

STRATEGI DOUBLE SKIN FACADE GUNA OPTIMALISASI PENCAHAYAAN ALAMI

Oleh : Robby Sukma Prayoga, Budi Sudarwanto

Perkembangan industri kreatif di kota Semarang mengalami peningkatan setiap tahunnya. Hal tersebut mendorong banyak didirikan pusat kreatif yang tipologi bangunannya dapat digolongkan kedalam bangunan kantor yaitu berupa tempat kerja bagi para penggiat startup. Bangunan tersebut tergolong cukup banyak mengkonsumsi energi setidaknya terdapat 30-40% total energi dunia yang terserap dimana 27% dari total konsumsi energi bangunan tersebut digunakan untuk pencahayaan buatan. Hal tersebut menyebabkan pemborosan energi dimana hal itu dapat ditanggulangi dengan memberikan pencahayaan alami secara optimal pada bangunan. Kota Semarang yang mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun berpeluang besar untuk memanfaatkan sinar matahari guna mengoptimalkan pencahayaan alami.

Salah satu cara untuk mengoptimalkan pencahayaan tersebut adalah dengan double skin facade. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimen dimana ruangan disimulasikan pada aplikasi Velux Delight Visualizer dengan desain double skin facade yang berbeda serta pengujian yang kaitannya terhadap ketebalan outer skin. Double skin facade dapat menurunkan tingkat pencahayaan berlebih pada bangunan dan mengoptimalkan pencahayaan alami. Double skin facade tipe box window terbukti paling mengoptimalkan pencahayaan alami dengan nilai daylight factor yang mendekati SNI. Penentuan lebar rongga serta pemilihan material kaca pada double skin facade turut mempengaruhi pencahayaan alami yang dihasilkan.

Kata Kunci : : Strategi Facade, Double Skin Façade, Pencahayaan Alami, Kenyamanan Ruang

1. LATAR BELAKANG

Industri kreatif merupakan industri yang memiliki ciri-ciri keunggulan pada sisi kreativitas dalam menghasilkan berbagai desain kreatif yang melekat pada produk barang atau jasa yang dihasilkan. Industri kreatif merupakan sektor perekonomian yang mampu menyumbang 7,3% diatas laju pertumbuhan ekonomi nasional dan memberikan kontribusi tertinggi dengan pertumbuhannya sebesar 12,7% pada tahun 2018 (Bekraf, 2017).

Semarang Sebagai ibukota provinsi Jawa Tengah, kini telah bertransformasi dan berdinamika menuju kearah yang lebih baik lagi. Pertumbuhan ekonomi di Semarang juga tidak terlepas dari keberadaan industri kreatif yang berkembang dan berjalan di Kota Semarang.. Laju ekonomi Kota Semarang tidak terlepas dari perkembangan industri kreatif. Tercatat, ekonomi kreatif kota Semarang mengalami pertumbuhan sebanyak 17,19 %

dan melebihi pertumbuhan ekonomi nasional (Bekraf, 2017). Maka dari itu dibutuhkan suatu wadah terpusat dan terintegrasi untuk mewadahi industri kreatif ini, salah satunya yaitu didirikannya suatu *Creative Hub*. *Creative Hub* merupakan tempat, baik fisik atau virtual, yang menyatukan orang-orang kreatif, pertemuan, menyediakan ruang dan dukungan untuk *networking*, pengembangan bisnis dan keterlibatan masyarakat dalam sektor kreatif, budaya dan teknologi. Tipe bangunan ini digolongkan kedalam bangunan kantor dan umum.

Penggunaan energi pada sektor konstruksi menyerap 30-40% total energi dunia, yang dimaksud sektor konstruksi adalah bangunan baik kantor, hunian, maupun umum. 27% dari total konsumsi energi bangunan tersebut digunakan untuk pencahayaan buatan. Hal tersebut menyebabkan pemborosan energi dimana hal itu dapat ditanggulangi dengan memberikan pencahayaan alami secara

optimal pada bangunan. Menurut Sujarwanto (2019) kota Semarang Secara geografis Jawa Tengah berada di daerah khatulistiwa yang terletak pada 100 LS, dengan intensitas penyinaran matahari 3,5 kwh/m² /hari – 4,67 kwh/m² /hari, sehingga matahari bersinar sepanjang tahun dan dapat dimanfaatkan pencahayaan alaminya untuk mengurangi pemborosan energi yang dihasilkan dari pencahayaan buatan.

Untuk membuat pencahayaan alami masuk seoptimal mungkin dan sesuai dengan kebutuhan masing-masing ruangnya, salah satunya dapat ditangani dengan strategi desain double skin facade yang sesuai. Sehingga pencahayaan alami dapat masuk kedalam ruang secara optimal tidak berlebih dan kurang.

2. RUMUSAN MASALAH

- Strategi *double skin facade* seperti apakah yang sesuai untuk optimasi pencahayaan alami ruang?
- Pengaruh apa saja yang terjadi pada *double skin facade* terhadap pencahayaan alami pada komunal area Hetero Space Creative Hub?
- Mengetahui strategi *double skin facade* apakah yang paling optimal pada Hetero Space Creative Hub?

3. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif eksperimen dimana pengukuran *daylight factor* dilakukan pada ruangan yang disimulasikan pada aplikasi *velux delight visualizer* dengan desain *double skin facade* yang berbeda, hasil nilai *daylight factor* yang mempunyai nilai sama atau mendekati standar ketentuan SNI, maka ruang dengan strategi *double skin facade* tersebut dinyatakan dapat dan paling optimal dalam pencahayaan alami.

Eksperimen simulasi dilakukan dengan melakukan pembuatan 3D ruangan yang disertai dengan furniture terlebih dahulu kemudian melakukan simulasi pencahayaan di *velux delight visualizer*. Pada proses simulasi tersebut memasukkan nilai transmitansi dan pemilihan jenis material serta penetapan lokasi berdasarkan titik koordinat tapak sehingga nantinya didapatkan hasil akhir berupa *daylight factor* yang berbeda-beda berdasarkan tipe *double skin facade*. Ketentuan:

- jenis kaca yang digunakan adalah kaca dengan transmitansi 5,6
- tebal kaca 13 mm
- ketebalan rongga antara *inner skin* dan *outer skin* 60 cm

Variabel	Aspek	Indikator
Bebas	Double skin facade	Type berdasarkan bentuk
	Rongga Double skin facade	Lebar jarak
Terikat	Pencahayaan alami	Nilai daylight factor dan persebaran cahaya
Kontrol	Ruang simulasi	Kelengkapan furniture dan material dalam penelitian

Tabel 1 :Standar daylight factor berdasarkan SNI tingkat pencahayaan

Sumber: Penulis

4. KAJIAN PUSTAKA

4.1. Tinjauan Creative Hub

Creative Hub merupakan tempat, baik fisik atau virtual, yang menyatukan orang-orang kreatif, pertemuan, menyediakan ruang dan dukungan untuk *networking*, pengembangan bisnis dan keterlibatan masyarakat dalam sektor kreatif, budaya dan teknologi.

Creative Hub sebagai sebuah pokok pangkal dalam hal-hal yang berdaya cipta tidak hanya mencakup segi fisik saja, melainkan juga dari segi jaringan komunitas kreatif yang terbentuk dari pelaku-pelaku kreatif dan aktivitas-aktivitas yang dilakukan (British Council, 2017). Creative hub ini menjadi suatu cara baru untuk mengorganisasi inovasi dan pengembangan industri kreatif.

4.1.1. Jenis Creative Hub

- *Studio*
merupakan kumpulan individu-individu dalam skala kecil dan/atau bisnis kecil yang bekerja dalam suatu co-working space
- *Centre*
merupakan bangunan berskala besar untuk melakukan aktivitas kreatif dengan fasilitas-fasilitas lain seperti kafe, bar, bioskop, tempat produksi (maker space), toko dan ruang pameran.
- *Network*
merupakan kelompok individu-individu atau bisnis-bisnis yang cenderung tersebar namun membentuk jaringan berdasarkan sektor tertentu yang spesifik.
- *Cluster*
merupakan kelompok individu-individu dan bisnis-bisnis kreatif yang bekerja dalam satu area geografis tertentu.
- *Online platform*
merupakan wujud creative hub yang hanya menggunakan metode online seperti website dan media sosial dalam pelaksanaan bisnis kreatif.

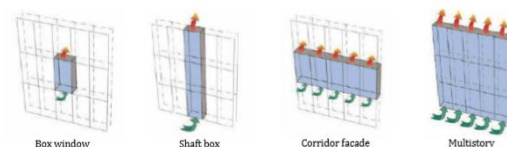
- *Alternative*

merupakan wujud *creative hub* yang fokus pada percobaan dengan komunitas, sektor, dan model keuangan baru.

4.2. Tinjauan *Double Skin Façade*

Double skin facade adalah salah satu konsep fasad bangunan yang terdiri dari dua lapisan yang menutupi permukaan bangunan, yaitu lapisan kulit dalam (inner) dan kulit luar (outer) yang dipisahkan oleh sebuah rongga. Beberapa contoh diantaranya untuk merespon terhadap iklim, suhu udara, cahaya, dan sistem akustik pada bangunan. *Double skin facade* digunakan pada bangunan untuk shading guna cahaya yang masuk bukanlah cahaya matahari langsung melainkan bayangan dari cahaya itu sendiri yang menjadikan ruangan memiliki cahaya alami yang cukup namun tidak silau. *Double skin facade* dipasang dengan jarak antara 20 cm hingga 2 meter dari dinding bangunan terluar

Tipe *double skin facade* (Tascon, 2008), diklasifikasikan menjadi empat macam berdasarkan bentuk penyekatan jarak antara dinding dalam dan luar. Tipe tersebut adalah box window facade, shaft box facade, corridor facade, dan multistory facade.



Gambar 1 :Tipe *double skin facade*

Sumber: Tascon (2008)

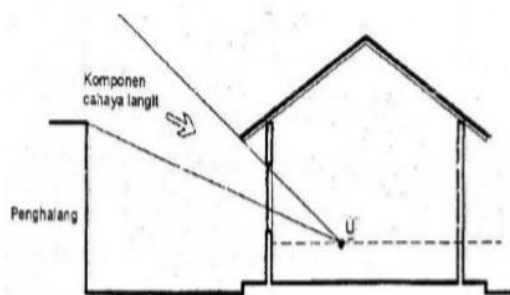
4.3. Tinjauan Pencahayaan Alami

4.3.1. Pencahayaan Alami

Pencahayaan terdiri dari dua macam, yaitu pencahayaan alami dan pencahayaan buatan. Pencahayaan alami adalah pencahayaan yang berasal dari alam, yang secara alami tersedia di alam yang mana sumber utamanya berasal dari sinar matahari. Sinar tersebut dapat dimanfaatkan untuk keperluan manusia salah satunya adalah untuk pencahayaan

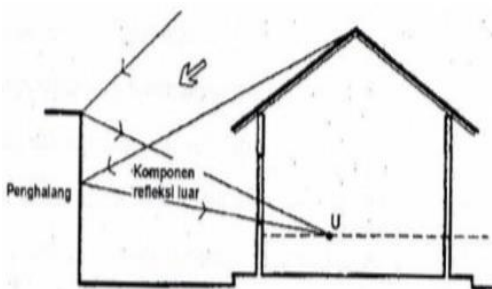
ruang. Sinar matahari dibutuhkan sebagai pencahayaan alami yang paling utama, dan pencahayaan buatan berupa lampu dibutuhkan untuk menunjang dan mendukung pencahayaan, bila pencahayaan alami kurang berfungsi dengan baik karena cuaca sedang mendung ataupun hujan. Faktor pencahayaan alami siang hari adalah perbandingan tingkat pencahayaan pada suatu titik dari suatu bidang tertentu di dalam suatu ruangan terhadap tingkat pencahayaan bidang datar di lapangan terbuka, yang merupakan ukuran kinerja lubang cahaya ruangan tersebut. Faktor pencahayaan alami siang hari terdiri dari 3 komponen meliputi:

- Komponen Langit/faktor langit, komponen pencahayaan yang berasal langsung dari cahaya langit.



Gambar 2: Komponen Langit
Sumber: SNI 03-2396-2001

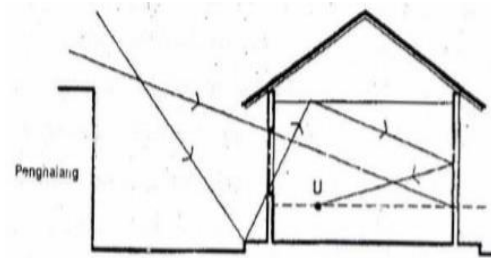
- Komponen Refleksi Luar, komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi benda-benda yang berada di sekitar bangunan yang bersangkutan.



Gambar 3: Komponen Refleksi Luar
Sumber: SNI 03-2396-2001

- Komponen refleksi dalam, komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi permukaan-permukaan dalam ruangan, dari cahaya yang masuk ke dalam

ruangan akibat refleksi benda-benda di luar ruangan maupun dari cahaya langit.



Gambar 4: Komponen Refleksi Dalam
Sumber: SNI 03-2396-2001

4.3.2. Standar pencahayaan Ruang

Pencahayaan yang harus dihasilkan di setiap ruang dalam bangunan, harus memenuhi standar SNI

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderasi warna	Temperatur warna		
			Warm <300 Kelvin	Warm white 3300Kelvin ~5300Kelvin	Cool Daylight > 5300Kelvin
Rumah tinggal :					
Teras	60	1 atau 2	♦	♦	
Ruang tamu	150	1 atau 2		♦	
Ruang makan	250	1 atau 2	♦		
Ruang kerja	300	1		♦	♦
Kamar tidur	250	1 atau 2	♦	♦	
Kamar mandi	250	1 atau 2		♦	♦
Dapur	250	1 atau 2	♦	♦	
Garasi	60	3 atau 4		♦	♦
Perkantoran :					
Ruang resepsionis.	300	1 atau 2	♦	♦	
Ruang direktur	350	1 atau 2		♦	♦
Ruang kerja	350	1 atau 2		♦	♦
Ruang komputer	350	1 atau 2		♦	♦
Ruang rapat	300	1	♦	♦	
Ruang gambar	750	1 atau 2		♦	♦
Gudang arsip	150	1 atau 2		♦	♦
Ruang arsip aktif	300	1 atau 2		♦	♦
Ruang tangga darurat	150	1 atau 2			♦
Ruang parkir	100	3 atau 4			♦

Tabel 2: Standar Tingkat Pencahayaan Ruang
Sumber: SNI 6197:2001

Selain itu juga terdapat *daylight factor* yang juga bisa menjadi acuan standar dalam pencahayaan alami. *Daylight factor* merupakan rasio tingkat pencahayaan didalam ruangan dengan diluar ruangan dalam satuan persentase, dinyatakan dalam persamaan:

$$DF = \frac{E_{in}}{E_{ext}} \times 100\%$$

Keterangan: DF=Daylight Factor (%),
Ein=Tingkat pencahayaan didalam ruang (lux),
Eext=Tingkat Pencahayaan diluar ruangan (lux)

Berikut adalah nilai *daylight factor* yang didapatkan berdasarkan tingkat pencahayaan minimal SNI untuk kategori ruang perkantoran:

Ruang	Tingkat pencahayaan (lux)	Daylight factor (%)
Resepsionis	300	3,0
Direktur	350	3,5
Kerja	350	3,5
Komputer	350	3,5
Rapat	300	3,0
Gambar	750	7,5
Arsip	150	1,5
Arsip aktif	300	3,0
Ruang tangga darurat	150	1,5
Ruang parkir	100	1,0

Tabel 3: Standar Daylight Factor Berdasarkan Tingkat Pencahayaan

Sumber: Penulis

4.4. Tinjauan Aplikasi Velux Delight Visualizer

Software *velux daylight visualizer* merupakan perangkat lunak yang umum digunakan untuk melakukan analisis pencahayaan alami. Aplikasi ini telah mendapatkan persetujuan atau validasi dari CIE (International Commission on Illumination). Pengujian pada aplikasi ini bertujuan untuk menguji keakuratan aplikasi dalam menghitung pencahayaan alami dan kualitas rendering yang terdapat pada software. Dari pengujian ini CIE menyimpulkan bahwa *velux delight visualizer* hanya memiliki 1,63% error rata-rata yang terjadi pada pengujian, sedangkan error maksimum 5,54%. Dengan pengujian tersebut *velux delight visualizer* dinyatakan dapat memprediksi tingkat akurat pencahayaan alami. Pada penggunaan simulasi ini digunakan aplikasi 3D sketchup terlebih dahulu untuk membuat model visual

3 dimensi bangunan terkait yang menyerupai dengan kondisi ukuran, lokasi, dan furniture yang sama dengan yang disimulasikan.

5. Data dan Analisa

5.1. Identifikasi Objek Penelitian

Objek yang akan dijadikan penelitian adalah ruang komunal pada Hetero Space Creative Hub yang berada di Jl. Setia Budi No.197, Banyumanik, Semarang. Orientasi bangunan dan bukaan pada ruangan tersebut mengarah ke barat laut, dengan kondisi eksisting sekitar adalah bangunan ruko 3 lantai di bagian utara dan rumah warga 1 lantai di bagian selatan dan timur bangunan serta ditengah bangunan tersebut terdapat payung pelindung struktur tenda untuk melindungi bagian bawahnya dari sinar matahari. Ruang tersebut ditujukan untuk penggiat industri kreatif dibidang start up



Gambar 5: Kondisi Eksisting Bangunan
Sumber: google maps

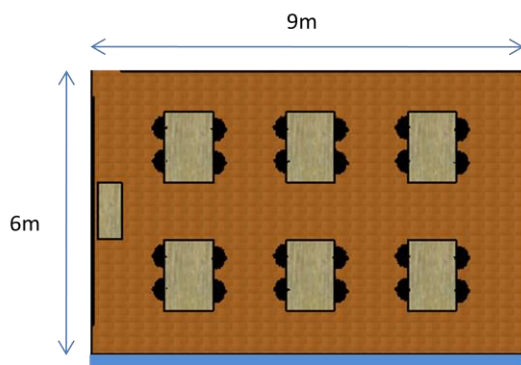


Gambar 6: Tampak Depan Bangunan
Sumber: google maps

Ruangan berukuran 9 x 6 m dilengkapi dengan 6 meja ukuran 1 x 1,5 m dan 24 kursi putar.



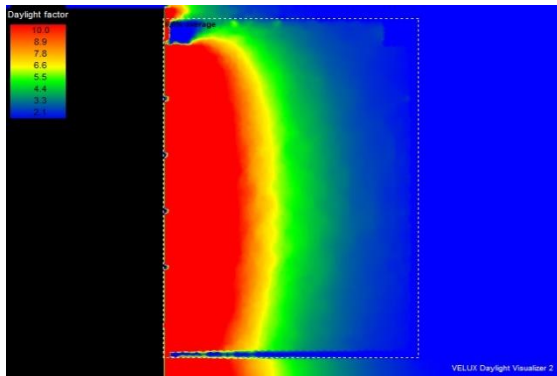
Gambar 7: Kondisi Interior Ruangan
Sumber: Penulis



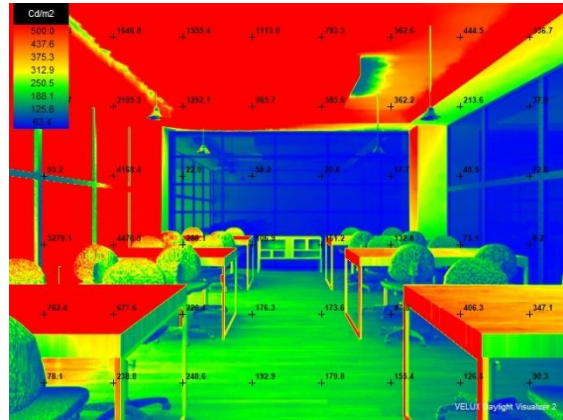
Gambar 8: Denah Ruang
Sumber: Penulis

5.2. Kondisi Pencahayaan

Sebelum melakukan simulasi penelitian terhadap strategi *double skin facade*, ruangan akan diidentifikasi terlebih dahulu sesuai kondisi aslinya. Identifikasi dilakukan untuk mengetahui perubahan pencahayaan alami pada ruang sebelum dan sesudah terkait strategi *double skin facade* yang digunakan. Identifikasi dilakukan menggunakan aplikasi *velux daylight visualizer*. Adapun hasil *daylight factor* tersebut adalah 6,6%, dimana nilai tersebut melebihi



Gambar 9: Persebaran Cahaya Alami Pada Ruang
Sumber: Penulis

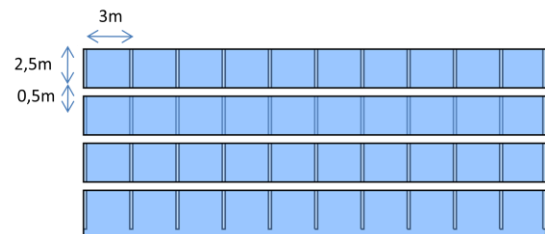


Gambar 10: Persebaran Cahaya Alami Pada Ruang Berdasarkan Illuminance
Sumber: Penulis

5.3. Penggunaan Strategi *Double Skin Facade*

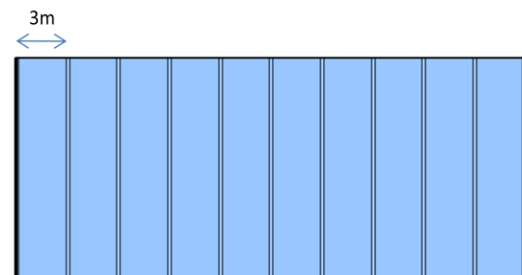
Strategi *double skin facade* yang digunakan ada 4 tipe, yaitu sesuai dengan Tascon (2008) yang mengklasifikasikan tipe *double skin facade* menjadi 4. Berikut tipe dan ukuran *double skin facade* yang digunakan

▪ Tipe 1 (Corridor)



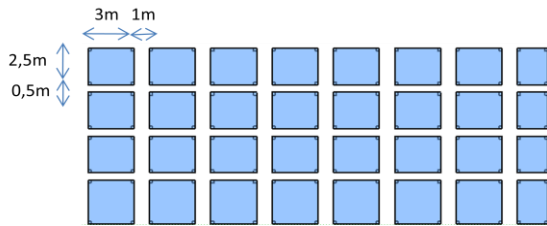
Gambar 11: Tipe1 Strategi *Double Skin Façade* yang Digunakan dengan Detail Ukuran dan jarak
Sumber: Penulis

▪ Tipe 2 (Shaft Box)



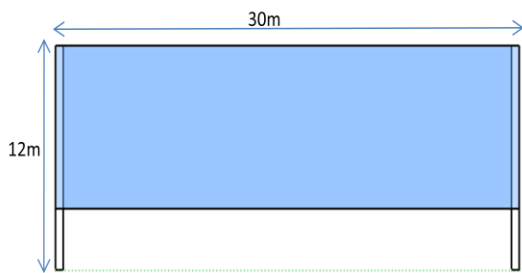
Gambar 12: Tipe 2 Strategi *Double Skin Façade* yang Digunakan dengan Detail Ukuran dan jarak
Sumber: Penulis

▪ Tipe 3 (Box Window)



Gambar 13: Tipe 3 Strategi Double Skin Façade yang Digunakan dengan Detail Ukuran dan jarak
Sumber: Penulis

▪ Tipe 3 (Box Window)



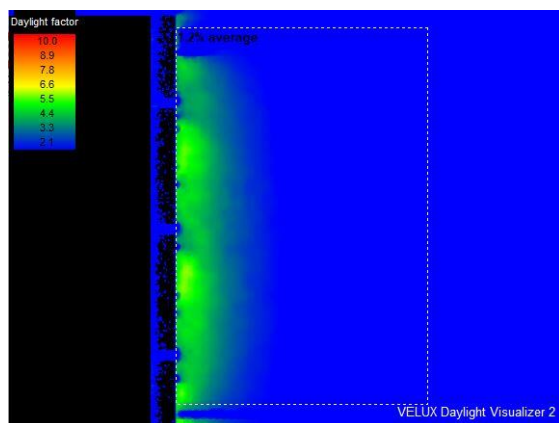
Gambar 14: Tipe 4 Strategi Double Skin Façade yang Digunakan dengan Detail Ukuran dan jarak
Sumber: Penulis

6. HASIL & PEMBAHASAN

6.1. Hasil Simulasi

6.1.1. Simulasi *double skin facade* menggunakan jarak rongga 0,6 m

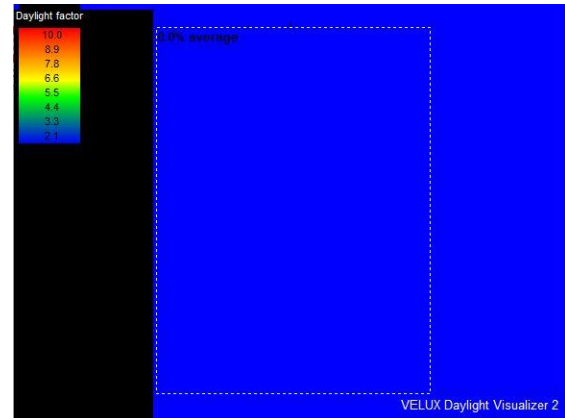
▪ Tipe 1



Gambar 15: Persebaran Pencahayaan Alami dan Nilai Daylight Factor pada Double Skin Façade tipe 1 Jarak Rongga 0,6 m
Sumber: Penulis

Pada tipe ini menghasilkan *daylight factor* sebesar 1,2%. Persebaran pencahayaan cukup merata namun belum mencukupi standar pencahayaan pada ruang. Ruangan terkesan gelap.

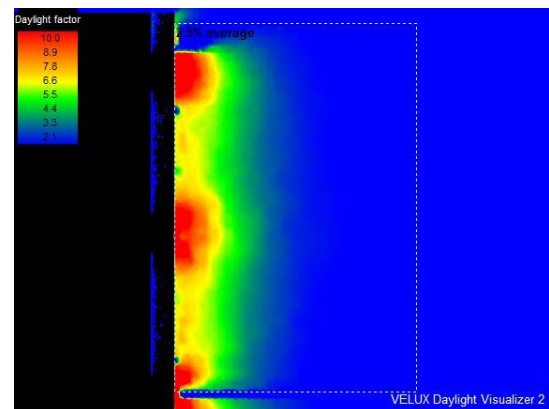
▪ Tipe 2



Gambar 16: Persebaran Pencahayaan Alami dan Nilai Daylight Factor pada Double Skin Façade tipe 2 Jarak Rongga 0,6 m
Sumber: Penulis

Tipe ini tidak menghasilkan *daylight factor* dinyatakan dalam 0,0%. Hal ini mungkin dipengaruhi tipe *double skin* yang hanya memiliki bukaan di ujung atas dan bawah saja sehingga nilai daylight factor terlalu kecil dan tidak terdeteksi.

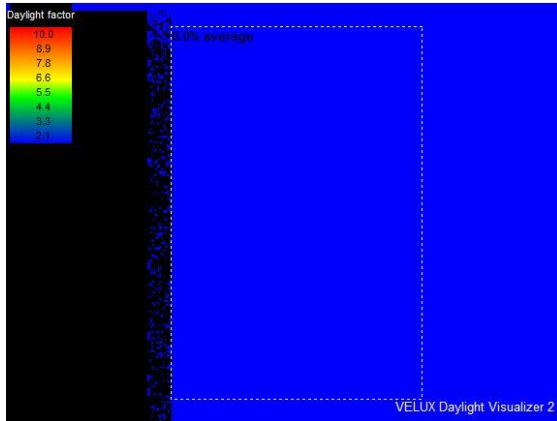
▪ Tipe 3



Gambar 17: Persebaran Pencahayaan Alami dan Nilai Daylight Factor pada Double Skin Façade tipe 3 Jarak Rongga 0,6 m
Sumber: Penulis

Tipe 3 menghasilkan nilai *daylight factor* sebesar 2,5%. Cahaya dapat masuk kedalam ruangan dengan cukup, namun belum bisa menjangkau dibagian ujung ujung ruangan.

▪ **Tipe 4**

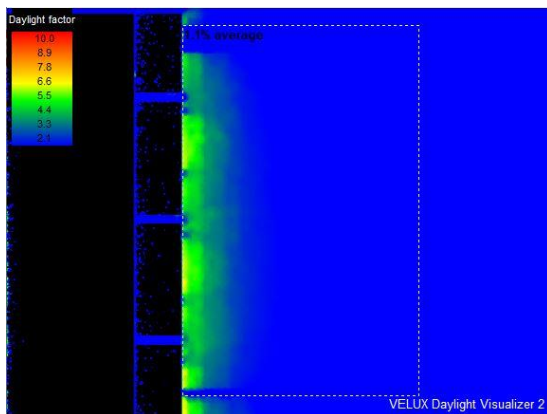


Gambar 18: Persebaran Pencahayaan Alami dan Nilai Daylight Factor pada Double Skin Faxade tipe 4 Jarak Rongga 0,6 m
Sumber: Penulis

Pada tipe ini tidak terdapat cahaya masuk sehingga daylight factornya 0,0% sama dengan *double skin facade* tipe 2

6.1.2. Simulasi *double skin facade* menggunakan jarak rongga 1,2 m

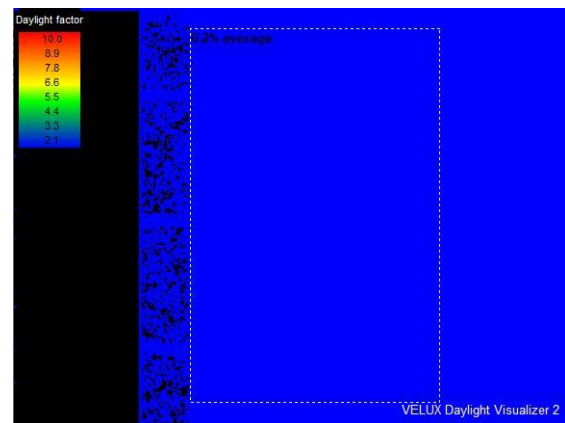
▪ **Tipe 1**



Gambar 19: Persebaran Pencahayaan Alami dan Nilai Daylight Factor pada Double Skin Faxade tipe 1 Jarak Rongga 1,2 m
Sumber: Penulis

Tipe ini menghasilkan nilai *daylight factor* sebesar 1,1%. Cahaya terdeteksi berada disebelah jendela dengan intensitas sedang.

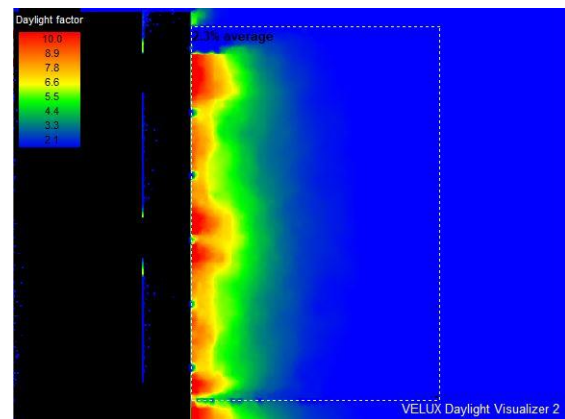
▪ **Tipe 2**



Gambar 20: Persebaran Pencahayaan Alami dan Nilai Daylight Factor pada Double Skin Faxade tipe 2 Jarak Rongga 1,2 m
Sumber: Penulis

Pada tipe ini *daylight factor* yang dihasilkan adalah 0,2% cahaya yang masuk sangat sedikit dan terkesan tidak ada.

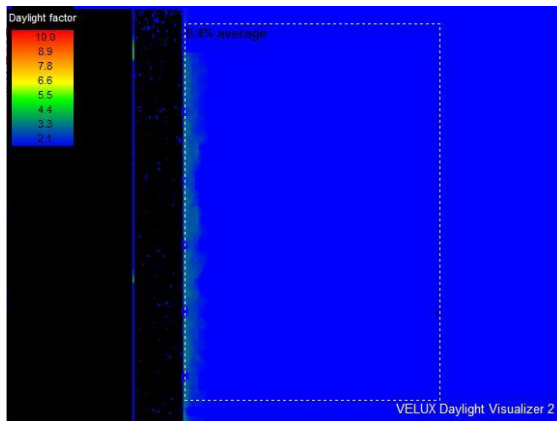
▪ **Tipe 3**



Gambar 21: Persebaran Pencahayaan Alami dan Nilai Daylight Factor pada Double Skin Faxade tipe 3 Jarak Rongga 1,2 m
Sumber: Penulis

Tipe 3 menghasilkan *daylight factor* sebesar 2,3 %. Intensitas cahaya yang masuk cukup, namun belum memenuhi standar.

▪ Tipe 4



Gambar 22: Persebaran Pencahayaan Alami dan Nilai Daylight Factor pada Double Skin Faxade tipe 4 Jarak Rongga 1,2 m
Sumber: Penulis

Daylight factor pada tipe ini adalah sebesar 0,2%. Sangat sedikit cahaya yang masuk sehingga ruangan menjadi gelap.

	Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3	Tipe 4
Jarak rongga 0,6 m	1,2%	0,0%	2,5%	0,05
Jarak rongga 1,2 m	1,1%	0,2%	2,3%	0,4%

Tabel 4: Hasil Keseluruhan daylight factor pada Setiap Strategi Facade
Sumber: Penulis

7. KESIMPULAN & SARAN

7.1. KESIMPULAN

Double skin facade dapat menurunkan tingkat pencahayaan berlebih pada bangunan dan mengoptimalkan pencahayaan alami. Penurunan tersebut mencapai bisa lebih dari 50% dari kondisi awal. Dalam studi kasus ruangan kerja pada Hetero space creative hub, strategi double skin facade yang optimal adalah tipe 3 dengan rongga 0,6 m dimana mempunyai daylight factor sebesar 2,5 % yang hampir mendekati standar daylight

factor untuk ruang kerja yang sebesar 3,5%. Tipe 3 mempunyai nilai daylight factor yang paling besar dari strategi double skin facade lain, hal tersebut dikarenakan tipe tersebut lebih banyak mempunyai bagian yang tidak tertutup, yaitu terbuka pada bagian sisi horizontal dan vertikalnya. lebar jarak rongga antara lapisan dalam dan luar juga mempengaruhi nilai daylight factor suatu bangunan. Bisa menaikkan maupun menurunkan nilai daylight factor tergantung dari tipe double skin facade yang digunakan.

7.2. SARAN

Untuk meningkatkan daylight factor pada double skin facade tipe 3 yang nilainya masih 2,5% dan belum memenuhi standar bisa digunakan jarak rongga yang lebih kecil dari 0,6 m untuk meningkatkannya. atau mengganti jenis dan mengurangi ketebalan kaca kurang dari 12 mm agar nilai daylight factor sebesar 3,5% didapatkan sehingga pencahayaan alami pada ruangan kerja Hetero Space Creative Hub lebih optimal.

8. DAFTAR PUSTAKA

BEKRAF. 2017. *Profil Usaha/Perusahaan 16 Subsektor Ekraf Berdasarkan Sensus Ekonomi 2016 (Se2016)*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.

Dwiatmoko, Sujarwanto. 2019. *Pengelolaan dan Pengembangan EBT di Jawa Tengah*. Diakses dari http://www.iesr.or.id/wp-content/uploads/2019/10/ESDM-Jateng_20191014_Bahan-RUED_Jateng-Pojok-energy.pdf, pada 22 april 2020.

Britishcouncil.2017. *Creative Hubs: Understanding the New Economy*. London.

Tascon, M. H. 2008. *Experimental and computational evaluation of thermal performance and overheating in double skin facades* (Thesis). University of Nottingham.

SNI. 2011. *Konservasi energi pada sistem pencahayaan*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.

Setiawan, Andrew. 2013. *Optimasi Distribusi Pencahayaan Alami Terhadap Kenyamanan*

Visual Pada Toko "Oen" Di Kota Malang.
JURNAL INTRA Vol. 1, No. 2, (2013) 1-10.

Maulidin, Ekky, dan Nurhasan. 2019. *Simulasi Dampak Pencahayaan Ruang Pada Penggunaan Roster Sebagai Facade Bangunan.* SINEKTIKA Jurnal Arsitektur, vol. 16, No1 Januari 2019