

DOUBLE SKIN FACADE OPTIMIZATION FOR THERMAL COMFORT IN LONG BUILDING

¹Luke Sidharta Wirajaya, ²Wulani Enggar Sari, ST ., MT.

¹ Student in the Undergraduate's (S-1) Study Program in Architecture at Parahyangan Catholic University

² Senior lecturer in the Undergraduate's (S-1) Study Program in Architecture at Parahyangan Catholic University

Abstract - The issue of limited urban land in Indonesia is increasing day by day, with the problem of high population growth and increasing housing needs, creating a lot of slum housing which does not pay attention to comfort and health. With this problem, the city also produces many smaller building widths and land compared to the previous one, especially in the city center and its surroundings. Nowadays buildings around urban areas in Jakarta are smaller but elongated on the sides, which uses a flat roof to add to the city view, with an elongated shape of the building that does not have openings on the right and left sides, this raises questions about the system and the building's performance on thermal comfort.

This study uses a software simulation method, where the 3d model is made on Autodesk Revit, while the simulation is carried out to analyze the model thermal comfort and wind speed, using Autodesk CFD software. For the assessment of wind speed, it is verified with the Lippmeier 20017 standard and the thermal comfort standard through the Indonesian thermal comfort standard in (SNI) 03-6572-2001 and the Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia NO. 1077/MENKES/PER/V/2011.

The results of this study are an optimization model and a simulation of the application of effective shading and stack effects in buildings, especially in the main room in the long building, in this study the object used is 3500mm house by Ago Architects on Jl.Haji Naw, South Jakarta. The optimization simulation of the facade components and the stack effect in the building was carried out 4 times with the parameters of the shading angle (A and B) and the height of the stack effect (A and B), followed by concluding that from the 4 simulations the greatest effect for achieving thermal comfort is optimization of the stack effect which can reduce the comfort temperature by 1.56°C. The conclusion in this study is that optimization of the Stack effect can make the thermal comfort of the building better.

Keywords: Long building, thermal comfort, wind speed, DSF, Stack Effect, Autodesk CFD, Jakarta

¹Corresponding Author: lukesidharta@yahoo.com

2

OPTIMALISASI DOUBLE SKIN FACADE TERHADAP KENYAMANAN TERMAL PADA BANGUNAN PANJANG

¹Luke Sidharta Wirajaya, ²Wulani Enggar Sari, ST., MT.

¹Mahasiswa S1 Program Studi Arsitektur Universitas Katolik Parahyangan

²Dosen Pembimbing S1 Program Studi Arsitektur Universitas Katolik Parahyangan

Abstrak - Isu masalah terbatasnya lahan kota di Indonesia kian hari kian meningkat, dengan permasalahan pertumbuhan penduduk yang tinggi dan kebutuhan rumah semakin meningkat tercipta banyak perumahan kumuh juga yang dimana tidak memperhatikan kenyamanan dan kesehatan. Dengan adanya permasalahan ini lahan lahan di kota juga menghasilkan banyak bangunan dengan lebar bangunan dan tanah yang kecil dibandingkan dengan yang dulu, terutama pada bagian pusat kota dan sekitarnya. Sekarang ini bangunan sekitar area perkotaan di Jakarta menjadi lebih kecil tetapi memanjang pada bagian sisinya (bangunan Panjang) yang menggunakan atap datar untuk menambah pemandangan kota, dengan bentuk bangunan yang memanjang dan tidak memiliki bukaan pada sisi kanan dan kirinya, ini menimbulkan pertanyaan mengenai sistem dan kinerja bangunan terhadap kenyamanan termal.

Penelitian ini menggunakan metode simulasi software, dimana pembuatan model 3d dibuat pada software Autodesk Revit sedangkan, Simulasi model 3d yang dilakukan untuk menganalisis model dan kenyamanan termal serta kecepatan angin pada kawasan penelitian, menggunakan software CFD. Untuk penilaian terhadap kenyamanan kecepatan angin diverifikasi dengan standar dan standar kenyamanan termal melalui standar kenyamanan termal Indonesia dalam (SNI) 03-6572-2001 dan Peraturan Menteri Kesehatan RI NO. 1077/MENKES/PER/V/2011.

Hasil dari penelitian ini merupakan model optimalisasi dan simulasi penerapan pembayangan serta *stack effect* yang efektif di bangunan terutama pada ruang utama pada bangunan Panjang, dalam penelitian kali ini objek yang digunakan adalah 3500mm house oleh Ago Architects di Jl. Haji Nawawi, Jakarta Selatan. Simulasi optimalisasi terhadap komponen fasad dan *stack effect* pada bangunan dilakukan sebanyak 4 kali percobaan dengan parameter sudut *shading* (A dan B) dan tinggi *stack effect* (A dan B), dilanjutkan dengan mengambil kesimpulan dari 4 simulasi tersebut efek paling besar untuk mencapai kenyamanan termal adalah optimalisasi *stack effect* dimana dapat menurunkan *comfort temperature* sebanyak 1.56°C. Konklusi pada penelitian kali ini adalah optimalisasi pada *Stack effect* bisa membuat kenyamanan termal pada bangunan menjadi lebih baik.

Kata Kunci: Bangunan Anjang, kenyamanan termal, kecepatan angin, *DSF*, *Stack Effect*, Autodesk CFD, Jakarta

1. PENDAHULUAN

Isu masalah terbatasnya lahan kota di Indonesia kian hari kian meningkat, dengan permasalahan pertumbuhan penduduk yang tinggi dan kebutuhan rumah semakin meningkat tercipta banyak perumahan kumuh juga yang dimana tidak memperhatikan kenyamanan dan kesehatan. Dengan adanya permasalahan ini lahan lahan di kota juga menjadi lebih menghasilkan lebar bangunan dan tanah yang kecil dibandingkan dengan yang dulu, terutama pada bagian pusat kota dan sekitarnya.

Kenyamanan penghuni adalah suatu hal yang dimana harus diperhatikan semua arsitek dalam membangun suatu bangunan, yang dimana juga untuk keberlanjutan suatu arsitektur di Indonesia. Salah satu cara untuk mencapai tujuan tersebut adalah dengan memperhatikan kenyamanan termal dari sebuah bangunan.



Gambar 1 3500mm House
Sumber Archdaily.3500mm house

Dengan menggabungkan permasalahan lahan dan tren arsitektur baru di Jakarta, banyak bangunan modern berbentuk memanjang dan menggunakan material seperti kaca dan beton. Ada yang menggunakan DSF bahkan kaca untuk fasad rumah, ada juga yang menggunakan beton sebagai atap datar pada bangunan fungsi private dan fungsi public, seperti rumah dan restoran yang mulai menempati lahan pada Kota Jakarta. Penelitian kali ini menggunakan objek rumah mikro atau *micro house* dengan ukuran 3,5m x 11,5m, yang berlokasi di Jakarta Selatan, Indonesia dengan nama 3500mm house.

Rumah ini dibatasi oleh tembok tetangga di dua sisinya dimana dinding menjadi titik penentu dari proses desain awal proyek. Salah satu permasalahan yang menjadi pertimbangan pada rumah ini selain dari bentuknya yang memanjang tetapi juga, kondisi hanya memanfaatkan bagian bukaan depan dan belakang bangunan tanpa ada bukaan samping sebab posisi bangunan yang menempel dengan bangunan tetangga, sehingga memungkinkan sirkulasi udara hingga kenyamanan termal secara keseluruhan tidak tersirkulasi dan terdistribusi dengan baik pada interior rumah. Dengan penelitian ini, diharapkan kinerja sistem kenyamanan termal yang ada pada rumah ini dapat dikenali dan dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam kasus

2. KAJIAN TEORI

Penelitian ini mengacu pada teori - teori tentang hal yang berkaitan dengan bangunan panjang, kenyamanan termal dan cara cara mendinginkan bangunan dengan alami.

2.1 KENYAMANAN TERMAL

Kenyamanan termal merupakan suatu kondisi dimana tubuh manusia berada pada suhu tertentu yang secara psikologis, fisiologis dan pola perilaku seseorang merasa nyaman di suatu lingkungan dimana ia berada dengan usaha pada tubuh manusia untuk menyesuaikan dengan suhu lingkungan sekitarnya. Pada bab ini akan dibahas lebih lanjut mengenai faktor kenyamanan termal.

2.1.1 FAKTOR YANG MEMPENGARUHI

Berikut adalah faktor faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal pada suatu bangunan:

a. Temperatur Udara

Manusia dan Lingkungan yang ditempatinya pasti dikelilingi oleh suhu udara yang membawa panas atau dingin, sehingga temperature udara (suhu) menjadi salah satu factor yang penting dalam kenyamanan termal

b. Kelembaban Udara

merupakan kandungan uap air yang ada dalam udara. Kelembaban udara yang besar pada suatu wilayah merupakan petunjuk bahwa udara di wilayah tersebut banyak mengandung uap air atau udara dalam keadaan basah

c. Kecepatan angin

satuan yang mengukur kecepatan aliran udara dari tekanan tinggi ke tekanan rendah dan diukur dengan menggunakan anemometer atau dapat diklasifikasikan dengan menggunakan skala Beaufort yang didasarkan pada pengamatan pengaruh spesifik dari kecepatan angin tertentu.

d. Temperatur Radian

suhu seragam lingkup imajiner di mana perpindahan panas radiasi dari tubuh manusia sama dengan perpindahan panas radiasi dalam lingkup tidak seragam yang sebenarnya.

2.2 STANDAR KENYAMANAN TERMAL

Faktor faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal yang sudah dijabarkan diatas tentunya selain mempunyai standar masing masing juga saling mempengaruhi satu dengan yang lainnya. Pada penelitian ini akan menggunakan standar CET sebagai pedoman untuk menghubungkan faktor faktor tersebut untuk menentukan hasil yang dicapai sudah memenuhi standar atau belum, dan menggunakan standar (SNI) 03-6572-2001 dan Peraturan Menteri Kesehatan RI NO. 1077/MENKES/PER/V/2011.

Tabel 1. Standar Kenyamanan Termal

	Temperatur Efektif (TE)	Kelembaban / RH (%)
Sejuk Nyaman	20,5°C TE - 22,8°C TE	50 %
Ambang Atas	24°C TE	80 %
Nyaman Optimal	22,8°C TE - 25,8°C TE	70 %
Ambang Atas	28°C TE	
Hangat Nyaman	25,8°C TE - 27,1°C TE	60 %
Ambang Atas	31°C TE	

(Sumber: SNI 03-6572-2001)

2.3 UDARA

Dalam KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) dijelaskan bahwa udara adalah campuran berbagai gas yang tidak berwarna dan tidak berbau (seperti oksigen dan nitrogen) yang memenuhi ruang di atas bumi. merujuk kepada campuran gas yang terdapat pada permukaan bumi. Udara sendiri bersifat tidak tampak mata, tidak berbau, dan tidak ada rasanya, memiliki berat , menempati ruang , mempunyai tekanan, memuai bila dipanaskan , menyusut bila didinginkan , berhembus dari tempat bertekanan tinggi ke rendah .

2.4 PRINSIP DASAR PERGERAKAN UDARA

Beberapa prinsip gerakan udara agar menghasilkan rancangan ventilasi yang bermanfaat mengurangi panas pada siang hari dan menghalau dingin pada malam hari yaitu :

1. Arus konveksi yang natural yang disebabkan oleh adanya perbedaan suhu atau tekanan menyebabkan aliran udara yang baik
2. 4 tipe dasar gerakan udara yang terdiri dari :
 - Arus berlapis (luminar)
 - Arus terpisah (separate)
 - Arus bergolak (turbulent)

- Arus berpusar (eddy)

2.5 PERGERAKAN UDARA DALAM BANGUNAN

Faktor-faktor berikut menentukan pola aliran udara melalui suatu bangunan: distribusi tekanan di sekitar bangunan; arah udara masuk ke jendela; ukuran, lokasi, dan detail jendela; dan detail partisi interior. Dimana akah dibahas lebih lanjut dalam Orientasi jendela, lokasi jendela, *fin wall*, tipe jendela besar inlet dan outlet & *roof vents*.

2.6 VENTILASI

Suatu bukaan atau tempat dimana terjadinya proses pertukaran udara pada suatu ruangan atau bangunan dimana diatur agar kondisi suatu ruangan dalam bangunan tetap nyaman. Penjelasan Ventilasi akan dibagi menjadi 3 sub bab yaitu ventilasi Horizontal, Vertikal dan ventilasi silang.

2.6.1 Ventilasi Horizontal

Arus angin horizontal bisa dimanfaatkan dalam kenyamanan termal. Udara sejuk bisa tercipta jika ada 2 sisi berlawanan yang panas dan yang sejuk. Untuk menciptakan kondisi yang sejuk pada aliran udara maka biasanya pada bagian tersebut diberi vegetasi rindang atau pembayangan agar meminimalisir panas.

2.6.2 Ventilasi Silang

cross ventilation adalah pertukaran udara kotor dengan udara bersih dengan memanfaatkan perbedaan zona bertekanan tinggi dan rendah yang tercipta oleh udara melewati dua bukaan di dalam satu ruangan. Ventilasi silang adalah salah satu pendinginan pasif, dengan tujuan:

1. Meningkatkan kualitas udara dalam ruangan
2. Mendinginkan suhu ruangan
3. Menjaga / memberi kenyamanan termal pada ruangan

2.6.3 Ventilasi Vertikal

Memanfaatkan perbedaan lapisan-lapisan udara didalam dan di luar bangunan.. ini bermanfaat untuk bangunan bertingkat 2 atau lebih..

Aliran udara à beda berat jenis udara luar dan dalam bangunan. Berati jenis kecil udara mengalir keatas, berat jenis besar udara mengalir ke bawah (efek cerobong)

2.7 Double Skin Facade (DSF)

Double skin Façade (DSF) adalah dinding atau kulit bangunan yang terdiri dari 2 lapisan yaitu dinding lapisan dalam (inner) dan dinding tambahan (outer) yang terletak atas lapisan dalam. Dinding ini dipisahkan oleh sebuah rongga yang berfungsi sebagai insulasi.

DSF menyediakan ventilasi untuk kualitas udara dalam ruangan dan pendinginan pasif, DSF mencegah masuknya hujan, mengontrol kebisingan, dan mencegah kecepatan udara yang terlalu tinggi bahkan di lantai lima puluh pada hari yang berangin. Jadi DSF paling efektif dipakai pada bangunan bertingkat tinggi .

Berdasarkan bentuk penyekatan jarak antara dinding dalam dan luar Tipe *double skin facade* dapat dibagi menjadi 4 macam (Tascon, 2008),. Tipe tersebut adalah (a) box window facade, (b) shaft box facade, (c) corridor facade, dan (d) multistory facade.

Secara Sistem Double Skin Façade juga terbagi menjadi 3 sistem :(a).*Buffer System* (b).*Extract Air System* (c).*Twin Face System*

2.8 SHADING AND HEAT AVOIDANCE

Shading adalah salah satu strategi keberlanjutan yang paling penting sebab bangunan pada musim panas membutuhkan sesuatu yang bisa mendinginkan secara alami dibandingkan dengan pemakaian AC sesuai dengan tujuan bangunan yang hemat energi. Pemakaian AC dalam skala besar tentunya akan meningkatkan konsumsi energi yang cukup besar juga ,dimana peningkatan ini dapat teratasi oleh cara alami yang salah satunya dengan cara *shading*.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental dengan simulasi software Autodesk Revit dan CFD untuk meneliti lebih lanjut kenyamanan termal pada bangunan Panjang di Jakarta. Penelitian ini melakukan eksperimen pada pencarian solusi rancangan dalam optimalisasi sistem kenyamanan termal dengan menggunakan perangkat lunak Autodesk Revit 2022 (Student Version) dan Autodesk CFD .Metode deskriptif dilakukan untuk menjelaskan kondisi kenyamanan termal secara sistematis, faktual dan aktual. Kemudian, metode evaluatif pada pengukuran objek penelitian. Penelitian ini dilakukan di Jl.Haji Nawi, Jakarta Selatan. Penelitian dilakukan dari bulan Maret hingga Juni 2022.

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini dibagi menjadi 3 tahap, melalui studi literatur, observasi dan pengukuran lapangan, serta simulasi. Pengumpulan data dengan observasi langsung dilakukan pada hari Jumat di bulan Maret 2022. Waktu pengukuran ini sengaja dilakukan pada saat jam terpanas yaitu pk.12.00-16.00, dilakukan 2 kali dalam satu hari dengan interval 2 jam, dimulai dari Pk. 12.00 hingga Pk. 16.00, dan dengan kondisi langit yang cerah berawan. Pengambilan data juga diperoleh dari pelaksanaan simulasi yang menggunakan software, yaitu Autodesk Computational Fluid Dynamics (CFD).

Penarikan kesimpulan akan dilakukan melalui analisis pada hasil optimasi yang akan dilakukan pada fasad bangunan dan pengembangan pada *stack effect* yang terjadi dalam bangunan.Hasil akan dibandingkan dengan eksisting, optimasi sebelumnya dan optimasi nyaman termal lalu ditarik kesimpulan yang didapat.

4. ANALISIS

Data - data yang telah dikumpulkan melalui studi literatur dan observasi lapangan, akan dianalisis terkait kenyamanan termal. Hasil analisa akan diuji kembali menggunakan simulasi CFD, sebagai rekomendasi atau solusi desain.

4.1 GAMBAR KERJA

Dengan lahan yang terbatas, ruang terbentuk dengan bentuk linear *open plan* (tidak ada batas fisik antara ruang-ruangnya) kecuali kamar mandi dan gudang agar terkesan lebih

luas. Pada daerah yang sudah ditandai adalah fokus dari penelitian mengenai second skin. Dengan lahan yang terbatas, ruang terbentuk dengan bentuk linear *open plan* (tidak ada batas fisik antara ruang-ruangnya) kecuali kamar mandi dan gudang agar terkesan lebih luas. Pada daerah yang sudah ditandai adalah fokus dari penelitian mengenai second skin.



Gambar 2 (a)Denah Lt.1-4. (b)Potongan Bangunan Eksisting
Sumber: Archdaily3500mmhouse

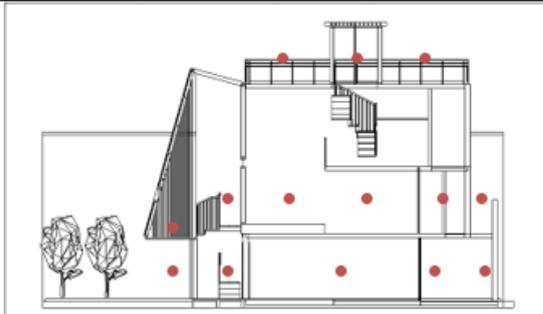
Rumah ini memiliki susunan ruang yang cukup unik sebab pada lantai 1 digunakan sebagai kamar tidur utama sekaligus akses utama ke dalam rumah. Sehingga pengguna masuk ke dalam rumah langsung bertemu dengan kamar tidur utama, namun ruang keluarga diletakkan pada lantai 2. Jadi area penerimanya terdapat di lantai 2 atau sering disebut teras rumah.

Di lantai 2 terdapat ruang keluarga, ruang makan, dapur dan ruang servis, kemudian di lantai 3 merupakan area anak. Di sana terdapat area belajar, bermain dan area tidur. Area anak tersebut tidak memiliki batas fisik, sehingga terbuka dengan ruang keluarga. Kemudian di rumah ini juga dirancang untuk meminimalisir penggunaan lampu, digunakan bukaan atas atau *skylight* yang menerus sampai lantai bawah. Rumah dengan lebar 3,5m ini memiliki void di bagian belakang dan bagian tengah bangunannya sebagai usaha untuk melancarkan pertukaran udara alami yang ada di dalam rumah ini.

4.2 ANALISA DAN SIMULASI EKSISTING DAN OPTIMALISASI ALIRAN UDARA

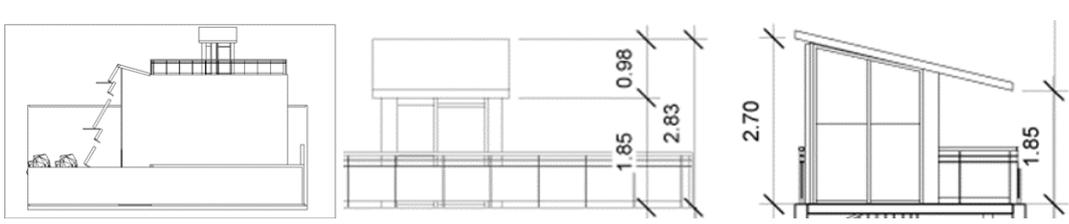
Objek penelitian dibagi menjadi 4 bagian, lantai dasar, lantai 1, lantai 2 dan atap. Pada lantai dasar dapat dilihat pergerakan udara sudah menyerupai pergerakan laminar, sedangkan pada lantai 1 (bagian warna hijau) terlihat terjadi turbulensi pada aliran udara yang menyebabkan terjadinya perbedaan kecepatan angin yang signifikan, dimana pada lantai 2 pergerakan angin juga terbagi menjadi 2 disebabkan efek ventilasi silang dan cerobong asap yang terjadi pada bangunan tepatnya pada rumah tangga pada lantai atap. Berikut hasil pengukuran yang sudah dilakukan pada objek penelitian :

Tabel 2. Data dan Analisa Eksisting

Hasil Pengukuran Potongan Eksisting						
Pk.13.00 – Pk.14.00						
	Data & Analisa					
		Waktu	CET	TG	WB	AV
	1	13.00-15.00	27.2	29.5	26.3	0.3
	2	13.00-15.00	27.5	29.6	26.1	0
	3	13.00-15.00	27.4	29.8	26	0
	4	13.00-15.00	27.8	30	26.3	0
	5	13.00-15.00	27.6	30.3	26	0.1
6	13.00-15.00	27.9	31.8	26.6	0.5	
7	13.00-15.00	28.1	31.8	26.7	0.3	
8	13.00-15.00	27.8	31.9	26.8	0.7	
9	13.00-15.00	28.4	31.9	26.8	0.1	
10	13.00-15.00	27.8	31.8	26.9	0.8	
11	13.00-15.00	27.5	31.8	26.8	0.9	
12	13.00-15.00	29.6	34.2	27.2	0	
13	13.00-15.00	29.7	34.4	27.1	0	
14	13.00-15.00	27.5	34.6	26.6	2.6	
15	13.00-15.00	28.8	24.4	27	1	
16	13.00-15.00	28.6	34.3	27	0.8	

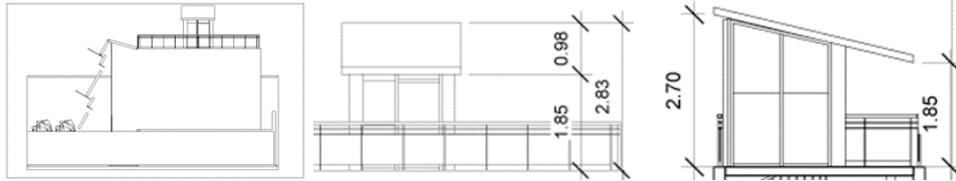
4.2.1 OPTIMALISASI KENYAMANAN THERMAL

Tabel 3 Shading Optimalisasi A dan B , Stack Effect A

Shading Model A dan B dengan Stack Effect Model A	
No	Model
1	 <p>Gambar 3 3D Stack effect A dan shading A</p>

Pada Inlet dsf diberi shading pada masing masing inlet sepanjang 50cm dari fasad bangunan dengan arah lurus 90 , dengan bentuk rumah tangga yang dimiringkan ke arah satu sisi tinggi pada bagian kanan atas beralasan agar menggiring udara dengan *stack effect* pada arah yang lebih tinggi kearah luar atas bukan ke arah atap beton bangunan agar mengurangi pemanasan yang terjadi pada atap.

2



Gambar 4 Gambar 3D Stack effect A dan shading B

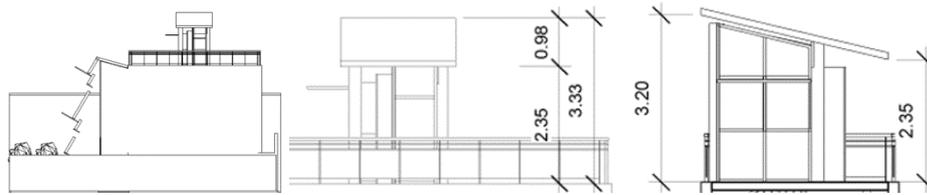
Pada Inlet dsf diberi shading pada masing masing inlet sepanjang 50cm dari fasad bangunan dengan arah miring 30 , dengan bentuk rumah tangga yang dimiringkan ke arah satu sisi tinggi pada bagian kanan atas beralasan agar menggiring udara dengan *stack effect* pada arah yang lebih tinggi kearah luar atas bukan ke arah atap beton bangunan agar mengurangi pemanasan yang terjadi pada atap.

Tabel 4 Shading Optimalisasi Model A dan B , Stack Effect B

<i>Shading Model A dan B dengan Stack Effect Model B</i>	
No	Model
1	<p style="text-align: center;">Gambar 5 Gambar 3D Stack effect B dan shading A</p>

Pada Inlet dsf diberi shading pada masing masing inlet sepanjang 50cm dari fasad bangunan dengan arah lurus 90 , dengan bentuk rumah tangga yang ditinggikan sebanyak 50cm secara keseluruhan rumah tangga dan dimiringkan ke arah satu sisi tinggi pada bagian kanan atas beralasan agar menggiring udara dengan *stack effect* pada arah yang lebih tinggi kearah luar atas bukan ke arah atap beton bangunan agar mengurangi pemanasan yang terjadi pada atap serta melihat apakah dengan meninggikan rumah tangga mengoptimalkan stack effect dan kenyamanan thermal pada bangunan.

2



Gambar 6 Gambar 3D Stack effect B dan shading B

Pada Inlet dsf diberi shading pada masing masing inlet sepanjang 50cm dari fasad bangunan dengan arah miring 40 , dengan bentuk rumah tangga yang ditinggikan sebanyak 50cm secara keseluruhan rumah tangga dan dimiringkan ke arah satu sisi tinggi pada bagian kanan atas beralasan agar menggiring udara dengan *stack effect* pada arah yang lebih tinggi kearah luar atas bukan ke arah atap beton bangunan agar mengurangi pemanasan yang terjadi pada atap serta melihat apakah dengan meninggikan rumah tangga mengoptimalkan stack effect dan kenyamanan thermal pada bangunan.

4.2.2 ANALISA DAN SIMULASI EKSISTING DAN OPTIMALISASI ALIRAN UDARA

Tabel 5. Simulasi Temperature

SIMULASI TEMPERATUR (TA) (°C) POTONGAN						
Pk.13.00 – 14.00 WIB						
RATA-RATA SUHU PER BAGIAN						
	EKS.	SEBELU M	SH.A;SE .A	SH.A;SE .B	SH.B;SE .A	SH.B;SE.B
LT.1	33.2	32.7	32.4	32.2	31.9	31.9

LT.2	33.6	32.3	32.4	32.7	32.3	32.1
LT.3	34.2	32.6	32.8	32.6	32.2	32.4
LT.4	33.6	33.1	32.4	32.3	31.9	31.8
DSF	33.4	32.4	32.3	32.1	31.9	31.7
Rata-rata	33.6	32.26	32.46	32.38	32.04	31.98

Dapat dilihat dari data rata rata temperatur pada masing masing desain , mempunyai perubahan dari temperatur udara sendiri pada rentang 1-2°C .Perubahan pada bentuk shading memberi perubahan pada temperature ,pada shading A dan B terlihat perubahan yang sama pada rentang 0.3-0.5°C sedangkan stack effect memberi perubahan temperature sebanyak 0.1-0.3°C , tetapi sangat berkontribusi pada distribusi temperatur udara , menjadi lebih merata.Perubahan paling besar terlihat pada kombinasi Shading B dengan Stack Effect B , dimana menurunkan temperatur udara sebanyak 1.62°C.

OPTIMALISASI

KESIMPULAN

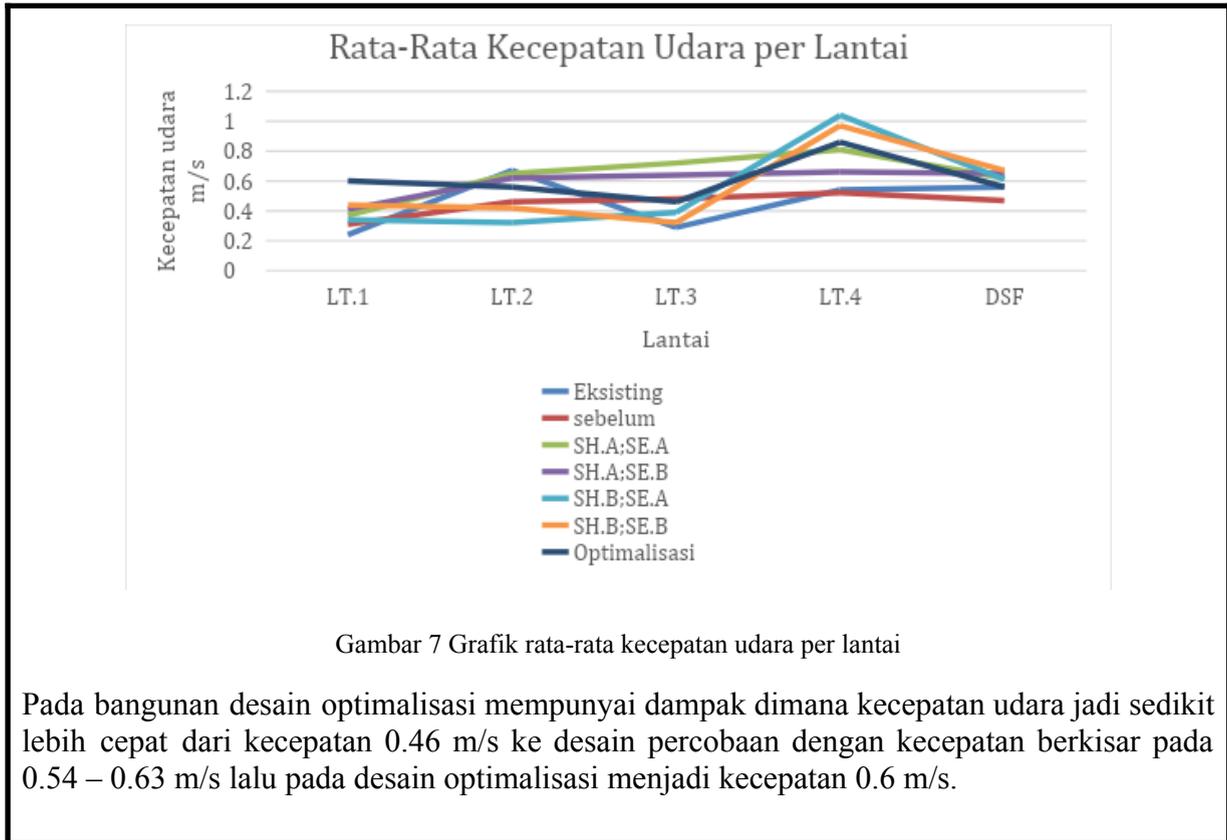
TABEL TEMPERATUR OPTIMALISASI PER BAGIAN

	LT.1	LT.2	LT.3	LT.4	DSF
TEMPERATUR	31.8	31.9	31.8	31.9	31.62

Dengan kesimpulan diatas,maka hal yang paling memungkinkan untuk dilakukan adalah untuk menambah stack effect dalam bangunan dimana terlihat pada hasil distribusi temperatur udara pada bagian inti bangunan semakin merata dan mempunyai suhu yang relatif lebih rendah dari percobaan sebelumnya merata berkisar pada 31.8°C.

Tabel 6. Simulasi kecepatan udara

SIMULASI KECEPATAN UDARA 1,32 m/s (V)						
Pk.13.00 – 14.00 WIB						
RATA-RATA SUHU PER BAGIAN						
	EKS.	SEBELUM	SH.A;SE.A	SH.A;SE.B	SH.B;SE.A	SH.B; SE.B
LT.1	0.24	0.31	0.37	0.41	0.34	0.44
LT.2	0.67	0.46	0.65	0.62	0.32	0.42
LT.3	0.29	0.48	0.72	0.64	0.39	0.32
LT.4	0.54	0.52	0.81	0.66	1.04	0.97
DSF	0.56	0.47	0.62	0.65	0.61	0.67
OPTIMALISASI						
KESIMPULAN						
TABEL KEC.UDARA OPTIMALISASI PER BAGIAN						
	LT.1	LT.2	LT.3	LT.4	DSF	
KEC.UDARA	0.6	0.56	0.46	0.86	0.56	



Tabel 7. Simulasi Kelembaban Udara

KELEMBABAN (RH) (%)						
Pk.13.00 – 14.00 WIB						
RATA-RATA KELEMBABAN UDARA PER BAGIAN						
	EKS.	SEBELUM	SH.A;SE.A	SH.A;SE.B	SH.B;SE.A	SH.B;SE.B
LT.1	56	58	59	59	59	59
LT.2	54	56	54	55	56	58
LT.3	53	52	54	56	58	58
LT.4	55	57	58	58	59	59
DSF	58	58	54	59	60	59

OPTIMALISASI					
KESIMPULAN					
TABEL RATA- RATA KELEMBABAN OPTIMALISASI PER BAGIAN					
	LT.1	LT.2	LT.3	LT.4	DSF
KELEMBABAN	56	57	58.6	58.5	59.3

Rata-Rata Kelembaban per Lantai

Gambar 8 Grafik rata-rata kelembaban udara per lantai

Pada bangunan desain optimalisasi mempunyai dampak dimana kelembaban udara jadi sedikit lebih rendah dari kelembaban 55.2% desain percobaan dengan kelembaban 58.4% lalu pada desain optimalisasi menjadi kelembaban 57.8%.

Tabel 8. Simulasi Temperature Nyaman

COMFORT TEMPERATUR (°C)						
Pk.13.00 – 14.00 WIB						
RATA-RATA COMFORT TEMPERATUR (ET) PER BAGIAN						
	EKSIST.	SEBELUM	SH.A;SE.A	SH.A;SE.B	SH.B;SE.A	SH.B;SE.B
LT.1	32.5	32.1	31.8	31.7	31.8	31.6

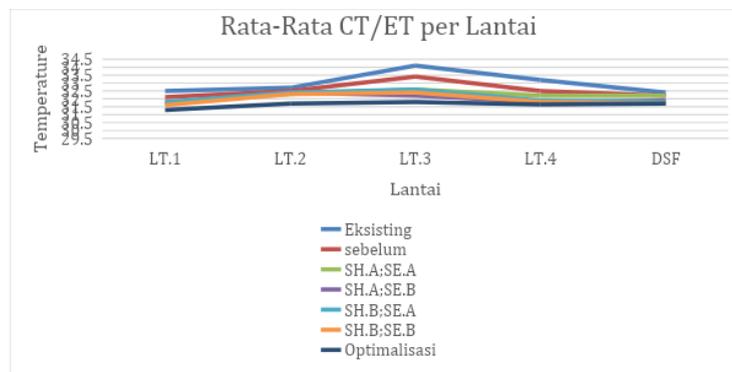
LT.2	32.7	32.5	32.3	32.4	32.4	32.3
LT.3	34.1	33.4	32.6	32.2	32.6	32.4
LT.4	33.2	32.5	32.2	31.8	31.9	31.8
DSF	32.4	32.2	32.2	31.9	31.8	31.7

OPTIMALISASI

KESIMPULAN

TABEL COMFORT TEMPERATURE OPTIMALISASI PER BAGIAN

	LT.1	LT.2	LT.3	LT.4	DSF
TEMPERATUR	31.3	31.7	31.8	31.65	31.7



Gambar 9 Grafik rata-rata CT/ET per lantai

Dengan kesimpulan diatas,maka hal yang paling memungkinkan untuk dilakukan adalah untuk menambah stack effect dalam bangunan dimana terlihat pada hasil distribusi temperatur udara pada bagian inti bangunan semakin merata dan mempunyai suhu yang relatif lebih rendah dari percobaan sebelumnya merata berkisar pada 31.8°C.

5. KESIMPULAN

Tabel 9 Hasil dan Analisa Simulasi dan Optimalisasi

	Temperatur (TA)	Kecepatan Udara (VA)	Kelembaban (RH)	Comfort Temperatur (CT/CET)	Mean Radiant Temperatur	Operative Temperatur
Eksisting	33.6	0.46	55.2	32.98	32.96	32.52
Optimalisasi aliran udara	32.62	0.44	56.2	32.54	32.4	32.32
Hasil Percobaan Shading & Stack Effect						
Shading A SE A	32.46	0.63	56.6	32.22	32.48	32.36
Shading A SE B	32.38	0.59	57.4	32	32.14	32.16
Shading B SE A	32.04	0.54	58.4	32.1	31.94	31.92
Shading B SE B	32.04	0.56	58.6	31.96	31.92	31.88
Optimalisasi						
Optimalisasi	31.80	0.60	57.88	31.42	31.64	31.66
Analisa						
<p>Terlihat masalah utama pada bangunan eksisting berada pada masalah pada temperatur yang dimana masih dalam rentang 31-34°C dengan rata-rata suhu 33.6 °C, pada optimalisasi aliran udara sekalipun memperbaiki aliran udara dan kecepatan udara dalam bangunan tetapi dampaknya tidak terlalu terasa pada temperatur nyaman / <i>comfort temperature</i> .</p> <p>Penelitian dilanjutkan dengan modifikasi pada shading dan penguatan stack effect pada bangunan yang dimana dengan bentuk shading A dan B serta stack effect A dan B dapat mendinginkan temperatur dalam bangunan dari rentang 0.2°C-0.5°C tetapi pada rata-rata temperature menunjukkan perubahan diantara 0.6-1.2°C , dengan kesimpulan SE B dimana dengan meninggikan rumah tangga sebanyak 0.5m memiliki efek lebih signifikan dibandingkan yang lain.</p> <p>Maka dari itu penelitian dilanjutkan dengan mengoptimalkan efek stack effect dengan cara meninggikan stack effect sebanyak 0.5m atau total 1m dari eksisting dengan tinggi 3.2m , didapatkan hasil rata-rata temperature 31.42°C dimana dapat menurunkan temperatur udara sebanyak 1.56°C</p>						

6. DAFTAR PUSTAKA

Buku

- Boutet, T. S. (1987). *Controlling Air Movement: A Manual for Architects and Builders*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- LECHNER, N. (2015). *Heating, Cooling, Lighting : Sustainable Methods For Architects 4th Edition*. Canada: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Jurnal

- Ali tighnavard replybaneh, A. K. (2014). STUDY AND EFFECT OF HEAT CLIMATE AIR FLOWS AND INSTITUTIONS HEAD VENTILATION IN HOUSING BUILDING.
- Chindavanig, T. (2019). Effectiveness of Stack Ventilation in a Two-Storey House in Hot and Humid Climate.
- Effectiveness of Double Skin Façade in Controlling Indoor Air Temperature of Tropical Buildings. (2016). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 11.
- Euis Puspita Dewi, E. P. (2020). Penerapan Double Skin Facade Pada Daerah. *IKRA-ITH TEKNOLOGI : Vol 4 No 2 Bulan Juli 2020*, 7.
- González, M. F. (2019, January 15). *3500 Millimetre House / Ago Architects*. Retrieved from Archdaily: <https://www.archdaily.com/909456/3500-millimetre-house-ago-architects>
- IYATI Wasiska, W. S. (2014). NATURAL AIRFLOW PERFORMANCES OF DOUBLE SKIN FACADE TYPES. *DIMENSI - Journal of Architecture and Built Environment, Vol. 41, No. 2, December 2014, 65–72*, 8.
- K. Sudhakar, M. W. (2019). Net-zero building designs in hot and humid climates: A state-of-art. *Net-zero building designs in hot and humid climates: A state-of-art*.
- NOOR, N. A. (2019). Stack Ventilation: How to Optimize Air Flows Rates for Stack Effect Within the Space Using Solar Induced Ventilation.
- Robby Sukma Prayoga, B. S. (2020). STRATEGI DOUBLE SKIN FACADE GUNA OPTIMALISASI PENCAHAYAAN ALAMI. *I M A J I V o l . 9 N o . 3 S E P T E M B E R I 2020*, 10.

Internet

- BATARA, H. G. (2020). OPTIMALISASI SISTEM ALIRAN UDARA PADA BANGUNAN PANJANG, 148
- Jeremy, Joddy (2019). *Implementasi Elemen Double-Skin Façade Adaptif Bi-Metal Untuk Merespon Temperatur Udara dan Temperatur Radiasi*. Skripsi tidak diterbitkan. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- L. P. Chung and M. H. Ahmad, “Application of CFD in Prediction of Indoor Building Thermal Performance as an Effective Pre-Design Tool Towards Sustainability Institute Sultan Iskandar of Urban Habitat and Highrise,” *World Appl. Sci. J.*, vol. 30, pp. 269–279, 2014.
- B. Rahmani, M. Z. Kandar, and P. Rahmani, “How double skin facade’s air-gap sizes effect on lowering solar heat gain in tropical climate?,” *World Appl. Sci. J.*, vol. 18, no. 6, pp. 774–778, 2012.
- N. I. K. Dewi, “Active Performance of DOuble Skin Facade as an Effort to Control Air Flow on The Building Envelope Surfaces,” Institut Teknologi Bandung, 2014.