



PENGARUH VOID SEBAGAI NATURAL DAYLIGHT TERHADAP KENYAMANAN VISUAL RUMAH TINGGAL MELALUI SIMULASI DIALUX EVO

Rabiyatul Adawiyah¹, Lili Kusumawati²

¹Mahasiswa Magister Arsitektur Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Trisakti, Jakarta

²Dosen Arsitektur Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Trisakti, Jakarta

Surel: ¹152012300011@std.trisakti.ac.id; ²lili.kusumawati@trisakti.ac.id

Vitruvian vol 14 no 2 Juli 2024

Diterima: 10 01 2024 | Direvisi: 17 07 2024 | Disetujui: 24 07 2024 | Diterbitkan: 25 07 2024

ABSTRAK

Pencahayaan memiliki dampak kenyamanan visual dalam rancangan hunian. Reaksi emosional dapat terjadi jika terpapar dalam waktu yang lama. Pencahayaan yang tepat sangat penting untuk aktifitas rumah tangga. Terdapat ruang tertentu di rumah yang memiliki tingkat aktivitas yang lebih tinggi dibanding ruang lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak pencahayaan alami di tiga area utama rumah tinggal: dapur, ruang keluarga, dan ruang aktivitas anak-anak. Oleh karena itu, pengaturan bukaan sangat penting untuk dipikirkan dengan baik sehingga memastikan kondisi pencahayaan optimal dan mendukung aktivitas rumah tangga yang efisien. Untuk mencapai tujuannya, penelitian ini akan mencatat intensitas cahaya di dalam rumah pada tiga waktu tertentu, membandingkannya dengan standar SNI menggunakan alat Luxmeter, menganalisa hasil temuan dengan menggunakan aplikasi DIALux Evo, dan memberikan rancangan bukaan pencahayaan alami melalui simulasi DIALux Evo. Penelitian ini akan menggunakan pendekatan kuantitatif non-statistik, dimulai dengan tinjauan literatur tematik dan pengumpulan data melalui *convenience sampling*. Pada akhirnya, menghasilkan rancangan bukaan untuk mendapatkan pencahayaan alami sehingga memberikan kenyamanan visual bagi penghuni rumah pada siang hari menggunakan simulasi digital Dialux evo 11.

Kata kunci: pencahayaan alami; kenyamanan visual; rumah tinggal; DIALux

ABSTRACT

Lighting significantly impacts visual comfort in residential design. Emotional reactions can occur after prolonged exposure. Proper lighting is essential for household activities. Certain spaces in a home have higher activity levels than others. The research aims to evaluate the impact of natural lighting in three key spaces of a residential home: the kitchen, family room, and children's activity room. Consequently, a carefully thought-out arrangement of openings is essential to ensure optimal lighting conditions and support efficient household activities. To achieve its objectives, the study will record light intensity in the house at three specific times, compare it to the SNI standard using a Luxmeter tool, analyze the findings using the DIALux Evo application, and provide alternative light designs through Dialux Evo simulation. The research will employ a non-statistical quantitative approach, starting with a thematic literature review and gathering data through convenience sampling. Ultimately, it creates a design of voids to obtain natural lighting to provide visual comfort for the householders during the day using Dialux Evo 11 digital simulation.

Keywords: natural lighting; visual comfort; residential home; DIALux

PENDAHULUAN

Pada bangunan yang berkelanjutan termasuk rumah tinggal, memiliki kenyamanan

termal (penghawaan/udara), kenyamanan akustis (suara/bunyi), dan kenyamanan visual (pencahayaan) merupakan aspek penting

karena menyangkut kenyamanan pengguna dan efisiensi energi. Terdapat perbedaan kegiatan disetiap penghuni rumah tinggal, yang dijadikan perhatian disini ialah berkriteria penghuni rumah yang menghabiskan waktunya sangat sering di dalam rumah untuk melakukan kegiatan sehari-hari. Sehingga perancangan bangunan rumah tinggal yang menyangkut kenyamanan visual pun menjadi prioritas utama agar memiliki psikologis yang stabil. Karena reaksi secara emosional dapat dialami setelah berada di lingkungan pencahayaan dalam jangka waktu yang cukup lama (Sutanto, 2017).

Dari kegiatan yang dapat dilakukan di dalam rumah oleh penghuni, terdapat ruang-ruang yang terhubung dengan intensitas tinggi, menjadikan tata letak pencahayaan dan pemilihan sumber cahaya yang tepat dapat mempengaruhi berjalannya kegiatan rumah tangga yang baik. Pada umumnya kegiatan sehari-hari pada waktu siang di rumah tinggal menjadi perhatian khusus karena merupakan waktu yang dibutuhkan anak-anak dan orang tua untuk beraktivitas.

Hubungan antara ruang dapur, ruang keluarga, dan ruang kegiatan anak menjadi ruang yang sangat sering digunakan oleh salah satu rumah tinggal di rumah tinggal Kebayoran Baru dengan 4 anggota keluarga: ayah, ibu, dan 2 anak. Untuk mendapatkan reaksi "nyaman" berdasarkan terang cahaya yang sesuai dengan kebutuhan kegiatan, maka dibutuhkan penelitian terhadap kenyamanan visual dari sumber pencahayaan yang memiliki kuat cahaya (lux). Sehingga, dapat memperoleh rancangan pencahayaan alami maupun buatan yang paling optimal sebagai rekomendasi pada pencahayaan siang di rumah tinggal Kebayoran Baru.

TINJAUAN PUSTAKA

Kenyamanan Visual

Untuk meningkatkan kenyamanan visual dengan pencahayaan alami diperlukan luas bukaan tambahan di masing-masing ruang di rumah (Rapija GW, 2013). Penggunaan cahaya dapat menyesuaikan referensi kebutuhan pengguna ruang, sehingga di siang hari pada ruangan tertentu jika diperlukan untuk mencapai tingkat kenyamanan visual dapat menggunakan cahaya buatan dari lampu (Gifson, 2018). Kenyamanan visual rumah perlu dirancang untuk kebutuhan berkelanjutan penghuni hingga masa tuanya, sehingga sistem pencahayaan dapat diatur lebih spesifik

dengan mempertimbangkan kebutuhan penglihatan lansia yang berada atau akan bertamu ke dalam rumah (Guerry, Galatanu, Canale, & Zisis, 2019).

Kenyamanan visual ialah suatu keadaan visual yang dirasakan nyaman secara fisik pada umumnya, dan kalau secara khusus dapat dirasakan dalam lingkup visual indra penglihatan kita yaitu mata. Selain itu, ada yang disebut kenyamanan psikovisual yaitu, suatu kenyamanan dalam lingkup psikis/ psikologis yang timbul sebagai akibat tercapainya suatu tingkatan kenyamanan fisik secara visual yang telah terjadi atau telah dirasakan sebelumnya. Maka dapat dikatakan jika kondisi kenyamanan visual memenuhi syarat, maka kenyamanan psikovisual yang timbul adalah perasaan yang positif (Sutanto, 2017).

Pencahayaan Alami

Pendistribusian pencahayaan alami *skylight* pada rumah tinggal juga dapat menjadi solusi agar pencahayaan banyak masuk ke dalam rumah (Kusuma & I., 2022), tentu dengan mempertimbangkan luasan bukaan agar panas berlebih tidak masuk ke dalam rumah (Jannah, 2022). Tingkat pencahayaan juga dipengaruhi oleh kegiatan yang dilakukan oleh penghuni ruang, jika penghuni ruang sering melakukan aktifitas menggambar diperlukan 592 lux untuk mendapatkan pencahayaan yang nyaman (Pahlevi, 2022). Pada bangunan, cahaya yang paling banyak masuk ialah posisi dekat jendela, jika perlahan menjauh dari jendela maka nilai intensitas cahaya menurun (Purnama, Pratama, & Nugraha, 2022). Bentuk bukaan horizontal dan vertikal (Sari & Shafa, 2022), ukuran bukaan, pengaruh waktu dimana matahari bergerak (Prasetyo, Pratomo, Syakran, & Bahar, 2022), dan letak bukaan menghadap utara/timur/barat/selatan (Purnama, Pratama, & Suryani, 2023) merupakan hal-hal yang mempengaruhi presentase intensitas cahaya masuk ke dalam ruang.

Maka, untuk mendapatkan pencahayaan alami pada rumah tinggal bukaan memiliki beberapa bentuk, misalnya *skylight* untuk bukaan horizontal pada bagian langit rumah yang langsung menghadap ke langit, bentuk vertikal seperti jendela dan pintu, atau *void* untuk bukaan terbuka yang terletak diantara lantai satu dan lantai dua.

Agar menghasilkan dan memudahkan model perancangan pencahayaan yang tepat pada bangunan rumah dapat menggunakan



software DIALux, penggunaan cahaya buatan pada bangunan perlu dipertimbangkan pada waktu siang hari (Wibowo & Taruno, 2018). Terdapat aplikasi pembaruan dari software DIALux ialah DIALux evo dimana aplikasi ini dapat lebih mempermudah para perancang pencahayaan dalam membantu implementasi dan validasi metode 3 fase untuk perhitungan siang hari tahunan tanpa mengorbankan akurasi (Hemmerling, Seegers, & Witzel, 2023).

Berdasarkan penelitian terdahulu maka, penelitian ini menggunakan aplikasi DIALux evo. Dengan merekam denah, tinggi pada ruang bersama, beserta ruang tiga dimensi rumah seperti ruang-ruang yang terkait dengan kedekatan sumber pencahayaan alami agar sampai pada ruang bersama di rumah tinggal Kebayoran Baru. Setelah melakukan analisis pencahayaan alami, peneliti dapat menentukan bagian rumah mana yang bisa dijadikan bukaan tambahan agar dapat memenuhi kenyamanan visual cahaya pada siang hari sesuai dengan kebutuhan pelaku kegiatan didalamnya (Adawiyah, 2023).

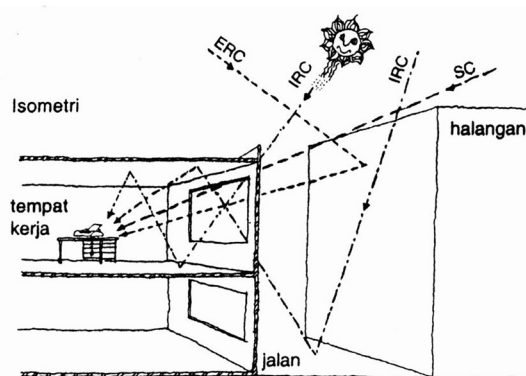
Menurut ketentuan internasional, perencanaan langit ditetapkan antara 3.000-5.000 lux dan untuk Indonesia 10.000 lux. Sedangkan, faktor cahaya pada siang hari dapat ditentukan menggunakan teknik menggambar dibantu dengan busur surya dengan menggunakan rumus sebagai pendekatannya. Faktor cahaya alami siang hari dipengaruhi oleh (Cowan & Smith, 1983):

1. Komponen langit yaitu cahaya langsung dari matahari pada bidang kerja (SC = sky component)
2. Komponen refleksi luar yaitu cahaya pantulan dari permukaan benda sekitar (ERC = Externally Sky Component)
3. Komponen refleksi dalam yaitu cahaya pantulan dari permukaan di dalam ruangan (IRC= Internally Reflected Component) (2).

Rumus perhitungan faktor cahaya siang hari $DF = Daylight Factor$ (1) ialah,

$$DF = SC + IRC + ERC \quad (1)$$

$$IRC = \frac{0,85 W}{A(1-\rho)} \cdot (C\rho FW + 5\rho OW) \quad (2)$$



Gambar 1. Faktor Cahaya Siang Hari dan Pantulannya mencakup tiga komponen: SC, ERC, IRC

Sumber: Cowan & Smith, 1983

Sumber pencahayaan alami pada ruang dalam. Bangunan membantu untuk mendukung berbagai aktivitas manusia dalam bangunan pada pagi sampai sore hari, dengan catatan ruangan mendapatkan cahaya matahari secara cukup dan memadai (Frick, Ardianto, & Darmawan, 2008).

Dalam sistem penerangan pada bangunan terdapat standar kuat penerangan yang disarankan untuk mencapai kenyamanan visual bagi pemakainya. Standar penerangan tergantung pada fungsi ruang dan efektivitas pencahayaan. Berikut standar kuat penerangan pada ruangan di rumah tinggal, biro kantor, dan sekolah (Darmasetiawan & Puspakesuma, 1991). Jenis bangunan sekolah menjadi ikut dalam pertimbangan peneliti untuk menyesuaikan kegiatan penghuni terhadap fungsi ruang di rumah tinggal sehingga mendapati rasa nyaman (Tabel 1).

Tabel 1. Standar Kuat Penerangan pada Rumah Tinggal, Biro Kantor, dan Sekolah.

Bangunan	Ruangan	Besaran penerangan yang dianjurkan (Lux)
Rumah Tinggal	Tangga	60
	Serambi depan	60
	Ruang makan	120-250
	Ruang tamu	120-250
	Ruang Kerja	120-250
	Kamar tidur anak	120
	Kamar tidur utama	250
	Kamar mandi	250
	Dapur	250

	Gudang Makanan	60
	Ruang samping	60
	Ruang Cuci	250
Sekolahan	Pekerjaan Tangan	500
	Perpustakaan	500

Sumber: Darmasetiawan & Puspakesuma, 1991

METODOLOGI PENELITIAN

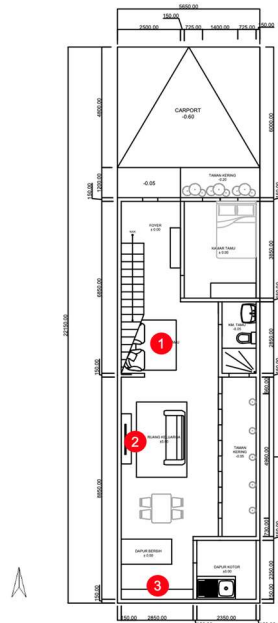
Metode penelitian ini menggunakan kuantitatif non statistic (Purnomo, 2007) dengan pendekatan studi kasus kontemporer (Hamzah, 2020). Penelitian studi kasus dapat dirancang menjadi penelitian tindakan jika dilakukan secara observasional dan bertujuan untuk memperbaiki keadaan (Mertler, 2011). Dimulai dengan kajian kepustakaan tematik dari hasil utama dari berbagai penelitian sesuai dengan tema penelitian. Lalu, menggunakan jenis cara pengambilan sampel *convenience sampling* didasarkan pada ketersediaan dan kemudahan dalam waktu yang singkat untuk mendapatkannya. Melakukan pengumpulan data pada satu rumah Kebayoran Baru, yang berisi satu keluarga inti dan asisten rumah tangga. Dengan observasi langsung pada siang hari untuk pengukuran terhadap kuat cahaya menggunakan luxmeter, pada jam-jam sibuk rumah tangga yaitu pagi (09.00), siang (12.00), sore (16.00) dan luas ruang dengan dimensi 11,6 meter x 4 meter x 3 meter. Data hasil pengukuran yang didapat akan dianalisis dengan standar pencahayaan yang direkomendasikan SNI dan literatur. Analisis data menggunakan simulasi komputasi DIALux evo yang memiliki tujuan melakukan perhitungan atau pengukuran cahaya pada ruang bersama. Simulasi cahaya ini melalui pola tata letak sumber cahaya alami yang “nyaman” dengan kondisi eksisting sehingga menghasilkan sistem pencahayaan alami.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Ruang Bersama

Ruang bersama merupakan ruang yang sering digunakan oleh penghuni rumah. Dengan total luas ruang bersama 46,4 m². Ruang bersama terletak di denah lantai dasar rumah. Maka untuk menggambarkan dari sisi mana saja ruang bersama mendapatkan

pencahayaan alami, berikut Gambar 1 denah lantai dasar rumah tinggal Kebayoran Baru.



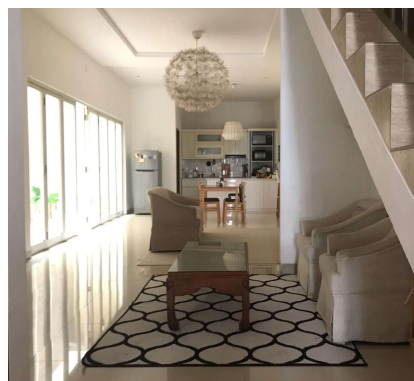
Gambar 1. Denah bukaan eksisting ruang bersama

Sumber: Adawiyah, 2023

Pada kondisi eksisting ruang bersama berupa:

- 1) Ruang Tamu
- 2) Ruang Keluarga
- 3) Dapur Bersih

Ruang bersama mendapatkan pencahayaan alami dari bukaan di ruang foyer dan ruang taman kering. Kondisi yang ada pada ruang bersama dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Foto eksisting ruang bersama

Sumber: Adawiyah, 2023

Pengukuran kuat cahaya (lux) pada kondisi eksisting ruang bersama dilakukan pada tiga waktu berbeda yaitu pagi (09.00), siang (12.00), sore (16.00) dengan sumber pencahayaan 100% alami dari terang matahari, dengan kondisi ruangan terdapat penghuni sedang beraktifitas tanpa bantuan



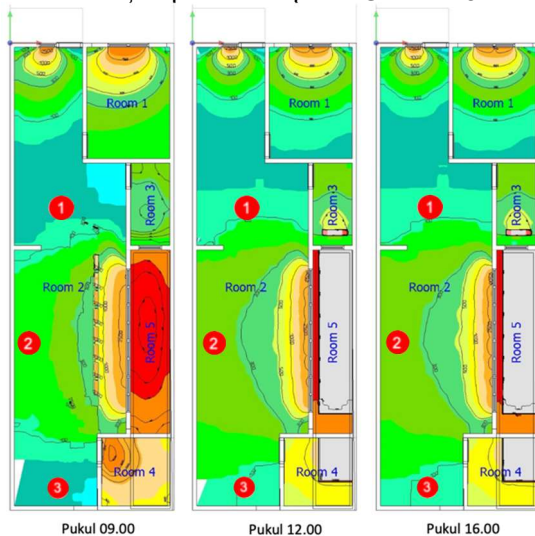
cahaya buatan, atau barang elektrikal apapun. Pengukuran juga dilakukan pada 3 titik target ruang untuk memperoleh pencahayaan alami yang maksimal (Gambar 1.) Hasil pengukuran dengan lux meter disajikan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Pengukuran cahaya manual menggunakan luxmeter pada 3 titik target ruang

Ruang Bersama	Waktu	Lux eksisting	SNI
Ruang Tamu (1)	09.00	7 lux	120-
	12.00	14 lux	250
	16.00	3 lux	lux
Ruang Keluarga (2)	09.00	10 lux	120-
	12.00	57 lux	250
	16.00	4 lux	lux
Dapur Bersih (3)	09.00	3 lux	250
	12.00	3 lux	lux
	16.00	6 lux	lux

Sumber: Adawiyah,2023

Dapat dilihat dari Tabel 1, bahwa pada pagi hari pencahayan ruang bersama antara 3-19 lux, pada siang hari 3 – 57 lux, dan pada sore hari 3-15 lux. Setelah melakukan pengukuran eksisting, peneliti melakukan uji pencahayaan ruang di ruang bersama dan kondisi lingkungan yang sama untuk mendapatkan nilai pembandingan antara pengukuran di lapangan dengan simulasi Dialux evo, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil analisis simulasi dialux di tiga waktu sibuk
Sumber: Adawiyah, 2023

Dari hasil simulasi dialux terhadap kondisi eksisting menghasilkan ruang bersama antara 43,2 lux – 3000 lux. 43,2 lux terdapat pada bagian sudut-sudut ruang pukul 09.00, yaitu

pada titik 1 dan titik 3. Sedangkan 3000 lux terletak pada room 5 yang mana terdapat void atau bukaan pada langit atap.

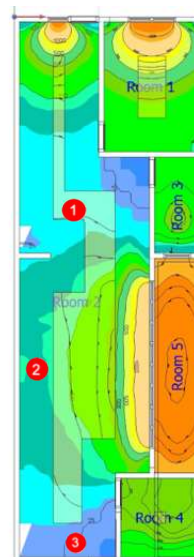
Tabel 2. Pengukuran cahaya menggunakan dialux pada 3 titik target ruang

Ruang Bersama	Waktu	Lux eksisting	SNI
Ruang Tamu (1)	09.00	43,2 lux	120-
	12.00	100 lux	250
	16.00	100 lux	lux
Ruang Keluarga (2)	09.00	200 lux	120-
	12.00	250 lux	250
	16.00	250 lux	lux
Dapur Bersih (3)	09.00	43,2 lux	250
	12.00	100 lux	lux
	16.00	100 lux	lux

Sumber: Adawiyah,2023

Dari hasil simulasi dialux pada 3 titik target ruang maka, dapat dikatakan ruang bersama menurut pengukuran dengan aplikasi dialux memiliki tingkat intensitas pencahayaan (lux) dibawah standar kecuali pada ruang keluarga pada pukul 12.00 dan 16.00 masing-masing 250 lux. Karena hal ini tidak sesuai dengan pengukuran manual dengan *luxmeter* maka dapat dilakukan simulasi *dialux* secara keseluruhan waktu sehingga menghasilkan rata-rata intensitas pencahayaan.

Hasil dari rata-rata berdasarkan keseluruhan waktu pada *dialux* mendekati hasil pengukuran manual. Berikut penjelasan dari hasil simulasi dialux rata-rata kuat cahaya pada ruang bersama.



Gambar 4. Hasil analisis simulasi eksisting dialux evo 11 ruang bersama
Sumber: Adawiyah, 2023

Pada simulasi secara keseluruhan waktu. Di titik -titik target ruang bersama

memiliki rata-rata kuat cahaya pada ruang tamu 27 lux dan ruang dapur bersih 10,5 lux, sedangkan ruang keluarga rata-rata pencahayaan 84 lux (Gambar 4). Maka karena hasil secara keseluruhan waktu mendekati angka ketika diukur manual dengan luxmeter (tabel 1), dapat dikatakan perhitungan dilapangan dengan sistem *dialux evo* adalah akurat.

Tabel 3. Hasil pengukuran cahaya eksisting menggunakan aplikasi Dialux evo pada ruang keluarga

	Simbol	Kalkulasi	Tar get	Cek lis
Daylight	D	0.657%	-	
Working plane	Eperpendicular	179 lx	≥ 250 lx	x

Notes on planning: Daylight proportion for Overcast Sky on 08/12/2023 at 12:00 {(UTC+ Bangkok, Hanoi, Jakarta). The ambient conditions for "Room 2" are clean

Sumber: Adawiyah,2023

Simulasi dialux evo terhadap kondisi eksisting pada ruang bersama menunjukkan kalkulasi hasil pencahayaan rata-rata 179 lux (Tabel 3). Dilihat dari kedua hasil pengukuran manual maupun komputasi didapati pencahayaan ruang tamu dan dapur masih belum memenuhi standar SNI 250 lux.

Analisis Pencahayaan dengan Dialux evo

Berdasarkan kajian literatur, kualitas cahaya pada ruangan di siang hari dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu luas lubang jendela dan luas permukaan ruang yang terdiri dari luas dinding 4 sisi, luas lantai, luas langit-langit. Untuk itu peneliti melakukan simulasi pencahayaan agar kualitas pencahayaan alami lebih terdistribusi merata.

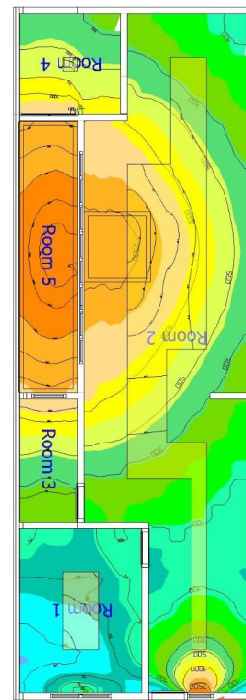
Berikut adalah hasil perhitungan simulasi, luas bukaan jendela yang diperlukan untuk mendapatkan kenyamanan visual dari cahaya alami / natural daylight dari matahari dengan menggunakan software Daylight Design Group (DDG)

- Orientasi bangunan rumah tinggal: Utara
- Luas dinding ruangan 136,27 m²
- Faktor refleksi asumsi: 50%
- Sudut penghalang: 90°
- Luas bukaan jendela yang diperlukan: 14,73 m²
- Luas bukaan jendela eksisting: 9 m²

Maka, selesih bukaan jendela yang belum ada yaitu 5,73 m².

Simulasi Pencahayaan Ruang Bersama

Untuk mendapatkan cahaya alami yang merata diupayakan bukaan pada bagian atap plafon ukuran 1,53 m x 1,63 m = 2,49 m². dan pada ruang dapur kotor (room 4) menghilangkan pintu yang menghubungkan dapur kotor dan dapur bersih, dan menambahkan bukaan jendela dengan ukuran 2,10 m x 1,35 m = 2,80 m². Total bukaan yaitu dari bukaan atap plafon, bukaan jendela, menghilangkan pintu akses = 2,49 m² + 2,80 m² + 1,89 m² = 7,18 m².



Gambar 5. Hasil simulasi dialux menambah bukaan natural lighting
Sumber: Adawiyah, 2023

Pada gambar 5 di atas, terdapat rata-rata natural daylighting simulasi bukaan yang baru sesuai dengan perhitungan diatas, maka hasil dari persebaran kuat cahaya lebih merata.

KESIMPULAN

Tabel 4. Hasil pengukuran simulasi cahaya ketika sudah menggunakan void (bukaan) dengan simulasi Dialux evo.

	Simbol	Kalkulasi	Tar get	Cek lis
Daylight	D	4.373%		
Working plane	Eperpendicular	711 lx	250 lx	

Notes on planning: Daylight proportion for Overcast Sky on



08/12/2023) at 12:00 {(UTC+ Bangkok, Hanoi, Jakarta). The ambient conditions for "Room 2" are clean.

Sumber: Adawiyah, 2023

Hasil penelitian pada pencahayaan alami ruang bersama di rumah tinggal Kebayoran baru perlu mengalami peningkatan bukaan untuk mendapatkan kenyamanan visual di siang hari. Melalui simulasi dialux evo 11, terlihat hasil dari kalkulasi persebaran cahaya alami rata-rata mencapai 711 lux yaitu melebihi SNI untuk kebutuhan rumah tinggal dimana membutuhkan 250 lux. Jika diperhatikan, pada titik target ruang bersama lux yang didapat yaitu ruang dapur bersih 177 lux, ruang keluarga, 456 lux, dan ruang tamu 177 lux. Diasumsikan bahwa penerangan ini memenuhi kebutuhan kenyamanan visual natural daylight bagi penghuni rumah.

Faktor yang mempengaruhi hasil kalkulasi persebaran cahaya alami ialah bukaan langsung bukaan (void) dari dinding dan plafon terhadap rumah tinggal menghasilkan cahaya alami yang tinggi dengan rata-rata 711 lux. Faktor secondary skin sebagai lapisan yang dibuat sejajar dengan void merupakan faktor eksternal terhadap bukaan belum dibahas dalam penelitian ini, sehingga penelitian ini masih perlu dilengkapi dan memerlukan penelitian lebih lanjut untuk mengungkap kalkulasi persebaran cahaya alami menggunakan secondary skin pada rumah tinggal untuk memenuhi standar kenyamanan penghuni.

Namun demikian, penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternatif pencahayaan yang lebih terang yang berpengaruh terhadap kenyamanan visual pengguna rumah tinggal. Hasil Penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi para perencana dalam merancang rumah tinggal sehingga mampu memberikan solusi pencahayaan alami yang cukup bagi kebutuhan penghuni.

Saran

Penelitian ini terbatas pada analisis pencahayaan alami tanpa melihat pengaruh efek sekunder dari *secondary skin* yang digunakan sebagai lapisan tambahan yang dapat memberikan pengaruh terhadap pendistribusian cahaya. Penelitian selanjutnya dapat mengatasi keterbatasan ini dengan menganalisisnya secara kuantitatif dampak *secondary skin* terhadap kenyamanan visual sesuai dengan kebutuhan pengguna ruang. Sehingga, dapat memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi pencahayaan alami di rumah tinggal.

DAFTAR PUSTAKA

- Sutanto, E. (2017). Prinsip-Prinsip Pencahayaan Buatan Dalam Arsitektur. Sleman, DIY.: PT Kanisius.
- Rapija GW, O. (2013). Studi Kebutuhan Bukaan Pada Bangunan Perumahan Type Menengah Dengan Pendekatan Pencahayaan. Media Teknik Sipil. Volume 10, Nomor 1, 35 - 40.
- Gifson, A. (2018). Optimasi Kuat Pencahayaan Lampu Philips Hue Dengan Memanfaatkan Cahaya Alami Untuk Ruang Kuliah Lantai 8 STTP-LN. Seminar Rekayasa Teknologi. e-ISSN : 2621-5934.
- Guerry, E., Galatanu, C., Canale, L., & Zisis, G. (2019). Optimizing the luminous environment using DialUX software at "Constantin and Elena" Elderly House- Study Case. Science Direct: Procedia Manufacturing 32, 466-473.
- Kusuma, Y., & I., M. A. (2022). Analysis of Natural Lighting and Visual Comfort Multipurpose Hall Building Using Software DIALux Evo 10.0 Case Study: Multipurpose Hall Building of Imbanagara Raya Ciamis Village Chief's Office, West Java. IOP Publishing. Earth and Environmental Science. 5th HABITechno International Confrence.
- Jannah, M. (2022). Analisis Pencahayaan Alami Rumah Tinggal Menggunakan Simulasi DIALux. Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia, 11 (3).
- Pahlevi, M. (2022). Analisis dan Desain Tingkat Pencahayaan Pada Ruang Perpustakaan Universitas Iskandar Muda. Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering, Vol. 4, No. 4.
- Purnama, M., Pratama, M., & Nugraha, D. (2022). Analisis Kenyamanan Visual Pada Ruang Studio Arsitektur Gedung 3 Universitas Indraprasta PGRI. Lakar Jurnal Arsitektur, Vol. 05. No. 1, 29-35.
- Sari, S. R., & Shafa, A. (2022). Efektivitas Pencahayaan Alami Pada Rumah Tinggal 2 Tingkat (Studi Kasus: Perumahan Avani Ecopark Semarang Tipe 70). Jurnal Arsitektur ARCADE: Vol. 6 No.2.
- Prasetyo, S., Pratomo, S., Syakran, R., & Bahar, F. (2022). Pengaruh Ukuran Bukaan Jendela terhadap Pencahayaan Alami pada Perencanaan Ruang Rawat Inap Rumah Sakit Ibu dan Anak di Kota Jambi. Jurnal Daur Lingkungan: Vol. 5 No.1, 23-27.

- Wibowo, R., & Taruno, D. (2018). Pengembangan Modul Perencanaan Bangunan Komersil Menggunakan Software Dialux. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, Vol.8, No.4, 294-302.
- Hemmerling, M., Seegers, M., & Witzel, D. (2023). Calculation of energy saving potential for lighting with DIALux evo. *Energy and Buildings: Elsevier BV*. Volume 278.
- Cowan, H. J., & Smith, P. (1983). *Environmental Systems*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Darmasetiawan, C., & Puspakesuma, L. (1991). *Teknik pencahayaan dan Tata Letak Lampu*. Jakarta: Grasindo.
- Purnomo, A. B. (2007). *Teknik Kuantitatif Untuk Arsitektur Dan Perancangan Kota*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Hamzah, A. (2020). *Metode Penelitian Studi Kasus Single Case, Instrumental Case, Multicase & Multisite*. Malang: Literasi Nusantara.
- Mertler, D. (2011). Inclusive evaluation: Implication of Transformative theory for evaluation. *American Journal and Evaluation* 20 (1), 1-14.