

KONTRIBUSI SKYLIGHT TERHADAP PERFORMA PENCAHAYAAN ALAMI GREENHOST BOUTIQUE HOTEL DI YOGYAKARTA

Tara Paramita Sari

Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit No. 94, Bandung
Email : tara_95@ymail.com

Abstrak

Pencahayaan merupakan bagian terpenting dalam menunjang aktivitas manusia di dalam bangunan. Pencahayaan alami membutuhkan kontrol untuk mengendalikan besarnya cahaya yang masuk agar performa pencahayaan alami dapat optimal. Untuk mengoptimalkan performa pencahayaan alami tingkat iluminasi cahaya harus terpenuhi dan distribusi cahaya harus merata. Faktor-faktor yang mempengaruhi performa pencahayaan alami adalah tipe bukaan, orientasi bukaan, dimensi bukaan, material, dan *shading*. Salah satu upaya yang paling baik untuk optimalisasi pencahayaan alami adalah dengan menggunakan *skylight*. Penggunaan *skylight* sebagai media pemasukkan cahaya alami harus direncanakan dengan baik agar cahaya yang masuk tidak berlebih dan mengganggu aktivitas di dalam bangunan. Pada penelitian ini diteliti performa pencahayaan alami pada Greenhost Boutique Hotel dan upaya-upaya optimalisasi pencahayaan alami melalui alternatif desain *skylight*. Penelitian dilakukan dengan metode eksploratif dan komparatif-deskriptif sehingga dapat dievaluasi performa pencahayaan alami pada Greenhost Boutique Hotel dan alternatif desain mana yang mengoptimalkan pencahayaan alami.

Kata kunci : pencahayaan alami, *skylight*, optimalisasi performa, Greenhost Boutique Hotel

Abstract

Title : *Skylight Contribution To Natural Lighting Performance in Greenhost Boutique Hotel Yogyakarta*

Lighting is the most important part in supporting human activity inside a building. Natural lighting requires controls to control the amount of incoming light for optimal daylight performance. To optimize the performance of natural illumination the light illumination level must be met and the distribution of light should be evenly distributed. Factors affecting the performance of natural lighting are the type of openings, the orientation of openings, the dimensions of openings, materials, and shading. One of the best efforts to optimize natural lighting is to use skylights. The use of skylights as natural light insertion media should be well planned so that the incoming light does not overload and disrupt the activity inside the building. In this study writer examined the performance of natural lighting at Greenhost Boutique Hotel and efforts to optimize natural lighting through skylight design alternatives. The research was conducted by explorative and comparative-descriptive method so that it can be evaluated the performance of natural lighting at Greenhost Boutique Hotel and which alternative designs that optimize it.

Keywords : *natural lighting, skylight, performance optimization, Greenhost Boutique Hotel*

Pendahuluan

Pencahayaan merupakan salah satu bagian terpenting dalam menunjang

aktivitas manusia di dalam bangunan. Pencahayaan yang buruk dapat menimbulkan gangguan pada aktivitas manusia, dan dapat menimbulkan

gangguan kesehatan mata. Desain pencahayaan pada bangunan harus mempertimbangkan fungsi dan kebutuhan sehingga penghuni dapat merasa nyaman. Untuk mencapai kenyamanan visual, dapat dilakukan dengan memanfaatkan pencahayaan alami maupun pencahayaan buatan. Akan tetapi, Indonesia yang terletak di iklim tropis dengan tingkat penerimaan cahaya matahari yang berlebih, maka baiknya pencahayaan alami dimanfaatkan dengan optimal. Optimalisasi pencahayaan alami sangat dipengaruhi oleh distribusi dan iluminasi cahaya matahari yang masuk ke dalam bangunan. Selain bermanfaat untuk mencapai kenyamanan visual di dalam bangunan. Cahaya alami yang masuk ke dalam bangunan dapat dioptimalkan untuk mereduksi konsumsi energi bangunan. Sebuah bangunan tinggi yang tipikal, memiliki proporsi konsumsi energi 55% untuk sistem tata udara (*air conditioning*), 25% untuk sistem tata cahaya (*lighting*), dan 20% sisanya digunakan untuk peralatan lainnya seperti lift, pompa, peralatan elektronik, dan lain-lain (Kusumo, 2011). Dari data tersebut, dapat dilihat bahwa sistem tata cahaya memiliki kontribusi konsumsi energi terbesar kedua setelah sistem tata udara.

Pencahayaan alami sangat mempengaruhi besarnya konsumsi energi yang dibutuhkan sistem tata udara yang diakibatkan oleh serapan panas yang diterima dari cahaya matahari yang masuk. Semakin besar bukaan, semakin besar pula panas yang diterima dan mengakibatkan besarnya konsumsi energi sistem tata udara. Maka dari itu, perlu adanya kontrol untuk mengendalikan besarnya tingkat cahaya yang masuk. Dengan mengontrol intensitas cahaya yang masuk, performa pencahayaan alami

dapat optimal. Selain itu, penggunaan pencahayaan alami merupakan cara terbaik untuk menyinari suatu ruang. Dari penelitian yang telah dilakukan, terbukti bahwa penggunaan cahaya matahari memiliki keuntungan untuk desain *sustainable*, efisiensi energi, dan kesehatan (Leslie, 2002). Kontrol pencahayaan alami harus dilakukan dengan tepat agar performa pencahayaan alami dapat optimal. Jikalau tidak, ruang akan mendapatkan cahaya berlebih yang mengakibatkan turunnya kualitas kenyamanan visual.

Terdapat berbagai cara untuk memasukkan cahaya matahari ke dalam bangunan, antara lain adalah dengan menggunakan *toplighting*, *sidelighting*, dan *atria*. Bukaan samping yang paling umum ditemui adalah jendela. Bukaan samping (*sidelighting*) memberikan distribusi cahaya yang luas, mengurangi *brightness* yang berlebihan, dan menyediakan cahaya yang lebih terang dan dalam. Bukaan atas (*toplighting*) dapat berupa *skylight*, *sawtooth*, *monitor*, dan *clerestory*. Penggunaan bukaan atas, selain untuk segi fungsional, juga memberikan efek dramatis dalam ruang. Menurut Heschong dan Mc Hugh (2000), *skylight* merupakan sistem bukaan atas yang dapat meminimalkan penggunaan energi untuk penerangan di dalam bangunan, selain itu juga menyediakan pencahayaan yang optimal.

Greenhost Boutique Hotel merupakan hotel empat lantai yang berlokasi di Yogyakarta. Hotel ini memasukan pencahayaan alami sebagai sumber penerangan utama pada siang hari. Bentuk bangunan Greenhost Boutique Hotel berbentuk segi empat dengan sebuah atrium di tengahnya. Pada area atrium ini dinaungi oleh sistem atap *skylight* sebagai upaya memasukkan

cahaya alami ke dalam bangunan. *Skylight* yang digunakan sebagai sistem penutup atap atrium hanya diberi penutup atap di beberapa area saja.

Sistem pencahayaan di siang hari pada Greenhost Boutique Hotel memanfaatkan pencahayaan alami yang dimasukkan ke dalam bangunan melalui *skylight*. Meskipun cahaya dapat masuk secara bebas melalui *skylight*, masih dibutuhkan pencahayaan buatan di beberapa titik ruang. Pada area tertentu, pengunjung enggan untuk beraktivitas karena pencahayaan yang dirasa kurang atau berlebihan. Maka, sistem pencahayaan alami pada bangunan ber-atrrium seperti Greenhost Boutique Hotel harus didesain sedemikian rupa untuk menciptakan kondisi yang optimal bagi fungsi bangunan tersebut.

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan desain *skylight* untuk menyediakan pencahayaan alami yang sesuai dan cukup bagi fungsi bangunan. Maka, bangunan yang diambil untuk penelitian ini adalah bangunan Greenhost Boutique Hotel. Greenhost Boutique Hotel merupakan hotel yang mengusung konsep hemat energi. Salah satu upaya desain hemat energi pada bangunan ini adalah penggunaan *skylight* pada atrium di area publik yang membutuhkan kontrol pencahayaan alami.

Metodologi Penelitian

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksploratif dan penelitian komparatif-deskriptif. Penelitian Eksploratif bertujuan memperdalam pengetahuan mengenai suatu gejala tertentu. Gejala yang dimaksud pada penelitian ini adalah performa

pencahayaan alami pada Greenhost Boutique Hotel dengan hubungannya dengan penggunaan *skylight* pada atrium bangunan. Penelitian eksploratori ini digunakan untuk mengevaluasi performa pencahayaan alami yang ada. Penelitian komparatif – deskriptif membandingkan variabel yang berbeda untuk sampel yang sama. Sampel yang diteliti adalah Greenhost Boutique Hotel, sedangkan variabel yang dibandingkan adalah distribusi iluminasi pencahayaan alami. Penelitian ini membandingkan performa pencahayaan alami pada *skylight* Greenhost Boutique Hotel dan performa pencahayaan alami pada desain bentuk alternatif *skylight*. Observasi optimalisasi performa pencahayaan alami pada objek penelitian terkait dengan desain bentuk *skylight* sebagai media pemasukan cahaya alami. Konsep hemat energi yang dimiliki objek diharapkan dapat memperlihatkan peran desain bentuk *skylight* terhadap optimalisasi performa pencahayaan alami pada bangunan.

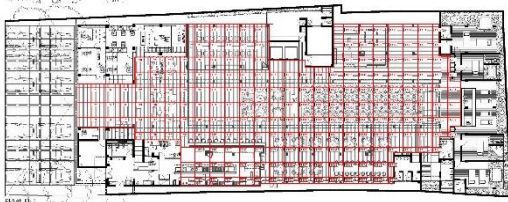
Objek Studi

Objek yang digunakan adalah Greenhost Boutique Hotel di Yogyakarta yang terdiri dari 4 lantai dan 1 *attic*. Objek terletak di Jalan Prawirotaman II nomor 629, Yogyakarta. Objek dipilih karena merupakan salah satu bangunan yang memanfaatkan pencahayaan alami untuk area publik, dan menggunakan *skylight* pada atrium sebagai upaya memasukkan cahaya alami.

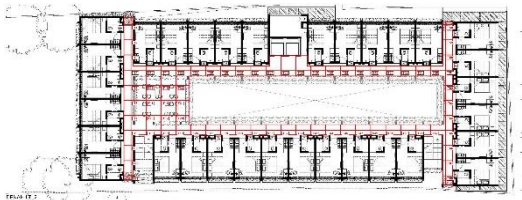
Fokus Penelitian

Penelitian dilakukan pada 4 area pengukuran di area publik Greenhost Boutique Hotel. Waktu penelitian adalah pukul 09.00, 12.00, dan 15.00.

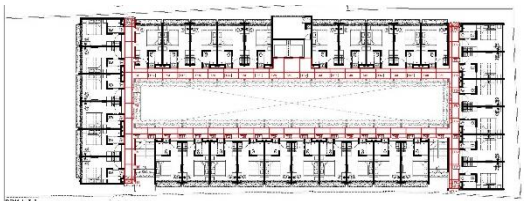
Waktu penelitian yang dipilih bertujuan agar hasil pengukuran mewakili kondisi cahaya matahari dalam satu hari dan dapat dianalisa perubahan intensitas iluminasi cahaya dan distribusi cahaya pada ruang dalam. Area pengukuran yang dipilih adalah sebagai berikut.



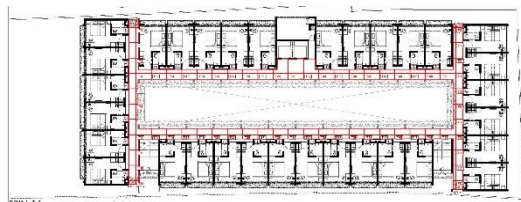
Gambar 1. Titik Area Pengukuran 1



Gambar 2. Titik Area Pengukuran 2



Gambar 3. Titik Area Pengukuran 3



Gambar 4. Titik Area Pengukuran 4

Alat Pengumpulan Data

Alat yang digunakan adalah Lux Meter (untuk mengukur iluminasi cahaya). Terdapat program yang digunakan untuk memperoleh data yaitu Velux Daylight Visualizer (untuk mensimulasikan performa pencahayaan alami pada keadaan sesungguhnya dan pada alternatif

desain untuk mendapatkan data iluminasi cahaya dan *daylight factor* pada desain alternatif).

Teknik Analisa Data. Eksploratif dan komparatif-deskriptif. Pada analisa eksploratif, data pengukuran lapangan diolah dan dibandingkan dengan standar yang ada. Dari hasil yang diperoleh didapatkan evaluasi performa pencahayaan alami yang ada di lapangan. Pada analisa komparatif-deskriptif, membandingkan performa pencahayaan alami pada dua alternatif desain yang dibuat berdasarkan performa pencahayaan alami di lapangan.

Evaluasi Performa Pencahayaan Alami

Bagian objek yang diteliti adalah area publik disekitar atrium bangunan yang dinaungi oleh *skylight* karena area publik disekitar atrium bangunan merupakan area yang memanfaatkan pencahayaan alami sebagai tata cahaya ruangan. Terdapat 4 area pengukuran dan masing-masing titik ukur berjarak 2 meter. Titik pengukuran diambil setiap 2 meter untuk memetakan performa pencahayaan alami pada bangunan dengan menilai intensitas cahaya dan pemerataan distribusi cahaya pada bangunan. Pengukuran dilakukan pada ketinggian $\pm 1,2$ meter dari lantai bangunan Greenhost Boutique Hotel.

Hasil dan Pembahasan

Analisa Performa Pencahayaan Alami pada Greenhost Boutique Hotel

Analisa Performa Pencahayaan Alami pada Area Lobby.

Performa pencahayaan alami *lobby* pada pukul 09.00, 12.00, dan 09.00 kurang baik. Tingkat iluminasi cahaya dan faktor cahaya alami (*daylight*

factor) tidak terpenuhi, namun keseragaman distribusi cahaya baik. Kebutuhan iluminasi cahaya pada *lobby* tidak terpenuhi. Rata-rata iluminasi cahaya pada *lobby* adalah 138 lux. *Lobby* yang mewadahi aktivitas dengan tingkat detail wajar, seharusnya membutuhkan iluminasi sebesar 200 lux. Kurangnya iluminasi cahaya pada area ini dikarenakan posisi *lobby* yang jauh dari sumber cahaya, yaitu *skylight* dan *sidelighting*. Meskipun dimensi sumber cahaya cukup besar, namun karena jarak yang jauh maka cahaya tidak dapat mencapai area *lobby*. Pada area *lobby* ditemukan pula pencahayaan buatan yang menyala. Akan tetapi pencahayaan buatan ini hanya digunakan untuk *highlight* elemen arsitektural, sehingga tidak memberikan kontribusi terhadap iluminasi cahaya pada *lobby*.

Keseragaman distribusi cahaya pada area ini termasuk dalam kategori sangat baik. Keseragaman pada area *lobby* ini dapat dicapai karena seluruh sumber cahaya memiliki posisi yang jauh. Rata-rata *illuminance uniformity* yang menentukan keseragaman distribusi cahaya pada *lobby* adalah sebesar 2,61.

Analisa Performa Pencahayaan Alami pada Resepsionis.

Pada area resepsionis, performa pencahayaan alami buruk. Kebutuhan iluminasi cahaya dan faktor cahaya alami (*daylight factor*) tidak terpenuhi. Keseragaman distribusi cahaya pun hanya mencukupi.

Kebutuhan iluminasi untuk area resepsionis adalah sebesar 200 lux. Sedangkan rata-rata iluminasi pada resepsionis pada pukul 09.00 hanya sebesar 5,91 lux. Pada pukul 12.00 rata-rata iluminasi cahaya sebesar 29

lux dan pada pukul 15.00 sebesar 39,83 lux. Kurangnya iluminasi cahaya pada area resepsionis ini dikarenakan oleh posisi resepsionis yang membelakangi sumber cahaya. Cahaya yang berasal dari *entrance* tidak dapat mencapai area resepsionis, sehingga satu-satunya cahaya yang mencapai area resepsionis adalah cahaya yang berasal dari *skylight*. Jauhnya jarak resepsionis ke sumber cahaya mengakibatkan iluminasi cahaya yang diterima area resepsionis sedikit. Maka dari itu, pada area resepsionis terdapat pencahayaan buatan yang menyala setiap saat. Karena tanpa adanya pencahayaan buatan aktivitas pada area resepsionis ini tidak dapat berjalan.

Keseragaman distribusi cahaya pada area resepsionis pada pukul 09.00 dan 12.00 baik dan cukup baik pada pukul 15.00. Keseragaman pada area resepsionis ini dapat dicapai karena seluruh sumber cahaya memiliki posisi yang jauh. Selain itu, faktor refleksi material pada resepsionis yang rendah sehingga tidak mempengaruhi pendistribusian cahaya.

Analisa Performa Pencahayaan Alami pada Area Makan.

Performa pencahayaan alami pada area makan cukup baik. Kebutuhan iluminasi cahaya dan faktor cahaya alami (*daylight factor*) cukup terpenuhi. Keseragaman distribusi cahaya pun sangat baik. Kebutuhan iluminasi untuk area makan adalah sebesar 100 lux. Pada area makan Greenhost Boutique Hotel rata-rata iluminasi pada pukul 09.00 adalah 92,9 lux. Sedangkan pada pukul 12.00 rata-rata iluminasi area makan adalah 134,3 lux, dan pada pukul 15.00 sebesar 129 lux. Rata-rata iluminasi pada pukul 12.00 dan 15.00 sedikit melebihi kebutuhan. Hal ini dikarenakan

orientasi ruangan yang memiliki arah yang sama dengan bangunan yaitu timur-barat. Selain itu, pada sisi barat area makan terdapat bukaan yang cukup besar, sehingga pada sore hari cahaya alami yang masuk cukup besar.

Keseragaman distribusi cahaya pada area resepsionis sangat baik. Keseragaman pada area makan ini dapat dicapai karena ruangan diapit oleh dua sumber cahaya, sehingga cahaya dapat terdistribusi dengan baik. Faktor refleksi material pada area makan rendah sehingga tidak mempengaruhi distribusi cahaya.

Analisa Performa Pencahayaan Alami pada Koridor Lantai 2.

Pada koridor lantai 2, tingkat iluminasi cukup memadai khususnya pada pukul 12.00. Pada pukul 12.00 tingkat iluminasi rata-rata di koridor lantai 2 adalah 110,02 lux, dimana standar iluminasi untuk sebuah koridor adalah 100 lux. Standar *daylight factor* pada pukul 12.00 sudah memenuhi standar koridor yaitu 0,5%. Pada pukul 09.00 dan 15.00 performa pencahayaan pada koridor kurang baik, khususnya pada tingkat iluminasi dan *daylight factor*. Pada pukul 09.00 tingkat iluminasi rata-rata yang ditemui adalah 128,74 dengan *daylight factor* rata-rata sebesar 0,75%. Sedangkan pada pukul 15.00 rata-rata tingkat iluminasi sebesar 53,86 lux, dan *daylight factor* sebesar 0,36%. Keseragaman distribusi cahaya pada koridor 2 cukup baik. Keseragaman distribusi cahaya pada koridor ini dapat dicapai karena letaknya yang berdekatan dengan sumber cahaya *skylight* dan *sidelighting* pada sisi tangga. Faktor refleksi material pada area koridor rendah sehingga tidak berpengaruh pada distribusi cahaya.

Analisa Performa Pencahayaan Alami pada Koridor Lantai 3.

Performa pencahayaan alami pada koridor lantai 3 kurang baik. Pada pukul 09.00 performa pencahayaan alami kurang memadai, sedangkan pada pukul 12.00 dan 15.00 performa pencahayaan alami melebihi kebutuhan.

Pada pukul 09.00, tingkat iluminasi rata-rata pada koridor lantai 3 adalah 53,62 lux dan *daylight factor* sebesar 0,4%. Tingkat iluminasi rata-rata pada pukul 12.00 adalah 730,30 lux dan *daylight factor* sebesar 0,81%, dimana jauh lebih tinggi dari kebutuhan. Sedangkan pada pukul 15.00 tingkat iluminasi rata-rata koridor adalah 462,14 lux dengan *daylight factor* sebesar 0,76%. Iluminasi yang berlebih ini disebabkan oleh dimensi bukaan yang sangat besar sehingga cahaya dapat masuk dengan bebas ke dalam bangunan. Selain itu, jarak yang dekat dan tidak adanya *shading* juga berpengaruh pada besarnya iluminasi cahaya yang masuk ke dalam bangunan.

Distribusi cahaya pada koridor 3 cukup baik. Hal ini disebabkan besarnya bukaan sumber cahaya dan kurangnya *shading*. Keseragaman distribusi cahaya pada koridor 3 sangat baik pada pukul 09.00 dan 12.00, dan cukup baik pada pukul 15.00

Analisa Performa Pencahayaan Alami pada Koridor Lantai 4.

Performa pencahayaan alami pada koridor lantai 4 kurang baik. Pada pukul 09.00 performa pencahayaan alami kurang memadai, sedangkan pada pukul 12.00 dan 15.00 performa pencahayaan alami melebihi kebutuhan.

Pada pukul 09.00, tingkat iluminasi rata-rata pada koridor lantai adalah 53,50 lux dan *daylight factor* sebesar 0,1%. Tingkat iluminasi rata-rata pada pukul 12.00 adalah 331,08 lux dan

daylight factor sebesar 2,03%, dimana jauh lebih tinggi dari kebutuhan. Sedangkan pada pukul 15.00 tingkat iluminasi rata-rata koridor adalah 466,82 lux dengan *daylight factor* sebesar 0,65%. Iluminasi yang berlebih ini disebabkan oleh dimensi bukaan yang sangat besar sehingga cahaya dapat masuk dengan bebas ke dalam bangunan. Selain itu, jarak yang dekat dan tidak adanya *shading* juga berpengaruh pada besarnya iluminasi cahaya yang masuk ke dalam bangunan.

Distribusi cahaya pada koridor 4 cukup baik. Hal ini disebabkan besarnya bukaan sumber cahaya dan kurangnya *shading*. Keseragaman distribusi cahaya pada koridor 4 sangat baik pada pukul 09.00 dan 15.00, dan cukup baik pada pukul 12.00.

Eksplorasi desain Skylight untuk Mengkaji Performa Pencahayaan Alami

Simulasi. Alternatif desain yang dipilih untuk mengoptimalkan performa pencahayaan alami pada Greenhost Boutique Hotel antara lain adalah *venetian blind*, *directional selective shading*, dan perubahan material. Pemilihan alternatif ini didasarkan pada hasil temuan evaluasi performa pencahayaan alami pada bab sebelumnya dan dikaitkan dengan teori-teori yang ada.

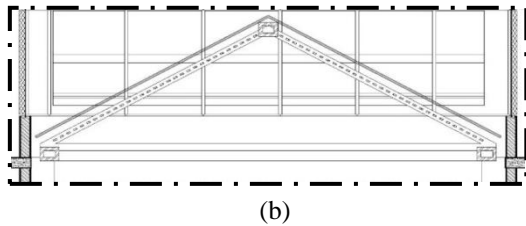
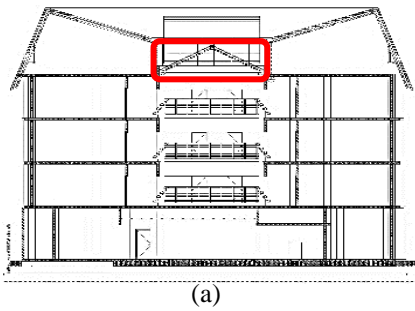
Berdasarkan evaluasi performa pencahayaan alami Greenhost Boutique Hotel, performa pencahayaan alami belum optimal. Pada area satu yang mencakup area *lobby* dan resepsionis serta area 2 (koridor lantai 2) memiliki tingkat iluminasi yang belum mencukupi kebutuhan. Sedangkan pada area 3 (koridor lantai 3) dan area 4 (koridor lantai 4) iluminasi cahaya pada pukul 12.00 dan

15.00 melebihi dari kebutuhan. Berlebihnya iluminasi cahaya pada area 3 dan 4 diakibatkan oleh dimensi *skylight* yang sangat besar. Selain itu, jarak dan posisi *skylight* yang dekat dengan area 3 dan 4 juga berpengaruh pada besarnya iluminasi yang masuk.

Salah satu cara untuk mengurangi besarnya iluminasi cahaya yang masuk ke dalam ruangan adalah dengan memberi perlindungan matahari atau yang lebih dikenal dengan nama *shading*. Elemen yang dapat dijadikan perlindungan matahari salah satunya adalah sirip horisontal dan kaca pelindung matahari. Maka dari itu, sirip horisontal yang dipilih untuk memperbaiki performa pencahayaan alami pada Greenhost Boutique Hotel adalah *venetian blind* dan *directional selective shading*.

Venetian Blind. *Venetian blind* adalah *shading* yang berfungsi untuk mengurani iluminasi cahaya yang masuk ke dalam bangunan. *Venetian blind* dipilih menjadi salah satu desain alternatif karena tidak mengubah ekspresi bentuk *skylight* pada bangunan. Bentuk segi tiga pada *skylight* tetap terjaga walaupun dengan adanya tambahan *shading*.

Profil dari sirip horisontal *venetian blind* adalah persegi panjang dengan dimensi 2 cm x 5 cm, dengan jarak antar sirip 5 cm. Material pada sirip horisontal yang digunakan adalah kayu komposit. Kayu komposit digunakan karena perawatannya yang mudah dan durabilitas yang tinggi.



Gambar 5. Potongan Skylight dengan Venetian Blind

(a) Potongan Melintang Bangunan, (b) Detail Potongan Skylight dengan Venetian Blind



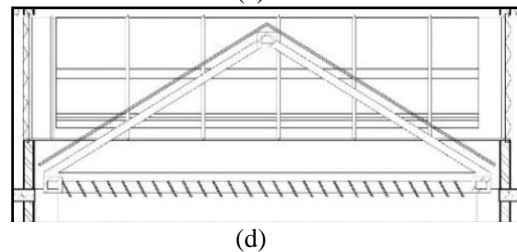
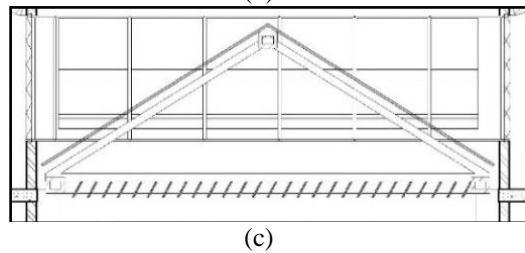
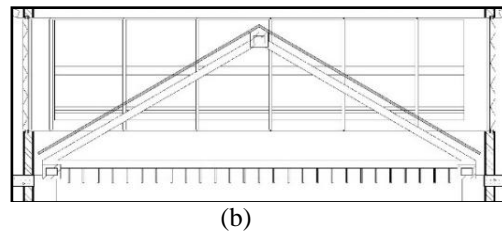
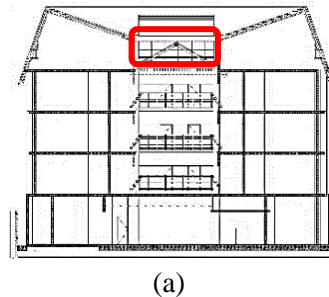
Gambar 6. Perspektif 3D Skylight dengan Venetian Blind

Directional Selective Shading.

Directional Selective Shading adalah shading dengan sirip horisontal yang berfungsi untuk mengurangi tingkat iluminasi cahaya berlebih yang masuk ke dalam bangunan. Tipe shading ini memungkinkan untuk mengurangi iluminasi cahaya dengan lebih efektif karena posisi sirip horisontal yang dapat dimiringkan hingga 30°. *Directional selective shading* ini dapat dikontrol melalui *remote control* ataupun dapat dilakukan *setting* waktu untuk menentukan kapan shading dimiringkan. Salah satu kekurangan

dari tipe shading ini adalah menutupi ekspresi bentuk asli dari skylight.

Sirip horisontal dari *Directional Selective Shading* memiliki profil rangka dengan dimensi sebesar 2,5 cm x 20 cm. Material shading berupa polyester yang memiliki faktor refleksi rendah. Material rangka profil dan shading tipe *directional selective shading* ini memiliki durabilitas yang cukup tinggi.



Gambar 7. Potongan Skylight dengan Directional Selective Shading

(a) Potongan Melintang Bangunan, (b) Detail Potongan Skylight dengan *Directional Selective Shading* pada posisi 90°, (c) Detail Potongan Skylight dengan *Directional Selective Shading* pada posisi 120°, (d) Detail Potongan Skylight dengan *Directional Selective Shading* pada posisi 120°.

(d) Detail Potongan *Skylight* dengan *Directional Selective Shading* pada posisi 60°



Gambar 8. Perspektif 3D *Skylight* dengan *Directional Selective Shading*

Perubahan Material.

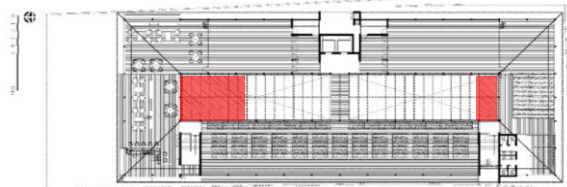
Material penutup *skylight* merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi performa pencahayaan alami. Material penutup *skylight* pada Greenhost Boutique Hotel adalah kaca dengan transmisi 78%. Untuk mengurangi besarnya iluminasi yang masuk ke dalam bangunan, transmisi kaca diubah menjadi 42%.

Pada area 1 (*lobby* dan resepsionis) dan area 2 (koridor lantai 2) yang memiliki iluminasi kurang dari yang dibutuhkan, material pelingkup ruangan diganti dengan material dengan faktor reflektansi yang lebih tinggi.

Tabel 1. Perubahan Material Pelingkup Ruang

Ruang		Material Asli	Material Simulasi
Lobby	Plafond	-	-
	Dinding	kayu kargo – warna terang	kayu kargo – warna terang
	Lantai	kayu <i>parquet</i> – warna gelap	kayu <i>parquet</i> – warna terang
Resepsionis	Plafond	kayu kargo – warna terang	kayu kargo – warna terang

	Dinding	kayu kargo – warna terang	kayu kargo – warna terang
	Lantai	kayu <i>parquet</i> – warna gelap	kayu <i>parquet</i> – warna terang
Area Makan	Plafond	-	-
	Dinding	kaca, beton <i>expose</i> , beton cat putih <i>mat</i>	Kaca, beton <i>expose polished</i> , beton cat putih <i>mat</i>
	Lantai	kayu <i>parquet</i> – warna gelap	kayu <i>parquet</i> – warna terang
Koridor Lt. 2-4	Plafond	-	-
	Dinding	beton <i>expose</i>	beton <i>expose polished</i>
	Lantai	beton <i>expose</i>	beton <i>expose polished</i>



Gambar 9. Area *Skylight* yang Diberi Material Penutup

Simulasi *Lobby*

Tingkat iluminasi pada area *lobby* tidak terpengaruh oleh adanya perubahan *skylight*. Kebutuhan iluminasi pada area ini tetap dibawah dari standar. Standar iluminasi untuk area *lobby* adalah 200 lux. Namun, rata-rata dari masing-masing desain alternatif memiliki tingkat iluminasi yang jauh dari standar. Rata-rata iluminasi pada *venetian blind* adalah 24,38 lux. Sedangkan rata-rata iluminasi pada *directional selective shading* adalah 26,42 lux, dan rata-rata iluminasi pada desain perubahan material adalah 26,22 lux. Hal ini dikarenakan oleh area *lobby* yang memiliki posisi dan jarak yang jauh dari *skylight*. Meskipun dimensi

skylight cukup besar, namun karena jarak yang jauh maka cahaya tidak dapat mencapai area *lobby*.

Daylight factor yang juga digunakan untuk mengevaluasi tingkat iluminasi menunjukkan bahwa *daylight factor* pada area *lobby* tidak memenuhi standar yang ada. Standar *daylight factor* untuk area *lobby* adalah 1%. Pada *venetian blind* rata-rata *daylight factor* adalah 0,29%, sedangkan pada *directional selective shading* rata-rata *daylight factor* sebesar 0,375%. Pada alternatif desain perubahan material, rata-rata *daylight factor* adalah 0,38%. Seperti pada tingkat iluminasi, kurangnya *daylight factor* pada *lobby* dikarenakan area *lobby* yang memiliki posisi dan jarak yang jauh dari *skylight*. Meskipun dimensi *skylight* cukup besar, namun karena jarak yang jauh maka cahaya tidak dapat mencapai area *lobby*. Sehingga perubahan desain *skylight* dan material pelingkup area *lobby* tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap *daylight factor*.

Distribusi pencahayaan pada area *lobby* sangat baik, meskipun tingkat iluminasi tidak memenuhi kebutuhan aktivitas yang ada. Perubahan desain pada *skylight* dan perubahan material pelingkup ruangan tidak berpengaruh terhadap *illuminance uniformity*. Hal ini dikarenakan cahaya yang masuk ke area *lobby* merupakan cahaya yang tidak langsung, sehingga distribusi cahaya baik. Distribusi cahaya termasuk pada kategori sangat baik, karena *illuminance uniformity* pada seluruh alternatif desain masih termasuk dalam *range* 1 hingga 10. Semakin mendekati angka 1, maka distribusi cahaya semakin baik.

Simulasi Resepsionis.

Tingkat iluminasi pada area resepsionis tidak terpengaruh oleh adanya perubahan *skylight*. Kebutuhan iluminasi pada area ini tetap dibawah dari standar. Standar iluminasi untuk area resepsionis adalah 200 lux. Namun, rata-rata dari masing-masing desain alternatif memiliki tingkat iluminasi yang jauh dari standar. Rata-rata iluminasi pada *venetian blind* adalah 29,35 lux. Sedangkan rata-rata iluminasi pada *directional selective shading* adalah 31,37 lux, dan rata-rata iluminasi pada desain perubahan material adalah 33,75 lux. Hal ini dikarenakan oleh area resepsionis yang memiliki posisi dan jarak yang jauh dari *skylight*. Meskipun dimensi *skylight* cukup besar, namun karena jarak yang jauh maka cahaya tidak dapat mencapai area resepsionis.

Daylight factor yang juga digunakan untuk mengevaluasi tingkat iluminasi menunjukkan bahwa *daylight factor* pada area resepsionis tidak memenuhi standar yang ada. Standar *daylight factor* untuk area resepsionis adalah 2%. Pada *venetian blind* rata-rata *daylight factor* adalah 0,35%, sedangkan pada *directional selective shading* rata-rata *daylight factor* sebesar 0,45%. Pada alternatif desain perubahan material, rata-rata *daylight factor* adalah 0,43%. Seperti pada tingkat iluminasi, kurangnya *daylight factor* pada resepsionis dikarenakan area resepsionis yang memiliki posisi dan jarak yang jauh dari *skylight*. Meskipun dimensi *skylight* cukup besar, namun karena jarak yang jauh maka cahaya tidak dapat mencapai area resepsionis. Sehingga perubahan desain *skylight* dan material pelingkup area resepsionis tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap *daylight factor*.

Distribusi pencahayaan pada area resepsionis sangat baik, meskipun tingkat iluminasi tidak memenuhi kebutuhan aktivitas yang ada. Perubahan desain pada *skylight* dan perubahan material pelingkup ruangan tidak berpengaruh terhadap *illuminance uniformity*. Hal ini dikarenakan cahaya yang masuk ke area resepsionis merupakan cahaya yang tidak langsung, sehingga distribusi cahaya baik. Distribusi cahaya termasuk pada kategori sangat baik, karena *illuminance uniformity* pada seluruh alternatif desain masih termasuk dalam *range* 1 hingga 10. Semakin mendekati angka 1, maka distribusi cahaya semakin baik.

Simulasi Area Makan

Tingkat iluminasi pada area makan tidak terpengaruh oleh adanya perubahan *skylight*. Rata-rata kebutuhan iluminasi pada area ini terpenuhi. Standar iluminasi untuk area makan adalah 100 lux. Rata-rata dari masing-masing desain alternatif memiliki tingkat iluminasi yang mendekati standar, meskipun bila dilihat dari diagram perbandingan iluminasi banyak titik ukur yang memiliki iluminasi kurang dari standar. Hal ini dikarenakan titik ukur yang berada di dekat *sidelighting* cenderung memiliki tingkat iluminasi yang tinggi. Rata-rata iluminasi pada *venetian blind* adalah 93,42 lux. Sedangkan rata-rata iluminasi pada *directional selective shading* adalah 99,58 lux, dan rata-rata iluminasi pada desain perubahan material adalah 109 lux. Iluminasi pada area makan tidak terlalu berubah dengan kondisi awal dikarenakan oleh posisi dan jarak area makan yang jauh dari *skylight*. Meskipun dimensi *skylight* cukup besar, namun karena jarak yang jauh maka cahaya tidak dapat mencapai area makan.

Daylight factor yang juga digunakan untuk mengevaluasi tingkat iluminasi menunjukkan bahwa *daylight factor* pada area makan memenuhi standar yang ada. Standar *daylight factor* untuk area resepsionis adalah 1%. Pada *venetian blind* rata-rata *daylight factor* adalah 1,2%, sedangkan pada *directional selective shading* rata-rata *daylight factor* sebesar 1,1%. Pada alternatif desain perubahan material, rata-rata *daylight factor* adalah 1,3%. Terpenuhinya *daylight factor* pada area makan dikarenakan adanya *sidelighting* pada sisi barat area makan. Akan tetapi peran *skylight* terhadap area makan kurang signifikan, karena jarak *skylight* yang jauh dari area makan. Sehingga perubahan desain *skylight* dan material pelingkup area resepsionis tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap *daylight factor*.

Distribusi pencahayaan pada area makan sangat baik. Perubahan desain pada *skylight* dan perubahan material pelingkup ruangan tidak berpengaruh terhadap *illuminance uniformity*. Distribusi cahaya pada area makan sangat baik, karena iluminasi cahaya bersumber dari 2 bukaan. Bukaan pertama adalah *skylight* yang berada pada sisi timur area makan, bukaan kedua adalah *sidelighting* pada sisi barat area makan.

Distribusi cahaya termasuk pada kategori sangat baik, karena *illuminance uniformity* pada seluruh alternatif desain masih termasuk dalam *range* 1 hingga 10. Semakin mendekati angka 1, maka distribusi cahaya semakin baik.

Simulasi Koridor Lt. 2

Tingkat iluminasi pada koridor lantai 2 sedikit terpengaruh oleh adanya perubahan *skylight*. Pada koridor lantai

2, iluminasi berkurang karena berkurangnya iluminasi cahaya yang masuk ke dalam bangunan karena adanya *shading*. Rata-rata kebutuhan iluminasi pada area ini terpenuhi. Standar iluminasi untuk koridor adalah 100 lux. Rata-rata dari masing-masing desain alternatif memiliki tingkat iluminasi yang mendekati standar, meskipun bila dilihat dari diagram perbandingan iluminasi banyak titik ukur yang memiliki iluminasi kurang dari standar. Rata-rata iluminasi pada *venetian blind* adalah 93,42 lux. Sedangkan rata-rata iluminasi pada *directional selective shading* adalah 99,61 lux, dan rata-rata iluminasi pada desain perubahan material adalah 101,48 lux. Iluminasi pada koridor 2 terpengaruh oleh adanya perubahan pada *skylight*.

Standar *daylight factor* untuk area koridor adalah 0,5%. Pada *venetian blind* rata-rata *daylight factor* adalah 0,76%, sedangkan pada *directional selective shading* rata-rata *daylight factor* sebesar 0,75%. Pada alternatif desain perubahan material, rata-rata *daylight factor* adalah 0,91%. Pada desain alternatif *venetian blind* dan *directional selective shading*, *daylight factor* berubah mendekati standar walaupun sedikit melebihi. Pada perubahan material, *daylight factor* tidak berubah. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan adanya *shading* iluminasi yang masuk ke dalam bangunan berkurang. Akan tetapi peran *skylight* terhadap koridor lantai 2 tidak begitu signifikan, karena jarak *skylight* yang jauh. Sedangkan perubahan material *skylight* dan pelingkup ruang tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap *daylight factor*.

Distribusi pencahayaan pada koridor sangat baik. Perubahan desain pada *skylight* dan perubahan material

pelingkup ruangan memperbaiki *illuminance uniformity*. Distribusi cahaya termasuk pada kategori sangat baik, karena *illuminance uniformity* pada seluruh alternatif desain masih termasuk dalam *range* 1 hingga 10. Semakin mendekati angka 1, maka distribusi cahaya semakin baik.

Simulasi Koridor Lt. 3

Standar iluminasi untuk koridor adalah 100 lux. Rata-rata dari masing-masing desain alternatif memiliki tingkat iluminasi yang mendekati standar, meskipun bila dilihat dari diagram perbandingan iluminasi banyak titik ukur yang memiliki iluminasi kurang dari standar. Rata-rata iluminasi pada *venetian blind* adalah 116,76 lux. Sedangkan rata-rata iluminasi pada *directional selective shading* adalah 99,61 lux, dan rata-rata iluminasi pada desain perubahan material adalah 80,2 lux. Iluminasi pada koridor lantai 3 terpengaruh oleh adanya perubahan pada *skylight*.

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, *directional selective shading* merupakan desain alternatif yang memperbaiki performa iluminasi cahaya. Pada *venetian blind* dan perubahan material, iluminasi cahaya pada koridor lantai 3 masih berlebih.

Standar *daylight factor* untuk area koridor adalah 0,5%. Pada *venetian blind* rata-rata *daylight factor* adalah 0,66%, sedangkan pada *directional selective shading* rata-rata *daylight factor* sebesar 0,73%. Pada alternatif desain perubahan material, rata-rata *daylight factor* adalah 0,63%. Pada desain alternatif *venetian blind* dan *directional selective shading*, *daylight factor* berubah mendekati standar walaupun sedikit melebihi. Pada perubahan material, *daylight factor* tidak berubah. Hal ini mengindikasikan

bahwa dengan adanya *shading* iluminasi yang masuk ke dalam bangunan berkurang. Perubahan material *skylight* dan pelingkup ruang tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap *daylight factor*. Distribusi pencahayaan pada koridor sangat baik. Perubahan desain pada *skylight* dan perubahan material pelingkup ruangan memperbaiki *illuminance uniformity*. Distribusi cahaya termasuk pada kategori sangat baik, karena *illuminance uniformity* pada seluruh alternatif desain masih termasuk dalam *range* 1 hingga 10. Semakin mendekati angka 1, maka distribusi cahaya semakin baik.

Simulasi Koridor Lt. 4

Standar iluminasi untuk koridor adalah 100 lux. Rata-rata dari masing-masing desain alternatif memiliki tingkat iluminasi yang mendekati standar, meskipun bila dilihat dari diagram perbandingan iluminasi banyak titik ukur yang memiliki iluminasi kurang dari standar. Rata-rata iluminasi pada *venetian blind* adalah 113,6 lux. Sedangkan rata-rata iluminasi pada *directional selective shading* adalah 97,19 lux, dan rata-rata iluminasi pada desain perubahan material adalah 87,75 lux. Iluminasi pada koridor lantai 3 terpengaruh oleh adanya perubahan pada *skylight*.

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, *directional selective shading* merupakan desain alternatif yang memperbaiki performa iluminasi cahaya. Pada *venetian blind* dan perubahan material, iluminasi cahaya pada koridor lantai 3 masih berlebih. Standar *daylight factor* untuk area koridor adalah 0,5%. Pada *venetian blind* rata-rata *daylight factor* adalah 1,2% jauh lebih besar dari standar. Sedangkan pada *directional selective shading* rata-rata *daylight factor*

sebesar 0,58%. Pada alternatif desain perubahan material, rata-rata *daylight factor* adalah 0,62%. Pada desain alternatif *directional selective shading* dan perubahan material, *daylight factor* berubah mendekati standar walaupun sedikit melebihi. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan adanya *shading* iluminasi yang masuk ke dalam bangunan berkurang. Perubahan material *skylight* dan pelingkup ruang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap *daylight factor*.

Distribusi pencahayaan pada koridor sangat baik pada alternatif desain *directional selective shading* dan perubahan material. Perubahan desain pada *skylight* dan perubahan material pelingkup ruangan memperbaiki *illuminance uniformity*. Distribusi cahaya termasuk pada kategori sangat baik, karena *illuminance uniformity* pada seluruh alternatif desain masih termasuk dalam *range* 1 hingga 10. Semakin mendekati angka 1, maka distribusi cahaya semakin baik.

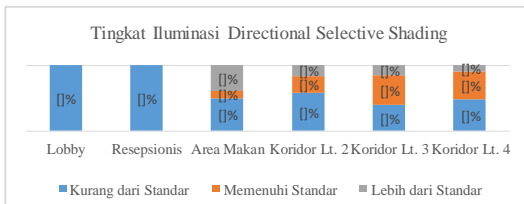
Eksplorasi Desain Skylight dengan Venetian Blind

Kelebihan dari *venetian blind* adalah mempertahankan bentuk asli dari *skylight* Greenhost Boutique Hotel. *Venetian blind* dipilih menjadi salah satu desain alternatif karena tidak mengubah ekspresi bentuk *skylight* pada bangunan. Bentuk segi tiga pada *skylight* tetap terjaga walaupun dengan adanya tambahan *shading*.

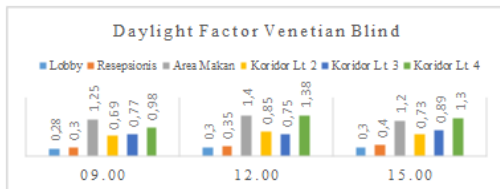
Performa pencahayaan alami pada simulasi *skylight* dengan *venetian blind* kurang optimal. Pada area *lobby*, resepsionis, area makan, dan koridor lantai 2, *skylight* kurang berpengaruh terhadap performa pencahayaan alami. Hal ini disebabkan oleh posisi dan

jarak ruang yang jauh dari sumber cahaya.

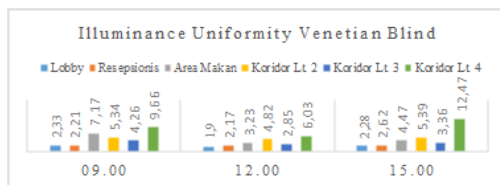
Pada koridor lantai 3 adanya *shading* tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap performa pencahayaan alami. Akan tetapi pada koridor lantai 4, tingkat iluminasi yang berlebih berhasil berkurang.



Gambar 10. Diagram Hasil Evaluasi Tingkat Iluminasi Venetian Blind



Gambar 11. Diagram Hasil Evaluasi Daylight Factor Venetian Blind



Gambar 12. Diagram Hasil Evaluasi Illuminance Uniformity Venetian Blind

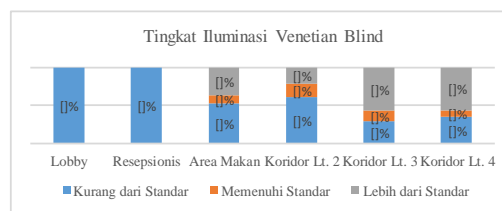
Eksplorasi Desain Skylight dengan Directional Selective Shading

Directional Selective Shading berfungsi sebagai mengurangi tingkat iluminasi cahaya berlebih yang masuk ke dalam bangunan. Tipe *shading* ini memungkinkan untuk mengurangi iluminasi cahaya dengan lebih efektif karena posisi sirip horisontal yang dapat dimiringkan hingga 30°. Namun kekurangan dari tipe *shading* ini, bentuk asli *skylight* tertutup.

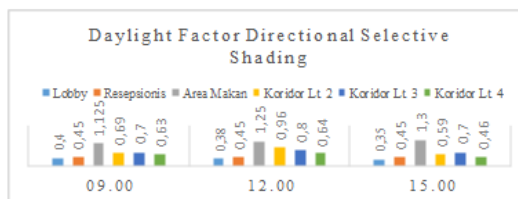
Performa pencahayaan alami pada simulasi *skylight* dengan *directional*

selective blind kurang optimal. Pada area *lobby*, resepsionis, area makan, dan koridor lantai 2, *skylight* kurang berpengaruh terhadap performa pencahayaan alami. Hal ini disebabkan oleh posisi dan jarak ruang yang jauh dari sumber cahaya.

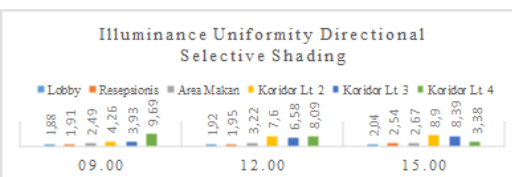
Pada koridor lantai 3 dan 4, performa pencahayaan alami berhasil diperbaiki. Tingkat iluminasi pada koridor lantai 3 dan 4 berkurang hingga memenuhi persyaratan dan distribusi cahaya pun merata dengan baik.



Gambar 13. Diagram Hasil Evaluasi Tingkat Iluminasi Directional Selective Shading



Gambar 14. Diagram Hasil Evaluasi Daylight Factor Directional Selective Shading

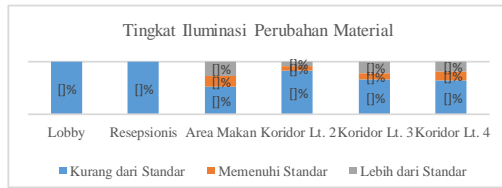


Gambar 15. Diagram Hasil Evaluasi Illuminance Uniformity Directional Selective Shading

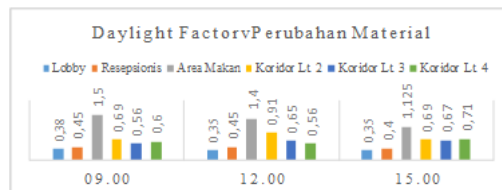
Eksplorasi desain skylight dengan merubah material penutup skylight dan material elemen pelengkap bangunan

Perubahan material penutup *skylight* dan material elemen pelengkap ruang tidak memiliki pengaruh yang signifikan

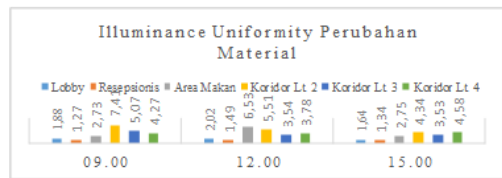
terhadap performa pencahayaan alami pada Greenhost Boutique Hotel.



Gambar 16. Diagram Hasil Evaluasi Tingkat Iluminasi Perubahan Material



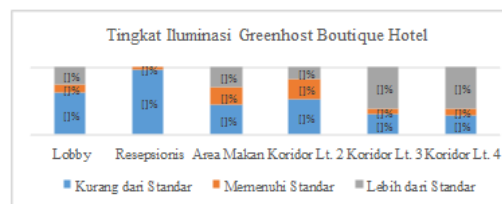
Gambar 17. Diagram Hasil Evaluasi Daylight Factor Perubahan Material



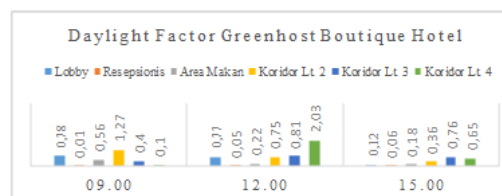
Gambar 18. Diagram Hasil Evaluasi Illuminance Uniformity Perubahan Material

Kesimpulan

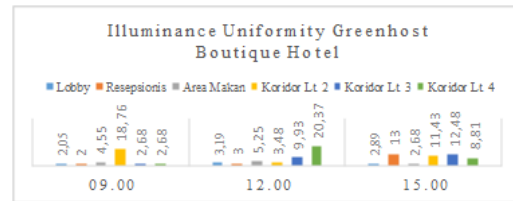
Evaluasi Performa Pencahayaan Alami pada Greenhost Boutique Hotel.



Gambar 19. Diagram Hasil Evaluasi Tingkat Iluminasi Greenhost Boutique Hotel



Gambar 20. Diagram Hasil Evaluasi Daylight Factor Greenhost Boutique Hotel



Gambar 21. Diagram Hasil Evaluasi Illuminance Uniformity Greenhost Boutique Hotel

Di dalam mengevaluasi performa pencahayaan alami pada area sekitar atrium Greenhost Boutique Hotel, dilakukan dengan menilai pengaruh faktor-faktor pencahayaan alami terhadap variabel performa pencahayaan alami. Faktor-faktor pencahayaan alami antara lain adalah kondisi langit, faktor refleksi dalam, bukaan, orientasi, posisi, waktu, dan lokasi geografi. Pada area di sekitar atrium, faktor-faktor yang memiliki pengaruh dominan terhadap performa pencahayaan alami adalah posisi dan bukaan.

Performa pencahayaan alami pada area sekitar atrium Greenhost Boutique Hotel kurang baik. Melalui evaluasi yang telah dilakukan, faktor yang mempengaruhi performa pencahayaan alami secara dominan adalah posisi dan jarak area aktivitas dari sumber cahaya dan orientasi bukaan sumber cahaya.

Eksplorasi Desain Skylight

1. Venetian Blind

Kelebihan dari *venetian blind* adalah mempertahankan bentuk asli dari *skylight* Greenhost Boutique Hotel. *Venetian blind* dipilih menjadi salah satu desain alternatif karena tidak mengubah ekspresi bentuk *skylight* pada bangunan. Bentuk segi tiga pada *skylight* tetap terjaga walaupun dengan adanya tambahan *shading*.

Performa pencahayaan alami pada simulasi *skylight* dengan *venetian blind* kurang optimal. Pada area *lobby*, resepsionis, area makan, dan koridor lantai 2, *skylight* kurang berpengaruh terhadap performa pencahayaan alami. Hal ini disebabkan oleh posisi dan jarak ruang yang jauh dari sumber cahaya.

Pada koridor lantai 3 adanya *shading* tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap performa pencahayaan alami. Akan tetapi pada koridor lantai 4, tingkat iluminasi yang berlebih berhasil berkurang.

2. *Directional Selective Blind*

Directional Selective Shading berfungsi sebagai mengurangi tingkat iluminasi cahaya berlebih yang masuk ke dalam bangunan. Tipe *shading* ini memungkinkan untuk mengurangi iluminasi cahaya dengan lebih efektif karena posisi sirip horisontal yang dapat dimiringkan hingga 30°. Namun kekurangan dari tipe *shading* ini, bentuk asli *skylight* tertutup.

Performa pencahayaan alami pada simulasi *skylight* dengan *directional selective blind* kurang optimal. Pada area *lobby*, resepsionis, area makan, dan koridor lantai 2, *skylight* kurang berpengaruh terhadap performa pencahayaan alami. Hal ini disebabkan oleh posisi dan jarak ruang yang jauh dari sumber cahaya.

Pada koridor lantai 3 dan 4, performa pencahayaan alami berhasil diperbaiki. Tingkat iluminasi pada koridor lantai 3 dan 4 berkurang hingga memenuhi persyaratan dan distribusi cahaya pun merata dengan baik.

3. Perubahan material

Perubahan material penutup *skylight* dan material elemen pelingkup ruang tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap performa pencahayaan alami pada Greenhost Boutique Hotel.

4. *Sidelighting*

Pada area makan terdapat *sidelighting*. *Sidelighting* dari awal telah berperan cukup besar terhadap performa pencahayaan alami pada area makan, sehingga adanya perubahan *skylight* tidak memberikan pengaruh.

Rekomendasi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa rekomendasi bagi Greenhost Boutique Hotel. Bagi desain arsitektur, tentunya dengan penambahan *shading* performa pencahayaan alami dapat dioptimalkan. Namun penambahan *shading* ini hanya dapat mengoptimalkan performa pencahayaan alami pada area koridor di sekitar atrium khususnya pada lantai 3 dan lantai 4. Untuk area *lobby* dan resepsionis yang letaknya cukup jauh dari sumber cahaya, optimalisasi performa pencahayaan alami dapat dilakukan dengan memberikan penambahan *sidelighting*.

Daftar Pustaka

Ander, Gregg D. 2002. *Daylighting Performance and Design, Second Edition*. Toronto: John Wiley & Sons, Inc

Egan, M.D., & Olgyay, Y. 1983. *Architectural Lighting, Second Edition*. New York : McGraw-Hill

Gw, Ode Rapija., Kusumo, Beta Suryo. 2011. Studi Evaluasi Pencahayaan Alami pada Gedung Kuliah Bersama III Universitas Muhammadiyah Malang. Media Teknik Sipil, Vol 0 No. 1.

- Gunawan, Ryani. 2009. Simulasi Rancangan Bukaan Pencahayaan Cahaya Matahari Langsung. Universitas Katolik Parahyangan
- Heschong, L. and McHugh, J. 2000. *Skylight : calculating illumination impacts*. Journal of the Illuminating Engineering Society, Vol. 31 No. 2.
- Hung. W.Y., 2003. *Architectural Aspects of Atrium*. International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes, Volume 5, Number 4. <http://webmail.seedengr.com/Architectural%20aspect%20of%20Atrium.pdf>. (Diakses pada 3 Februari 2017 pukul 20.00)
- Jaberansari, Marveh. 2016. *Influence of Different Atria Types on Energy Efficiency and Thermal Comfort of Square Plan High-Rise Buildings in Semi-Arid Climate*. <http://usir.salford.ac.uk/39262/3/BSO16%5B1%5D.pdf>. (Diakses pada 8 Februari 2017 pukul 18.00 WIB)
- Kischkoweit, M. 2002. *An Overview of Daylighting Systems, Solar Energy*, 2,77-82.
- Lam, William M. C. 1986. *Sunlighting as Formgiver*. Toronto: Van Nostrand Reinhold
- Lechner, Norbert. 1968. *Heating, Cooling, Lighting :Design Methods for Architect, Second edition*. Toronto : John Wiley and Sons.
- Leslie, R.P. 2002. *Capturing the Daylight Devided in Buildings Why and How?*. Building Environment, Vol. 38 No. 2, pp. 3815
- Michel, L. 1996. *Light: The Shape of Space. Designing with Space and Light*. Toronto: John Wiley & Sons, Inc
- Yildirim, Kemal. 2007. *Effects on Sustainability of Various Skylight Systems in Buildings with an Atrium*. www.emeraldinsight.com/2046-6099.htm. (Diakses pada 3 Februari 2017 pukul 16.00 WIB)