajikan hasil rekapitulasi simulasi pencahayaan alami pada berbagai opsi shading (Eksisting, Horizontal 3/H3, dan

Horizontal 4/H4) di berbagai orientasi ruang, dapat disimpulkan bahwa opsi H3 merupakan strategi paling seimbang dan optimal dalam meningkatkan performa pencahayaan alami secara keseluruhan selama satu tahun simulasi.

Secara umum, opsi H3 mampu menurunkan nilai lux berlebih pada kondisi eksisting, khususnya pada ruang-ruang dengan orientasi timur dan selatan yang pada kondisi awal mengalami pencahayaan sangat tinggi melebihi batas atas kenyamanan (lebih dari 1000 lux seperti pada R.DSTI). H3 berhasil menurunkan nilai tersebut ke kisaran yang lebih terkendali (sekitar 319–410 lux), mendekati rentang ideal 350–500 lux sesuai SNI 03-6197-2011. Selain itu, H3 memberikan nilai daylight factor (DF) yang tetap memadai serta meningkatkan uniformity (**U_o**) dibandingkan kondisi eksisting dan H4. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi cahaya dalam ruang menjadi lebih merata dan nyaman secara visual.

Jika dibandingkan dengan opsi H4, meskipun keduanya memiliki performa yang serupa dari sisi intensitas pencahayaan, H3 memberikan nilai pencahayaan yang lebih stabil antar waktu, serta rata-rata deviasi terhadap standar lebih kecil. Sementara pada ruang-ruang seperti R.LP2MP selatan dan R.Kepala LP2MP selatan, nilai lux pada H4 cenderung lebih rendah dari H3 dan mendekati batas bawah kenyamanan, sehingga berisiko menyebabkan ruang menjadi redup dan membutuhkan tambahan pencahayaan buatan.

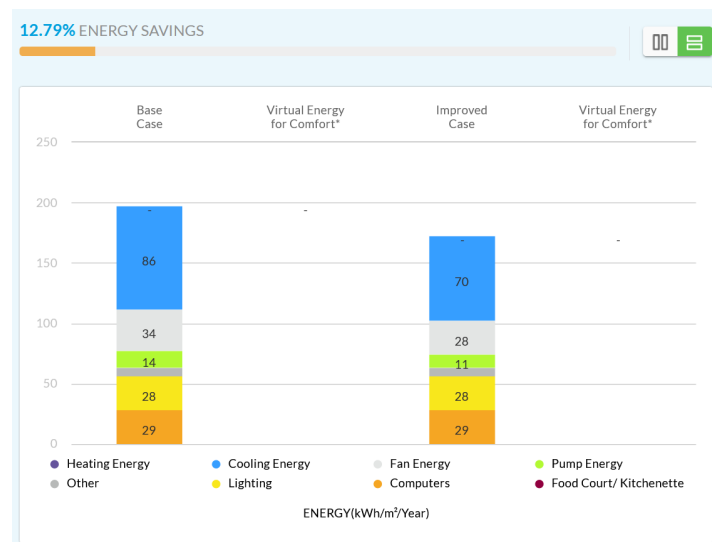
Lebih lanjut, keunggulan H3 juga terletak pada aspek ekonomis. Opsi H3 dirancang menggunakan elemen shading horizontal yang lebih pendek dibandingkan H4, sehingga memerlukan jumlah material lebih sedikit dan proses pemasangan yang lebih cepat. Dengan dampak pencahayaan yang relatif serupa, perbedaan efisiensi ini menjadikan H3 sebagai opsi yang tidak hanya efektif secara teknis tetapi juga efisien secara biaya, sehingga lebih layak diterapkan dalam skenario retrofit bangunan yang mempertimbangkan keterbatasan anggaran dan waktu pelaksanaan.

Dengan mempertimbangkan seluruh indikator — yaitu intensitas pencahayaan yang mendekati standar, sebaran cahaya yang lebih merata (U_o), deviasi minimum antar waktu, serta efisiensi material dan biaya — dapat disimpulkan bahwa **Horizontal 3 (H3)** merupakan opsi shading paling efektif dan aplikatif untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pencahayaan alami pada bangunan sepanjang tahun.

4.6 Simulasi Efisiensi Energi dan Analisa Biaya

4.6.1 Simulasi Efisiensi Energi

Simulasi dilakukan menggunakan aplikasi EDGE App Building dengan diawali oleh pengaturan dasar, seperti penentuan lokasi geografis bangunan, luas masing-masing ruang dan keseluruhan bangunan, serta arah orientasi bangunan terhadap utara. Tahap ini bertujuan agar data yang dimasukkan mencerminkan kondisi aktual dari bangunan eksisting. Setelah itu, pengguna memasukkan sejumlah parameter efisiensi yang tersedia dalam sistem EDGE. Seluruh informasi ini didasarkan pada kondisi riil sedekat mungkin bangunan yang ada. Berdasarkan data tersebut, aplikasi EDGE secara otomatis menghitung dan menampilkan tingkat efisiensi energi yang dicapai.



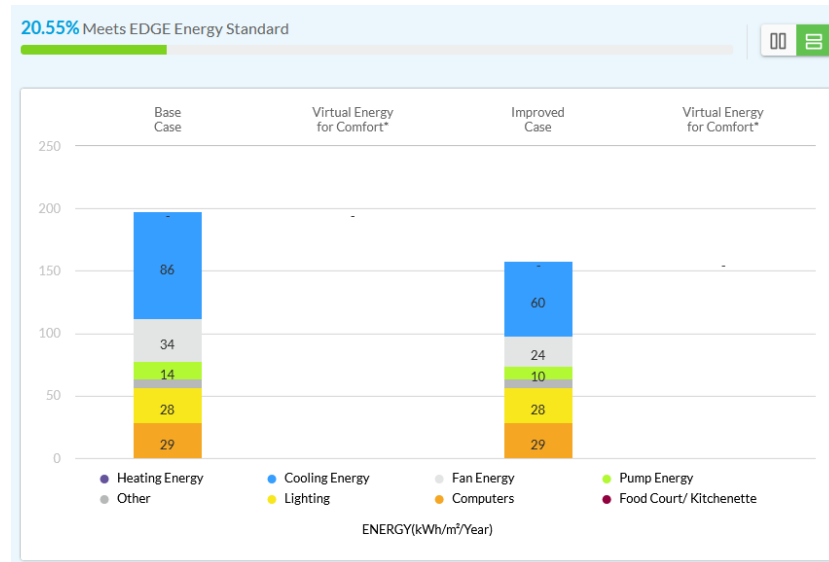
Gambar 30 Grafik Hasil Simulasi energi existing

Secara total, konsumsi energi bangunan pada kondisi awal tercatat sebesar 72.064,17 kWh per bulan, dengan biaya utilitas dasar (base utility cost) mencapai sekitar Rp129,78 juta per bulan.

Berdasarkan grafik simulasi energi pada kondisi *base case*, komponen yang paling banyak mengonsumsi energi adalah sistem pendingin ruangan (Cooling Energy), dengan nilai mencapai 86 kWh/m²/tahun. Angka ini merupakan porsi terbesar dibandingkan seluruh kategori penggunaan energi lainnya, seperti sistem pencahayaan (28 kWh/m²/tahun), komputer (29 kWh/m²/tahun), fan (34 kWh/m²/tahun), dan pompa air (14 kWh/m²/tahun).

Dominasi konsumsi energi oleh sistem pendingin ini mengindikasikan bahwa pengendalian suhu ruang merupakan beban energi utama dalam bangunan, terutama di iklim tropis seperti Semarang, di mana suhu dan kelembapan tinggi terjadi sepanjang tahun. Fakta ini menunjukkan bahwa strategi efisiensi paling efektif dan berdampak besar akan berasal dari intervensi terhadap sistem pendinginan—baik melalui peningkatan desain pasif (seperti shading, ventilasi silang, dan pencahayaan alami), maupun peningkatan efisiensi peralatan HVAC yang digunakan.

Konfigurasi penyesuaian dilakukan sesuai dengan hasil redesain dari perubahan shading sesuai redesain, didapatkan hasil data sebagai berikut



Gambar 31 Grafik hasil Simulasi energi redesain

Simulasi redesain menunjukkan peningkatan kinerja energi yang signifikan dibandingkan kondisi awal. Efisiensi energi meningkat dari **12,79% menjadi 20,55%**, artinya telah terjadi kenaikan efisiensi sebesar **7,76%** poin. Peningkatan ini menunjukkan bahwa strategi yang diterapkan dalam redesain memberikan dampak nyata terhadap performa bangunan.

Konsumsi energi bulanan juga mengalami penurunan yang cukup berarti, dari **72.064,17 kWh/bulan** pada kondisi awal menjadi **65.659,18 kWh/bulan** setelah redesain. Penurunan sebesar ± 6.405 kWh/bulan ini memperkuat efektivitas intervensi desain terhadap penghematan energi operasional bangunan.

Salah satu temuan utama dari grafik adalah bahwa **sistem pendingin (cooling energy)** tetap menjadi komponen terbesar dalam konsumsi energi, namun nilainya berhasil ditekan dari **86 kWh/m²/tahun menjadi 60 kWh/m²/tahun**, atau setara penurunan sekitar **30%** pada komponen tersebut.

Lebih jauh, simulasi juga mencatat bahwa redesain menghasilkan **penghematan biaya utilitas bulanan sebesar Rp 25,79 juta**, dari semula **Rp 129,78 juta per bulan** pada kondisi eksisting menjadi jauh lebih efisien secara

operasional.

Dengan capaian efisiensi yang kini termauk EDGE Standard, hasil ini mengindikasikan bahwa redesain telah berhasil tidak hanya secara teknis, tetapi juga secara ekonomis dan lingkungan. Bangunan menjadi lebih hemat energi, tetap fungsional, dan mendekati standar bangunan hijau, yang mendukung tujuan keberlanjutan kampus secara keseluruhan. Namun, perlu ditekankan bahwa hasil simulasi ini bersifat menyeluruh dan belum mewakili kondisi detail setiap ruang secara spesifik. Oleh karena itu, data yang dihasilkan masih berada pada tahap estimasi awal dan hanya digunakan sebagai dasar komparatif untuk analisis desain, bukan sebagai representasi akhir dari performa pencahayaan aktual bangunan.

4.6.2 Analisa Biaya

Desain yang diterapkan dalam redesain Gedung ICT Centre Undip mengedepankan prinsip modularitas untuk mencapai efektivitas dan efisiensi, baik dalam proses pemasangan, struktur bangunan, maupun pemilihan material. Pendekatan ini dipilih untuk meminimalkan waktu dan biaya konstruksi serta memudahkan perawatan jangka panjang. Rangka utama menggunakan material besi hollow, sedangkan elemen pelapis (*skin*) pada shading device dan *lightshef* menggunakan panel Aluminium Composite Panel (ACP). Berikut disajikan estimasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari implementasi desain tersebut.

Tabel 17 RAB Redesain Gedung ICT Centre Undip

Rancangan Anggaran Biaya (RAB)					
N o	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
A	PEKERJAAN PERSIAPAN				Rp 1.600.000,00
A.1	PEMBERSIHAN LAHAN KERJA	1	ls	Rp 350.000,00	Rp 350.000,00
A.2	PENGUKURAN AREA KERJA	1	ls	Rp 400.000,00	Rp 400.000,00
A.3	PEMASANGAN & PEMBONGKARAN SCAFFOLDING	1	ls	Rp 500.000,00	Rp 500.000,00
A.4	PEMBERSIHAN PASCA-PEMASANGAN	1	ls	Rp 350.000,00	Rp 350.000,00
A.5	BIAYA LISTRIK (by owner)	0	ls	Rp 2.000.000,00	Rp -
B	PEKERJAAN PEMASANGAN SHADING DEVICE				Rp 148.375.920,00
B.1	PEKERJAAN PEMASANGAN SHADING DEVICE	496,0	M2	Rp 299.145,00	Rp 148.375.920,00
C	PEKERJAAN PEMASANGAN LIGHT SHELF				Rp 70.924.756,08
C.1	PEMBONGKARAN TOPI-TOPI BETON EXT	3,42	M3	Rp 1.008.324,00	Rp 3.448.468,08
C.2	PEKERJAAN PEMASANGAN LIGHT SHELF DEVICE	48,0	bh	Rp 1.405.756,00	Rp 67.476.288,00
				JUMLAH HARGA	Rp 220.900.676,08
				PPN 12%	Rp 26.508.081,13
				HARGA AKHIR	Rp 247.408.757,21

Sumber : Dokumen Pribadi

Berdasarkan hasil simulasi dan estimasi biaya yang tercantum dalam Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada **Tabel 15**, total biaya yang dibutuhkan untuk implementasi redesign fasad dan strategi efisiensi energi adalah sebesar **Rp247.408.757,21**. Biaya ini dikategorikan sebagai **biaya investasi awal** atau *incremental cost*, yaitu biaya tambahan yang diperlukan di luar kondisi eksisting untuk mencapai peningkatan performa energi.

Sementara itu, hasil simulasi menggunakan aplikasi EDGE menunjukkan bahwa

desain yang diusulkan mampu menghasilkan **penghematan biaya utilitas bulanan sebesar Rp25.794.480**. Dengan menggunakan nilai ini, maka estimasi **waktu balik modal (payback period)** dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Payback period (bulan)} = \frac{\text{Incremental Cost}}{\text{Monthly Utility Savings}}$$

$$\text{Payback period (bulan)} = \frac{\text{Rp}247.408.757,21}{\text{Rp}25.794.480} \approx 9,6 \text{ bulan}$$

Jika dikonversikan ke dalam satuan tahun sekitar 0,8 tahun

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa investasi untuk redesain fasad dan strategi efisiensi pada Gedung ICT Centre Undip tergolong sangat ekonomis karena mampu mencapai **balik modal dalam waktu kurang dari satu tahun**. Hal ini menegaskan bahwa strategi yang diterapkan tidak hanya berdampak pada pengurangan konsumsi energi dan emisi, tetapi juga **layak secara finansial** dalam jangka pendek.