

EVALUASI DISTRIBUSI CAHAYA PADA BANGUNAN PUSAT PERBELANJAAN (STUDI KASUS: MALL RATU INDAH MAKASSAR)

Atikah Nurulfajri Baharuddin*¹, Nurul Jamala², Rosady Mulyadi³

Departemen Arsitektur Universitas Hasanuddin Makassar ^{1, 2, 3}

E-mail: *¹tikafajri@yahoo.co.id, nuruljamala@yahoo.co.id, rosady@unhas.ac.id

Abstrak Pada sebagian besar jenis bangunan, penggunaan cahaya alami sangat penting. Desain pencahayaan harus mencerminkan peran dan kebutuhan penghuni untuk memastikan bahwa bangunan diterangi dengan baik. *Skylight* adalah salah satu cara untuk meningkatkan kuantitas cahaya yang diperlukan tanpa menyebabkan silau. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi cahaya antara desain *skylight* eksisting dengan berbagai usulan desain *skylight* yang dilakukan melalui simulasi pada atrium Mall Ratu Indah Makassar. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan analisis deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi desain bangunan eksisting menyebabkan distribusi cahaya tidak merata, sementara simulasi desain bukaan 40% menggunakan material kaca *skylight* dengan nilai VLT (*Visible Light Transmission*) sebesar 0.7, lebih memberikan hasil distribusi yang baik.

Kata kunci : Pengaruh; Desain *Skylight*; Distribusi Cahaya; Pusat Perbelanjaan; Mall Ratu Indah Makassar.

Abstract In most types of buildings, the use of natural light is very important. Lighting design should reflect the role and needs of occupants to ensure that the building is well lit. Skylights are one way to increase the quantity of light needed without causing glare. This research aims to analyze the distribution of light between existing skylight designs and various skylight design proposals carried out through simulations in the atrium of Ratu Indah Makassar Mall. The research method used is a quantitative method with descriptive analysis. The results showed that existing building design conditions caused uneven light distribution, while 40% aperture design simulation using skylight glass material with VLT (*Visible Light Transmission*) value of 0.7, more gave good distribution results.

Keywords : Influence; Skylight Design; Distribusi Cahaya; Shopping Mall; Mall Ratu Indah Makassar.

¹Teknik Arsitektur Universitas Hasanuddin Makassar

²Teknik Arsitektur Universitas Hasanuddin Makassar

³Teknik Arsitektur Universitas Hasanuddin Makassar

PENDAHULUAN

Penggunaan cahaya alami sangat penting pada sebagian besar jenis bangunan. Untuk memastikan bangunan mendapat penerangan yang baik, maka desain pencahayaan harus diperhatikan. Sistem pencahayaan bangunan yang baik akan mampu memenuhi kebutuhan manusia akan kesehatan dan kenyamanan visual. Cahaya alami dipercaya oleh penghuni memberi dampak kesehatan yang lebih baik dibandingkan dengan cahaya buatan. Kenyamanan visual dapat diperoleh dengan baik pada pencahayaan alami maupun pencahayaan buatan. Ketersediaan cahaya alami menjadi suatu faktor yang sangat penting bagi perancangan pencahayaan bangunan.

Berdasarkan posisinya pada daerah khatulistiwa, Indonesia memiliki peluang yang sangat besar untuk memanfaatkan pencahayaan alami pada semua jenis bangunan termasuk bangunan komersial. Di Makassar, menurut Rahim dkk (2004) ketersediaan cahaya siang hari pada kondisi langit cerah yang dapat mencapai 127 lux. Pada kondisi langit mendung, cahaya siang hari dapat mencapai 14,35 klux (Rahim, 1994). Ketersediaan cahaya siang hari ini jauh lebih besar jika dibandingkan dengan daerah lain yang berada jauh dari khatulistiwa, seperti Hong Kong yang hanya 10 klux (Hamzah dkk, 2010).

Pusat perbelanjaan merupakan suatu kompleks pertokoan dan fasilitas pendukung lainnya yang ditata sedemikian rupa sehingga dapat memberikan kenyamanan, baik kepada konsumen dalam berbelanja maupun kepada pedagang yang menyewa gedung dalam menata barang dagangannya (Setiawan, 2012). Salah satu elemen desain yang sering dijumpai pada pusat perbelanjaan adalah atrium. Menurut Rezwan (2015), atrium telah memberi terobosan dan kontribusi yang besar dalam tiga dekade terakhir untuk memberikan tingkat pencahayaan yang baik. Untuk maksud tersebut, biasanya di bagian atap atrium akan diberikan bukaan berupa skylight.

Menurut Santoso (2014), atrium dalam shopping mall berfungsi sebagai ruang komunal umum. Karena keterbatasan besaran dan bentuk ruang komunal pada atrium *shopping mall*, menjadikan adanya keterbatasan peran dalam mengakomodasi situasi sosial, apalagi saat dimasukkan kegiatan dalam ruang komunal tersebut.

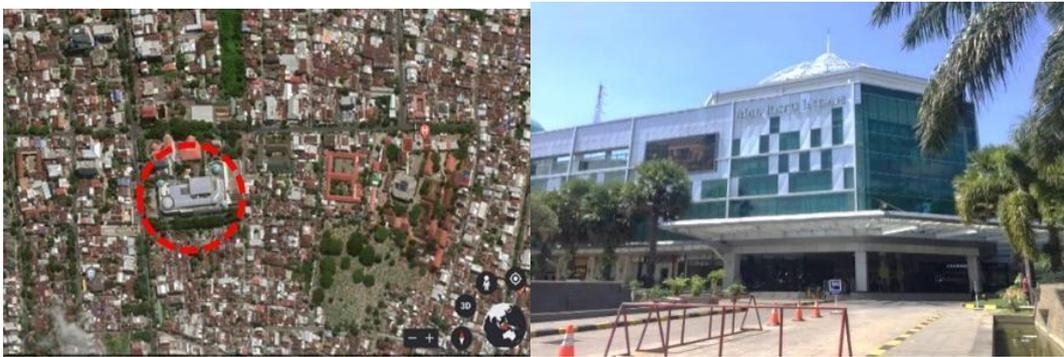
Skylight adalah salah satu media yang digunakan untuk memaksimalkan cahaya alami pada bangunan komersial. Tujuan sistem *skylight* ini adalah untuk menghasilkan jumlah cahaya yang diperlukan tanpa silau dan warna yang benar pada distribusi warna yang diinginkan dan intensitas yang konsisten sepanjang hari serta dapat menghemat pemakaian lampu di siang hari. Studi menunjukkan bahwa sekitar 55% dari penggunaan energi bangunan digunakan untuk sistem pengkondisian udara, 25% untuk sistem pencahayaan, sedangkan sisanya digunakan untuk sistem tambahan seperti lift, generator, dan listrik (Gw & Kusumo, 2012).

Elemen desain skylight digunakan pada bangunan modern untuk memungkinkan cahaya alami untuk menerangi ruang kosong di bawahnya. Di Makassar, salah satu pusat perbelanjaan yang memiliki skylight pada atriumnya adalah Mall Ratu Indah (MaRI). Desain skylight MaRI yang diharapkan dapat memenuhi kebutuhan akan pencahayaan alami pada bagian atrium ternyata memiliki masalah. Cahaya alami yang masuk ke ruangan atrium dirasakan sangat berlebihan karena intensitas cahaya (lux) level yang sangat tinggi terutama pada saat matahari berada pada ketinggian (sekitar jam 11.00-13.00) sehingga pihak manajemen MaRI melakukan penutupan

daerah skylight. Maka dari itu tujuan penelitian ini untuk menganalisis distribusi cahaya antara desain skylight eksisting dengan berbagai usulan desain skylight yang dilakukan melalui simulasi pada atrium Mall Ratu Indah Makassar.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan analisis deskriptif. Pengumpulan data dilakukan dengan pengukuran intensitas cahaya dan simulasi pencahayaan. Waktu pengukuran penelitian ini dilakukan selama tujuh hari dari tanggal 18 April 2021 sampai dengan 24 April 2021 dengan tiga skala waktu, yaitu pagi pukul 10.00 WITA, siang hari pukul 13.00 WITA, dan sore hari pukul 15.00 WITA dengan menggunakan *luxmeter* yang diletakkan pada ketinggian 75 cm dari permukaan lantai. Penelitian ini dilakukan di Mall Ratu Indah Makassar berlokasi di Jalan Dr. Sam Ratulangi No. 35, Kelurahan Mamajang Luar, Kecamatan Mamajang, Kota Makassar. Adapun data pada penelitian ini diperoleh dari total 148 titik pengukuran, yang terdiri dari 41 titik ukur di lantai satu, 53 di lantai dua, dan 54 di lantai tiga Mall Ratu Indah. Dimana titik pengukuran pada penelitian ini berjarak 6 meter ditentukan berdasarkan SNI 16-7062-2004 (BSN, 2004).



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Mall Ratu Indah Makassar
Sumber: Google Maps, Dokumentasi.

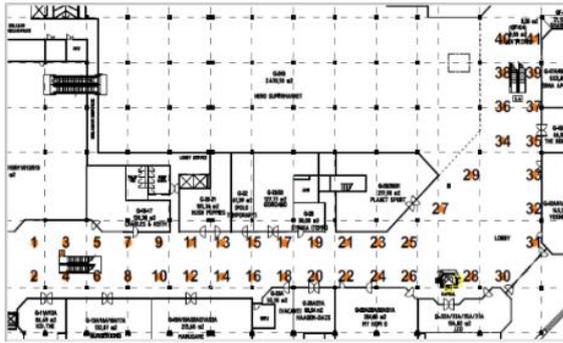
Simulasi pencahayaan dilakukan dengan bantuan *software* Radiance (Larson & Shakespeare, 1998) yang terintegrasi pada Autodesk ECOTECT Analysis (Marsh, 2011). Radiance adalah *software* simulasi pencahayaan yang paling banyak digunakan untuk kepentingan penelitian. Sebelum digunakan untuk mensimulasikan alternatif desain, maka dilakukan validasi dengan cara menghitung *relative error* (kesalahan relatif) dengan menggunakan rumus (Mardaljevic, 2000):

$$\text{Relative error (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (1)$$

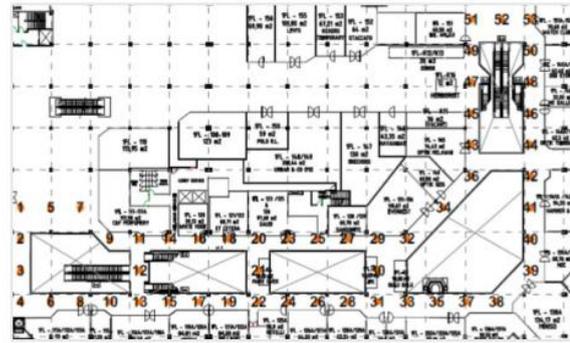
Keterangan:

a = tingkat pencahayaan alami pengukuran lapangan

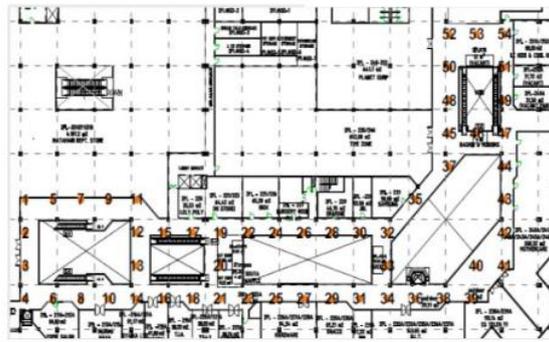
b = tingkat pencahayaan alami simulasi pencahayaan



Gambar 2. Titik Pengukuran pada Lantai 1 Mall Ratu Indah Makassar
Sumber: Dokumentasi (2021)



Gambar 3. Titik Pengukuran pada Lantai 2 Mall Ratu Indah Makassar
Sumber: Dokumentasi (2021)



Gambar 4. Titik Pengukuran pada Lantai 3 Mall Ratu Indah Makassar
Sumber: Dokumentasi (2021)

Teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan membandingkan kinerja pencahayaan skylight dalam kondisi yang ada yang selanjutnya disimulasikan dengan software Autodesk Ecotect Analysis 2011. Hasil pengukuran distribusi cahaya dalam kondisi eksisting dan hasil simulasi yang disesuaikan dengan kondisi eksisting lalu diinput dengan menggunakan MS Excel. Hasilnya dipresentasikan dalam bentuk tabel dan grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Validasi Hasil Pengukuran dan Simulasi

Tabel 1 menunjukkan rata-rata *relative error* yang dihitung berdasarkan rumus (1). Setelah dilakukan perbandingan antara hasil simulasi dan perhitungan pada masing-masing lantai di Mall Ratu Indah, maka didapatkan rata-rata *relative error* sebesar 8% pada lantai 1, sebesar 10% pada lantai 2, dan 7% pada lantai 3. Hasil ini menunjukkan bahwa hasil rata-rata pengukuran lapangan dengan simulasi berbeda jauh 8% yang terbilang masih tergolong batas toleransi yaitu kurang dari sama dengan 20% (Mardaljevic, 2000).

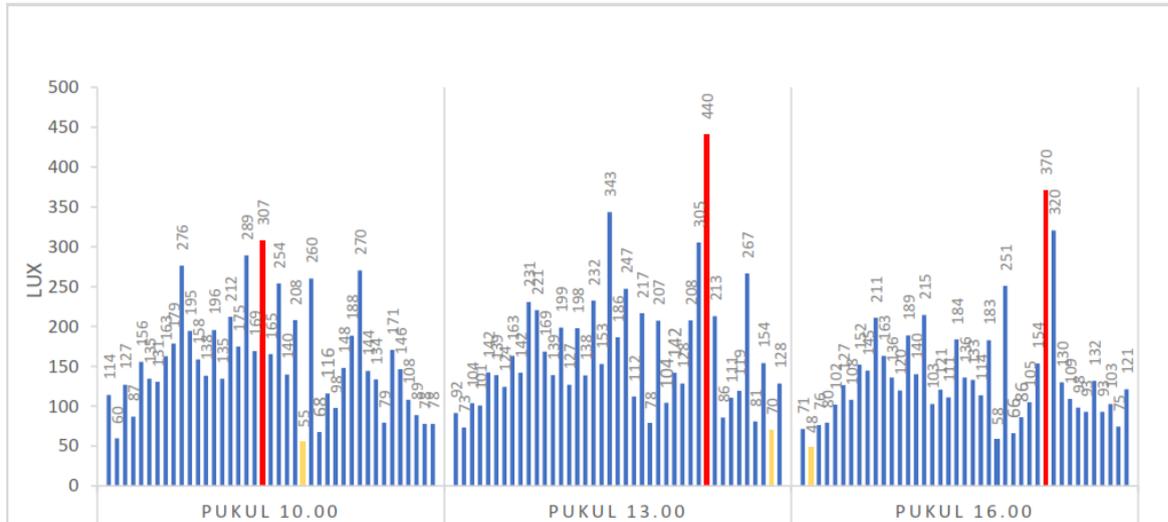
Tabel 1. Validasi Data Hasil Pengukuran dan Hasil Simulasi

	Lantai 1			Lantai 2			Lantai 3		
Relative Error	10.00	13.00	16.00	10.00	13.00	16.00	10.00	13.00	16.00
	WITA	WITA	WITA	WITA	WITA	WITA	WITA	WITA	WITA
	7%	4%	14%	6%	20%	4%	13%	5%	3%
	8%			10%			7%		

Sumber: Dokumentasi (2021)

B. Analisis Tingkat Pencahayaan Alami dan Buatan

1. Lantai Satu



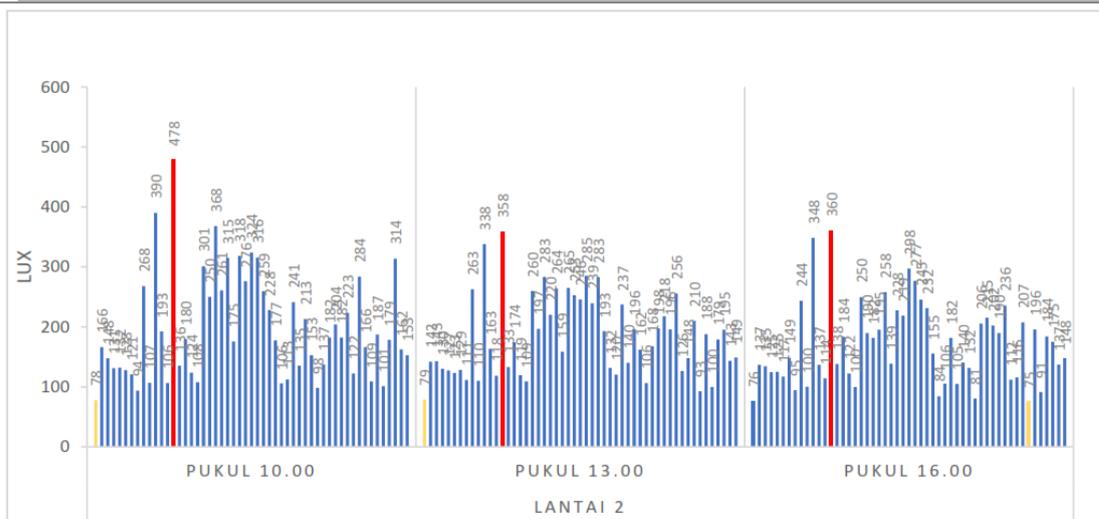
Gambar 5. Grafik Hasil Rerata Pengukuran Tingkat Pencahayaan Alami dan Buatan Mall Ratu Indah Selama Tujuh Hari - Lantai 1
Sumber: Olah Data (2021)



Gambar 6. Kondisi Pencahayaan Alami dan Buatan Mall Ratu Indah Lantai 1

Gambar 5 menunjukkan bahwa intensitas pencahayaan tertinggi terdapat pada titik ukur 20 yaitu sebesar 307 lux pada pukul 10.00 WITA, titik ukur 32 yaitu sebesar 440 lux pada pukul 13.00 WITA dan titik ukur 31 yaitu sebesar 370 lux pada pukul 16.00 WITA. Berdasarkan posisi titik ukur ketiganya diterangi oleh cahaya alami dan buatan yang berasal dari lampu dan bukaan sidelighting sisi utara selubung bangunan (lantai 3), hal ini menunjukkan bahwa distribusi cahaya berpengaruh terhadap tingkat iluminasi pada arah pantulan cahaya dan area terbuka atrium. Sedangkan intensitas pencahayaan terendah terdapat pada titik ukur 25 yaitu sebesar 55 lux pada pukul 10.00 WITA, titik ukur 40 yaitu sebesar 70 lux pada pukul 13.00 WITA, dan titik ukur 2 yaitu sebesar 48 lux pada pukul 16.00 WITA, dikarenakan titik ukur ketiganya terlindungi oleh elemen-elemen bangunan (plat beton dan eskalator) dan posisi titik tersebut juga agak jauh dari titik penerangan lampu sehingga cahaya yang diperoleh sedikit.

2. Lantai Dua



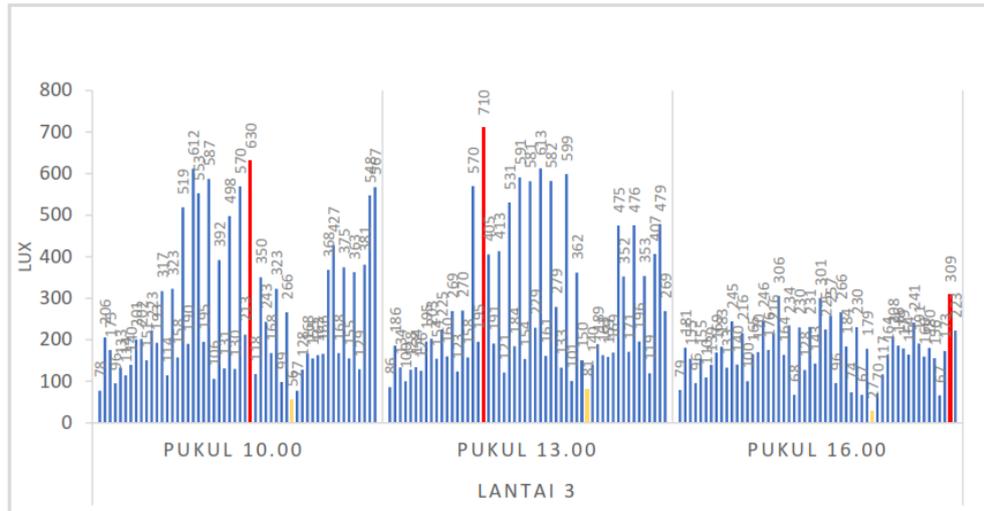
Gambar 7. Grafik Hasil Rerata Pengukuran Tingkat Pencahayaan Alami dan Buatan Mall Ratu Indah Selama Tujuh Hari - Lantai 2



Gambar 8. Kondisi Pencahayaan Alami dan Buatan Mall Ratu Indah Lantai 2

Gambar 7 menunjukkan bahwa intensitas tertinggi terdapat pada titik ukur 14 yaitu sebesar 478 lux pada pukul 10.00 WITA, 385 lux pada pukul 13.00 WITA dan 360 lux pada pukul 16.00 WITA. Tingginya intensitas pencahayaan yang diperoleh pada titik ukur 14 disebabkan oleh pantulan cahaya yang berasal dari bukaan sidelighting sisi selatan selubung bangunan (lantai 3) dan lampu pada area selasar serta signage C&F Perfumery sehingga distribusi cahaya yang diterangi cukup besar. Sedangkan intensitas pencahayaan terendah terdapat pada titik ukur 1 yaitu sebesar 78 lux pada pukul 10.00, dan sebesar 79 lux pada pukul 13.00 serta titik ukur 47 yaitu sebesar 75 lux pada pukul 16.00 WITA. Dikarenakan posisi kedua titik ukur tersebut berada di bawah plat beton lantai tiga serta dengan adanya keberadaan elemen-elemen bangunan di sekitarnya seperti eskalator menjadi salah satu faktor penghalang untuk mendistribusikan cahaya alami secara merata. Disisi lain, intensitas pencahayaan yang diperoleh juga sedikit dan belum memenuhi standar SNI 03-6197-2000 (BSN,2000).

3. Lantai Tiga



Gambar 9. Grafik Hasil Rerata Pengukuran Tingkat Pencahayaan Alami dan Buatan Mall Ratu Indah Selama Tujuh Hari
Sumber: Olah Data (2021)



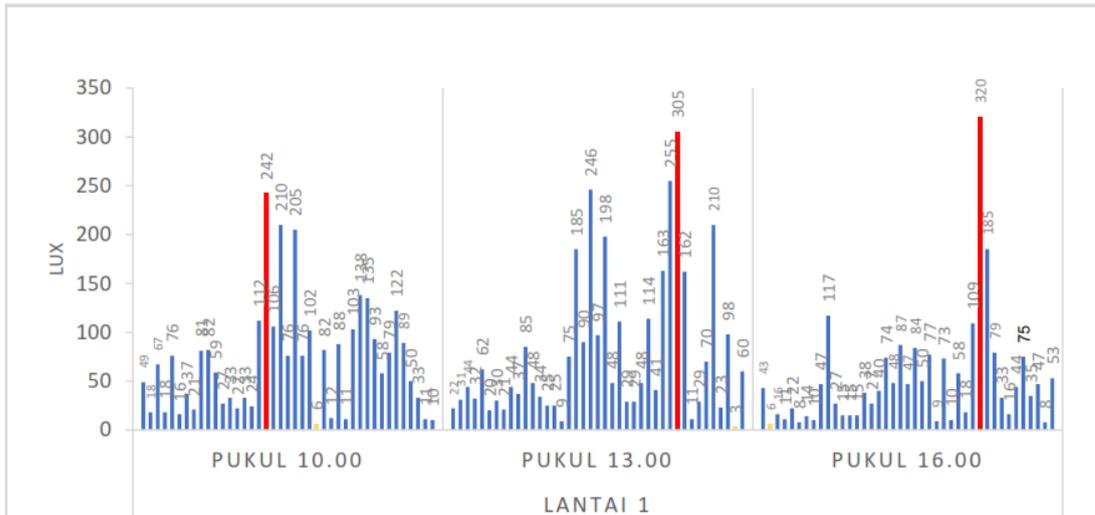
Gambar 10. Kondisi Pencahayaan Alami dan Buatan Mall Ratu Indah Lantai 3
Sumber: Olah Data (2021)

Gambar 9 menunjukkan bahwa intensitas tertinggi terdapat pada titik ukur 30 yaitu sebesar 630 lux pada pukul 10.00 WITA, titik ukur 19 yaitu sebesar 710 lux pada pukul 13.00 WITA, dan titik ukur 20 yaitu sebesar 306 lux pada pukul 16.00 WITA. Faktor tingginya intensitas pencahayaan pada ketiga titik ukur tersebut disebabkan oleh posisi titik ukur berada dekat dengan sumber cahaya alami yang berasal dari bukaan sidelighting sisi utara selubung bangunan sehingga dapat mempengaruhi distribusi cahaya pada lantai tiga Mall Ratu Indah. Sedangkan intensitas terendah terdapat pada titik ukur 38 yaitu sebesar 56 lux pada pukul 10.00 WITA dan sebesar 27 lux pada pukul 16.00 WITA serta titik ukur 39 yaitu sebesar 81 lux pada pukul 13.00 WITA. Hal ini dikarenakan distribusi cahaya alami terhalang oleh elemen-elemen bangunan disekitarnya (elevator) dan berada jauh dari sumber cahaya alami maupun buatan. Dapat disimpulkan bahwa semakin jauh titik distribusi cahaya maka semakin kecil nilai iluminasi pencahayaan yang diperoleh.

C. Analisis Tingkat Pencahayaan Alami

Untuk mendapatkan hasil pengukuran tingkat pencahayaan alami ini, maka dari itu hasil pengukuran tingkat pencahayaan alami dan buatan (sesuai dengan kondisi eksisting Mall Ratu Indah pada siang hari) dikurangi dengan hasil pengukuran tingkat pencahayaan buatan pada malam hari.

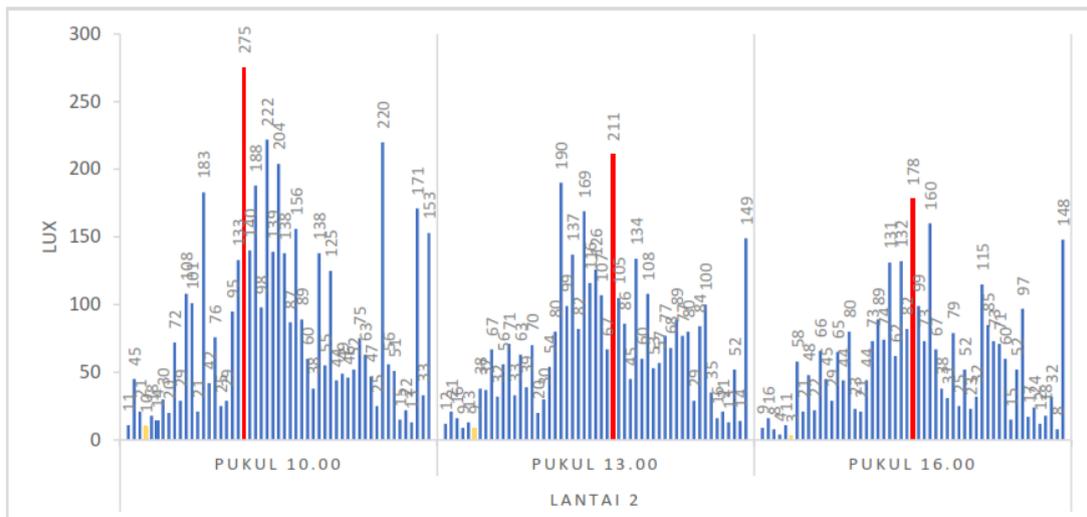
1. Lantai Satu



Gambar 11. Grafik Hasil Rerata Pengukuran Tingkat Pencahayaan Alami Mall Ratu Indah Selama Tujuh Sumber: Olah Data (2021)

Grafik pada Gambar 11 menunjukkan titik ukur 18 yaitu sebesar 242 lux pada pukul 10.00 WITA, titik ukur 32 yaitu sebesar 305 lux pada pukul 13.00 WITA dan titik ukur 31 yaitu sebesar 320 lux pada pukul 16.00 WITA memiliki intensitas maksimum. Dari ketiga titik ukur dengan intensitas maksimum tersebut, distribusi cahaya alami berasal dari side lighting pada sisi utara (titik ukur 18) dan sisi tenggara (titik ukur 31 dan 31) selubung Mall Ratu Indah. Sedangkan intensitas terendah terdapat pada titik ukur 25 yaitu sebesar 6 lux pada pukul 10.00 WITA, titik ukur 40 yaitu sebesar 3 lux pada pukul 13.00 WITA, dan titik ukur 2 yaitu sebesar 6 lux pada pukul 16.00 WITA, hal ini dikarenakan titik ukur ketiganya distribusi cahaya alami terhalangi oleh elemen-elemen bangunan (eskalator dan plat beton) sehingga sulit dijangkau oleh cahaya alami serta distribusi terhadap tingkat pencahayaan alami pada Mall Ratu Indah belum merata.

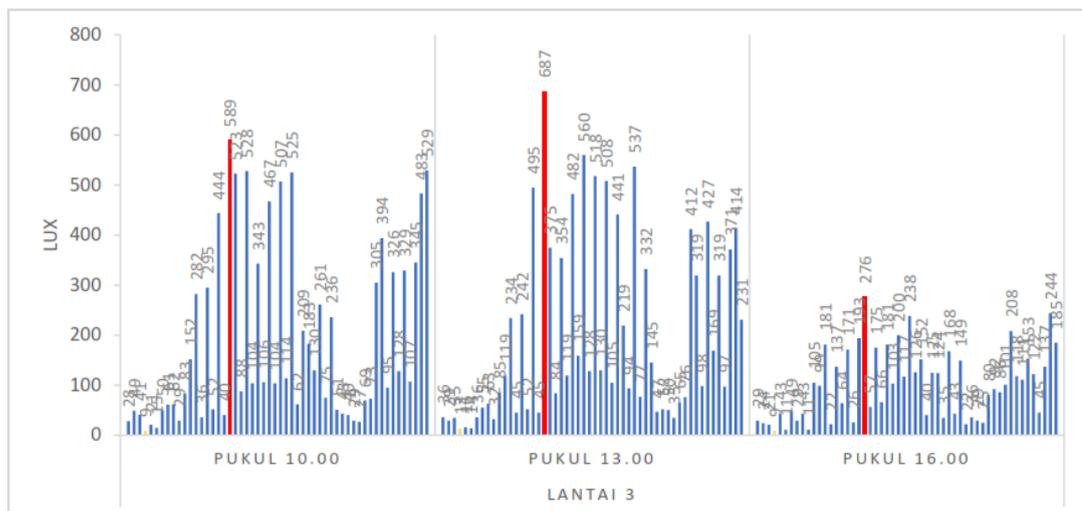
2. Lantai Dua



Gambar 12. Grafik Hasil Rerata Pengukuran Tingkat Pencahayaan Alami Mall Ratu Indah Selama Tujuh Hari - Lantai 2 Sumber: Olah Data (2021)

Grafik pada Gambar 12 menunjukkan intensitas maksimum terdapat pada titik ukur 21 yaitu sebesar 275 lux pada pukul 10.00 WITA, titik ukur 30 yaitu sebesar 211 lux pada pukul 13.00 WITA dan titik ukur 27 yaitu sebesar 178 lux pada pukul 16.00 WITA. Tingginya intensitas pencahayaan yang diperoleh pada ketiga titik ukur tersebut berasal dari cahaya matahari pada sisi selatan bukaan dengan menggunakan sistem sidelighting. Sedangkan intensitas pencahayaan terendah terdapat pada titik ukur 4 yaitu sebesar 10 lux pada pukul 10.00, titik ukur 6 yaitu sebesar 9 lux pada pukul 13.00 serta titik ukur 6 yaitu sebesar 3 lux pada pukul 16.00 WITA. Cahaya yang diterima titik ukur 4 dan 6 terhalang oleh benda disekitarnya (eskalator) sehingga intensitas cahaya yang diperoleh sedikit dan belum memenuhi standar SNI 03-6197-2000 (BSN,2000).

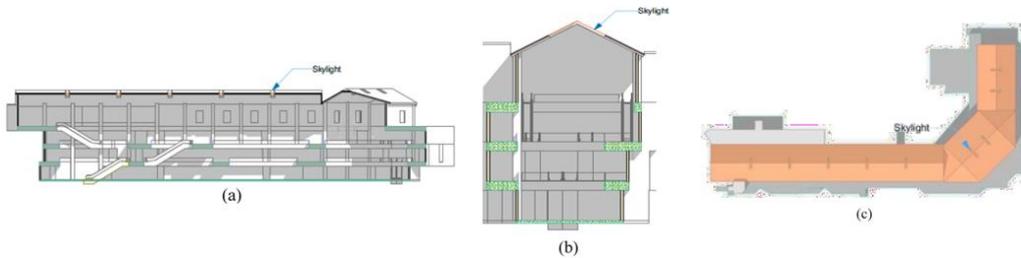
3. Lantai Tiga



Gambar 13. Grafik Hasil Rerata Pengukuran Tingkat Pencahayaan Alami Mall Ratu Indah Selama Tujuh Hari – Lantai 3
Sumber: Olah Data (2021)

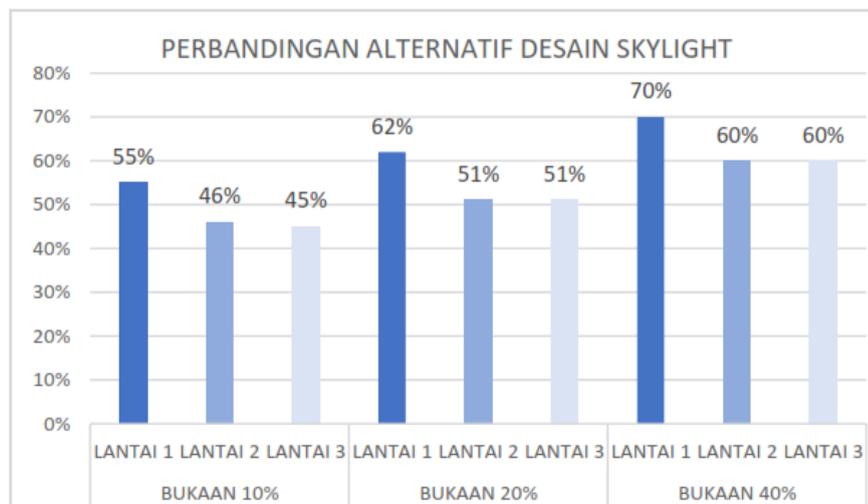
Grafik pada Gambar 13 menunjukkan intensitas maksimum terdapat pada titik ukur 19 yaitu sebesar 589 lux pada pukul 10.00 WITA dan 687 lux pada pukul 13.00 WITA serta titik ukur 20 yaitu sebesar 276 lux pada pukul 16.00 WITA. Hal ini disebabkan pendistribusian cahaya alami berasal dari sisi utara bukaan sidelighting Mall Ratu Indah. Sedangkan intensitas pencahayaan terendah terdapat pada titik ukur 4 yaitu sebesar 9 lux pada pukul 10.00 dan sebesar 13 lux pada pukul 13.00, dan sebesar 9 lux pada pukul 16.00 WITA. Rendahnya intensitas cahaya pada titik ukur 4 disebabkan oleh benda disekitarnya (eskalator) sehingga bagian tersebut menjadi gelap dan belum memenuhi standar pusat perbelanjaan yaitu 500 lux.

D. Alternatif Desain Skylight



Gambar 14. (a) dan (b) Posisi Penempatan *Skylight* dari Gambar Potongan (c) Denah *Skylight*
Sumber Data: Dokumentasi (2021)

Pada poin ini peneliti mendesain *skylight* Mall Ratu Indah dengan 3 alternatif desain yang berbeda. Pertimbangan desain ini menggunakan material kaca *skylight* dengan nilai VLT (*Visible Light Transmission*) sebesar 0.7. Alternatif *skylight* pertama berbentuk persegi panjang berukuran 53cm x 302 cm dengan besaran bukaan sebesar 10% dari luasan atap. Alternatif *skylight* kedua berbentuk persegi panjang berukuran 80 cm x 400 cm dengan besaran bukaan sebesar 20% dari luasan atap. Alternatif *skylight* ketiga berbentuk persegi panjang berukuran 110 cm x 582 cm dengan besaran bukaan sebesar 40% dari luasan atap. Ketiga alternatif desain ini memiliki 9 *skylight* dengan jarak antar *skylight* sebesar ±11m. *Skylight* ini ditempatkan pada pertengahan ujung atap sehingga membentuk huruf V seperti yang terlihat di gambar 14.b.



Gambar 15. Grafik Perbandingan Alternatif Desain *Skylight*
Sumber: Olah Data (2021)

Dari grafik batang pada Gambar 15 menunjukkan bahwa dengan strategi pencahayaan alami khususnya rekomendasi spasi *skylight* dengan jendela, area selasar pada Mall Ratu Indah dapat mengalami peningkatan nilai iluminasi beberapa persen. Dapat dilihat pada bukaan 10%, 20%, dan 40%, jika dirata-ratakan ke semua lantai tersebut bukaan 10% mengalami peningkatan persentase paling sedikit yaitu sebesar 49% dibandingkan bukaan 40% yaitu sebesar 63%. Sedangkan bukaan 20% hanya mengalami peningkatan sebesar 55%. Seluruh persentase ini didapatkan dari perbandingan simulasi tanpa *skylight* dengan simulasi setelah diterapkan strategi pencahayaan *skylight*.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian, maka peneliti menyimpulkan bahwa kondisi cahaya alami di Mall Ratu Indah saat ini yang tersebar belum merata dan belum memenuhi standar. Nilai iluminasi rata-rata yang dihasilkan sebesar 67 lux pada lantai 1, 69 lux pada lantai 2, dan 164 lux pada lantai 3.

Sedangkan hasil pengukuran pada kondisi cahaya alami dan buatan di Mall Ratu Indah saat ini juga belum merata dan belum memenuhi standar. Dengan demikian, nilai iluminasi rata-rata yang dihasilkan sebesar 153 lux pada lantai 1, 183 lux pada lantai 2, dan 235 lux pada lantai 3.

Adapun berdasarkan hasil evaluasi dan simulasi didapatkan strategi dalam mendesain pencahayaan alami pada Mall Ratu Indah, yaitu dengan menggunakan rekomendasi spasi *skylight* dengan jendela dimana ketiga alternatif *skylight* dapat menaikkan nilai persentase iluminasi pencahayaan alami yang memenuhi standar sebesar 60%. Diantara ketiga alternatif desain yang telah dibuat maka alternatif desain 3 dapat menjadi pertimbangan dalam pemilihan model *skylight* karena hasil yang didapatkan menunjukkan tingkat pencahayaan yang merata pada tiap lantainya. Dapat disimpulkan juga semakin besar bukaan *skylight* maka semakin tinggi tingkat pencahayaan pada area sekitar atrium Mall Ratu Indah.

DAFTAR REFERENSI

- BSN (2000) *SNI 03-6197-2000* Konservasi Energi Sistem Pencahayaan Pada Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- BSN (2004) *SNI 16-7062-2004* Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Gw, O. R., & Kusumo, B. S. (2012). Studi evaluasi Pencahayaan Alami Pada Gedung Kuliah Bersama Iii Universitas Muhammadiyah Malang. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 9(1). <https://doi.org/10.22219/jmts.v9i1.1115>
- Hamzah, B. , Stephen S. Y. Lau & Rahim, R. (2010) Daylight availability in Hong Kong: classification into three sky conditions, *Architectural Science Review*, 53:4, 396-407
- Larson, G.W. & Shakespeare, R.A. (eds.) *Rendring with Radiance: the art and science of lighting visualization*. San Fransisco, CA: Morgan Kaufmnn.
- Mardaljevic, J. 2000. Daylight simulation: validation, sky models and daylight coefficients. *Ph.D. Disertasi*. Leichester, UK: De Monfort University.
- Marsh, A. (2011). *Ecotect Analysis*.
- Rahim, M.R., 1994, Daylight Availability in Tropic Area, Disertasi, *Department of Architectural Engineering*, Fukuoka, Kyushu University.
- Rahim, R., Baharuddin, & Mulyadi, R., 2004, 'Classification of daylight and radiation data into three sky conditions by cloud ratio and sunshine duration', *Energy and Buildings* 36, 660 – 666
- Rezwan, S. M. (2015). *Impact of Atrium Proportions on the Distribution of Daylight Level on the Adjacent Space in the Shopping*. 4(3), 944–954.
- Santoso, J. M. J. P. (2014). Peran Fungsional Ruang Komunal Di Atrium Shopping Mall: Studi Kasus Pusat Perbelanjaan PIM 1 Di Kebayoran, Jakarta Selatan. *Jurnal Kajian Teknologi*, 10(3), 146– 159.
- Setiawan, T. H. (2012). Manajemen Pemeliharaan Pusat Belanja (Studi Kasus Cihampelas Walk Bandung). *Jurnal Teknik Sipil*.