



## IDENTIFIKASI PENGARUH PARAMETER ELEMEN PEMBAYANG TERHADAP PAPARAN RADIASI PADA HUNIAN VERTIKAL

Fikri Azmi Nur Khalid<sup>1</sup>, Dewi Larasati<sup>2</sup>, Aswin Indraprastha<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Magister Arsitektur, Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No.10, Bandung 40132, Indonesia

<sup>2</sup> Sekolah Arsitektur, Perencanaan, dan Pengembangan Kebijakan, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No.10, Bandung 40132, Indonesia

E-mail: Fikri Azmi Nur Khalid, fikriazmi085@gmail.com

### Informasi Naskah:

Diterima:

4 Juli 2023

Direvisi:

19 Juli 2023

Disetujui terbit:

16 Agustus 2023

Diterbitkan:

Cetak:

29 September 2023

Online

29 September 2023

**Abstract:** Environmental problems are caused by climatic conditions and the results of sunlight entering buildings that cannot be controlled. Shading device become part of the building and interact directly with the environment and space in the building. Shading device can be applied to buildings to respond to environmental conditions such as solar radiation. Conditioning solar radiation entering buildings can be reduced to reduce building energy use. The results of this simulation show that the length (P) and angle (S) parameters have a significant positive effect on decreasing the intensity of solar radiation. Elements of the Horizontal Louvers type with a change in the value of the Angle (S) parameter from the basic design results in a decrease in radiation intensity of up to 44.3% when the angle changes to 15° with respect to the horizontal wall. In the Brise-Soleil Semi Façade With Louvers type, changing the value of the Length parameter (P) from the basic design results in a decrease in radiation intensity of up to 40.3% in the shading element with a length of 0.8 meters. On the other hand, changes in the distance parameter (J) of the shading element to the horizontal wall tend to increase the intensity of solar radiation. In the Horizontal Louvers type, the change in the parameter Distance (J) to the wall with a distance of 0.3 meters from the horizontal wall results in an increase in intensity of up to 81.1% when compared to the design basis.

**Keyword:** Shading Device, Solar Radiation, Design Parameters, Vertical Housing

**Abstrak:** Permasalahan lingkungan disebabkan oleh kondisi iklim dan akibat sinar matahari yang masuk ke bangunan yang tidak dapat dikendalikan. Perangkat peneduh menjadi bagian dari bangunan dan berinteraksi langsung dengan lingkungan dan ruang di dalam bangunan. Shading device dapat diterapkan pada bangunan untuk merespon kondisi lingkungan seperti radiasi matahari. Pengkondisian radiasi matahari yang masuk ke gedung dapat dikurangi untuk mengurangi penggunaan energi gedung. Hasil simulasi menunjukkan bahwa parameter panjang (P) dan sudut (S) berpengaruh positif signifikan terhadap penurunan intensitas penyinaran matahari. Elemen tipe Horizontal Louvers dengan perubahan nilai parameter Angle (S) dari desain dasar menghasilkan penurunan intensitas radiasi hingga 44,3% ketika sudut berubah menjadi 15° terhadap dinding horizontal. Pada tipe Brise-Soleil Semi Façade With Louvers, perubahan nilai parameter Length (P) dari basic design menghasilkan penurunan intensitas radiasi hingga 40,3% pada shading element dengan panjang 0,8 meter. Sebaliknya, perubahan parameter jarak (J) elemen peneduh ke dinding horizontal cenderung meningkatkan intensitas penyinaran matahari. Pada tipe Horizontal Louvers, perubahan parameter Jarak (J) ke dinding dengan jarak 0,3 meter dari dinding horizontal menghasilkan peningkatan intensitas hingga 81,1% jika dibandingkan dengan desain dasar.

**Kata Kunci:** Elemen Pembayang, Radiasi Matahari, Parameter Desain, Hunian Vertikal

### PENDAHULUAN

Survei yang dilakukan untuk mengukur total konsumsi energi yang terjadi di Amerika Serikat menunjukkan statistik bahwa penggunaan energi pada bangunan menyumbang sebesar 40% (U.S.Department of Energy, 2011 dan PUPR 2020) dan mengalami peningkatan sedemikian rupa sehingga sektor konstruksi mengkonsumsi energi yang lebih banyak dari sektor industri dan transportasi (Pérez-Lombard dkk., 2009). Pada sektor rumah tangga menyumbang 33,2% dari

konsumsi energi akhir selama periode 2000-2013 (PUSDATIN ESDM, 2014). Pembangunan perumahan vertikal merupakan solusi alternatif yang dapat melindungi ruang hijau di satu sisi dan menutupi kebutuhan perumahan masyarakat di sisi lain. Bangunan memiliki perhitungan jam operasional yang menjadi patokan pertahunnya yaitu untuk gedung apartemen 8.736 jam/ tahun (Gunawan, 2012).

Peningkatan aktifitas Matahari dapat juga meningkatkan energi yang di pancarkan menuju

permukaan Bumi (Susatya dkk., 2011). Pencerahan siang hari sangat penting tidak hanya untuk mengurangi konsumsi energi listrik pada bangunan, tetapi juga untuk menciptakan lingkungan yang positif dalam hal kesehatan dan kesejahteraan penghuninya (Hammad & Abu-Hijleh, 2010) (Assem & Al-Mumin, 2010). Hal yang dapat mempengaruhi pada ruang dalam bangunan yang disebabkan oleh lingkungan salah satunya adalah radiasi Matahari (Loonen dkk., 2015). Jumlah sinar Matahari harus selalu seimbang agar cukup memenuhi persyaratan kenyamanan termal dan kenyamanan visual (Aelenei dkk., 2015). Persentase bangunan hunian terdampak oleh radiasi sebesar 36% (Aelenei dkk., 2015). Hunian vertikal memiliki pengaturan lokasi di Kota Jakarta. Data iklim yang akan memapar sampel ruang hunian vertikal ini menurut data statistik Kota Jakarta tahun 2020 yaitu dengan suhu rata-rata 28,80 °C, kelembaban rata-rata 76,00 %, tekanan 1003,30 mb, kecepatan angin 1,23 m/s hingga 1,98 m/s dan rata-rata penyinaran Matahari 55,00% (BMKG, 2021).

Pancaran radiasi Matahari mengalami aktivitas tinggi saat di siang hari pada jam 07:00 hingga 15:00 WIB saat cuaca cerah. Posisi atau letak geografis suatu wilayah di permukaan Bumi berpengaruh terhadap potensi seberapa besarnya terpapar radiasi Matahari (Rifai dkk., 2014). Ketika ada penghalang seperti awan dan hujan, radiasi Matahari dapat mengalami perubahan diakibatkan oleh intensitas radiasi Matahari, jarak Matahari, Panjang hari, pengaruh atmosfer, kandungan uap air ketika hujan, dan intensitas hujan harian (Subiakto, 2016). Di daerah tropis, kebutuhan naungan bangunan yang optimal menjadi semakin nyata karena karakteristik penyinaran matahari yang tinggi dan penyinaran matahari jangka panjang (Mangkuto dkk., 2021).

Elemen pembayang merupakan salah satu bagian fasad yang bertujuan untuk mengurangi dampak bagi ruang dari kondisi lingkungan, khususnya sinar matahari. Alasan utama penggunaan alat peneduh adalah untuk memungkinkan sinar matahari langsung dan radiasi matahari mencapai bangunan selama musim pendinginan dan untuk memungkinkan penguatan matahari yang diinginkan selama musim pemanasan (Kuhn dkk., 2001). Parameter dalam menentukan bentuk dari suatu elemen pembayang perlu dipertimbangkan secara khusus untuk mendapatkan beban energi pendinginan yang minimal. Parameter ini mempengaruhi dimensi dari bentuk elemen pembayang sehingga dapat efektif dalam menurunkan intensitas paparan sinar Matahari pada ruang. Oleh karena itu perlu diketahui seberapa pengaruh parameter yang bisa digunakan dalam elemen pembayang. Sehingga nilai parameter yang di terapkan dapat menurunkan intensitas paparan radiasi Matahari dan dapat menurunkan intensitas penggunaan energi pada suatu ruang atau bangunan. Makalah ini akan menunjukkan pengaruh berbagai parameter elemen pembayang pada intensitas paparan radiasi yang mengenai bangunan dan mengidentifikasi seberapa besar penurunan intensitas paparan radiasi Matahari saat nilai parameter berubah dengan beberapa alternatif

desain elemen pembayang. Harapannya hasil penelitian dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam desain elemen pembayang oleh para perancang khususnya pada perancangan hunian vertikal.

## TINJUAN PUSTAKA

### Kajian Fasad Elemen Pembayang Sebagai Strategi Pasif Mitigasi Radiasi Matahari

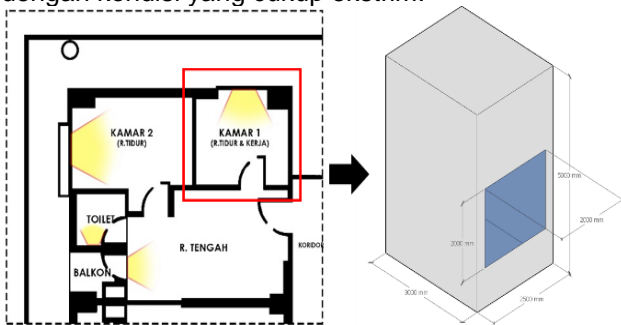
Arsitektur adaptif memiliki arti bahwa bangunan atau komponennya secara spesifik di rencanakan dan dirancang untuk beradaptasi terhadap lingkungan, pengguna, maupun objek-objek sekitarnya sehingga dapat mengoptimalkan kualitas bangunan bersamaan dengan rencana dan tujuan dari bangunan itu sendiri (Schnädelbach, 2010). Adaptabilitas refittable melibatkan perubahan kinerja bangunan dengan mengubah ruang, layanan, atau eksterior. Contoh strategi desain yang dapat diterapkan kembali mencakup potensi untuk mengubah kulit bangunan dan layanan untuk meningkatkan kinerja termal dan mengurangi risiko keusangan karena perubahan iklim, kenaikan harga energi, atau undang-undang baru (Schmidt III dan Austin, 2016).

Fasad menjadi selubung bangunan dan menjadi wajah/muka arsitektur yang menghubungkan ruang luar bangunan dan ruang dalamnya (Moloney 2011). Komponen fasad berupa zona lantai dasar, jendela, pagar pembatas, *signage*, ornamen, pintu masuk, dan atap bangunan sedangkan komposisi yang ada pada fasad bangunan yaitu proporsi, ritme, simetri, skala, kontras, dan geometri (Ching, 1979). Ventilasi natural pada bangunan hunian vertikal di Singapura disyaratkan menggunakan desain pasif dengan parameter nilai resistansi thermal pada selubung bangunan terdiri atas nilai Window to Wall Ratio (WWR), dimensi pembayang, dan orientasi bangunan (Wang dkk., 2007). Komponen elemen pembayang menurut Szokolay (2003) ada tiga yaitu *Vertical Shading Device*, *Horizontal Shading Device*, dan *Egg-crate Device*. Parameter yang digunakan dalam merancang elemen pembayang sebagaimana disebutkan dalam salah satu penelitian sebelumnya adalah parameter lebar, tinggi, jarak terhadap dinding, dan sudut (Manzan, 2014). Berbagai elemen ini akan dimodelkan untuk ditinjau pengaruhnya terhadap intensitas radiasi matahari.

## METODOLOGI PENELITIAN

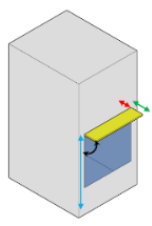
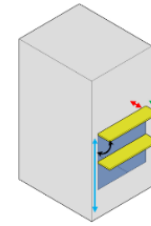
Metode dalam penelitian ini dilakukan dengan cara simulasi digital. Simulasi dilakukan secara komputasi menggunakan aplikasi Honeybee. Honeybee merupakan plugin Grasshopper yang secara khusus menjalankan, memvisualisasikan hasil simulasi *daylight* menggunakan model Radiance dan Daysim dan radiasi menggunakan model Energy Plus/ Open Studio (Toutou dkk., 2018). Honeybee dilakukan untuk menghitung paparan radiasi pada ruang dalam unit hunian. Simulasi dilakukan dengan basis model untuk mengetahui data radiasi awal pada sebuah ruang. Simulasi di lakukan pada sebuah ruang dengan luas 7,5 m<sup>2</sup> dengan pengaturan hunian

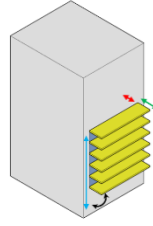
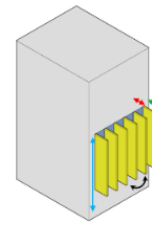
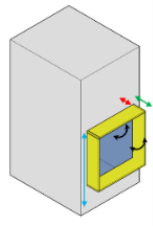
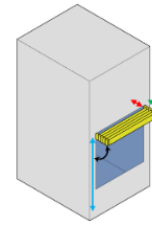
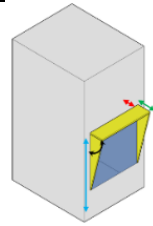
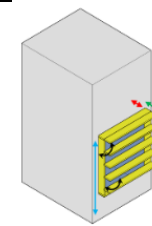
vertikal di pusat kota. Pengaturan hunian ini mengambil sampel salah satu hunian vertikal di Kota DKI Jakarta yaitu Kalibata City yang memiliki kurang lebih 18 tower dengan salah satu ruangnya bermodul seperti berikut. Ketinggian ruang yaitu 5 meter dengan lebar jendela 4 m<sup>2</sup>. Jendela memiliki dimensi dengan lebar 2 meter dan tinggi 2 meter. Posisi jendela terhadap lantai berada di ketinggian 1 meter terhadap lantai. Data iklim yang digunakan pada pengujian ini yaitu menggunakan data *EnergyPlus Weather* (EPW) Kota DKI Jakarta. Data EPW DKI Jakarta ini merupakan data cuaca digital untuk mensimulasikan energi yang bersumber dari satelit Bandara Soekarno Hatta pada tahun 2007 hingga 2021. Posisi bukaan yang ada pada ruang di hadapkan pada arah barat dikarenakan posisi matahari berakibat dinding bangunan terpapar radiasi dengan kondisi yang cukup ekstrim.



Gambar 1. Denah Unit Apartemen Kalibata City dan Seting Model Ruang

Parameter yang dapat dikaji dalam desain elemen pembayang pada bangunan dapat di kembangkan dari tiga jenis yaitu *Vertical Shading Device*, *Horizontal Shading Device*, dan *Egg-crate Device* dengan parameter yang dapat ditinjau berupa lebar, tinggi, jarak terhadap dinding, dan sudut (Manzan, 2014). Elemen pembayang yang akan di gunakan untuk menguji parameter menggunakan jenis *horizontal canopy single*, *horizontal canopy double*, *louvers horizontal*, *vertical louvers*, *brise-soleil façade*, *canopy with louvers*, *surrounding shading*, dan *brise-soleil semi façade with louvers* (Mandalaki dkk., 2012). Model elemen pembayang dipilih 8 tipe dari 14 model menurut Mandalaki yang dapat mewakili 3 jenis elemen pembayang menurut Manzan (Gambar 1).

Jenis Elemen Pembayang		Parameter
Model 1	Model 2	
		

<i>Horizontal Canopy Single</i>	<i>Horizontal Canopy Double</i>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"><span style="width: 10px; height: 10px; background-color: green; margin-right: 5px;"></span> Panjang</div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"><span style="width: 10px; height: 10px; background-color: red; margin-right: 5px;"></span> Jarak Terhadap Dinding</div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"><span style="width: 10px; height: 10px; background-color: blue; margin-right: 5px;"></span> Ketinggian</div> <div style="display: flex; align-items: center;"><span style="width: 10px; height: 10px; background-color: black; margin-right: 5px;"></span> Sudut</div> </div>
Model 3	Model 4	
		
<i>Louvers Horizontal</i>	<i>Vertical Louvers</i>	
Model 5	Model 6	
		
<i>Brise-Soleil Façade</i>	<i>Canopy With Louvers</i>	
Model 7	Model 8	
		
<i>Surrounding Shading</i>	<i>Brise-Soleil Semi Façade with Louvers</i>	

Gambar 2. Tipe Elemen Pembayang Sebagai Objek Studi

Parameter ini diterapkan pada berbagai jenis elemen pembayang. Perubahan nilai pada setiap parameter bertujuan untuk mengetahui perbedaan pengaruh yang diakibatkan. Pada Tabel. 1 menjelaskan terkait perubahan nilai parameter yang terjadi pada setiap jenis elemen pembayang yang akan di simulasikan.

Tabel. 1 Perubahan Parameter

Tipe		Parameter			
Code	Alternatif	Panjang (P)	Sudut (S)	Jarak Terhadap Dinding (J)	Ketinggian (K)
M(Model)- Base- P	Basis	0.5 m	0°	0 m	3 m
M(Model)- Alt1	1	0.6 m	0°	0 m	3 m
M(Model)- Alt2	2	0.7 m	0°	0 m	3 m
M(Model)- Alt3	3	0.8 m	0°	0 m	3 m
M(Model)- Base- S	Basis	0.5 m	0°	0 m	3 m
M(Model)- Alt1	1	0.5 m	5°	0 m	3 m
M(Model)- Alt2	2	0.5 m	10°	0 m	3 m
M(Model)- Alt3	3	0.5 m	15°	0 m	3 m
M(Model)- Base- J	Basis	0.5 m	0°	0 m	3 m
M(Model)- Alt1	1	0.5 m	0°	0,1 m	3 m
M(Model)- Alt2	2	0.5 m	0°	0,2 m	3 m
M(Model)- Alt3	3	0.5 m	0°	0,3 m	3 m
M(Model)- Base- K	Basis	0.5 m	0°	0 m	3 m
M(Model)- Alt1	1	0.5 m	0°	0 m	2,8 m
M(Model)- Alt2	2	0.5 m	0°	0 m	2,6 m
M(Model)- Alt3	3	0.5 m	0°	0 m	2,4 m

Parameter yang mengalami perubahan

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada uji simulasi yang dilakukan terhadap 8 model elemen pembayang dipaparkan sebagaimana uraian berikut ini. Pengaruh elemen setiap elemen pembayang pada model yang disimulasikan ditunjukkan melalui Tabel dan Grafik yang menunjukkan prosentase selisih perubahan intensitas radiasi matahari pada area bukaan, yang ditentukan dengan membandingkan desain basis dan alternatif desain dengan berbagai perubahan

parameter. Nilai parameter sebagai variabel bebas diubah satu persatu untuk menunjukkan alternatif desain elemen pembayang yang paling baik menurunkan intensitas paparan radiasi pada fasad bangunan.

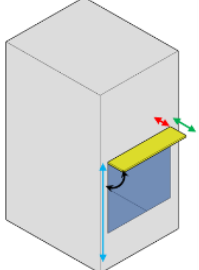
#### A. Data Hasil Simulasi Model 1 Tipe *Horizontal Canopy Single*

Tabel 2. Hasil Simulasi Elemen Pembayang Model 1 dan Pengaruhnya pada Nilai Radiasi Matahari

No	Tipe	Parameter				Intensitas Radiasi (Kwh/M2)	Pengurangan intensitas radiasi (kWh/m2)	% penurunan intensitas radiasi
		Panjang (P)	Sudut (S)	Jarak Dari Dinding (J)	Ketinggian (K)			
1.1	M1- BASE- P	0.5 m	0°	0 m	3 m	106.94		
	M1- ALT1	0.6 m	0°	0 m	3 m	102.12	4.82	4.5%
	M1- ALT2	0.7 m	0°	0 m	3 m	97.35	9.59	9.0%
	M1- ALT3	0.8 m	0°	0 m	3 m	92.64	14.30	13.4%
1.2	M2- BASE- S	0.5 m	0°	0 m	3 m	106.94		
	M2- ALT1	0.5 m	5°	0 m	3 m	105.12	1.82	1.7%
	M2- ALT2	0.5 m	10°	0 m	3 m	103.36	3.58	3.4%
	M2- ALT3	0.5 m	15°	0 m	3 m	101.95	4.99	4.7%
1.3	M3- BASE- J	0.5 m	0°	0 m	3 m	106.94		
	M3- ALT1	0.5 m	0°	0,1 m	3 m	107.86	-0.91	-0.9%
	M3- ALT2	0.5 m	0°	0,2 m	3 m	108.67	-1.73	-1.6%
	M3- ALT3	0.5 m	0°	0,3 m	3 m	109.69	-2.75	-2.6%

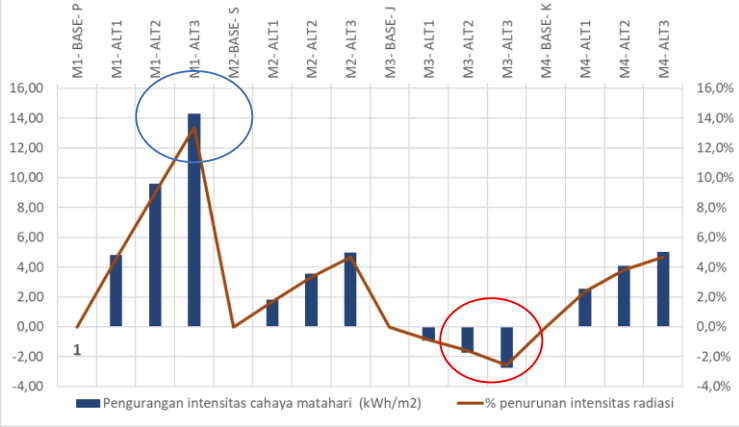
1.4	M4- BASE- K	0.5 m	0°	0 m	3 m	106.94		
	M4- ALT1	0.5 m	0°	0 m	2,8 m	104.40	2.54	2.4%
	M4- ALT2	0.5 m	0°	0 m	2,6 m	102.87	4.08	3.8%
	M4- ALT3	0.5 m	0°	0 m	2,4 m	101.94	5.01	4.7%



Horizontal Canopy  
Single

GRAFIK NILAI PERUBAHAN INTENSITAS RADIASI MODEL 1



**Grafik 1. Hasil Simulasi Model 1**

Dari keempat jenis perubahan desain basis dengan model 1 (Basis-P, Basis-S, Basis-J, dan Basis-K) dan model alternatif dengan perubahan parameter (12 alternatif- ALT) teridentifikasi bahwa :

- a) Pada Grafik 1 dan Tabel 3 teridentifikasi bahwa nilai penurunan radiasi yang paling signifikan pada perubahan parameter Panjang (P) dari elemen pembayang, dan hanya model ke-3 yang menunjukkan kenaikan intensitas radiasi yaitu pada perubahan parameter Jarak (J).
- b) Perubahan basis (Basis-P) pada parameter Panjang, dari 0,5m menjadi 0,8m berpengaruh paling tinggi pada reduksi paparan radiasi matahari, yaitu sebesar 13,4%, atau dengan kata lain model alternatif ini dapat menurunkan

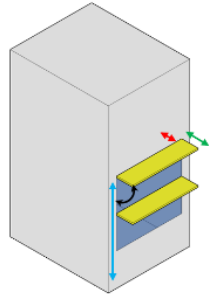
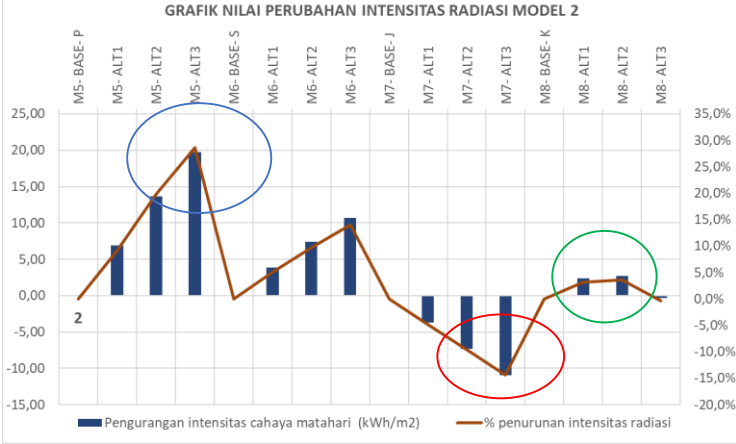
intensitas paparan radiasi sebesar 14,30 kwh/m<sup>2</sup>.

- c) Perubahan basis (Basis-J) pada parameter jarak, menunjukkan pengaruh negatif terhadap upaya penurunan radiasi matahari, elemen pembayang pada alternatif ini bahkan menghasilkan nilai intensitas radiasi matahari yang lebih tinggi dari basis desain sebesar 2,6% atau dengan kata lain perubahan jarak elemen pembayang terhadap dinding sejauh 0,3m berakibat pada kenaikan intensitas paparan radiasi sebesar 4,99 kwh/m<sup>2</sup> bila dibandingkan dengan desain basis.

**B. Data Hasil Simulasi Model 2- Tipe Horizontal Canopy Double**

**Tabel 3.** Hasil Simulasi Elemen Pembayang Model 2 dan Pengaruhnya pada Nilai Radiasi Matahari

No	Tipe	Parameter				Intensitas Radiasi (Kwh/M <sup>2</sup> )	Pengurangan Intensitas Cahaya Matahari (Kwh/M <sup>2</sup> )	% Penurunan Intensitas Radiasi
		Panjang (P)	Sudut (S)	Jarak Dari Dinding (J)	Ketinggian (K)			
2.1	M5- BASE- P	0.5 m	0°	0 m	3 m	75.79		
	M5- ALT1	0.6 m	0°	0 m	3 m	68.85	6.94	9.2%
	M5- ALT2	0.7 m	0°	0 m	3 m	62.18	13.61	18.0%
	M5- ALT3	0.8 m	0°	0 m	3 m	56.06	19.73	26.0%
2.2	M6- BASE- S	0.5 m	0°	0 m	3 m	75.79		
	M6- ALT1	0.5 m	5°	0 m	3 m	71.92	3.87	5.1%
	M6- ALT2	0.5 m	10°	0 m	3 m	68.43	7.36	9.7%
	M6- ALT3	0.5 m	15°	0 m	3 m	65.13	10.66	14.1%
2.3	M7- BASE- J	0.5 m	0°	0 m	3 m	75.79		
	M7- ALT1	0.5 m	0°	0,1 m	3 m	79.50	-3.71	-4.9%
	M7- ALT2	0.5 m	0°	0,2 m	3 m	83.10	-7.31	-9.6%
	M7- ALT3	0.5 m	0°	0,3 m	3 m	86.72	-10.93	-14.4%

2.4	M8- BASE- K	0.5 m	0°	0 m	3 m	75.79		
	M8- ALT1	0.5 m	0°	0 m	2,8 m	73.41	2.19	4.1%
	M8- ALT2	0.5 m	0°	0 m	2,6 m	73.08	2.75	3.6%
	M8- ALT3	0.5 m	0°	0 m	2,4 m	77.09	-1.21	-0.4%
2	 <p>Horizontal Canopy Double</p>		 <p>Grafik 2. Hasil Simulasi Model 2</p>					

Dari keempat jenis perubahan basis dengan model 2 (Basis-P, Basis-S, Basis-J, dan Basis-K) dan model alternatif dengan perubahan parameter (12 alternatif- ALT) teridentifikasi bahwa :

- a) Grafik 2 pada Tabel 4 menunjukkan pola yang sama dengan model sebelumnya (Model 1) namun dengan hasil yang lebih baik (pengurangan intensitas paparan radiasi matahari lebih tinggi), dan ada sedikit perbedaan pola pada perubahan parameter Ketinggian (K). Nilai penurunan radiasi yang paling signifikan pada perubahan Panjang (P) elemen pembayang, dan sebagaimana hasil simulasi pertama hanya model ke-2.3 yang menunjukkan kenaikan intensitas radiasi yaitu pada perubahan parameter Jarak elemen pembayang.
- b) Perubahan basis (Basis-P) pada parameter Panjang, dari 0,5m menjadi 0,8m berpengaruh

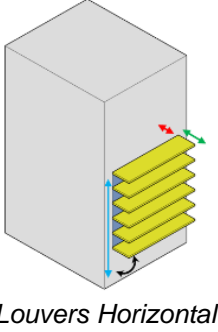
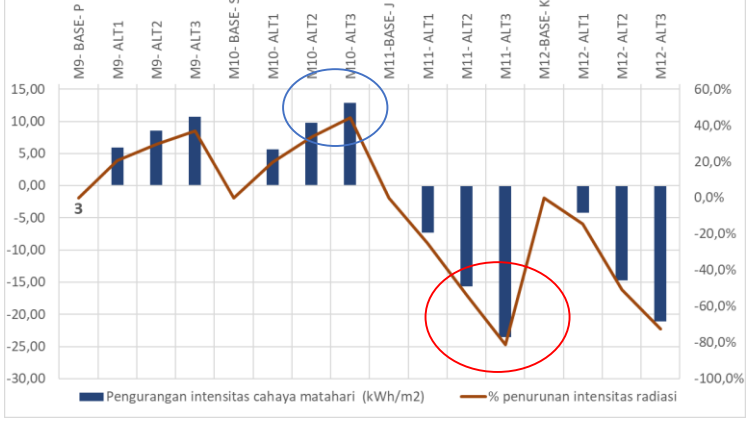
paling tinggi pada reduksi paparan radiasi matahari, yaitu sebesar 26.0%, atau dengan kata lain model alternatif ini dapat menurunkan intensitas paparan radiasi sebesar 19,73 kwh/m2.

- c) Perubahan basis (Basis-J) pada parameter jarak, menunjukkan pengaruh negative terhadap upaya penurunan radiasi matahari, elemen pembayang pada alternatif ini juga menghasilkan nilai intensitas radiasi matahari yang lebih tinggi dari basis desain sebesar 14,4% atau dengan kata lain perubahan jarak elemen pembayang terhadap dinding sejauh 0,3m berakibat pada kenaikan intensitas paparan radiasi sebesar 10,93 kwh/m2 bila dibandingkan dengan desain basis.

**C. Data Hasil Simulasi Model 3- Tipe Louvers Horizontal**

**Tabel 4.** Hasil Simulasi Elemen Pembayang Model 3 dan Pengaruhnya pada Nilai Radiasi Matahari

No	Tipe	Parameter				Intensitas Radiasi (Kwh/M2)	Pengurangan Intensitas Cahaya Matahari (Kwh/M2)	% Penurunan Intensitas Radiasi
		Panjang	Sudut	Jarak Terhadap Dinding	Ketinggian			
3.1	M9- BASE- P	0.5 m	0°	0 m	3 m	29.00		
	M9- ALT1	0.6 m	0°	0 m	3 m	23.03	5.97	20.6%
	M9- ALT2	0.7 m	0°	0 m	3 m	20.44	8.56	29.5%
	M9- ALT3	0.8 m	0°	0 m	3 m	18.26	10.74	37.0%
3.2	M10- BASE- S	0.5 m	0°	0 m	3 m	29.00		
	M10- ALT1	0.5 m	5°	0 m	3 m	23.35	5.64	19.5%
	M10- ALT2	0.5 m	10°	0 m	3 m	19.24	9.76	33.7%
	M10- ALT3	0.5 m	15°	0 m	3 m	16.16	12.84	44.3%
3.3	M11-BASE- J	0.5 m	0°	0 m	3 m	29.00		

	M11- ALT1	0.5 m	0°	<b>0,1 m</b>	3 m	36.31	<b>-7.31</b>	<b>-25.2%</b>	
	M11- ALT2	0.5 m	0°	<b>0,2 m</b>	3 m	44.66	<b>-15.66</b>	<b>-54.0%</b>	
	M11- ALT3	0.5 m	0°	<b>0,3 m</b>	3 m	52.50	<b>-23.51</b>	<b>-81.1%</b>	
3.4	M12-BASE- K	<b>0.5 m</b>	<b>0°</b>	<b>0 m</b>	<b>3 m</b>	29.00			
	M12- ALT1	0.5 m	0°	0 m	<b>2,8 m</b>	33.20	<b>-4.21</b>	<b>-14.5%</b>	
	M12- ALT2	0.5 m	0°	0 m	<b>2,6 m</b>	43.71	<b>-14.71</b>	<b>-50.7%</b>	
	M12- ALT3	0.5 m	0°	0 m	<b>2,4 m</b>	50.06	<b>-21.07</b>	<b>-72.7%</b>	
3	 <p>Louvers Horizontal</p>		<p>GRAFIK NILAI PERUBAHAN INTENSITAS RADIASI MODEL 3</p>  <p><b>Grafik 3. Hasil Simulasi Model 3</b></p>						

Dari keempat jenis perubahan desain basis pada Model 3 (Model-P, Model-S, Basis-J, dan Basis-K) dan model alternatif dengan perubahan parameter (12 alternatif- ALT) teridentifikasi bahwa :

- Grafik pada Tabel 4 menunjukkan pola yang sama dengan Model pertama dan Kedua pada katagori perubahan parameter Panjang (P) dan parameter sudut kemiringan elemen pembayang (S), dengan hasil yang lebih baik bila dibandingkan dengan Model sebelumnya. Namun demikian untuk perubahan parameter Jarak (J) dan Ketinggian (K) posisi elemen pembayang, terjadi kenaikan intensitas yang sangat tinggi bila dibandingkan dengan Model sebelumnya.
- Pengaruh selain perubahan parameter Panjang (P), perubahan parameter sudut (S) juga berpengaruh sangat signifikan. Model basis tipe ini dengan panjang elemen 0,5m dan sudut 0° ketika sudut diubah menjadi 15°, berakibat pada berkurangnya intensitas paparan radiasi matahari hingga 44,3% dan merupakan reduksi

paparan radiasi tertinggi, yaitu sebesar 12,84 kwh/m2

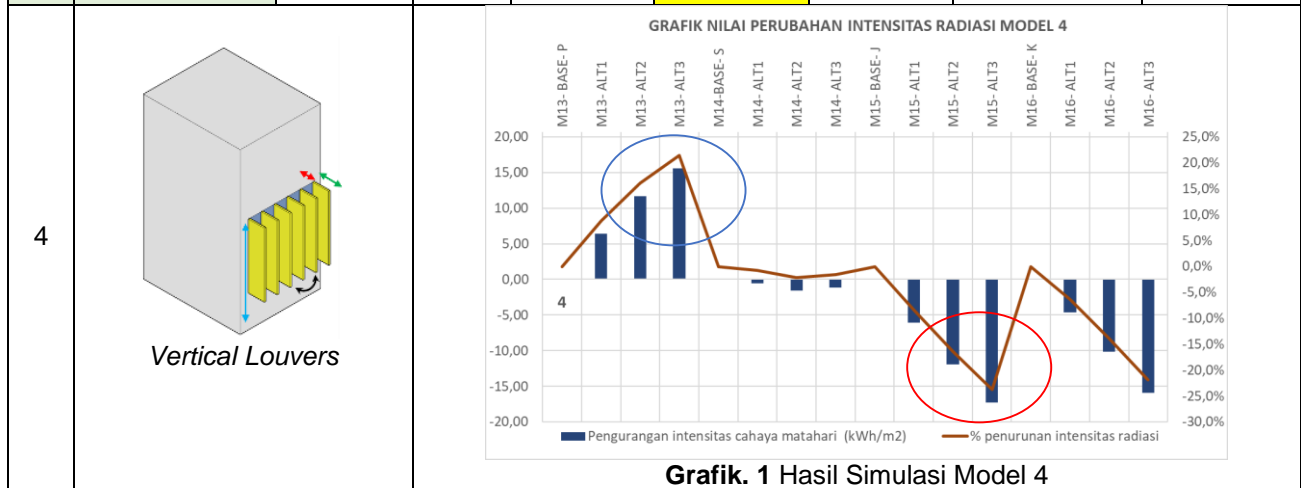
- Perubahan basis (Basis-J) pada parameter Jarak (J) sebesar 30cm dari dinding, menunjukkan pengaruh negatif terhadap upaya penurunan radiasi matahari, elemen pembayang pada alternatif ini juga menghasilkan nilai intensitas radiasi matahari yang sangat tinggi bila dibandingkan dengan basis desain, yaitu sebesar 81,1% atau dengan kata lain perubahan jarak elemen pembayang terhadap dinding sejauh 0,3m berakibat pada kenaikan intensitas paparan radiasi sebesar 23,51 kwh/m2 bila dibandingkan dengan desain basis.
- Perubahan pada parameter Ketinggian (K), juga berpengaruh negatif sangat tinggi, yaitu mengakibatkan kenaikan beban radiasi mencapai 72,7%, atau setara dengan 21,07 kwh/m2.

#### D. Data Hasil Simulasi Model 4- Tipe Vertical Louvers

**Tabel 5.** Hasil Simulasi Elemen Pembayang Model 4 dan Pengaruhnya pada Nilai Radiasi Matahari

No	Tipe	Parameter				Intensitas Radiasi (Kwh/M2)	Pengurangan Intensitas Cahaya Matahari (Kwh/M2)	% Penurunan Intensitas Radiasi
		Panjang	Sudut	Jarak Terhadap Dinding	Ketinggian			
4.1	M13- BASE- P	<b>0.5 m</b>	<b>0°</b>	<b>0 m</b>	<b>3 m</b>	72.88		
	M13- ALT1	<b>0.6 m</b>	0°	0 m	3 m	66.44	6.44	8.8%
	M13- ALT2	<b>0.7 m</b>	0°	0 m	3 m	61.18	11.70	16.1%
	M13- ALT3	<b>0.8 m</b>	0°	0 m	3 m	57.30	15.58	<b>21.4%</b>

4.2	M14-BASE- S	0.5 m	0°	0 m	3 m	72.88		
	M14- ALT1	0.5 m	5°	0 m	3 m	73.46	-0.58	-0.8%
	M14- ALT2	0.5 m	10°	0 m	3 m	74.44	-1.56	-2.1%
	M14- ALT3	0.5 m	15°	0 m	3 m	73.99	-1.11	-1.5%
4.3	M15- BASE- J	0.5 m	0°	0 m	3 m	72.88		
	M15- ALT1	0.5 m	0°	0,1 m	3 m	78.95	-6.07	-8.3%
	M15- ALT2	0.5 m	0°	0,2 m	3 m	84.80	-11.92	-16.3%
	M15- ALT3	0.5 m	0°	0,3 m	3 m	90.18	-17.30	-23.7%
4.4	M16- BASE- K	0.5 m	0°	0 m	3 m	72.88		
	M16- ALT1	0.5 m	0°	0 m	2,8 m	77.54	-4.66	-6.4%
	M16- ALT2	0.5 m	0°	0 m	2,6 m	83.05	-10.17	-14.0%
	M16- ALT3	0.5 m	0°	0 m	2,4 m	88.80	-15.92	-21.8%



Dari keempat jenis perubahan terhadap desain basis dengan model 3 (Basis-P, Basis-S, Basis-J, dan Basis-K) dan model alternatif dengan perubahan parameter (12 alternatif- ALT), sebagaimana ditunjukkan dengan Tabel 6 dan Grafik 4, teridentifikasi bahwa hanya perubahan parameter Panjang (P) yang berpengaruh positif menurunkan intensitas radiasi matahari hingga 21,4% dari desain basis, atau setara dengan 15,58 kwh/m2 pada Panjang elemen pembayang 0,8 m.

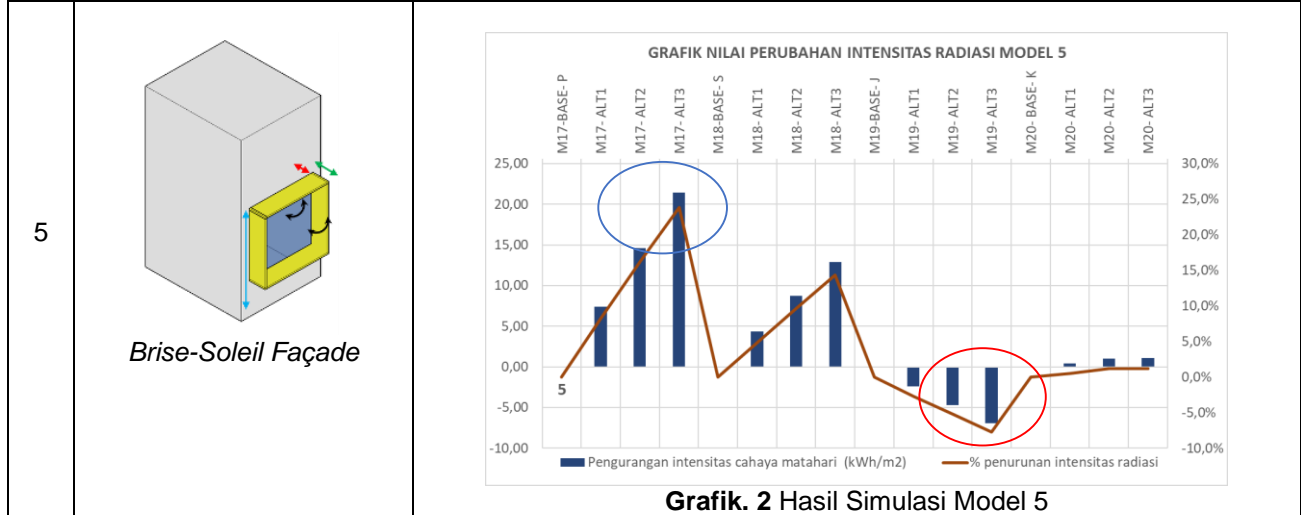
Pada perubahan parameter Sudut (S), Jarak (J), dan Ketinggian (K) hasil simulasi menunjukkan kenaikan intensitas radiasi, dimana kenaikan tertinggi hingga 23,7% atau setara dengan 17,3 kwh/m2 pada alternatif perubahan parameter Jarak (J) 0,3m dari dinding.

**E. Data Hasil Simulasi Model 5 - Tipe Brise-Soleil Façade**

**Tabel 6.** Hasil Simulasi Elemen Pembayang Model 5 dan Pengaruhnya pada Nilai Radiasi Matahari

No	Tipe	Parameter				Intensitas Radiasi (Kwh/M2)	Pengurangan Intensitas Cahaya Matahari (Kwh/M2)	% Penurunan Intensitas Radiasi
		Panjang	Sudut	Jarak Terhadap Dinding	Ketinggian			
5.1	M17-BASE- P	0.5 m	0°	0 m	3 m	90.03		
	M17- ALT1	0.6 m	0°	0 m	3 m	82.61	7.42	8.2%
	M17- ALT2	0.7 m	0°	0 m	3 m	75.45	14.58	16.2%
	M17- ALT3	0.8 m	0°	0 m	3 m	68.57	21.46	23.8%
5.2	M18-BASE- S	0.5 m	0°	0 m	3 m	90.03		
	M18- ALT1	0.5 m	5°	0 m	3 m	85.66	4.36	4.8%
	M18- ALT2	0.5 m	10°	0 m	3 m	81.31	8.72	9.7%
	M18- ALT3	0.5 m	15°	0 m	3 m	77.13	12.90	14.3%
5.3	M19-BASE- J	0.5 m	0°	0 m	3 m	90.03		
	M19- ALT1	0.5 m	0°	0,1 m	3 m	92.47	-2.44	-2.7%

	M19- ALT2	0.5 m	0°	<b>0,2 m</b>	3 m	94.73	<b>-4.71</b>	<b>-5.2%</b>
	M19- ALT3	0.5 m	0°	<b>0,3 m</b>	3 m	96.96	<b>-6.93</b>	<b>-7.7%</b>
5.4	M20- BASE- K	<b>0.5 m</b>	<b>0°</b>	<b>0 m</b>	<b>3 m</b>	90.03		
	M20- ALT1	0.5 m	0°	0 m	<b>2,8 m</b>	89.60	0.42	0.5%
	M20- ALT2	0.5 m	0°	0 m	<b>2,6 m</b>	89.00	1.02	1.1%
	M20- ALT3	0.5 m	0°	0 m	<b>2,4 m</b>	88.95	1.08	1.2%



Dari keempat jenis perubahan desain basis pada model 5 (Model-P, Model-S, Basis-J, dan Basis-K) dan model alternatif dengan perubahan parameter (12 alternatif- ALT) teridentifikasi bahwa :

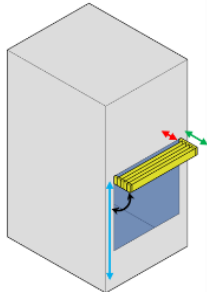
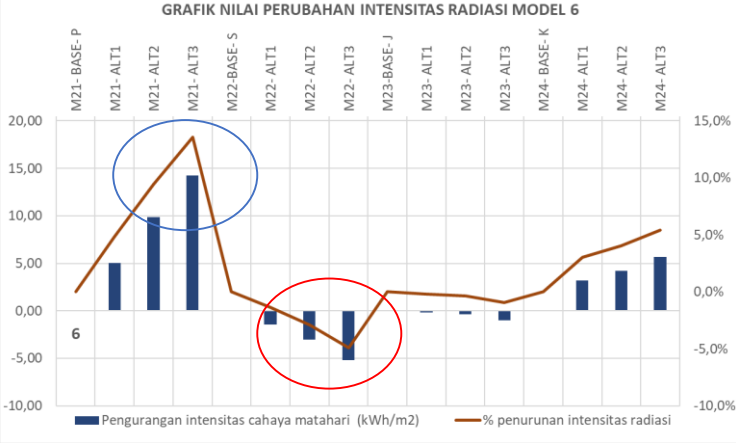
- Grafik pada Tabel 5 menunjukkan pola yang sama dengan model pertama dan kedua) pada katagori perubahan parameter Panjang (P) dan parameter sudut kemiringan elemen pembayang (S), dan hasilnya lebih baik bila dibandingkan dengan Model sebelumnya, dan pada perubahan parameter Jarak (J) terjadi kenaikan intensitas radiasi.
- Pada simulasi tipe *Brise-Soleil Façade* ini, pengaruh selain perubahan parameter Panjang

(P), perubahan parameter sudut (S) juga berpengaruh signifikan. Model basis tipe ini dengan panjang elemen 0,8m dan sudut 0°, berakibat pada berkurangnya intensitas paparan radiasi matahari hingga 23.8% dan merupakan reduksi paparan radiasi tertinggi, yaitu sebesar 21.46 kwh/m<sup>2</sup>. Perubahan basis (Basis-J) pada parameter Jarak (J) juga menunjukkan pengaruh negatif terhadap upaya penurunan radiasi matahari.

**F. Data Hasil Simulasi Model 6 - Tipe Canopy With Louvers**

**Tabel 7.** Hasil Simulasi Elemen Pembayang Model 6 dan Pengaruhnya pada Nilai Radiasi Matahari

No	Type	Parameter				Intensitas Radiasi (Kwh/M2)	Pengurangan Intensitas Cahaya Matahari (Kwh/M2)	% Penurunan Intensitas Radiasi
		Panjang	Sudut	Jarak Terhadap Dinding	Ketinggian			
6.1	M21- BASE- P	<b>0.5 m</b>	<b>0°</b>	<b>0 m</b>	<b>3 m</b>	104.68		
	M21- ALT1	<b>0.6 m</b>	0°	0 m	3 m	99.64	5.04	4.8%
	M21- ALT2	<b>0.7 m</b>	0°	0 m	3 m	94.82	9.86	9.4%
	M21- ALT3	<b>0.8 m</b>	0°	0 m	3 m	90.46	14.22	13.6%
6.2	M22-BASE- S	<b>0.5 m</b>	<b>0°</b>	<b>0 m</b>	<b>3 m</b>	104.68		
	M22- ALT1	0.5 m	<b>5°</b>	0 m	3 m	106.12	<b>-1.44</b>	<b>-1.4%</b>
	M22- ALT2	0.5 m	<b>10°</b>	0 m	3 m	107.70	<b>-3.02</b>	<b>-2.9%</b>
	M22- ALT3	0.5 m	<b>15°</b>	0 m	3 m	109.84	<b>-5.16</b>	<b>-4.9%</b>
6.3	M23-BASE- J	<b>0.5 m</b>	<b>0°</b>	<b>0 m</b>	<b>3 m</b>	104.68		
	M23- ALT1	0.5 m	0°	<b>0,1 m</b>	3 m	104.86	<b>-0.18</b>	<b>-0.2%</b>
	M23- ALT2	0.5 m	0°	<b>0,2 m</b>	3 m	105.04	<b>-0.36</b>	<b>-0.3%</b>

	M23- ALT3	0.5 m	0°	<b>0,3 m</b>	3 m	105.68	<b>-1.00</b>	<b>-1.0%</b>
6.4	M24- BASE- K	<b>0.5 m</b>	<b>0°</b>	<b>0 m</b>	<b>3 m</b>	104.68		
	M24- ALT1	0.5 m	0°	0 m	<b>2,8 m</b>	101.51	3.17	3.0%
	M24- ALT2	0.5 m	0°	0 m	<b>2,6 m</b>	100.46	4.22	4.0%
	M24- ALT3	0.5 m	0°	0 m	<b>2,4 m</b>	99.02	5.66	5.4%
6	 <p>Canopy With Louvers</p>		 <p>GRAFIK NILAI PERUBAHAN INTENSITAS RADIASI MODEL 6</p> <p><b>Grafik. 3 Hasil Simulasi Model 6</b></p>					

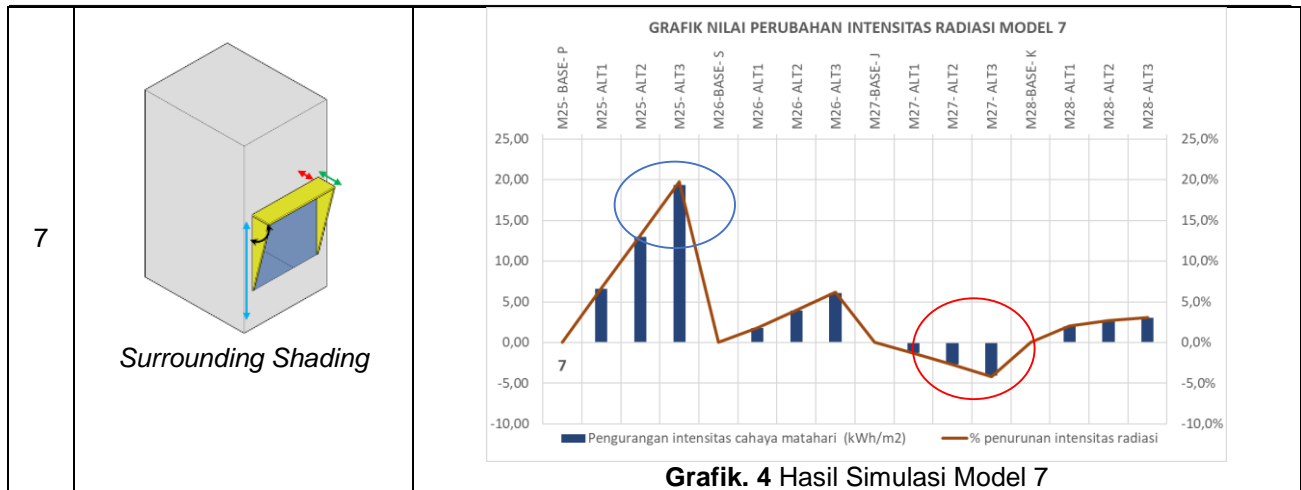
Dari keempat jenis perubahan basis dengan model 6 (Basis-P, Basis-S, Basis-J, dan Basis-K) dan parameter 12 alternatif (ALT) perubahan menunjukkan bahwa perubahan Panjang dan ketinggian memberikan pengaruh positif terhadap penurunan intensitas radiasi, sementara pada perubahan sudut dan jarak memberikan pengaruh negative pada intensitas radiasi, atau mengakibatkan kenaikan intensitas radiasi.

Keseluruhan perubahan tidak menunjukkan perubahan yang terlalu signifikan, atau kurang dari 10%, hanya pada perubahan parameter Panjang (P), dengan elemen pembayang 0,8m dan sudut 00, mengakibatkan penurunan intensitas radiasi sebesar 13.6%, atau sebesar 14.22 kwh/m2.

**G. Data Hasil Simulasi Model 7 - Tipe Surrounding Shading**

**Tabel 8.** Hasil Simulasi Elemen Pembayang Model 7 dan Pengaruhnya pada Nilai Radiasi Matahari

No	Tipe	Parameter				Intensitas Radiasi (Kwh/M2)	Pengurangan Intensitas Cahaya Matahari (Kwh/M2)	% Penurunan Intensitas Radiasi
		Panjang	Sudut	Jarak Terhadap Dinding	Ketinggian			
7.1	M25- BASE- P	<b>0.5 m</b>	<b>0°</b>	<b>0 m</b>	<b>3 m</b>	97.94		
	M25- ALT1	<b>0.6 m</b>	0°	0 m	3 m	91.37	6.56	6.7%
	M25- ALT2	<b>0.7 m</b>	0°	0 m	3 m	84.95	12.99	13.3%
	M25- ALT3	<b>0.8 m</b>	0°	0 m	3 m	78.60	19.34	19.7%
7.2	M26-BASE- S	<b>0.5 m</b>	<b>0°</b>	<b>0 m</b>	<b>3 m</b>	97.94		
	M26- ALT1	0.5 m	<b>5°</b>	0 m	3 m	96.14	1.80	1.8%
	M26- ALT2	0.5 m	<b>10°</b>	0 m	3 m	94.04	3.90	4.0%
	M26- ALT3	0.5 m	<b>15°</b>	0 m	3 m	91.87	6.07	6.2%
7.3	M27-BASE- J	<b>0.5 m</b>	<b>0°</b>	<b>0 m</b>	<b>3 m</b>	97.94		
	M27- ALT1	0.5 m	0°	<b>0,1 m</b>	3 m	99.23	<b>-1.30</b>	<b>-1.3%</b>
	M27- ALT2	0.5 m	0°	<b>0,2 m</b>	3 m	100.59	<b>-2.66</b>	<b>-2.7%</b>
	M27- ALT3	0.5 m	0°	<b>0,3 m</b>	3 m	102.01	<b>-4.07</b>	<b>-4.2%</b>
7.4	M28-BASE- K	<b>0.5 m</b>	<b>0°</b>	<b>0 m</b>	<b>3 m</b>	97.94		
	M28- ALT1	0.5 m	0°	0 m	<b>2,8 m</b>	95.91	2.03	2.1%
	M28- ALT2	0.5 m	0°	0 m	<b>2,6 m</b>	95.27	2.66	2.7%
	M28- ALT3	0.5 m	0°	0 m	<b>2,4 m</b>	94.92	3.02	3.1%



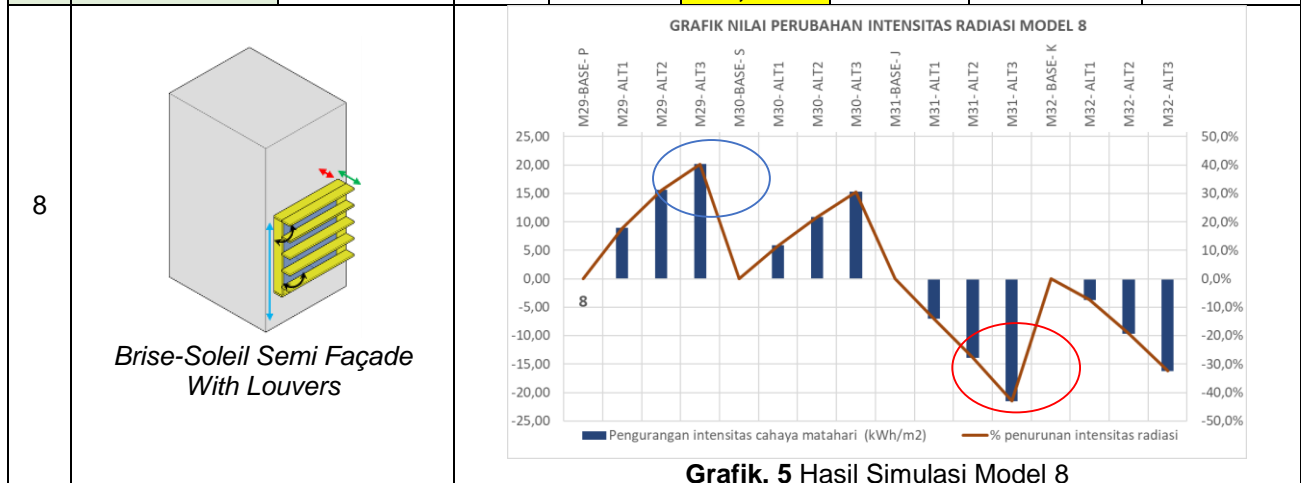
Tabel 9 menunjukkan perubahan pola intensitas pada model 9 sebagaimana pola perubahan intensitas pada model pertama. Bahwa yang pengaruh perubahan parameter Panjang (P) yang berpengaruh paling tinggi pada penurunan intensitas radiasi matahari, meskipun demikian perubahan parameter Sudut (S) dan Ketinggian (K) juga berpengaruh positif. Sementara perubahan jarak elemen pembayang dari dinding berpengaruh

negatif atau berakibat pada kenaikan intensitas radiasi, meski kenaikan masih kurang dari 10%, atau hanya sebesar 4.07 kwh/m2 atau sebesar 4.2% dari desain basis.

**H. Data Hasil Simulasi Model 8 - Brise-Soleil Semi Façade With Louvers**

**Tabel 8.** Hasil Simulasi Elemen Pembayang Model 8 dan Pengaruhnya pada Nilai Radiasi Matahari

No	Type	Parameter				Intensitas Radiasi (Kwh/M2)	Pengurangan Intensitas Cahaya Matahari (Kwh/M2)	% Penurunan Intensitas Radiasi
		Panjang	Sudut	Jarak Terhadap Dinding	Ketinggian			
8.1	M29-BASE- P	0.5 m	0°	0 m	3 m	50.22		
	M29- ALT1	0.6 m	0°	0 m	3 m	41.27	8.95	17.8%
	M29- ALT2	0.7 m	0°	0 m	3 m	34.61	15.61	31.1%
	M29- ALT3	0.8 m	0°	0 m	3 m	30.00	20.22	40.3%
8.2	M30-BASE- S	0.5 m	0°	0 m	3 m	50.22		
	M30- ALT1	0.5 m	5°	0 m	3 m	44.37	5.85	11.6%
	M30- ALT2	0.5 m	10°	0 m	3 m	39.38	10.84	21.6%
	M30- ALT3	0.5 m	15°	0 m	3 m	34.92	15.30	30.5%
8.3	M31-BASE- J	0.5 m	0°	0 m	3 m	50.22		
	M31- ALT1	0.5 m	0°	0,1 m	3 m	57.25	-7.04	-14.0%
	M31- ALT2	0.5 m	0°	0,2 m	3 m	64.12	-13.90	-27.7%
	M31- ALT3	0.5 m	0°	0,3 m	3 m	71.75	-21.53	-42.9%
8.4	M32- BASE- K	0.5 m	0°	0 m	3 m	50.22		
	M32- ALT1	0.5 m	0°	0 m	2,8 m	53.93	-3.71	-7.4%
	M32- ALT2	0.5 m	0°	0 m	2,6 m	59.90	-9.68	-19.3%
	M32- ALT3	0.5 m	0°	0 m	2,4 m	66.48	-16.27	-32.4%

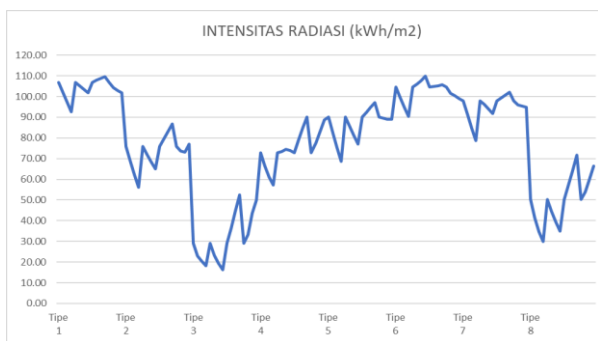


Dari keempat jenis perubahan terhadap model basis dengan model 8 (Basis-P, Basis-S, Basis-J, dan Basis-K) dan parameter 12 alternatif (ALT) teridentifikasi bahwa:

- a) Pola perubahan serupa dengan model ketiga M3, dimana perubahan pada parameter Panjang (P) dan Sudut (S) berpengaruh positif, sementara perubahan pada parameter Jarak (J) dan Ketinggian (K) berpengaruh negative.
- b) Perubahan basis (Basis-P) dengan parameter tipe M29 menunjukkan nilai penurunan radiasi tertinggi sebesar 40,3% pada model 8, sementara perubahan basis (Basis-J) dan (Basis-K) dengan parameter tipe M31 dan M32 menunjukkan pengaruh negatif atau menaikkan nilai paparan radiasi pada model 8 dengan nilai kenaikan intensitas radiasi sebesar -32,4% pada tipe M32.

**I. Perbandingan Grafik Perubahan Nilai Parameter Terhadap Intensitas Paparan Radiasi**

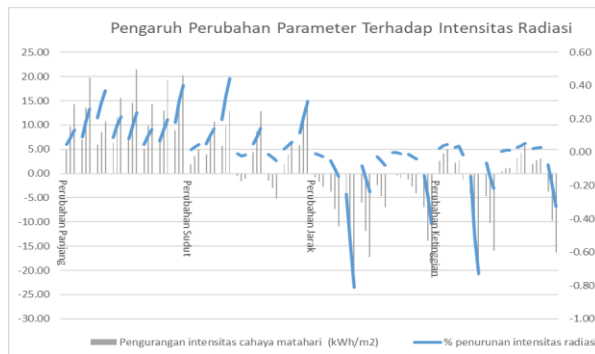
Dapat dilihat pada Gambar 8, Grafik intensitas radiasi matahari pada setiap tipe elemen pembayang, yang mendapatkan nilai intensitas yang paling rendah adalah tipe 3 (di bawah 30 kwh/m2), diikuti oleh tipe 8 (di bawah 50 kwh/m2). Sementara intensitas paparan radiasi yang tinggi ditunjukkan pada Tipe 1 dan Tipe 6, dengan intensitas radiasi di atas 90 kwh/m2. Sehingga rekomendasi penggunaan elemen pembayang adalah pada tipe 3 yaitu louver horisontal.



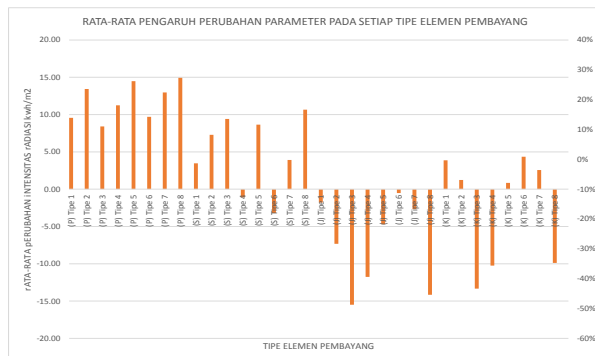
**Gambar 2.** Grafik Intensitas Radiasi Matahari Pada Setiap Tipe Elemen Pembayang

Selain itu, Gambar 3 menunjukkan pengaruh perubahan parameter terhadap nilai intensitas radiasi matahari yang mengenai bangunan, dimana parameter Panjang (P) dan Sudut (S) memberikan dampak positif pada penurunan intensitas radiasi, sementara perubahan pada parameter Jarak berakibat terjadinya kenaikan intensitas radiasi. Perubahan pada parameter Ketinggian berbeda-beda pengaruhnya tergantung pada tipe elemen pembayang, namun cenderung rendah atau negatif. Sehingga rekomendasi perubahan elemen pembayang pada parameter Panjang (P) dan Sudut (S), dimana semakin panjang semakin baik, dan semakin tinggi sudutnya terhadap elemen

horizontal semakin tinggi pula pembayangannya. Pengaruh pada perubahan parameter Panjang (P) lebih tinggi daripada pengaruh pada perubahan parameter Sudut (S).



**Gambar 3.** Grafik Nilai Dampak Perubahan Pada 8 Model Elemen Pembayang Terhadap Paparan Radiasi Gambar 4 menunjukkan rata-rata nilai perubahan intensitas akibat perubahan parameter elemen pembayang. Rata-rata perubahan nilai intensitas akibat perubahan parameter Panjang, secara positif menurunkan hingga di atas 5 kwh/m2, bahkan pada Tipe 2, 4, 5, 7, 8, pengaruh perubahan parameter Panjang mencapai lebih dari 10 kwh/m2. Sebaliknya untuk perubahan parameter Jarak (J) memberikan pengaruh negatif yang tinggi, pada Tipe 2,3,4, dan 8 secara rata-rata menaikkan intensitas di atas 5 kwh/m2, demikian pula pada perubahan parameter Ketinggian (K) pada tipe 3, 4, dan 8. Data ini memperkuat rekomendasi yang telah disampaikan sebelumnya, bahwa sebaiknya elemen pembayang direncanakan dengan Panjang yang cukup dan memiliki sudut ke bawah dari arah horisonta untuk memberikan hasil yang optimal.



**Gambar 4.** Grafik Nilai Rata-rata Perubahan

**KESIMPULAN**

Dari hasil yang telah simulasi pada 8 tipe elemen pembayang, dengan perubahan penerapan berbagai parameter memberikan pengaruh terhadap intensitas paparan radiasi matahari pada bangunan. Perubahan intensitas ini berbeda tergantung jenis perubahan parameter. Perubahan intensitas dapat berpengaruh positif menurunkan intensitas radiasi matahari atau berpengaruh negatif menaikkan intensitas radiasi. Perubahan parameter Panjang (P) pada elemen pembayang berpengaruh positif dengan rata-rata penurunan intensitas sebesar 11.84 kwh/m2,

sementara perubahan parameter Sudut (S) berakibat pada penurunan intensitas rata-rata sebesar 4.89 kwh/m<sup>2</sup>. Perubahan parameter Jarak elemen pembayang terhadap dinding horizontal justru meningkatkan intensitas radiasi dengan rata-rata sebesar 7.30 kwh/m<sup>2</sup>, sementara perubahan pada parameter Ketinggian (K) cenderung bervariasi, dapat menaikkan atau menurunkan intensitas radiasi dengan nilai rata-rata dapat menurunkan sebesar 0.17 kwh/m<sup>2</sup>.

Dengan demikian pada perancangan elemen pembayang bangunan tidak direkomendasikan untuk memberikan jarak antara elemen pembangan dengan dinding horizontal, dan direkomendasikan menggunakan elemen pembayang yang cukup panjang dan bersudut terhadap elemen dinding horizontal.

Penelitian ini masih memiliki kelemahan karena hanya melakukan simulasi dengan variabel tunggal untuk masing-masing elemen pembayang, simulasi perubahan dengan multi variable sangat direkomendasikan pada penelitian lanjutan untuk menghasilkan desain elemen pembayang yang optimal..

## DAFTAR PUSTAKA

- Ching, D. K. (1979). *Architecture – Form, Space and Order*. John Wiley & Sons, Inc..
- Loonen, R. C. G. M., Rico-Martinez, J. M., Favoino, F., Brzezicki, M., Menezes, C., La Ferla, G., & Aelenei, L. (2015). Design for façade adaptability Towards a unified and systematic characterization. [https://www.researchgate.net/publication/279955723\\_Design\\_for\\_fa%C3%A7ade\\_adaptability\\_-\\_Towards\\_a\\_unified](https://www.researchgate.net/publication/279955723_Design_for_fa%C3%A7ade_adaptability_-_Towards_a_unified).
- Moloney, J. (2011). *Designing Kinetics for Architectural Façade* (1st Edition). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203814703>
- Schmidt III, R., & Austin, S. (2016). *Adaptable Architecture* (0 ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315722931>
- Szokolay, S. (2003). *Introduction to Architectural Science* (1st Edition). <https://doi.org/10.4324/9780080473130>
- Schnädelbach, H. (2010). Adaptive Architecture – A Conceptual Framework. *Proceedings of Media City*, 35.
- Susatya, E. K. W. A., Pamungkas, R., Susanti, T., & Setiawan, A. (2011). Pengukuran Radiasi Matahari Dengan Memanfaatkan Sensor Suhu LM35. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Pendidikan Sains UKSW*.
- Aelenei, D., Aelenei, L., & Vieira, C. (2015). *Adaptive Façade: Concept, applications, research questions* (UNINOVA, Almada, Portugal).
- Assem, E. O., & Al-Mumin, A. A. (2010). Code compliance of fully glazed tall office buildings in hot climate. *Energy and Buildings*, 42(7), 1100–1105. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.02.001>
- Hammad, F., & Abu-Hijleh, B. (2010). The energy savings potential of using dynamic external louvers in an office building. *Energy and Buildings*, 42(10), 1888–1895. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.05.024>
- Kuhn, T. E., Bühler, C., & Platzer, W. J. (2001). Evaluation of overheating protection with sun-shading systems. *Solar Energy*, 69, 59–74. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(01\)00017-2](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(01)00017-2)
- Mangkuto, R. A., Koerniawan, M. D., Apriliyanthi, S. R., Lubis, I. H., Atthailah, Hensen, J. L. M., & Paramita, B. (2021). Design Optimisation of Fixed and Adaptive Shading Devices on Four Façade Orientations of a High-Rise Office Building in the Tropics. *Buildings*, 12(1), 25. <https://doi.org/10.3390/buildings12010025>
- Manzan, M. (2014). Genetic optimization of external fixed shading devices. *Energy and Buildings*, 72, 431–440. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.01.007>
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., González, R., & Maestre, I. R. (2009). A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes. *Energy and Buildings*, 41(3), 272–278. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.10.004>
- Rifai, L. D., Tongkukul, S. H. J., & Raharjo, S. S. (2014). Analisis Intensitas Radiasi Matahari di Manado dan Maros. *Jurnal MIPA*, 3(1), 49. <https://doi.org/10.35799/jm.3.1.2014.3907>
- Sarinda, A. (t.t.). *ANALISIS PERUBAHAN SUHU RUANGAN TERHADAP KENYAMANAN TERMAL DI GEDUNG 3 FKIP UNIVERSITAS JEMBER*.
- Subiakto, T. (2015). *Selisih Rerata Radiasi Matahari Bulanan Musim Panas Dan Hujan Hasil Observasi Tahun 2015 Di Balailapan Pasuruan*.
- Toutou, A., Fikry, M., & Mohamed, W. (2018). The parametric based optimization framework daylighting and energy performance in residential buildings in hot arid zone. *Alexandria Engineering Journal*, 57(4), 3595–3608. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2018.04.006>
- Wang, L., Wong Nyuk, H., & Li, S. (2007). Façade design optimization for naturally ventilated residential buildings in Singapore. *Energy and Buildings*, 39(8), 954–961. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.10.011>
- 2011 *Buildings Energy Data Book*. (2011). D&R International, Ltd.
- Gunawan, B. (2012). *Buku pedoman energi efisiensi untuk desain bangunan gedung di Indonesia* (Edisi pertama). Energy Efficiency and Conservation Celariku House Indonesia.
- Hand Book of Energy & Economic Statistics of Indonesia*. (2014). PUSDATIN ESDM.