
STRATEGI PENINGKATAN PENCAHAYAAN ALAMI PADA RUANG MINIM BUKAAN SAMPING MELALUI PERANGKAT PENCAHAYAAN ATAS

Christy Vidiyanti¹

Program Studi Arsitektur, Universitas Mercu Buana, Jakarta

Email: ¹ christy.vidiyanti@gmail.com;

ABSTRAK

Hunian padat penduduk di pinggir kota, cenderung memiliki orientasi bangunan horizontal (bangunan landed). Hunian landed dikawasan padat penduduk, memiliki bukaan berupa jendela dengan dimensi yang terbatas, sehingga menyebabkan minimnya penerimaan pencahayaan matahari melalui jendela (side lighting). Untuk itu diperlukan upaya lainnya untuk meningkatkan pencahayaan alami pada ruang yang tidak memiliki jendela, yaitu melalui pencahayaan atas (top lighting). Hasil penelitian diharapkan dapat berkontribusi secara jangka panjang yaitu berupa strategi dalam upaya mengurangi konsumsi energi baik untuk bangunan baru maupun untuk retrofit bangunan. Penelitian ini memfokuskan pada strategi pencahayaan alami pada teknologi pencahayaan atas. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kinerja berbagai tipe pencahayaan atas (clerestory, skylight, dan roof monitor) dalam mengoptimalkan pencahayaan alami pada ruang dengan pencahayaan samping terbatas. Pada ruang tidur, tingkat pencahayaan terbaik dihasilkan oleh model dengan skylight tipe 2 yaitu bukaan cahaya pada bagian atas ruang sebesar 5% dari luas ruang dan diletakkan pada bagian pinggir dari ruang. Pada ruang dapur, tingkat pencahayaan terbaik dihasilkan oleh model dengan skylight tipe 1 yaitu bukaan cahaya pada bagian atas ruang sebesar 5% dari luas ruang dan diletakkan pada bagian tengah dari ruang.

Kata Kunci : pencahayaan alami, pencahayaan atas, optimasi, hunian padat

ABSTRACT

Densely populated residential suburbs, tend to have a horizontal orientation of the building (building landed). Occupancy landed densely populated region, has openings in the form of a window with limited dimensions, resulting in a lack of acceptance of daylighting through windows (side lighting). It required more efforts to improve daylighting in a room that does not have a window, through top lighting. The results are expected to contribute in the form of a long-term strategy to reduce energy consumption both for new buildings and for retrofit. This study focused on strategies for daylighting in the daylighting technology above. This study aims to measure the performance of various types of top lighting (clerestory, skylights and roof monitors) to optimize daylighting in a room with limited side lighting. In the bedroom, the best lighting levels generated by the skylights model with type 2 which aperture light from the upper chamber by 5% of the living space and placed at the edge of space. In the kitchen, the best lighting levels generated by the skylight model with type 1 which aperture light from the upper chamber by 5% of the kitchen and placed in the middle of the room.

Keywords : natural lighting, top lighting, optimization, densely populated residential

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

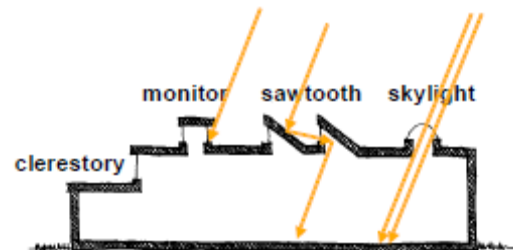
Indonesia terletak di sekitar garis khatulistiwa, sehingga mendapat cahaya matahari sepanjang hari dan sepanjang tahun yang berpotensi untuk digunakan sebagai sumber pencahayaan alami di dalam gedung. Terdapat dua alasan utama penggunaan cahaya alami, yaitu strategi pencahayaan alami secara substansial dapat mengurangi penggunaan energi dan emisi gas rumah kaca; serta pencahayaan alami sehat untuk penghuni bangunan.

Penggunaan energi tak terbarukan secara berlebihan telah menyebabkan menipisnya cadangan fosil dunia. Isu ini telah banyak dikeluhkan di berbagai negara. Sebagian besar negara mengkonsumsi energi yang cukup besar, yaitu lebih besar dari 10 juta Btu/orang per tahunnya. Konsumsi energi yang meningkat menyebabkan emisi yang meningkat pula, dan akhirnya dapat mengakibatkan pemanasan global. Indonesia saat ini masih menggunakan energi yang bersumber dari energi fosil yang merupakan energi yang tidak terbarukan. Sehingga peningkatan penggunaan energi menyebabkan menipisnya cadangan energi fosil.

Bangunan sebagai salah satu sektor yang mengkonsumsi energi menjadi faktor penting dalam upaya penghematan energi. Arsitek sebagai salah satu perencana bangunan turut berperan dalam menentukan energi yang dikonsumsi oleh sebuah bangunan. Desain bangunan yang memanfaatkan potensi energi alam turut berpengaruh terhadap penurunan energi operasional yang digunakan. Pemanfaatan potensi energi alam untuk bangunan dapat berupa memanfaatkan angin untuk penghawaan alami, dan memanfaatkan cahaya matahari untuk pencahayaan alami.

Hunian padat penduduk di pinggir kota, cenderung memiliki orientasi bangunan horizontal (bangunan *landed*). Hunian dikawasan padat penduduk, cenderung memanfaatkan sebagian besar lahannya untuk dijadikan bangunan. Sehingga tipologi bangunan yang timbul adalah ruang terbuka hanya terdapat di bagian depan bangunan, sedangkan bagian samping dan belakang cenderung berbatasan langsung dengan hunian lain. Hal tersebut menyebabkan minimnya bukaan pada bangunan yang menyebabkan minimnya penerimaan pencahayaan matahari melalui jendela (*side lighting*).

Permasalahan tersebut menyebabkan cahaya matahari tidak dapat menerangi keseluruhan ruang di bangunan tersebut. Untuk itu diperlukan upaya lainnya untuk meningkatkan pencahayaan alami pada ruang yang tidak memiliki jendela, yaitu melalui pencahayaan atas (*top lighting*).



Gambar 1. Tipe pencahayaan atas (*top lighting*)

1.2. Perumusan Masalah

Hunian padat penduduk di pinggir kota, cenderung memiliki orientasi bangunan horizontal (bangunan *landed*) yang menyebabkan minimnya bukaan pada bangunan sehingga minimnya penerimaan pencahayaan matahari melalui jendela (*side lighting*) menjadi tidak optimal, bahkan terdapat ruang yang tidak mendapat pencahayaan alami sama sekali. Sehingga diperlukan upaya untuk meningkatkan pencahayaan alami melalui pencahayaan atas (*top lighting*). Tipologi ruang yang akan dijadikan objek studi adalah ruang tengah dengan ukuran 3m x 3m sesuai dengan kajian tipikal ruang pada hunian padat.

Terdapat beberapa tipe pencahayaan atas (*top lighting*), yaitu *clerestory*, *sawtooth*, *roof monitor*, dan *skylight*. Perlu dilakukan kajian terhadap kinerja pencahayaan dari masing-masing tipe pencahayaan atas tersebut sehingga dapat diketahui tipe pencahayaan atas yang paling sesuai digunakan pada objek studi. Namun tipe *sawtooth* dan *clerestory* tidak akan diuji karena ketidaksesuaian dengan tipologi bangunan objek studi.

Pertanyaan penelitian yang diajukan pada penelitian ini adalah: Bagaimana kinerja pencahayaan atas yaitu *roof monitor*, dan *skylight* dalam mengoptimalkan tingkat pencahayaan alami pada ruang dan menghasilkan kualitas pencahayaan yang baik?

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini akan mengaji salah satu strategi pemanfaatan pencahayaan alami siang hari pada bangunan dengan konteks bangunan rendah. Objek studi dari penelitian ini adalah ruang ada sebuah bangunan yang tidak memiliki bukaan pencahayaan samping, sehingga optimasi pencahayaan hanya bisa melalui pencahayaan atas. Hal ini disebabkan sebagian besar ruang pada hunian *landed* pada kawasan padat penduduk (kampung kota) tidak memiliki bukaan pencahayaan samping yang mencukupi.

Penelitian ini akan menganalisis berbagai tipe pencahayaan atas yaitu *roof monitor*, dan *skylight* dalam mengoptimasi pencahayaan alami pada ruang. Penelitian ini merupakan penilaian kinerja dari berbagai tipe *top lighting* dengan pendekatan kuantitatif. Analisis yang akan dilakukan adalah kinerja pemenuhan kebutuhan pencahayaan alami pada ruang dan kinerja dalam menghasilkan kualitas pencahayaan yang baik pada ruang. Metode yang digunakan adalah eksperimental dengan model simulasi komputer melalui *software Radiance* yaitu dengan melakukan eksperimen terhadap beberapa tipe *roof monitor* dan *skylight* dalam menghasilkan kinerja pencahayaan alami terbaik.

2.1. Variabel Penelitian

Pada penelitian ini akan diteliti bagaimana kinerja dari berbagai tipe pencahayaan atas yang dapat mengoptimalkan tingkat pencahayaan alami pada bangunan dengan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Untuk itu, dapat dipaparkan variabel yang terdapat pada penelitian ini, yaitu:

1. Variabel Bebas

- Tipe pencahayaan atas, yaitu *roof monitor*, dan *skylight*.
- Orientasi perangkat, adalah arah hadap dari perangkat (*device*) pencahayaan atas.
- Dimensi bukaan, adalah dimensi dari bukaan cahaya berupa material transparan pada perangkat pencahayaan atas.

2. Variabel Terikat

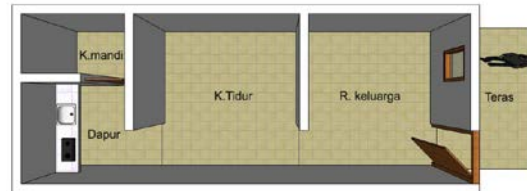
- Kuantitas pencahayaan, yaitu dapat dilihat dari tingkat pencahayaan yang dihasilkan.
- Kualitas pencahayaan, yaitu keseragaman tingkat pencahayaan, persentase zona nyaman pencahayaan.

2.2. Model Studi

Penelitian ini mengambil data yang dihasilkan dari simulasi komputer melalui *software Radiance*. Dimensi dan jumlah titik ukur dari ruang yang akan diteliti yaitu:

- Ruang tamu 3 m x 3 m: 143 titik ukur
- Ruang tidur 3 m x 3 m: 143 titik ukur
- Dapur yang berukuran 2 m x 1,8 m: 64 titik ukur

*Titik ukur diambil setiap 25 cm.



Gambar 2. Tipologi Objek Studi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

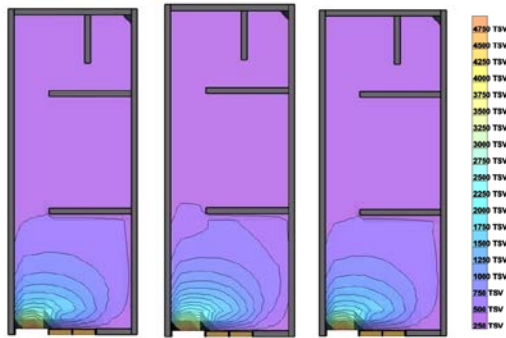
3.1. Analisis Pencahayaan pada Kondisi Eksisting

Tingkat pencahayaan alami pada objek studi akan dianalisis per ruang dalam 3 kondisi, yaitu pagi hari (diwakili pukul 09.00), siang hari (diwakili pukul 12.00) dan sore hari (diwakili pukul 15.00). Pengukuran akan dilakukan sepanjang tahun yang akan diwakili oleh posisi matahari utara, tengah, selatan, yang masing-masing diwakili oleh bulan Maret, Juni, Desember.

Tabel 1. Rata-rata tingkat pencahayaan pada kondisi eksisting (lux)

	Maret			Juni			Desember		
	Ruang Tamu	Ruang Tidur	Dapur	Ruang Tamu	Ruang Tidur	Dapur	Ruang Tamu	Ruang Tidur	Dapur
09.00	789	39	13	692	34	10	795	39	12
12.00	1111	55	17	973	48	15	1067	53	16
15.00	785	39	12	666	33	10	750	37	11
Rata-rata	895	44	14	777	38	12	871	43	13

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai rata-rata tingkat pencahayaan pada kondisi eksisting menghasilkan nilai lux dibawah standar untuk rumah tinggal yaitu sebesar 250 lux pada ruang tidur dan dapur baik pada bulan Maret, bulan Juni, ataupun bulan Desember di sepanjang hari. Sedangkan nilai lux rata-rata yang dihasilkan untuk dapur hanya sebesar 14 lux pada bulan maret, 12 lux pada bulan bulan Juni, dan 13 lux pada bulan desember atau hanya sekitar 5% dari tingkat pencahayaan yang dibutuhkan.



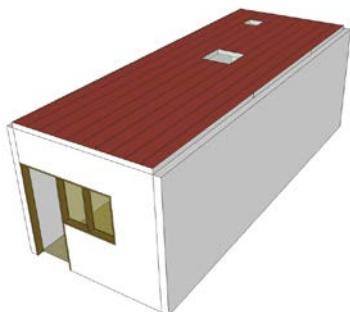
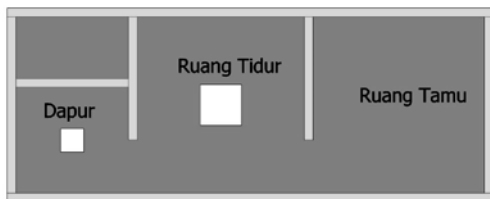
Gambar 3. Illuminance map pada kondisi eksisting pada Bulan Juni

Pada gambar di atas dapat dianalisis bahwa ruang tamu dan ruang tidur tidak mendapatkan pencahayaan yang standar di sepanjang hari dan sepanjang tahun yaitu dengan tingkat pencahayaan di bawah 250 lux. Untuk itu perlu dilakukan perbaikan kondisi pencahayaan pada ruang tidur dan dapur.

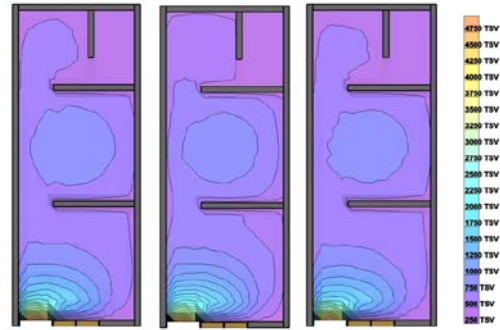
3.2. Analisis Pencahayaan pada Kondisi Eksperimen

Analisis Pencahayaan pada Model Skylight tipe 1

Model skylight tipe 1 dibuat dengan bukaan cahaya pada bagian atas ruang sebesar 5% dari luas ruang. Bukaan tersebut diletakkan pada bagian tengah ruang untuk mendapatkan persebaran cahaya yang baik. Bentuk bukaan membentuk pola yang sama dengan pola ruang yaitu persegi.



Gambar 4. Ilustrasi model uji dengan skylight tipe 1



Gambar 5. Illuminance map pada model skylight tipe 1 pada Bulan Juni

Pada gambar diatas dapat dianalisis bahwa ruang tamu dan ruang tidur sudah mendapatkan tingkat pencahayaan yang lebih baik dari kondisi eksisting di sepanjang hari dan sepanjang tahun yaitu dengan tingkat pencahayaan di atas 250 lux. Terlihat bahwa tingkat pencahayaan dibawah 250 lux hanya ada pada area kamar (bersebelahan dengan dapur).

Tabel 2. Tingkat pencahayaan pada model skylight 1 sepanjang tahun (lux)

	Ruang Tamu			Dapur		
	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00
Min	213	294	201	122	166	115
Max	754	1056	736	395	545	383
Average	511	709	496	266	367	258

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa tingkat pencahayaan rata-rata terbaik dihasilkan pada area dapur, sedangkan pada area ruang tamu dapat berpotensi menimbulkan silau.

Selajutnya dilakukan analisis terhadap prosentase luas ruang terhadap pencahayaan alami yang dibagi menjadi 4 zona.

Tabel 3. Persentase area tingkat pencahayaan pada model skylight 1 sepanjang tahun

Zona	0-99 lux	Ruang Tamu			Dapur		
		09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00
Gelap	0-99 lux	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Redup	100-199 lux	0%	0%	0%	17%	3%	19%
Nyaman	200-400 lux	21%	7%	23%	81%	59%	80%
Silau	>400 lux	79%	93%	77%	2%	38%	1%

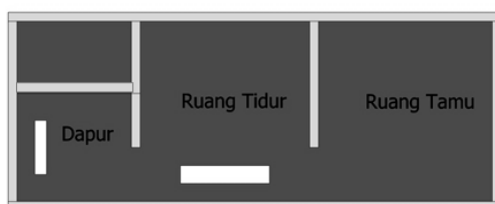
Tabel 4. Rata-rata persentase area tingkat pencahayaan pada model skylight 1 sepanjang tahun

		Ruang Tamu	Dapur
Zona Gelap	0-99 lux	0%	0%
Zona Redup	100-199 lux	0%	13%
Zona Nyaman	200-400 lux	17%	74%
Zona Silau	>400 lux	83%	13%

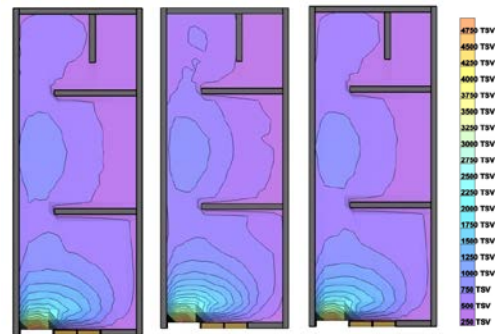
Pada tabel diatas menunjukkan bahwa pada ruang tamu di keseluruhan waktu hanya terdapat 17% dari total area ruang tamu yang mendapatkan tingkat pencahayaan terbaik. Sedangkan pada dapur di keseluruhan waktu terdapat 74% dari total area ruang dapur yang mendapatkan tingkat pencahayaan terbaik.

Analisis Pencahayaan pada Model Skylight tipe 2

Model skylight tipe 2 dibuat dengan bukaan cahaya pada bagian atas ruang sebesar 5% dari luas ruang. Bukaan tersebut diletakkan pada bagian pinggir dari ruang. Bentuk bukaan membentuk pola persegi panjang dengan alasan bahwa besarnya cahaya yang masuk tidak berpusat pada satu titik. Perletakan skylight pada ruang tidur diletakkan pada area koridor yang menghubungkan ruang tamu dan dapur. Hal ini untuk memberikan kenyamanan visual pada area ruang tidur, karena pada area ruang tidur hanya mendapat cahaya difus dari area koridor. Perletakan skylight pada dapur, diletakkan pada bagian atas dari letak kitchen set, hal ini bertujuan untuk area dapur lainnya bisa mendapatkan cahaya difus sehingga tidak terlalu menyilaukan.



Gambar 6. Ilustrasi model uji dengan skylight tipe 2



Gambar 7. Illuminance map pada model skylight tipe 2 pada Bulan Juni

Pada gambar diatas dapat dianalisis bahwa ruang tamu dan ruang tidur sudah mendapatkan tingkat pencahayaan yang lebih baik dari kondisi eksisting di sepanjang hari dan sepanjang tahun yaitu dengan tingkat pencahayaan di atas 250 lux. Terlihat bahwa tingkat pencahayaan dibawah 250 lux hanya ada pada area kamar mandi (bersebelahan dengan dapur).

Tabel 5. Tingkat pencahayaan pada model skylight 2 sepanjang tahun (lux)

	Ruang Tamu			Dapur		
	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00
Min	83	118	87	164	213	159
Max	734	993	710	414	571	400
Average	391	541	378	313	431	302

Pada tabel diatas menunjukkan pada ruang tamu dan dapur masih terdapat tingkat pencahayaan yang jauh melebihi nilai standar yaitu pada pukul 12.00.

Tabel 6. Persentase area tingkat pencahayaan pada model skylight 2 sepanjang tahun

		Ruang Tamu			Dapur		
		09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00
Zona Gelap	0-99 lux	2%	0%	3%	0%	0%	0%
Zona Redup	100-199 lux	16%	8%	17%	7%	1%	8%
Zona Nyaman	200-400 lux	35%	27%	33%	78%	40%	84%
Zona Silau	>400 lux	47%	64%	46%	15%	59%	7%

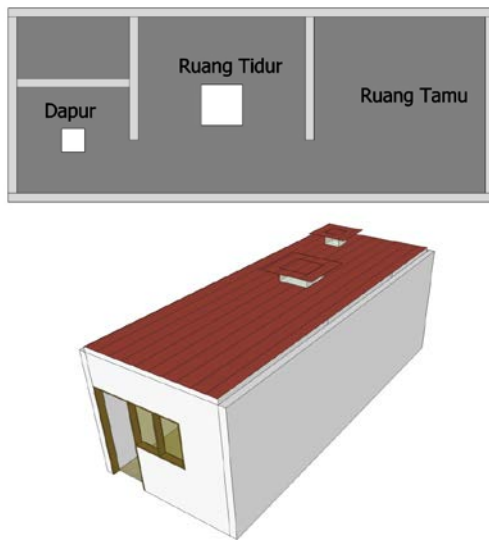
Tabel 7. Rata-rata persentase area tingkat pencahayaan pada model skylight 2 sepanjang tahun

		Ruang Tamu	Dapur
Zona Gelap	0-99 lux	2%	0%
Zona Redup	100-199 lux	14%	5%
Zona Nyaman	200-400 lux	32%	67%
Zona Silau	>400 lux	53%	27%

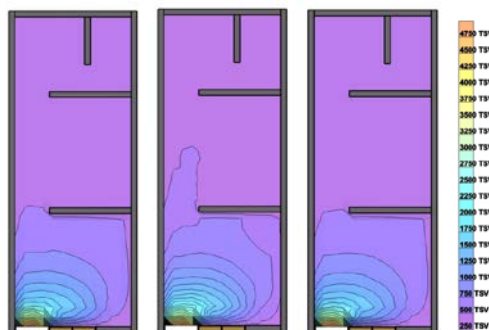
Pada tabel diatas menunjukkan bahwa pada ruang tamu di keseluruhan waktu hanya terdapat 32% dari total area ruang tamu yang mendapatkan tingkat pencahayaan terbaik. Sedangkan pada dapur di keseluruhan waktu terdapat 67% dari total area ruang dapur yang mendapatkan tingkat pencahayaan terbaik.

Analisis Pencahayaan pada Model Roof Monitor tipe 1

Model roof monitor tipe 1 dibuat dengan bukaan cahaya pada bagian atas ruang sebesar 5% dari luas ruang. Bukaan tersebut diletakkan pada bagian tengah ruang untuk mendapatkan persebaran cahaya yang baik. Bentuk bukaan membentuk pola yang sama dengan pola ruang yaitu persegi.



Gambar 8. Ilustrasi model uji dengan roof monitor tipe 1



Gambar 9. Illuminance map pada model roof monitor tipe 1 pada Bulan Juni

Pada gambar diatas dapat dianalisis bahwa ruang tamu dan ruang tidur sudah mendapatkan tingkat pencahayaan yang lebih baik dari kondisi eksisting di sepanjang hari dan sepanjang tahun yaitu dengan tingkat pencahayaan di atas 250 lux namun tidak terdapat perbedaan signifikan dengan kondisi eksisting.

Tabel 8. Tingkat pencahayaan pada model roof monitor 1 sepanjang tahun (lux)

	Ruang Tamu			Dapur		
	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00
Min	57	77	53	40	54	39
Max	254	344	243	127	167	120
Average	141	195	136	77	105	74

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa tingkat pencahayaan rata-rata pada area ruang tamu dan dapur masih dibawah nilai standar yang berarti tidak dapat memenuhi tingkat pencahayaan pada ruang tersebut.

Tabel 9. Persentase area tingkat pencahayaan pada model roof monitor 1 sepanjang tahun

		Ruang Tamu			Dapur		
		09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00
Zona Gelap	0-99 lux	18%	4%	20%	88%	42%	90%
Zona Redup	100-199 lux	74%	50%	74%	12%	58%	10%
Zona Nyaman	200-400 lux	8%	46%	6%	0%	0%	0%
Zona Silau	>400 lux	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabel 10. Rata-rata persentase area tingkat pencahayaan pada model roof monitor 1 sepanjang tahun

		Ruang Tamu	Dapur
Zona Gelap	0-99 lux	14%	73%
Zona Redup	100-199 lux	66%	27%
Zona Nyaman	200-400 lux	20%	0%
Zona Silau	>400 lux	0%	0%

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa pada ruang tamu di keseluruhan waktu hanya terdapat 20% dari total area ruang tamu yang mendapatkan tingkat pencahayaan terbaik. Sedangkan pada dapur di keseluruhan waktu terdapat 0% dari total area ruang dapur yang mendapatkan tingkat pencahayaan terbaik.

3.3. Diskusi

Tabel 11. Nilai Rata-rata Tingkat pencahayaan seluruh model sepanjang tahun (lux)

Ruang	Eksisting	Skylight Tipe 1	Skylight Tipe 2	Roof Monitor
Ruang Tidur	42 lux	572 lux	437 lux	157 lux
Dapur	12 lux	297 lux	349 lux	85 lux

Pada keseluruhan model dapat dilihat pada kondisi eksisting, tingkat pencahayaannya sangat jauh dari nilai standar yaitu 250 lux. Sedangkan tingkat pencahayaan terbaik yaitu yang mendekati standar pada ruang tamu dihasilkan oleh Skylight tipe 2 dan pada area dapur dihasilkan oleh Skylight tipe 1.

Tabel 12. Persentase area tingkat pencahayaan pada seluruh model pada ruang tamu

		Skylight Tipe 1	Skylight Tipe 2	Roof Monitor
Zona Gelap	0-99 lux	0%	2%	14%
Zona Redup	100-199 lux	0%	14%	66%
Zona Nyaman	200-400 lux	17%	32%	20%
Zona Silau	>400 lux	83%	53%	0%

Pada keseluruhan model ruang tamu dapat dilihat bahwa zona nyaman terbaik dihasilkan pada model Skylight tipe 2 yaitu sebesar 32%.

Tabel 13. Persentase area tingkat pencahayaan pada seluruh model pada dapur

		Skylight Tipe 1	Skylight Tipe 2	Roof Monitor
Zona Gelap	0-99 lux	0%	0%	73%
Zona Redup	100-199 lux	13%	5%	27%
Zona Nyaman	200-400 lux	74%	67%	0%
Zona Silau	>400 lux	13%	27%	0%

Pada keseluruhan model dapur dapat dilihat bahwa zona nyaman terbaik dihasilkan pada model Skylight tipe 1 yaitu sebesar 74%.

4. KESIMPULAN

Pada ruang tidur, tingkat pencahayaan terbaik dihasilkan oleh model dengan skylight tipe 2 yaitu bukaan cahaya pada bagian atas ruang sebesar 5% dari luas ruang dan diletakkan pada bagian pinggir dari ruang. Tingkat pencahayaan rata-rata yang dihasilkan adalah 437 lux dengan zona

nyaman sebesar 32% dari total area ruang tidur.

Pada ruang dapur, tingkat pencahayaan terbaik dihasilkan oleh model dengan skylight tipe 1 yaitu bukaan cahaya pada bagian atas ruang sebesar 5% dari luas ruang dan diletakkan pada bagian tengah dari ruang. Tingkat pencahayaan rata-rata yang dihasilkan adalah 297 lux dengan zona nyaman sebesar 74% dari total area dapur..

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bennett, Kristin Mc William (2008) : *Light in Architecture: Natural and Artificial Lighting Techniques that Brighten Our Sacred Spaces*; Thesis, Department of Architecture; The University of Utah.
- Ferreira, Camila; Soares, Carla Patrícia; Rocha, Paula (2011) : Research on Energy Saving Potential of Daylighting in Tropical Climates: A Case Study of The Building Ibope, Brazil; *Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association*, Sydney.
- Handayani, Teti (2010) : Efisiensi Energi Dalam Rancangan Bangunan, *Spektrum Sipil*, Vol. 1, No. 2 : 102 - 108, Agustus 2010.
- Heschong, Lisa (2002) : *Daylighting And Human Performance*. ASHRAE Journal.
- IEA International Energy Agency (2000) : *Daylight in Buildings A Source Book on Daylighting System and Components*.
- IEA International Energy Agency (2010) : *Daylight in Buildings*, ECBS Annex 29 / SHC Task 21 Project Summary Report. AECOM Ltd; United Kingdom.
- IESNA (2010) : *The IESNA Lighting Handbook Reference & Application edisi 9*. Illuminating Engineering Society of North America, New York.
- Los Alamos National Laboratory (2013). Los Alamos National Laboratory Sustainable Design Guide: *The Building Architectural Design*. US Department of Energy.
- Marc Fontoynt, Aris Tsangrassoulis, Afroditi Synnefa (2004) : *SynthLight Handbook Chapter 2: Daylighting*.
- Sangkertadi, Prof.Dr.Ir.; *Arsitektur Bioklimatik: Hemat Energi, Nyaman, dan Ramah Lingkungan*; Pidato ilmiah pengukuhan guru besar; Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi; 9 April 2008; diambil dalam https://www.academia.edu/4375717/Arsitektur_Bioklimatik.

- Szokolay, Steven V. (2007) : *Solar Geometry. Passive and Low Energy Architecture International (PLEA Notes)*.
- Veitch, J. A. (2006). *Lighting For High-Quality Workplaces*. In: Clements-Croome, Derek (Ed.), *Creating the Productive Workplace*, seconded. Taylor & Francis, London, pp. 206–222.
- 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