



ARCADE

JURNAL ARSITEKTUR

p-ISSN: 2580-8613 (Cetak)

e-ISSN: 2597-3746 (Online)

<http://jurnal.universitaskebangsaan.ac.id/index.php/arcade>



PENGUNAAN SIMULASI *DESKTOP RADIANCE* PADA KONFIGURASI BENTUK BUKAAN

Nova Asriana¹, Dewi Rachmaniatus Syariyah²

Dosen Arsitektur, Universitas Langlangbuana

E-mail: nova@unla.ac.id, dewi.rachmaniatus@unla.ac.id

Informasi Naskah:

Diterima:

15 Januari 2021

Direvisi:

3 Maret 2021

Disetujui terbit:

4 Mei 2021

Diterbitkan:

Cetak:

29 Juli 2021

Online

29 Juli 2021

Abstract. *The usage of daylight in a room or building during the day is a wide strategy for illuminating the room naturally without artificial lighting services so that it can reduce the energy consumption of building. In addition, the use of daylight aims to enhance the quality of spatial visualization, vision health, environmental comfort, and increase the performance of user productivity in the room. This research will discourse about the amount of light get into room to identify how much the daylight can be useful and captured by human sight's perception through a radiance simulation camera which will be translated into realistic images. This simulation is experimental-based that include two phases, namely the configuration of alternative openings and draws light according to the perception of user's vision, then the set of radiance simulation based on scripting to generate the realistic images. Based on this simulation, the amount of daylight is influenced by source, quantity, position, area of openings and the building orientation or building. The amount of light intensity also affects the visual comfort of users who have activities in the room. The result of this simulation is to identify the room that generates daylight area and non-daylight area to decrease the artificial lighting.*

Keyword: *natural light, daylight, radiance*

Abstrak: Pemanfaatan pencahayaan alami (*daylight*) pada sebuah ruangan dan bangunan di siang hari merupakan salah satu strategi desain untuk menerangi ruangan secara alami tanpa bantuan cahaya buatan sehingga dapat mengurangi konsumsi energi pada bangunan. Selain itu juga, pemanfaatan pencahayaan alami (*daylight*) bertujuan untuk meningkatkan kualitas visual dalam ruangan, kesehatan indera penglihatan, kenyamanan lingkungan dan meningkatkan produktivitas kinerja pengguna bangunan. Pada penelitian ini akan membahas mengenai besaran cahaya yang masuk ke dalam suatu ruangan untuk melihat seberapa besar pencahayaan alami yang masuk dan ditangkap dalam suatu persepsi indera penglihatan manusia melalui kamera simulasi *radiance* yang diwujudkan ke dalam foto realistik. Simulasi ini dilakukan dengan metode berbasis eksperimen mandiri (*experimental-based*) yang terdiri dua tahap, yaitu tahapan konfigurasi bentuk bukaan dan *draw light* berdasarkan persepsi indera penglihatan peneliti, kemudian dilanjutkan dengan simulasi *radiance* berbasis *scripting* untuk menghasilkan foto realistik. Berdasarkan hasil simulasi ini, besarnya cahaya alami yang masuk ke dalam ruangan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu sumber bukaan, jumlah bukaan, posisi bukaan, besaran bukaan, dan orientasi ruangan atau bangunan. Besarnya intensitas cahaya yang masuk juga akan mempengaruhi kenyamanan visual bagi pengguna yang beraktivitas dalam ruangan tersebut. Hasil dari penelitian ini untuk melihat konfigurasi mana yang menghasilkan sebagian area *daylight* dan area *non-daylight* yang cukup merata untuk menghindari bantuan cahaya buatan.

Kata Kunci: *pencahayaan alami, daylight, radiance*

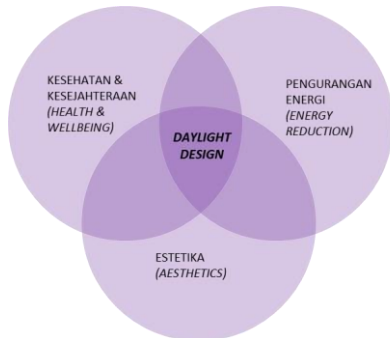
PENDAHULUAN

Pemanfaatan pencahayaan alami pada sebuah desain bangunan menjadi sebuah perhatian khusus saat ini, hal ini dikarenakan sebagian besar para perancang/arsitek semakin sadar besarnya penggunaan konsumsi energi pada sebuah bangunan. Lebih dari 40% pencahayaan buatan menyumbang total dari konsumsi listrik pada bangunan, sehingga salah satu strategi untuk mengurangi konsumsi energi ini adalah dengan

pemanfaatan cahaya alami (*daylight*) pada siang hari sebagai strategi untuk mendapatkan efisiensi energi (Hassan & Arab, 2014) dengan meminimalisir beban penggunaan cahaya buatan. Dengan pemanfaatan *daylight* ini dapat membantu mengurangi konsumsi energi sebesar 50% dan mengurangi pemakaian listrik sebesar 75% (US-IEA, 2008).

Biasanya para arsitek/perancang yang memanfaatkan cahaya matahari yang masuk ke dalam bangunan bertujuan untuk meningkatkan kualitas visual dalam ruangan, kesehatan indera

penglihatan, kenyamanan lingkungan dan meningkatkan produktivitas kinerja pengguna bangunan (Roshan & Barau, 2016). Selain itu juga, perancangan yang berbasis *daylight* atau pemanfaatan cahaya matahari pada siang hari juga akan memberikan dampak positif berupa kesehatan dan kesejahteraan, pengurangan energi dan estetika (Gambar 1) (Kelly Waskett et al., 2014).



Gambar 1. Diagram dampak positif pemanfaatan cahaya matahari pada siang hari

Pemanfaatan *daylight* menjadi strategi teknik yang memanfaatkan pantulan sinar matahari ke dalam bangunan yang dapat dimanfaatkan langsung sebagai penerang ruangan. Karena pentingnya pencahayaan alami ini dalam sebuah ruang maupun bangunan, maka adanya peningkatan jumlah perangkat lunak simulasi yang dikembangkan dengan tujuan untuk memprediksi dan mensimulasikan pemanfaatan cahaya alami tersebut terhadap pencahayaan interior ruangan (Merghani & Bahloul, 2018). Simulasi *radiance* menjadi alat simulasi iluminasi terbaik yang dapat digunakan pada tahapan perancangan (Hassan & Arab, 2014). Dalam penelitian ini, peneliti bereksperimen kembali dengan 10 bentuk ruangan yang berukuran 7.2mx8.4x5m dengan konfigurasi alternatif beberapa bukaan (Asriana, 2019), seperti bukaan jendela, fasade bangunan dan bukaan atap (*side lighting, top lighting, clerestory*). Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat seberapa besar pencahayaan alami yang masuk ke dalam suatu ruangan dan ditangkap dalam suatu persepsi indera penglihatan melalui kamera simulasi *radiance*.

TINJUAN PUSTAKA

Daylight Spaces

Daylight spaces merupakan pemanfaatan cahaya alami terkontrol di dalam dan di sekitar bangunan (Reinhart, 2014). Pemanfaatan *daylight* pada bangunan memiliki beberapa pertimbangan desain, antara lain fungsi yang berkaitan langsung dengan konfigurasi arsitektural bangunan, orientasi bangunan, kedalaman, dan volume ruang. Oleh sebab itu, menurut Sir John Soane, *daylight* yang baik harus tersebar secara merata agar suasana ruang dalam menjadi lebih hangat (Winton, 2008). Pemanfaatan *daylight* juga merupakan pemanfaatan difusi pencahayaan alami sebagai salah satu sumber utama iluminasi dan melibatkan sumber daya alam (cahaya matahari) dalam penciptaan suasana ruang, sehingga dapat mengurangi kelelahan mata (*eye*

strain & mental stimulation), memberikan temperature warna, orientasi waktu dan memberikan akses langsung ke lingkungan alam dengan tujuan memberikan kenyamanan bagi penggunanya (Lam, 1977). Selain itu juga, pemanfaatan cahaya alami ini tidak bergantung pada energi listrik, tidak memerlukan perawatan instalasi seperti pencahayaan buatan. Namun, kelemahannya adalah besaran intensitas cahaya matahari yang masuk tidak konsisten, karena dipengaruhi oleh bukaan dan ketersediaan cahaya matahari.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja suatu pencahayaan alami (*daylight spaces*), (Velux Group, 2018) yaitu;

- a. Kondisi iklim, merupakan faktor utama dari suatu lokasi bangunan yang menjadi prasyarat utama terkait ketersediaan sinar matahari, kenyamanan visual dan kenyamanan termal.

Tabel 1. Sebaran distribusi pencahayaan langit

	Sebaran distribusi pencahayaan langit cerah (matahari intensitas tinggi), sehingga tingkat luminasinya juga cerah
	Sebaran distribusi pencahayaan langit menengah (cahaya matahari tersebar oleh awan)
	Sebaran pencahayaan langit mendung

- b. Garis lintang, merupakan faktor penentu ketinggian matahari untuk waktu dan hari tertentu, baik pada saat musim panas maupun musim hujan pada lokasi tertentu. Faktor ini akan menjadi input desain untuk pengendalian radiasi matahari langsung.
- c. Hambatan dan refleksi di lokasi, terkait material refleksi eksternal dan penghalang-penghalang dari elemen-elemen di sekitarnya pada lokasi bangunan, seperti bangunan, vegetasi dan permukaan tanah. Hal ini akan mempengaruhi jumlah cahaya siang hari yang mencapai bagian elemen dalam bangunan, seperti jendela atap ataupun jendela fasad (Tabel 2).

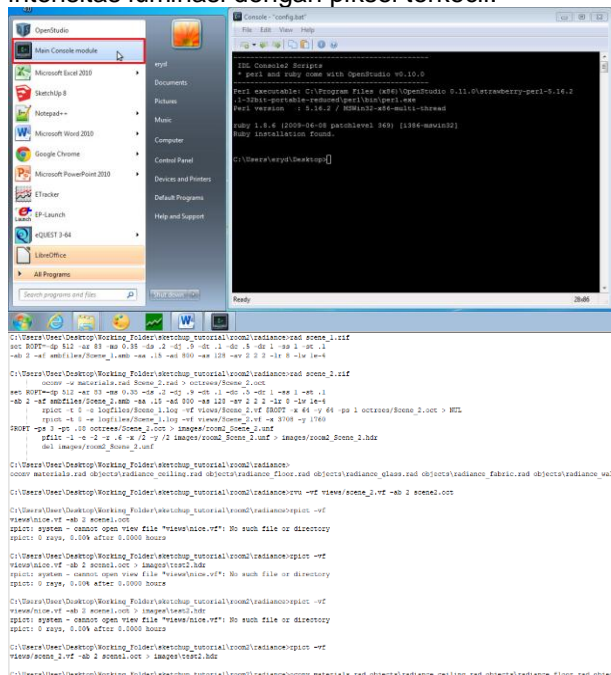
Tabel 2. Kondisi jendela yang mempengaruhi besaran jumlah cahaya siang hari mencapai elemen bangunan

	Kondisi jendela atap (<i>skylight</i>)
	Kondisi jendela fasad (<i>façade windows</i>)

- d. Elemen arsitektur bangunan akan mempengaruhi intensitas cahaya siang hari yang akan masuk ke dalam suatu ruangan. Semakin sedikit bukaan, maka cahaya yang masuk juga sedikit dan sebaliknya. Jika ruangan terlalu dalam atau panjang juga mengakibatkan cahaya yang masuk juga sedikit.
- e. Sifat material menjadi elemen penting, terutama dalam perihal pemantulan permukaan yang dibutuhkan dalam sistem pencahayaan. Permukaan gelap memantulkan lebih sedikit cahaya dari permukaan terang, sehinggahasilnya cenderung menjadi tidak nyaman.

Simulasi Radiance

Simulasi *radiance* atau dikenal dengan *Radiance Simulation* merupakan sistem visualisasi pencahayaan yang berawal dari proyek penelitian di Lawrence Berkeley Laboratories tahun 1984, dimana mampu menghasilkan gambar yang benar secara fisik dan tidak dapat dibedakan dari foto asli (Jacobs, 2010). Simulasi ini menggunakan teknik penelusuran sinar yang menciptakan foto realistis tiga dimensi sebagai representasi ruang dengan kenyamanan visual (Compagnon, 1997) terhadap iluminasi yang diperoleh pada siang hari (Galasiu & Morad, 1998). Simulasi ini menggunakan program *console windows* yaitu *console2*. *Console* adalah pengganti kotak perintah *Ms-Windows* (perintah “*cmd*”) pada computer. Program ini tidak membutuhkan instalasi yang berlebihan, hanya membutuhkan instalasi “*pearl*” dan “*ruby*”. Simulasi ini berbasis *scripting* pada *console windows* dengan membaca *grid* intensitas luminasi dengan piksel terkecil.



Gambar 2. Tampilan *console* dan *scripting* pada *windows radiance simulation*

Dalam simulasi ini ada beberapa yang menjadi parameter input data (Jacobs, 2010) yang diperlukan

(Tabel 3), sedangkan pilihan besaran nilainya tergantung dari kecepatan dan hasil yang diinginkan dalam simulasi ini. Semakin besar nilai nya dimasukan, maka semakin lama proses simulasi. Selanjutnya, hasil simulasi ini akan mengeluarkan beberapa hasil output data (Jacobs, 2010) (Tabel 4), yaitu:

Tabel 3. *Input data* pada simulasi *radiance*

Para meter	Deskripsi	Nilai				
		Min	Fa st	Acc ur	Very Accur	Max
-ab	<i>Ambient bounces</i>	0	0	2	5	8
-aa	<i>Ambient accuracy</i>	0.5	0.2	0.15	0.08	0
-ar	<i>Ambient resolution</i>	8	32	128	512	0
-ad	<i>Ambient divisions</i>	0	32	512	2048	4096
-as	<i>Ambient super-samples</i>	0	32	256	512	1024

Tabel 4. *Output data* pada simulasi *radiance*

Type File	Extension File	Deskripsi
<i>Object description</i>	.rad	Gambaran geometri objek
<i>Material definition</i>	.mat	Gambaran material yang digunakan
<i>Octree</i>	.oct	Gambaran cahaya langit pada simulasi, baik material dan geometrinya
<i>Image file</i>	.hdr	Visualisasi gambar berupa <i>HDR Images</i> dengan format JPEGs/PNGs
<i>Ambient file</i>	.amb	<i>Such files can grow rather large and should be deleted once a project finished simulation</i>
<i>Data table</i>	.dat	Gambaran hasil berupa table angka, terutama hasil iluminasi atau kalkulasi <i>daylight factor</i> dengan menggunakan <i>rtrace</i>
<i>Project file</i>	.rif	

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan pada penelitian ini yaitu berbasis eksperimen mandiri (*experimental-based design*) yang terdiri dua tahap. Tahap I merupakan tahapan konfigurasi gubahan massa dan bentuk bukaan pada 10 alternatif bentuk. Tahap II merupakan tahapan simulasi *radiance*, dimana perlunya verifikasi data kemudian dievaluasi menggunakan simulasi *radiance*.



Gambar 3. Tahapan penelitian

Tahap I – Pengumpulan Data

Pada tahapan ini merupakan pengumpulan data iklim dan konfigurasi bentukan model ruang pada ukuran 7.2mx8.4x5m dengan melakukan kombinasi modifikasi bukaan. Kemudian konfigurasi model tersebut diletakkan pada luar ruangan pada tanggal 9 September, pukul 11.48 WIB (cahaya langit). Selanjutnya peneliti melakukan *draw light*, yaitu penggambaran intensitas cahaya yang masuk ke dalam model tersebut. Tahapan ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menentukan area yang terkena *daylit* dan *non-daylit* (Tabel 5).

Tahap II – Simulasi Radiance

Tahapan selanjutnya adalah melakukan simulasi berbasis *scripting* pada *console windows* yang merupakan metode simulasi membaca *grid* intensitas luminasi dengan piksel terkecil. *Scripting data* yang diinput pada simulasi *radiance* dapat dilihat pada gambar di bawah ini (Gambar 4), hasilnya berupa lapisan intensitas cahaya dan visualisasi ruang yang menggunakan cahaya alami.

```
C:\Users\User\Desktop\Working_Folder\sketchup_tutorial\room2\radiance>scene_2.rif

C:\Users\User\Desktop\Working_Folder\sketchup_tutorial\room2\radiance>rad scene_1.rif
set ROPT=-dp 512 -ar 83 -ms 0.35 -ds .2 -dj .9
-dt .1 -dc .5 -dr 1 -ss 1 -st .1
-ab 2 -af ambfiles/Scene_1.amb -aa .15 -ad 800
-as 128 -av 2 2 2 -lr 8 -lw 1e-4

C:\Users\User\Desktop\Working_Folder\sketchup_tutorial\room2\radiance>rad scene_2.rif
oconv -w materials.rad Scene_2.rad >
octrees/Scene_2.oct
set ROPT=-dp 512 -ar 83 -ms 0.35 -ds .2 -dj .9
-dt .1 -dc .5 -dr 1 -ss 1 -st .1
-ab 2 -af ambfiles/Scene_2.amb -aa .15 -ad 800
-as 128 -av 2 2 2 -lr 8 -lw 1e-4
rpict -t 0 -e logfiles/Scene_1.log -vf
views/Scene_2.vf $ROPT -x 64 -y 64 -ps 1
octrees/Scene_2.oct > NUL
rpict -t 0 -e logfiles/Scene_1.log -vf
views/Scene_2.vf -x 3708 -y 1760
$ROPT -ps 3 -pt .08 octrees/Scene_2.oct >
images/room2_Scene_2.unf
pfilt -1 -e -2 -r .6 -x /2 -y /2
images/room2_Scene_2.unf >
images/room2_Scene_2.hdr
del images/room2_Scene_2.unf
```

Gambar 4. Input dan output data pada simulasi radiance

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis simulasi menunjukkan bahwa dari setiap konfigurasi alternatif bukaan di setiap ruangan menghasilkan lapisan intensitas cahaya dan skala iluminasi yang berbeda pula (Tabel 5). Setiap rentang iluminasi ini mempengaruhi kenyamanan visual yang ditangkap oleh indera penglihatan. Pada hasil simulasi ini gambar ini berwujud foto realistik dari hasil *rendering hdr images* pada simulasi *radiance*. Jika dibandingkan pada tahap I konfigurasi model dan *draw light* yang dilakukan secara manual melalui persepsi indera penglihatan dengan tahap II simulasi *radiance* terdapat perbedaan penafsiran dan penggambaran lapisan intensitas cahaya yang masuk. Hasil dari penelitian ini juga menunjukkan bahwa, tahapan *draw light* sebagai deskripsi luminasi cahaya pada suatu area *daylight space* dan

area *non-daylight space* berdasarkan persepsi indera penglihatan peneliti. Kemudian dilanjutkan dengan tahapan simulasi *radiance* untuk memverifikasi tahapan *draw light* dan memvisualisasikan dalam sebuah gambar foto realistik dengan format *hdr images*.

Tabel 5. Hasil simulasi radiance pada 10 konfigurasi objek berdasarkan ukuran, material, orinetasi, bentukan bukaan jendela, dinding dan bukaan atap

Model Konfigurasi	Draw Light	Simulasi Radiance	HDR Images

Berdasarkan hasil perbandingan simulasi ini, konfigurasi bentukan alternatif ini dapat dikategorikan berdasarkan jumlah bukaan dan persepsi rentang cahaya yang masuk ke dalam ruangan sebanyak 6 kategori (Tabel 6), yaitu:

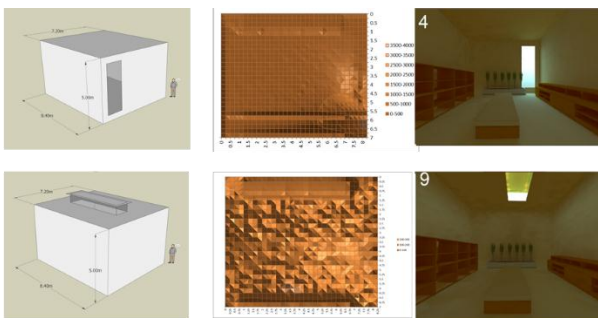
Tabel 6. Kategori intensitas iluminasi pada ruangan berdasarkan jumlah bukaan

Kategori	Keterangan
A	Jumlah bukaan berasal dari 1 sumber (model nomor 4 dan 9) <ul style="list-style-type: none"> Banyak area <i>non-daylight space</i> <i>Visual comfort</i> tidak nyaman

B	Jumlah bukaan berasal lebih dari 1 sumber dengan jumlah lebih dari 1 (model nomor 2, 5, 8, 10)	<ul style="list-style-type: none"> • Sebagian area <i>daylight space</i> dan sebagian area <i>non-daylight space</i> • <i>Visual comfort</i> cukup nyaman
C	Jumlah bukaan berasal lebih dari 1 sumber dengan jumlah lebih dari 1 (model nomor 3, 6, 7)	<ul style="list-style-type: none"> • Sebagian area <i>daylight space</i> dan sebagian area <i>non-daylight space</i> • <i>Visual comfort</i> nyaman
D	Jumlah bukaan berasal dari 1 sumber bukaan dengan ukuran yang cukup besar	<ul style="list-style-type: none"> • Banyak area <i>daylight space</i> • <i>Visual comfort</i> tidak nyaman karena menimbulkan efek silau

Semakin banyak area *non-daylight space* pada suatu ruangan, maka semakin banyak dibutuhkannya pencahayaan buatan pada ruangan tersebut dan sebaliknya. Semakin banyak area *daylight space*, maka dapat meminimalisir penggunaan cahaya buatan, sehingga jumlah konsumsi energi dan pemakaian listrik juga kecil pada ruangan atau bangunan tersebut.

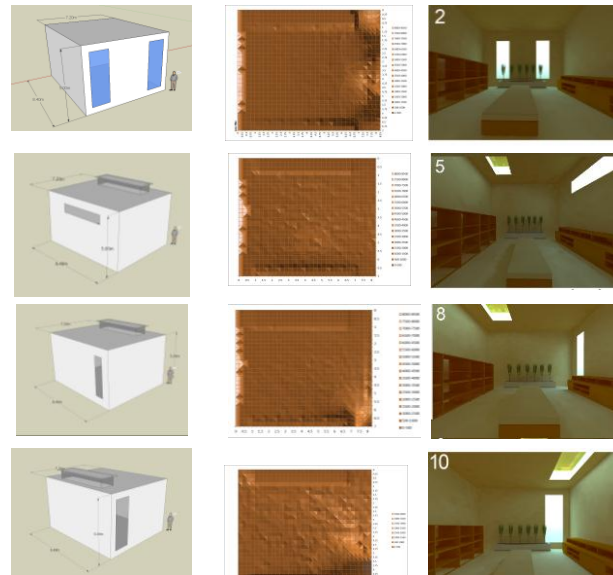
Pada kategori A dengan model 4 dan 9 (Gambar 5), dimana model 4 dengan konfigurasi bukaan jendela vertikal bagian kanan ruangan (1 buah) dan model 9 dengan konfigurasi bukaan atap (1 buah) menghasilkan banyaknya lapisan area *non-daylight space* dan secara kenyamanan visual (*visual comfort*) ruangan ini masih gelap. Oleh karena itu, konfigurasi model seperti ini akan membutuhkan banyak penggunaan cahaya buatan.



Gambar 5. Kategori A model konfigurasi 4 dan 9

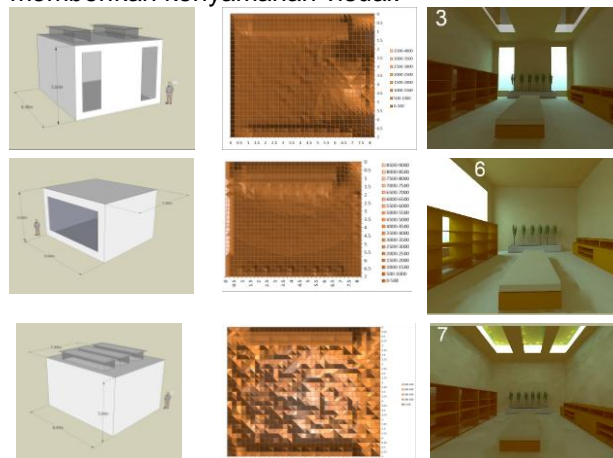
Pada kategori B dengan model 2, 5, 8, dan 10 (Gambar 6). Model 2, konfigurasi bukaan terdiri dari bukaan jendela vertikal pada bagian kiri dan kanan bangunan sebanyak 2 buah. Model 5, konfigurasi terdiri lebih dari 1 sumber bukaan, yaitu bukaan atap *clerestory* sebanyak 1 buah dan bukaan jendela horizontal bagian atas sebanyak 1 buah. Model 8, konfigurasi terdiri lebih dari 1 sumber bukaan, yaitu bukaan atap *clerestory* sebanyak 1 buah dan bukaan jendela vertikal sebanyak 1 buah. Sedangkan model 10, konfigurasi terdiri lebih dari 1 sumber bukaan, yaitu bukaan atap *clerestory* sebanyak 1 buah dan

bukaan jendela vertikal pada bagian kiri sebanyak 1 buah. Ke-empat model ini menghasilkan sebagian area *daylight space* dan area *non-daylight space*, namun secara kenyamanan visual (*visual comfort*) ruangan ini cukup memberikan kenyamanan visual bagi indera penglihatan. Oleh karena itu, konfigurasi model seperti akan membutuhkan penggunaan cahaya buatan, namun tidak sebanyak pada kategori A.



Gambar 6. Kategori B model konfigurasi 2, 5, 8, dan 10

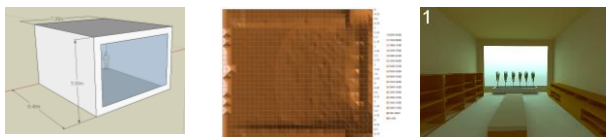
Pada kategori C dengan model 3, 6, dan 7 (Gambar 7), dimana model 3, konfigurasi bukaan terdiri dari bukaan jendela vertikal pada bagian kiri dan kanan bangunan sebanyak 2 buah dan bukaan atap *clerestory* sebanyak 2 buah. Model 6, konfigurasi bukaan berasal dari jendela bagian kiri dengan ukuran yang hampir sama dengan luasan dinding. Model 7, konfigurasi bukaan terdiri dari bukaan atap *clerestory* sebanyak 3 buah. Ke-tiga model ini menghasilkan sebagian area *daylight space* dan area *non-daylight space*, namun secara kenyamanan visual (*visual comfort*) ruangan ini memberikan kenyamanan visual.



Gambar 7. Kategori C model konfigurasi 3, 6 dan 7

Kategori D model 1 (Gambar 8) merupakan konfigurasi dengan sumber bukaan berasal dari 1 sumber bukaan dengan ukuranyang besar. Pada model ini, konfigurasi bukaan terdiri dari bukaan

jendela 176 vertikal yang luasannya hampir sama dengan luasan dinding sebanyak 1 buah. Model ini menghasilkan area *daylight* space yang cukup banyak, namun secara kenyamanan visual (*visual comfort*) ruangan ini memberikan kesan silau.



Gambar 8. Kategori D model konfigurasi 1

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari simulasi yang telah dijabarkan menunjukkan adanya perbedaan pada proses *draw light* dan proses simulasi *radiance*. Pada tahap I (konfigurasi model dan *draw light*), penggambaran besarnya intensitas cahaya alami yang masuk ke dalam ruangan merupakan visualisasi melalui persepsi indera penglihatan manusia, sedangkan pada tahap II (simulasi *radiance*) besarnya intensitas cahaya alami yang masuk ke dalam ruangan divisualisasikan melalui hasil foto realistik *hdr images*. Hasil simulasi ini juga menunjukkan bahwa besarnya cahaya alami yang masuk ke dalam ruangan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu sumber bukaan, jumlah bukaan, posisi bukaan, besaran bukaan, dan orientasi ruangan atau bangunan. Besarnya intensitas cahaya yang masuk juga akan mempengaruhi kenyamanan visual bagi pengguna yang beraktivitas dalam ruangan tersebut. Hal ini dapat dilihat pada salah satu kategori C model 3, 6, dan 7 yang menunjukkan bahwa konfigurasi ini menghasilkan sebagian area *daylight* dan sebagian area *non-daylight* secara merata dan baik, sehingga memberikan kenyamanan visual (*visual comfort*) bagi pengguna di dalam ruangan tersebut. Konfigurasi ini juga tidak membutuhkan pencahayaan buatan pada siang hari, sehingga dapat meminimalisir konsumsi energi listrik pada siang hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Langlangbuana Bandung sebagai pihak yang telah memberikan dukungan dalam terlaksananya Penelitian Dana UNLA Tahun Anggaran 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Asriana, N. (2019). Analisis Physical Model For Daylight Spaces Dengan Pendekatan An Experimental-Based Design. *Jurnal Arsitektur ARCADE*. <https://doi.org/10.31848/arcade.v3i2.187>
- Compagnon, R. (1997). *Radiance: A Simulation Tool for Daylighting Systems*.
- Galasiu, A. D., & Morad, R. A. (1998). Applicability of Daylighting Computer Modelling in Real Case Studies."Comparison between Measured and Simulated Daylight Availability and Lighting Consumption., (p. 68).
- Hassan, A. S., & Arab, Y. (2014). Reliability of Computer Simulation on Illuminance Level of Pendentive Dome

- Mosque in Comparison with On-Field Data Collection. *Modern Applied Science*. <https://doi.org/10.5539/mas.v8n2p183>
- Jacobs, A. (2010). *Radiance Tutorial*.
- Kelly Waskett, R., Painter, B., Mardaljevic, J., Irvine, K., & Kelly, R. (2014). Retrofit electrochromic glazing in a UK office. In *SDAR* Journal of Sustainable Design & Applied Research*.
- Lam, W. (1977). *Perception and Lighting as Formgivers for Architectures*. McGraw-Hill.
- Merghani, A. H., & Bahloul, S. A. (2018). *Comparison Between Radiance Daylight Simulation Software Results and Measured on-site Data*. Sudan: University of Khartoum
- Reinhart, C. F. (2014). Daylight Handbook I. In *Muscle & nerve*.
- Roshan, M., & Barau, A. S. (2016). Assessing Anidolic Daylighting System for efficient daylight in open plan office in the tropics. *Journal of Building Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2016.07.002>