

## Komparasi Kinerja Pencahayaan Dari *Light Shelf* Konvensional Dan *Light Guiding Shelf* di Gedung Bertingkat Tinggi

Christy Vidiyanti<sup>1</sup>, Abraham Seno Bachrun<sup>2</sup>

Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta . Phone: 0215840816

Email: [christy.vidiyanti@mercubuana.ac.id](mailto:christy.vidiyanti@mercubuana.ac.id)<sup>1</sup>, [abraham.seno@mercubuana.ac.id](mailto:abraham.seno@mercubuana.ac.id)<sup>2</sup>

---

### INFORMASI ARTIKEL

**Abstract:** Daylight conditions in high-rise buildings have phenomenon that the side of the room that is close to the window have a high level of daylight, while the other side receives less daylight. The use of light shelf is still possible to be installed, but light shelf still have a minimum Useful Daylight Illuminance (UDI) value of 44%. This happens because the process of reflection on the light shelf occurs more than once. This study tries to design a light guiding shelf with the principle of reducing the amount of reflection so that the light received by the space is not reduced too much. This research will use the Sahid Sudirman Center as a case study building. The method used in this research is the experimental method. The hypothesis in this study is that buildings with light guiding shelf produce better and more uniform lighting quality than buildings with conventional light shelf. The data will be taken using the Dialux software to get data on the intensity of daylight on the building. The results showed that the conventional light shelf only had the best performance on uniformity of daylight at 12.00. While the light guiding shelf has the best performance on all criteria, that sDA<sub>350-6650</sub>, light uniformity, light contrast and DGP at 08.00 and 16.00. In addition to being able to meet the best daylighting quantity performance, the light guiding shelf is also able to produce good daylighting quality performance. So overall, light guiding shelf has better lighting performance than conventional light shelf, so the hypothesis in this study is accepted.

**Keywords:** light guiding shelf; light shelf; daylighting; shading device; Dialux

**Abstrak:** Kondisi pencahayaan alami di bangunan tinggi memiliki fenomena sisi ruang yang dekat dengan jendela menghasilkan tingkat pencahayaan alami yang sangat tinggi, sedangkan sisi ruang lainnya kurang menerima pencahayaan alami. Penggunaan *light shelf* masih memungkinkan dipasang, namun *light shelf* masih memiliki nilai *Useful Daylight Illuminance* (UDI) minimum sebesar 44%. Hal ini terjadi karena proses pemantulan pada *light shelf* terjadi lebih dari sekali. Penelitian ini mencoba merancang *light shelf* pengarah cahaya yang diberi nama *light guiding shelf* dengan prinsip mengurangi jumlah pemantulan sehingga cahaya yang diterima oleh ruang tidak banyak berkurang. Penelitian ini akan menggunakan Sahid Sudirman Center sebagai bangunan studi kasus. Metode yang dipakai pada penelitian ini adalah metode eksperimental. Hipotesa pada penelitian ini adalah gedung dengan *light guiding shelf* menghasilkan kualitas pencahayaan yang lebih baik dan merata dibandingkan dengan gedung dengan *light shelf* konvensional. Data akan diambil menggunakan bantuan perangkat lunak *Dialux* untuk mendapatkan data intensitas cahaya matahari di gedung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *light shelf* konvensional hanya memiliki kinerja terbaik pada keseragaman cahaya pada pukul 12.00. Sedangkan *light guiding shelf* memiliki kinerja terbaik pada keseluruhan kriteria yaitu sDA<sub>350-6650</sub>, keseragaman cahaya, kontras cahaya dan DGP pada pukul 08.00 dan pukul 16.00. *Light guiding shelf* selain mampu memenuhi kinerja kuantitas pencahayaan terbaik, juga mampu menghasilkan kinerja kualitas pencahayaan yang baik. Sehingga secara keseluruhan, *light guiding shelf* memiliki kinerja pencahayaan yang lebih baik daripada *light shelf* konvensional, sehingga hipotesa dalam penelitian ini diterima.

**Kata Kunci:** light guiding shelf; light shelf; daylighting; perangkat pembayang; Dialux

### Article history:

Received; 2021-07-31

Revised; 2021-12-30

Accepted; 2022-01-25

---

## PENDAHULUAN

Saat ini telah berkembang berbagai macam strategi optimasi pencahayaan alami di bangunan. Optimasi ini perlu dilakukan karena kondisi pencahayaan alami di bangunan tinggi memiliki tingkat keseragaman cahaya yang kurang baik. Sisi ruang yang dekat dengan jendela menghasilkan tingkat pencahayaan alami yang sangat tinggi hingga memungkinkan terjadi silau, sedangkan sisi ruang yang jauh dari jendela kurang menerima tingkat pencahayaan alami. Kondisi tingkat pencahayaan yang rendah memang dapat menghemat penggunaan energi operasional bangunan, namun dapat mengurangi kenyamanan orang bekerja (Biantoro, 2017). Pemenuhan intensitas pencahayaan 100 lux di ruang dengan jendela konvensional hanya mampu dicapai 5 m dari bukaan pencahayaan (Vidiyanti, 2015).

Diperlukan upaya untuk mengurangi tingkat pencahayaan alami di sisi yang dekat dengan jendela. Beberapa tahun terakhir telah berkembang berbagai teknologi pengarah cahaya. Beberapa teknologi pengarah cahaya yaitu *light shelves*, *light shelf+lower blinds*, *upper blinds*, *light shelves+shoutern skylight*. Pada pembayang tipe *light shelves*, sebagian sinar matahari dipantulkan ke arah langit-langit ruang, sehingga ruangan akan menerima sinar matahari difus (Moreno, 2015). Penggunaan *light shelf* perlu disesuaikan dengan lokasi dimana bangunan berada. Untuk wilayah Iran, salah satu hasil terpenting adalah tentang dimensi *light shelf* di orientasi selatan. Pada orientasi utara, *light shelf* tidak efisien karena kurang sinar matahari langsung, dan oleh karena itu, peningkatan dimensi *light shelf* akan menghasilkan cahaya matahari yang kurang sesuai. (Moazzeni, 2016). Sehingga perancangan *light shelf* harus direncanakan sebaik mungkin dengan memperhatikan sudut kemiringan datangnya sinar matahari.

Terdapat penelitian terkait dampak dari berbagai pembayang cahaya terhadap kinerja pencahayaan alami di ruang. Beberapa pembayang yang diteliti adalah *vertical louver*, *horizontal louver*, *eggcrate louver*, *overhang*, *vertical slat louver*, *horizontal slat louver*, dan *light shelf*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *light shelf* dan *horizontal slat* memiliki kinerja terbaik dalam mengoptimalkan pencahayaan alami di ruang di banding perangkat pembayang lainnya (Lee, 2017).

Penggunaan *vertical slat* di gedung seringkali dihindari karena sangat mempengaruhi rancangan muka bangunan. Sedangkan penggunaan *light shelf* masih memungkinkan dipasang di gedung tinggi karena tidak terlalu mempengaruhi muka bangunan. Namun, *light shelf* masih memiliki nilai *Useful Daylight Illuminance* (UDI) minimum sebesar 44%. Hal ini terjadi karena proses pemantulan pada *light shelf* terjadi dua kali sehingga memungkinkan terjadi banyak pengurangan cahaya matahari.

Perkembangan bentuk *light shelf* telah diteliti yaitu dengan merancang *light shelf* bentuk lengkung. *Light shelf* lengkung terbukti lebih efektif dalam meningkatkan rasio keseragaman dalam ruangan daripada *light shelf* datar selama musim panas, dan spesifikasi optimal untuk *light shelf* cahaya melengkung selama musim panas ditemukan dengan sudut rak ringan 30° dan sudut busur 60° (Lee, 2019). Faktor sudut dan reflektifitas harus dipertimbangkan saat mendesain *light shelf*. Jika sudut rak cahaya di bawah 0, permukaan reflektif tidak terpapar ke penghuni, sehingga nilai kontras luminansi berkurang, dan tidak ada masalah silau. Namun hal ini menyebabkan penurunan performa pencahayaan (Lee, 2020).

Penelitian sebelumnya lebih banyak membahas terkait dengan pengarah cahaya yang diletakkan di luar fasad, hal ini seringkali dihindari para perancang, karena dapat mempengaruhi fasad dari bangunan. Kebaruan dari penelitian ini adalah dengan merancang *light shelf* yang diletakkan di ruang dalam dengan prinsip mengurangi jumlah pemantulan sehingga cahaya yang diterima oleh ruang tidak banyak berkurang. Penelitian ini memperbaiki dari rancangan *light shelf* konvensional. Rancangan panel akan disesuaikan dengan arah datang cahaya matahari di negara Indonesia, untuk itu *light shelf* ini akan diberi nama *light guiding shelf*.

Penelitian ini akan menggunakan Sahid Sudirman Center sebagai bangunan studi kasus. Bangunan ini dipilih karena memiliki massa bangunan kotak dan memiliki 4 orientasi yaitu timur, barat, utara, dan selatan. Selain itu, bangunan ini memiliki kedalaman ruang yang cukup besar yaitu sebesar 10-17 m dari bukaan cahaya. Sehingga bagian dalam ruang tidak mendapatkan cahaya matahari yang cukup. Selain itu bangunan ini merupakan bangunan bertingkat tinggi yang memiliki potensi mendapatkan cahaya matahari yang banyak.

Rancangan *light guiding shelf* akan difokuskan pada orientasi yang mendapatkan sinar matahari langsung yaitu orientasi Timur dan Barat. Sedangkan orientasi Selatan dan Utara tidak diberikan rancangan karena mendapatkan sinar matahari difus, sehingga cahaya yang masuk ke dalam ruang tidak terlalu silau. Tujuan dari penelitian ini adalah (1) merancang *light guiding shelf* yang dapat memaksimalkan jangkauan masuknya cahaya matahari ke dalam ruang dan (2) menghitung perbandingan kinerja pencahayaan dari *light shelf* konvensional dan *light guiding shelf* di gedung.

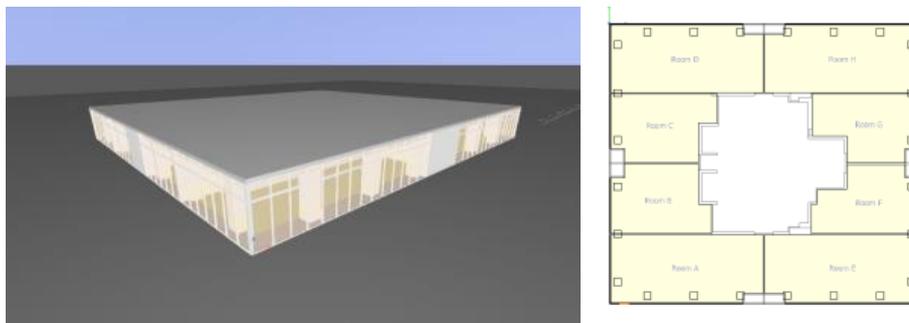
### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini akan mengaji salah satu strategi pemanfaatan pencahayaan alami siang hari di bangunan dengan konteks bangunan tinggi. Objek studi dari penelitian ini adalah ruang kantor di Sahid Sudirman Center. Penelitian ini mengembangkan rancangan panel pada *light shelf* sebagai perangkat dalam memasukkan sinar matahari ke dalam sehingga dapat mengoptimalkan tingkat pencahayaan alami di gedung. Penelitian ini mengkaji peristiwa perjalanan cahaya yaitu berupa pemantulan sinar matahari langsung pada panel *light shelf* yang akan dimanfaatkan untuk dapat mengoptimalkan cahaya alami di ruang. Melalui prinsip refleksi melalui panel reflektor, maka diharapkan cahaya matahari dapat dipantulkan 1 kali yang langsung mengarah ke area kerja pengguna. Penelitian ini merupakan perbandingan kinerja pencahayaan dari *light shelf* konvensional dan *light guiding shelf* dengan pendekatan kuantitatif. Metode pembuatan *light guiding shelf* yang digunakan adalah eksperimental dengan menggunakan bantuan perangkat lunak yaitu *Dialux*. Sedangkan metode analisis data adalah metode komparasi dengan pendekatan kuantitatif. Metode ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian yaitu untuk membandingkan kinerja dari *light shelf* konvensional dan *light shelf* hasil rancangan. Pendekatan kuantitatif perlu digunakan untuk dapat menghasilkan data persentase selisih kinerja. Dengan metode yang dipilih maka akan diketahui secara terukur model manakah yang menghasilkan kinerja terbaik.

Pada penelitian ini, hipotesa yang akan digunakan adalah hipotesis komparatif. Hipotesis komparatif dirumuskan untuk memberikan jawaban pada permasalahan yang bersifat membedakan. Hipotesa pada penelitian ini adalah gedung dengan *light guiding shelf* menghasilkan kualitas pencahayaan yang lebih baik dan merata dibandingkan dengan gedung dengan *light shelf* konvensional. Pengujian hipotesa akan dilakukan dengan membandingkan kinerja pemenuhan minimum pencahayaan, dan kinerja kualitas cahaya berupa keseragaman cahaya.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini mengambil kasus salah satu lantai tipikal di gedung Sahid Sudirman Centre dengan jumlah ruang adalah 8. Model dasar dibuat berdasarkan dengan denah dari gedung Sahid Sudirman Centre. Tinggi langit langit adalah 2.8 m. Pengaturan nilai reflektansi untuk ruang adalah langit langit 70%, dinding 50%, dan lantai 20%.



**Gambar 1. Ilustrasi model dasar: 3D (kiri) dan denah (kanan)**

Sumber: Peneliti (2021)

Material kaca pada *curtain wall* yang digunakan adalah *Double solar control glass I* dengan rincian seperti dijelaskan pada tabel dibawah.

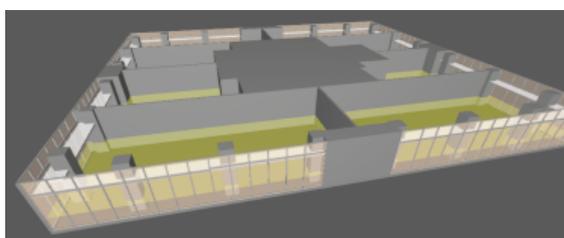
**Tabel 1. Detail material kaca pada fasad**

<i>Color</i>	<i>Red</i> 25	<i>Green</i> 13	<i>Blue</i> 4
<i>Reflection factor</i>	12.6%		
<i>Degree of transmission</i>	68.2%		
<i>Refractive index</i>	1.5		

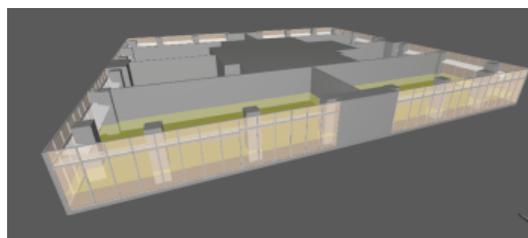
Sumber: Peneliti (2021)

Karakteristik material bangunan pada model dengan *light shelf* sama dengan karakteristik material bangunan pada model dasar. Penambahan *light shelf* berada di sisi interior sehingga tidak merubah fasad bangunan. *Light shelf* memiliki lebar 1 meter dengan posisi ketinggian berada pada 2.2 meter di atas lantai. *Light shelf* diletakkan menempel di *curtain wall* dengan panjang sama dengan panjang ruang.

Karakteristik material bangunan pada model dengan *light guiding shelf* sama dengan karakteristik material bangunan pada model dasar. Penambahan *light guiding shelf* berada di sisi interior sehingga tidak merubah fasad bangunan. *Light guiding shelf* memiliki lebar 1 meter dengan posisi ketinggian berada pada 2.2 meter di atas lantai. Berbeda dengan *light shelf* yang diletakkan secara horizontal, *light guiding* ini memiliki kemiringan sesuai dengan perhitungan sudut kritis matahari. *Light guiding* memiliki kemiringan sebesar -16 derajat. *Light guiding* diletakkan menempel pada *curtain wall* dengan panjang sama dengan panjang ruang.



*Light Shelf*



*Light Guiding Shelf*

**Gambar 2. Ilustrasi aksonometri perletakan panel di gedung**

Sumber: Peneliti (2021)

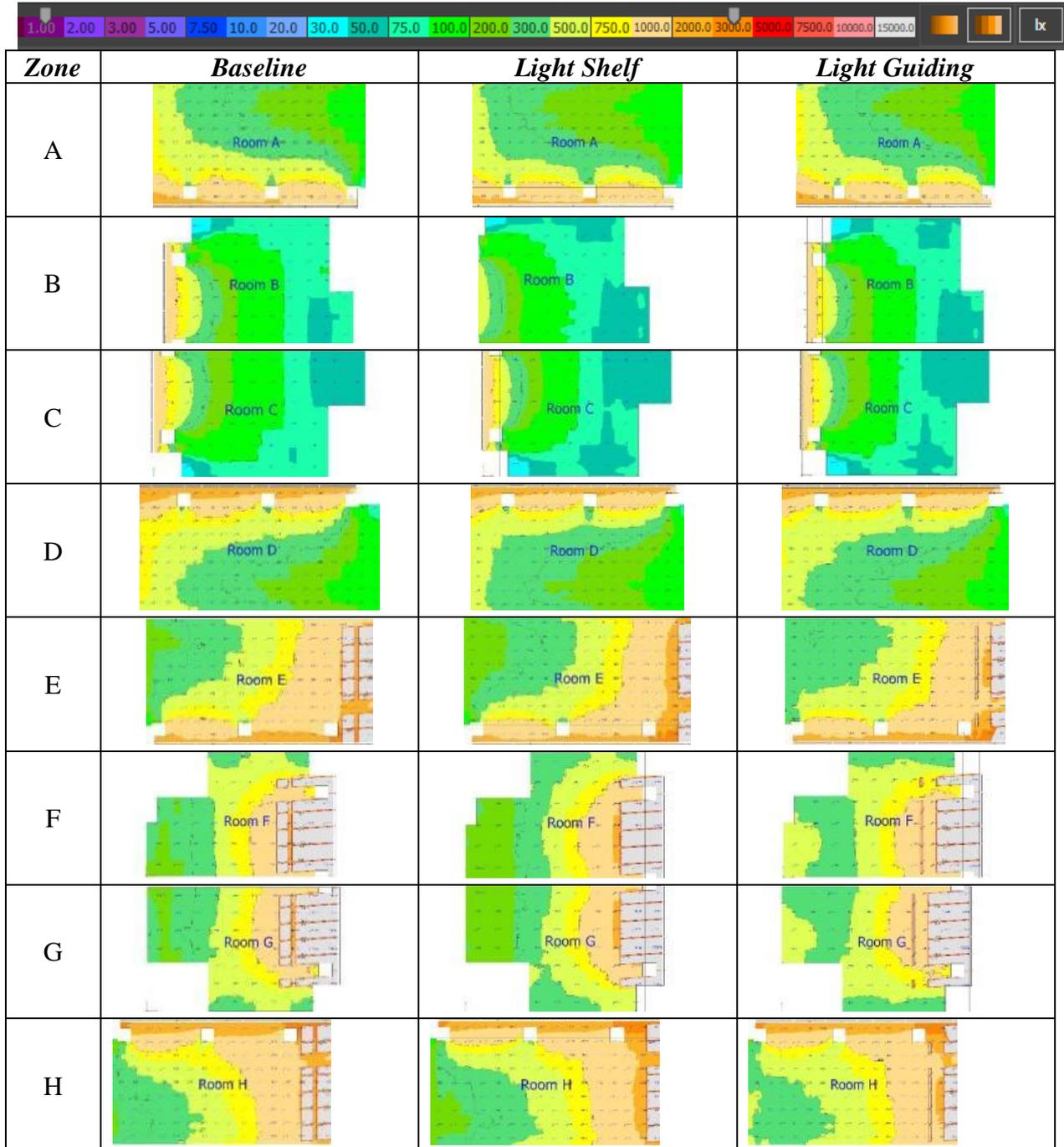
**Tabel 2. Detail material panel light shelf & light guiding shelf**

<i>Color</i>	<i>Red</i> 255
	<i>Green</i> 255
	<i>Blue</i> 255
<i>Material type</i>	<i>Transparent</i>
<i>Reflection factor</i>	50%
<i>Degree of transmission</i>	50%
<i>Refractive index</i>	1.5

Sumber: Peneliti (2021)

Persebaran cahaya di ruang dapat dilihat pada peta pencahayaan (illuminance map).

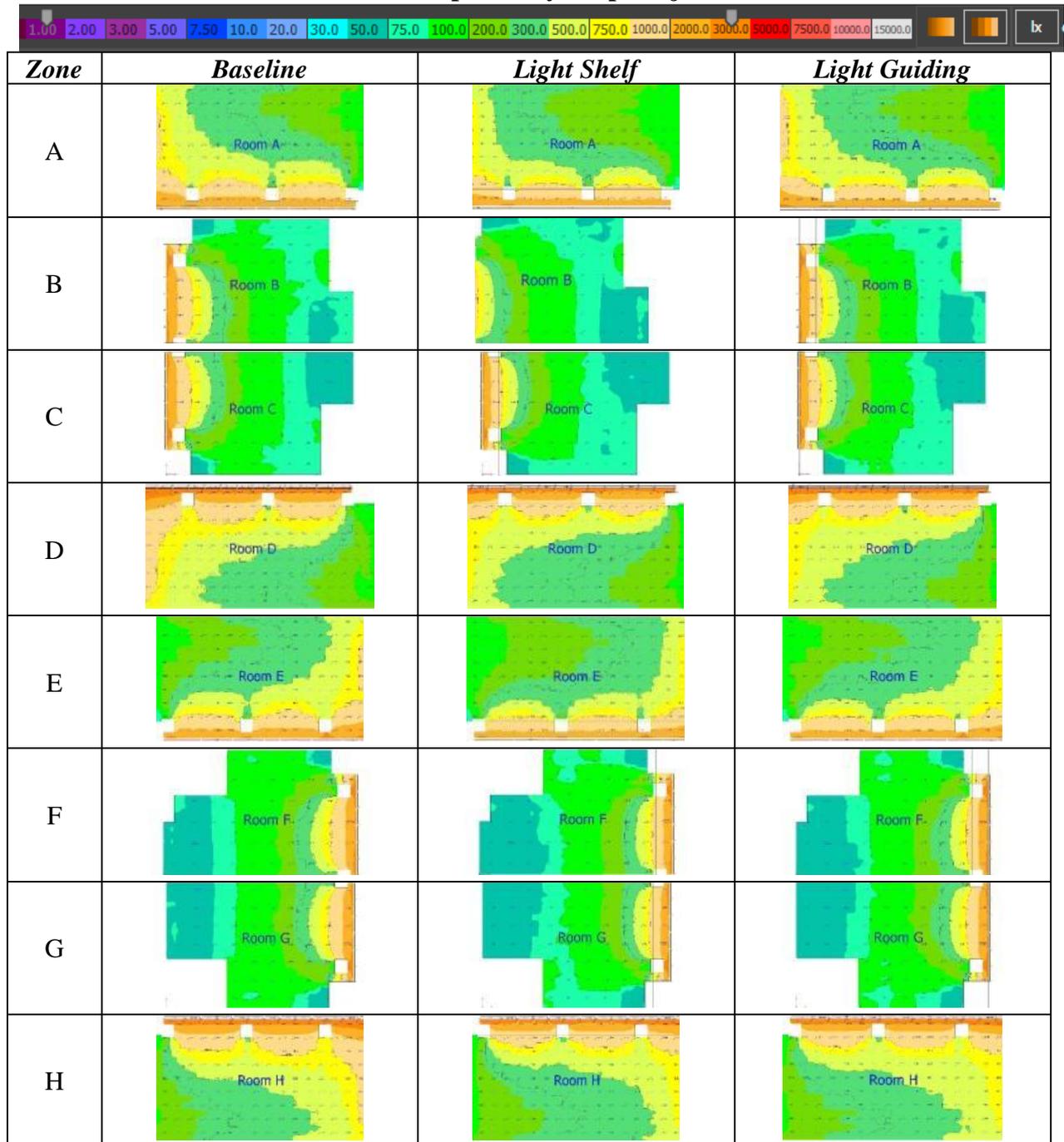
**Tabel 3. Peta pencahayaan pada jam 8**



Sumber: Peneliti (2021)

Pada peta sebaran cahaya jam 8, terlihat bahwa penggunaan *light shelf* dan *light guiding shelf* paling mempengaruhi pada orientasi Timur karena terkena sinar matahari langsung. Ruang tersebut adalah Ruang E, F, G, dan H. Pada model dengan *light shelf* di ruang tersebut terlihat bahwa masih terdapat warna hijau dengan nilai intensitas sekitar 200 lux. Sedangkan pada model dengan *light guiding shelf* di ruang tersebut nilai terendah adalah warna hijau dengan nilai intensitas sekitar 300 lux.

**Tabel 4. Peta pencahayaan pada jam 12**

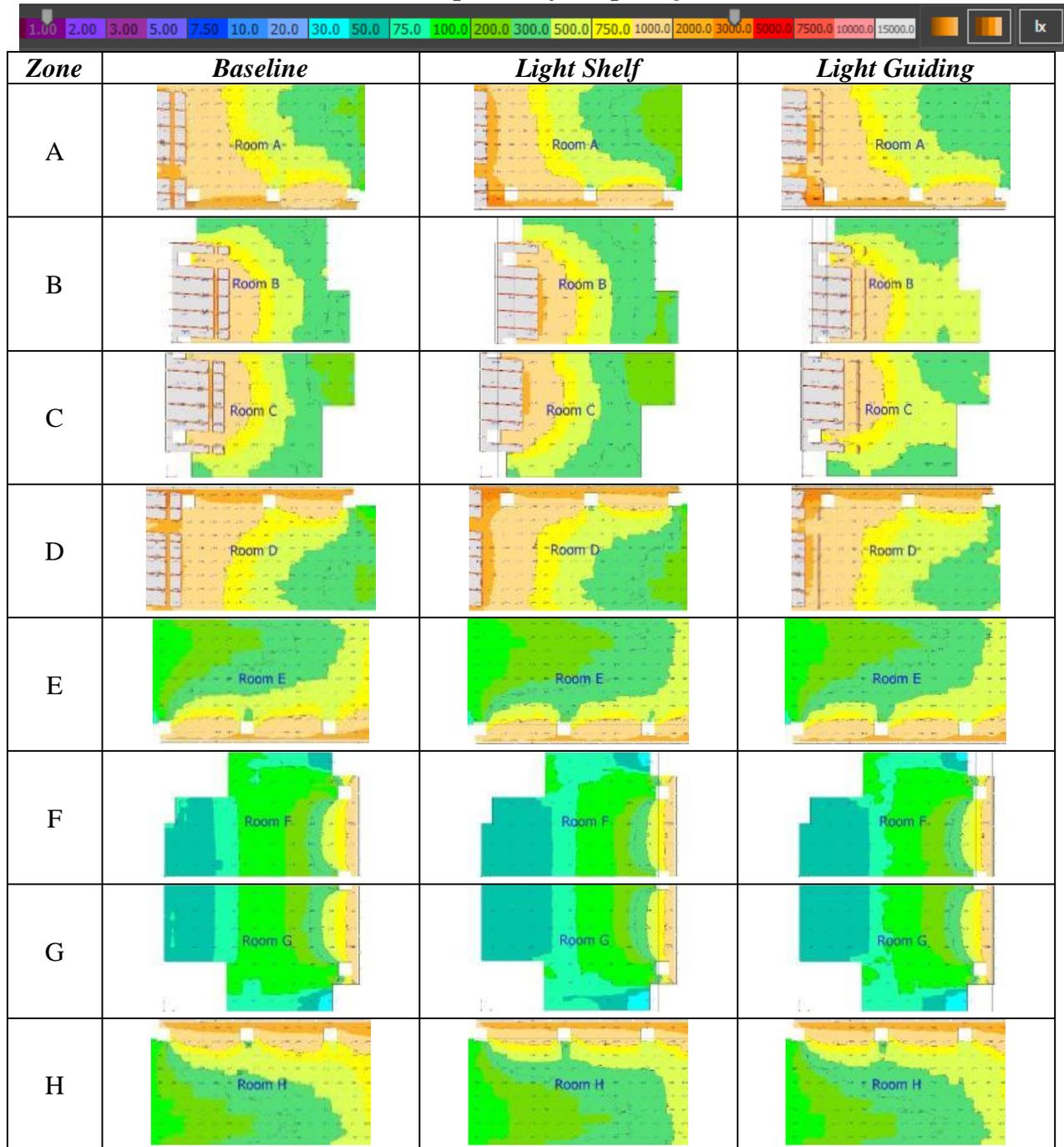


Sumber: Peneliti (2021)

Pada peta sebaran cahaya jam 12, terlihat bahwa penggunaan *light shelf* dan *light guiding shelf* tidak terlalu mempengaruhi dari intensitas dalam ruangan. Hal ini memperkuat dugaan bahwa *light shelf* dan *light guiding shelf* paling optimal dalam mengarahkan sinar matahari langsung bukan sinar matahari difus. Sedangkan pada jam 12.00, sudut datang sinar

matahari berada sekitar 90<sup>0</sup> sehingga tidak dapat secara langsung mengarah ke *light shelf* dan *light guiding shelf*.

**Tabel 5. Peta pencahayaan pada jam 16**



Sumber: Peneliti (2021)

Seperti halnya pada peta sebaran cahaya jam 8, pada peta sebaran cahaya jam 16 ini terlihat bahwa penggunaan *light shelf* dan *light guiding shelf* paling mempengaruhi pada orientasi Barat karena terkena sinar matahari langsung yaitu ruang A, B, C, D. Pada model dengan *light shelf* di ruang tersebut terlihat bahwa masih terdapat warna hijau dengan nilai intensitas sekitar 200 lux. Sedangkan pada model dengan *light guiding shelf* di ruang tersebut nilai terendah adalah warna hijau dengan nilai intensitas sekitar 300 lux.

Pada tabel peta pencahayaan, terlihat sebaran cahaya matahari di ruang. Untuk mengetahui kualitas terbaik pencahayaan alami di ruang, maka akan dilihat nilai sDA atau *spatial daylight autonomy* dengan rentang nilai tingkat pencahayaan yaitu 350 lux – 6650 lux.

Angka 350 lux didapatkan dari standar pencahayaan minimum untuk ruang kantor berdasarkan SNI 6197-2011 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan. Sedangkan angka 6650 lux didapatkan dari standar indeks kesilauan SNI 03-2396-2001 tentang Tata Cara Perancangan Pencahayaan Alami Siang Hari untuk Rumah dan Gedung. Nilai  $sDA_{350-6650}$  menunjukkan persentase luas ruang yang memiliki nilai intensitas antara 350 lux - 6650 lux. Hal ini berdasarkan pada tingkat pencahayaan terbaik yaitu terpenuhinya standar minimum pencahayaan pada ruang sebesar 350 lux dan terhindarnya kemungkinan terjadinya silau dengan indeks 19 sehingga nilai intensitas pencahayaan yang kemungkinan menyebabkan silau adalah diatas 6650 lux.

**Tabel 6. Kinerja  $sDA_{350-6650}$  pada model**

Zone	$sDA_{350-6650}$								
	Pukul 08.00			Pukul 12.00			Pukul 16.00		
	BL	LS	LGS	BL	LS	LGS	BL	LS	LGS
D	67%	58%	59%	78%	71%	75%	71%	67%	84%
H	70%	66%	85%	78%	71%	75%	69%	59%	64%
C	17%	17%	17%	23%	17%	17%	57%	66%	81%
B	17%	14%	14%	20%	14%	14%	83%	78%	86%
A	64%	54%	59%	67%	56%	61%	65%	60%	85%
E	66%	64%	86%	67%	57%	63%	66%	55%	61%
F	60%	62%	83%	23%	17%	19%	17%	17%	17%
G	59%	63%	83%	22%	15%	19%	17%	15%	15%
<b>Rata-rata</b>	<b>53%</b>	<b>50%</b>	<b>61%</b>	<b>47%</b>	<b>40%</b>	<b>43%</b>	<b>56%</b>	<b>52%</b>	<b>62%</b>

Keterangan:

BL : Model *Baseline*

LS : Model dengan *Light Shelf*

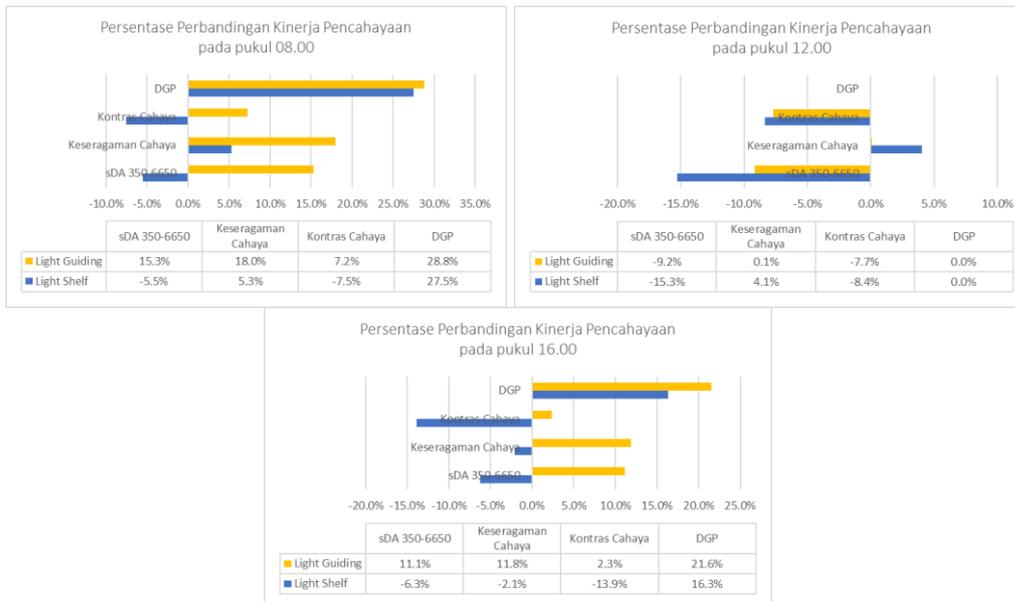
LGS : Model dengan *Light Guiding Shelf*

Yang diberi warna adalah yang memiliki kinerja  $sDA_{350-6650}$  terbaik di setiap kategori

Sumber: Peneliti (2021)

Pada pukul 08.00, kinerja tertinggi pada  $sDA_{350-6650}$  adalah pada model dengan *light guiding shelf* yaitu sebesar 61% luas ruang yang memiliki pencahayaan dengan tingkat pencahayaan antara 350 lux - 6650 lux. Pada pukul 12.00, kinerja tertinggi pada  $sDA_{350-6650}$  adalah pada model *baseline* yaitu sebesar 47% luas ruang yang memiliki pencahayaan dengan tingkat pencahayaan antara 350 lux - 6650 lux. Pada pukul 16.00, kinerja tertinggi pada  $sDA_{350-6650}$  adalah pada model dengan *light guiding shelf* yaitu sebesar 62% luas ruang yang memiliki pencahayaan dengan tingkat pencahayaan antara 350 lux - 6650 lux.

Berdasarkan hasil analisa maka akan dilihat model manakah yang memiliki kinerja terbaik dalam menghasilkan pencahayaan alami pada ruang. Kinerja yang akan dinilai untuk kuantitas pencahayaan adalah  $sDA_{350-6650}$ . Sedangkan kinerja untuk kualitas pencahayaan adalah keseragaman cahaya, kontras cahaya, dan DGP.



**Gambar 3. Persentase perbandingan kinerja pencahayaan**

Sumber: Peneliti (2021)

Berdasarkan perbandingan kinerja pencahayaan, *Light shelf* konvensional hanya memiliki kinerja terbaik pada keseragaman cahaya pada pukul 12.00. Sedangkan *light guiding shelf* memiliki kinerja terbaik pada keseluruhan kriteria yaitu sDA 350-6650, keseragaman cahaya, kontras cahaya dan DGP pada pukul 08.00 dan pukul 16.00. *Light guiding shelf* selain mampu memenuhi kinerja kuantitas pencahayaan terbaik, juga mampu menghasilkan kinerja kualitas pencahayaan yang baik. Pada pukul 08.00 *light guiding shelf* memiliki kinerja lebih baik sebesar 20.8% dalam memenuhi kuantitas pencahayaan, 12,7% dalam kriteria keseragaman cahaya, 14.8% pada kontras pencahayaan, dan 1,3% pada kriteria DGP dibanding dengan *light shelf* konvensional. Pada pukul 12.00 *light guiding shelf* memiliki kinerja lebih baik sebesar 6.1% dalam memenuhi kuantitas pencahayaan dan 0.6% pada kontras pencahayaan dibanding dengan *light shelf* konvensional. Namun pada keseragaman cahaya pukul 12.00, *light shelf* konvensional memiliki kinerja 4% lebih baik dibanding dengan *light guiding shelf*. Pada pukul 16.00 *light guiding shelf* memiliki kinerja lebih baik sebesar 17.4% dalam memenuhi kuantitas pencahayaan, 14% dalam kriteria keseragaman cahaya, 16.2% pada kontras pencahayaan, dan 5,3% pada kriteria DGP dibanding dengan *light shelf* konvensional. Sehingga secara keseluruhan, *light guiding shelf* memiliki kinerja pencahayaan yang lebih baik daripada *light shelf* konvensional.

### SIMPULAN DAN SARAN

*Light shelf* konvensional memanfaatkan pemantulan pada bidang langit-langit untuk memasukkan cahaya difus ke dalam ruangan. Teknologi ini tidak dapat menjangkau bagian ruang dalam, sehingga perlu dirancang teknologi terbaru yaitu dengan mengurangi jumlah pemantulan dan memaksimalkan jangkauan masuknya cahaya matahari ke dalam ruang dengan menentukan sudut kritis datangnya sinar matahari dan sudut keluaran yang diharapkan. Teknologi ini diberi nama *light guiding shelf*. Berdasarkan hasil eksperimen, *light guiding shelf* mampu mengarahkan cahaya matahari lebih dalam dibandingkan dengan *light shelf* konvensional yang dapat dibuktikan dari peta sebaran cahaya. *Light guiding shelf* memiliki kinerja terbaik bila dibandingkan dengan *light shelf* konvensional pada keseluruhan variabel yaitu sDA<sub>350-6650</sub>, keseragaman cahaya, kontras cahaya dan DGP pada pukul 08.00 dan pukul 16.00. Teknologi *light guiding shelf* terbukti mampu menghasilkan kinerja yang baik berdasarkan hasil eksperimen melalui bantuan perangkat lunak *Dialux*. Kedepannya, perlu diuji kembali teknologi *light guiding shelf* dalam pengukuran lapangan di kondisi nyata.

## DAFTAR RUJUKAN

- Biantoro, A. W., & Permana, D. S. 2017. Analisis audit energi untuk pencapaian efisiensi energi di gedung ab, kabupaten tangerang, banten. *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, 6(2), 85-93.
- BSN. 2010. Revisi SNI 03-6197: Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan
- BSN. 2001. SNI 03-2396-2001: Tata Cara Perancangan Pencahayaan Alami Siang Hari untuk Rumah dan Gedung
- Lee, K. S., Han, K. J., & Lee, J. W. 2017. The impact of shading type and azimuth orientation on the daylighting in a classroom—focusing on effectiveness of façade shading, comparing the results of DA and UDI. *Energies*, 10(5), 635.
- Lee, H., Seo, J., & Chang-ho, C. 2019. Preliminary study on the performance evaluation of a light shelf based on reflector curvature. *Energies*, 12(22)  
doi:<http://dx.doi.org/10.3390/en12224295>
- Lee, Heangwoo. 2020. A basic study on the performance evaluation of a movable light shelf with a rolling reflector that can change reflectivity to improve the visual environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(22), 8338.  
doi:<http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17228338>
- Moazzeni, M. H., & Ghiabaklou, Z. 2016. Investigating the influence of light shelf geometry parameters on daylight performance and visual comfort, a case study of educational space in tehran, iran. *Buildings*, 6(3), 26. doi:<http://dx.doi.org/10.3390/buildings6030026>
- Moreno, M. B. P., & Labarca, C. Y. 2015. Methodology for assessing daylighting design strategies in classroom with a climate-based method. *Sustainability*, 7(1), 880-897.  
doi:<http://dx.doi.org/10.3390/su7010880>
- Vidiyanti, Christy. 2015. Efektivitas Light Guided Panel untuk Optimasi Tingkat Pencahayaan Alami pada Gedung Bertingkat. Tesis. Bandung: Program studi Arsitektur, Institut Teknologi Bandung.