



**PENGUNAAN *DOUBLE SKIN*, *THERMAL INSULATOR*, DAN *SHADING*
DEVICE UNTUK MENINGKATKAN KENYAMAN TERMAL DAN EFISIENSI
KONSUMSI ENERGI PADA TIGA TIPE BENTUK BANGUNAN**

Albertus Adhipuspa Pranata, Riefaella Barends
Program Studi Arsitektur Universitas Yapis Papua
Jl. Dr. Sam Ratulangi No. 11 Trikora Jayapura Papua
adhipuspapranata@gmail.com, riefaellabarends87@gmail.com

Abstrak

Kenyaman termal dan konsumsi energi merupakan dua faktor yang sangat mempengaruhi performa energi sebuah bangunan dan dipengaruhi oleh bentuk bangunan dan penanganan termal. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari bentuk bangunan dan desain penanganan termal terhadap kenyamanan termal dan konsumsi energi. Metode pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan simulasi dengan software autodesk Ecotect analysis 2011. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ketiga bentuk bangunan berada pada kategori agak hangat dalam hal kenyamanan termal, sedangkan pada konsumsi energi bangunan berbentuk persegi panjang lebih efisien dibandingkan dengan segi enam dan persegi. Untuk penanganan termal double skin lebih efisien jika dibandingkan dengan thermal insulator dan shading.

Kata Kunci: *Kenyamanan Termal, Konsumsi Energi, Bentuk, Thermal Insulator, Shading, Double Skin*

Abstract

Thermal comfort and energy consumption are two factors that greatly affect the energy performance of a building and are affected by the shape of the building and thermal handling. This research was to determine the effect of building shape and thermal handling design on thermal comfort and energy use. The data collection method in this study used simulation with the autodesk Ecotect analysis 2011 software. The results of this research indicate that the three forms of buildings are in the rather warm category in terms of thermal comfort and rectangular buildings are more energy efficient than hexagons and squares. Double skin more efficiently when compared to thermal insulators and shading devices.

Key words: *Thermal Comfort, Energy Consumption, Form, Thermal Insulator, Shading device, Double Skin*

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

1. PENDAHULUAN

Kenyaman termal dan konsumsi energi merupakan dua faktor yang sangat mempengaruhi performa energi sebuah bangunan. Kenyamanan termal adalah “kondisi pikiran yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan termal”. Indeks kenyamanan termal didapatkan dengan proses analitis (Idham, 2016). Tingkat kenyamanan termal dalam penelitian ini menggunakan indikator PMV dan PPD. Penghematan energi dipengaruhi oleh konsumsi energi. Konsumsi energi pada bangunan diketahui dengan menghitung beban pendinginan.

Kenyamanan termal dan konsumsi energi dipengaruhi oleh bentuk bangunan dan desain bangunan terkait penanganan termal. Penelitian ini ingin mengetahui pengaruh dari bentuk bangunan dan desain penanganan termal terhadap kenyamanan termal dan konsumsi energi.

Tujuan penelitian ini untuk membandingkan tiga tipe bentuk bangunan yaitu persegi, persegi panjang dan segi enam. Masing-masing bentuk bangunan menerapkan penanganan pengendalian termal, yaitu *thermal insulator*, *shading*, *double skin*.

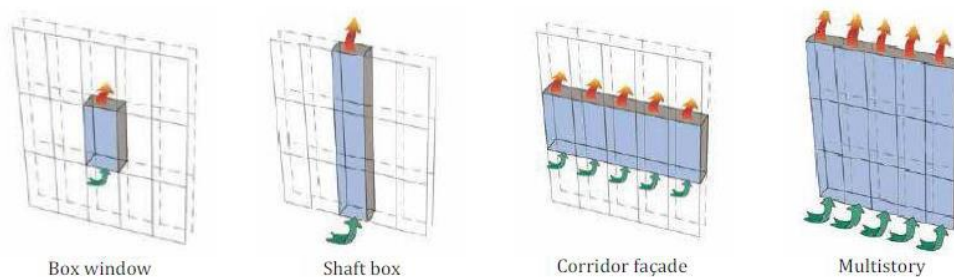
2. TINJAUAN TEORI

a. Double Skin

Double skin facade adalah sebuah lapisan yang dipasang di bagian luar bangunan yang memiliki rongga udara untuk mengalirkan udara di dalamnya sehingga menjaga kenyamanan termal di dalam ruangan. Juga sebagai shading pada bangunan, sehingga cahaya yang masuk bukanlah cahaya matahari langsung melainkan bayangan dari cahaya itu sendiri yang menjadikan ruangan memiliki cahaya alami yang cukup namun tidak silau.

Tipe *Double Skin Facade* (Tascon, 2008), diklasifikasi menjadi empat macam berdasar bentuk penyekatan jarak antara dinding dalam dan luar (Gambar 1).

Tipe pertama yaitu *box window facade* yaitu DSF yang jarak antara dinding luar dan dalam disekat secara vertikal dan horizontal mengikuti bentuk jendela dan berfungsi untuk menghindari transmisi suara dan asap antar ruangan. Tipe yang kedua yaitu *shaft box facade* yaitu DSF tipe *box window* yang terhubung dengan *shaft* vertikal yang menerus. Tipe ketiga yaitu *corridor facade* yaitu DSF yang ruang jaraknya disekat secara horizontal sesuai dengan pembagian jumlah lantai bangunan. Tipe yang terakhir yaitu *multistory facade* yaitu DSF yang ruang antara nya tidak dibagi dan menerus, lubang bukaan untuk ventilasi terdapat di bagian atas dan bawah fasade saja.



Gambar 1. Tipe Double Skin Facade, Sumber: (Tascon, 2008)

Terdapat dua karakter penting pada DSF yang dimanfaatkan untuk mengurangi panas yang masuk ke dalam bangunan, sehingga teknologi ini mampu membantu menurunkan kebutuhan energi untuk AC. Karakter tersebut adalah transfer panas dan *thermal buoyancy* atau *stack effect*.

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

b. Thermal Insulator

Pembatasan pergerakan panas atau *thermal insulation* dari atau ke dalam bangunan adalah prinsip dasar untuk mendapatkan suhu yang ideal di dalam bangunan. Pada iklim dingin, perhatian utama adalah bagaimana panas tidak menembus keluar bangunan dengan mudah. Pada Iklim panas sebaliknya, agar panas di luar bangunan tidak mudah masuk ke dalam. Dengan perpindahan panas yang minimal, kondisi udara di dalam ruangan tidak akan berubah dengan cepat akibat perpindahan kalor baik secara konveksi, induksi, maupun radiasi.

Insulasi adalah penggunaan material dengan nilai konduktansi rendah untuk mengurangi aliran energi melintasi material tersebut (Tascon, 2008). Untuk mereduksi aliran energi tersebut material harus mempunyai nilai resistansi yang tinggi (nilainya kebalikan dari konduktansi). Isolasi Thermal dapat didefinisikan sebagai bahan atau kombinasi dari bahan-bahan yang menghambat transfer panas. Panas dapat ditransmisikan antara bahan dengan proses konveksi, konduksi atau radiasi. Insulator mengurangi aliran panas.

c. Shading Device

Pada bangunan dalam mengatasi masalah silau adalah dengan menggunakan *shading devices*, sehingga sinar langsung matahari tidak masuk ke dalam ruang dalam bangunan.

Tipologi shading devices:

- Berdasarkan cara peletakkan pada bangunan: permanen (*fixed*), dapat digerakkan.
- Berdasarkan letak pada bangunan: *Natural shading device*, *internal shading device*, *external shading devices*
- Berdasarkan struktur pembentuk: *Horizontal shading devices*, *Vertical shading devices*

d. Indikator Kenyamanan Termal Pada Bangunan

Tabel 1. Hubungan PMV, Sensasi Thermal dan PPD, Sumber: (Idham, 2016)

PMV	Thermal Sensation	PPD %	Effek physiology
+3	Hot/panas tidak nyaman	100	Tidak nyaman karena terasa panas
+2	Warm/hangat tidak menyenangkan	75	
+1	Slightly warm/agak hangat	25	Nilai kondisi nyaman
0	Neutral/nyaman, agreeable, netral	5	
-1	Slightly cool/agak sejuk	25	
-2	Cool/ sejuk tidak menyenangkan	75	Tidak nyaman karena terasa dingin
-3	Cold/dingin tidak nyaman	100	

e. Konsumsi Energi Pada Bangunan

Konsumsi energi adalah jumlah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Konsumsi energi pada bangunan gedung terkait beberapa hal, antara lain:

- Energi pendinginan yang dikeluarkan untuk mengkondisikan suhu bangunan.
- Energi mekanik yang dikeluarkan untuk menjalankan utilitas bangunan.
- Energi cahaya yang digunakan untuk menciptakan pencahayaan buatan.

Bentuk energi tersebut dilakukan untuk mendukung berjalannya sistem dalam bangunan, yaitu lain sistem tata udara, sistem tata cahaya, peralatan pendukung, proses produksi, dan/atau peralatan pemanfaat energi utama.



“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

Berdasarkan sumber energinya faktor- faktor yang menentukan konsumsi energi dibagi menjadi dua, yaitu faktor yang bersumber dari luar bangunan dan faktor yang bersumber dari dalam bangunan. Faktor eksternal tergantung kepada alam, sedangkan faktor internal tergantung kepada kebutuhan manusia.

Faktor eksternal adalah pengaruh yang diakibatkan oleh iklim dan cuaca. Iklim dapat didefinisikan sebagai hasil integrasi dari kondisi cuaca jangka waktu dan karakteristik dari lokasi geografis tertentu. Sedangkan cuaca adalah rangkaian peristiwa *atmospheric* yang terjadi pada waktu dan tempat tertentu. Dalam skala global, iklim terbentuk oleh perbedaan masukan panas matahari dan pancaran panas yang hampir seragam pada permukaan bumi. Faktor-faktor yang mempengaruhi antara lain suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, radiasi Matahari.

Faktor internal merupakan hubungan segala sesuatu yang dilakukan dan dibutuhkan manusia dalam mencapai kenyamanan termal. Faktor manusia atau faktor internal terdiri dari aktivitas, pakaian dan kalor sensibel. Faktor-faktor yang mempengaruhi adalah aktivitas serta pakaian (Idham, 2016).

3. METODE

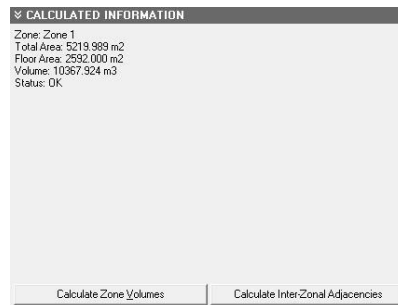
Metode pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan simulasi dengan *software autodesk Ecotect analysis 2011*. Objek studi pada penelitian ini berupa bangunan *dummy* yang terdiri dari 3 bentuk bangunan yaitu kotak, persegi panjang dan segi enam dengan pengembangan elemen-elemen pada bangunan yaitu *shading*, *Thermal Insulator*, *Double Skin*, sehingga didapatkan sembilan populasi penelitian. Proses analisis data menggunakan metode komparasi dengan fokus pada kenyamanan termal dan beban pendinginan.

4. PEMBAHASAN

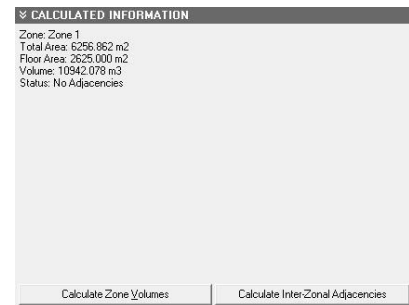
Di bawah ini merupakan uraian spesifikasi dan material dari ketiga bangunan yang akan disimulasikan. Tiga bentuk bangunan yang digunakan adalah bangunan berbentuk persegi, bangunan berbentuk persegi panjang dan bangunan berbentuk segi enam. Ketiga bangunan tersebut harus memiliki volume bangunan yang sama agar proses perbandingan diantara ketiganya bisa dilakukan. Volume yang dipakai untuk ketiga bangunan adalah kurang lebih 10000 m^3



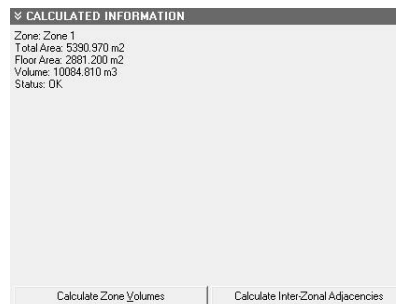
“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”



Gambar 2. Volume Bangunan Persegi

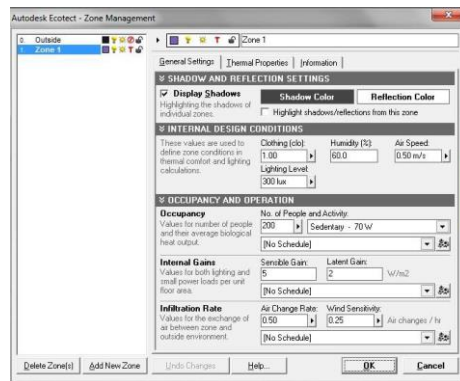


Gambar 3. Volume Bangunan Persegi Panjang

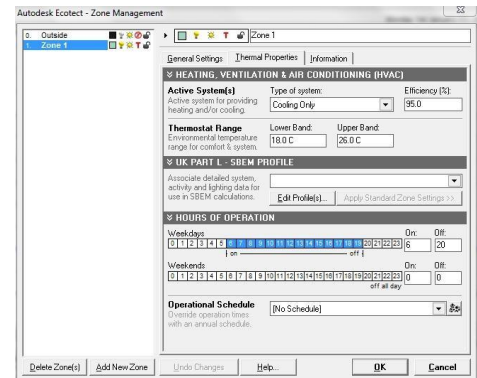


Gambar 4. Volume Bangunan Segi Enam

Berikut merupakan beberapa parameter yang digunakan dalam proses simulasi



Gambar 5. Jumlah Pengguna



Gambar 6. Jam Operasional



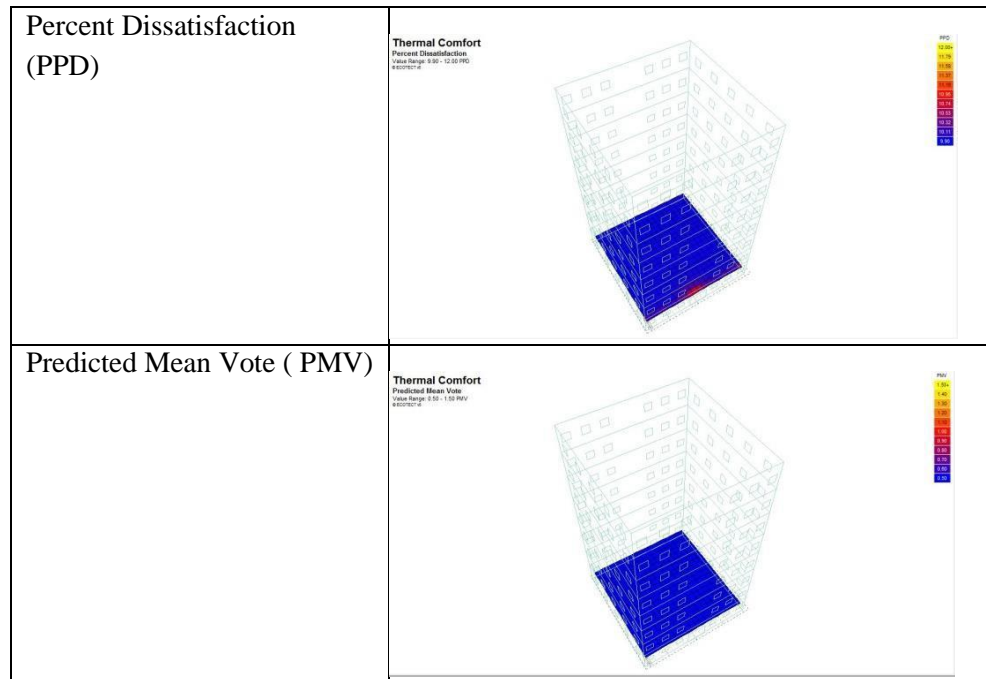
“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

a. Hasil Simulasi Kenyamanan Termal

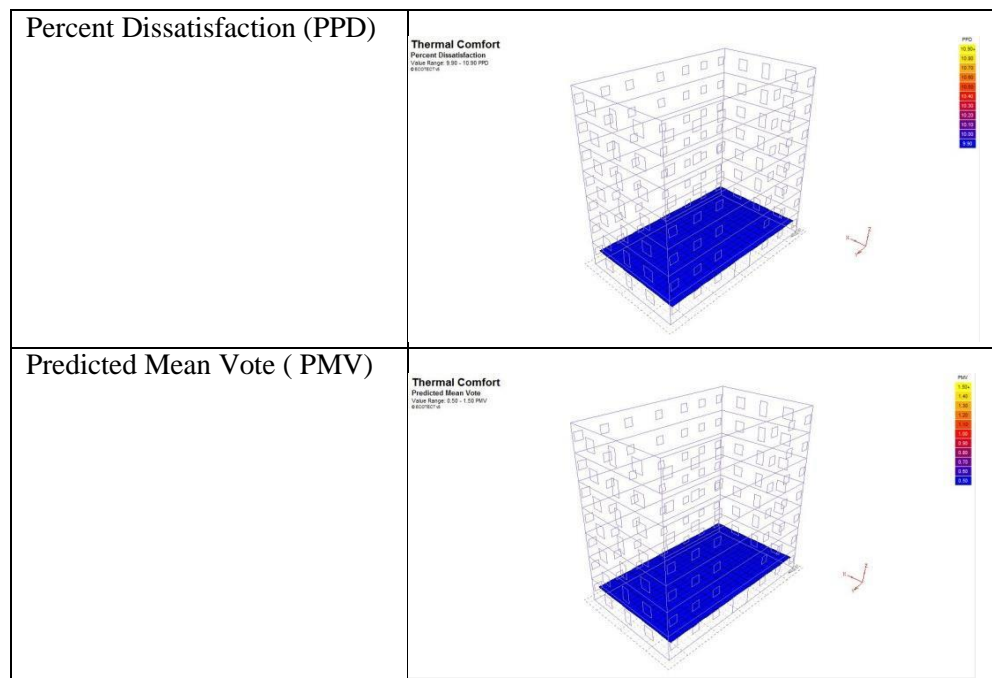
1. *Thermal insulator*

Hasil simulasi berdasarkan indikator kenyamanan termal

- Bangunan persegi



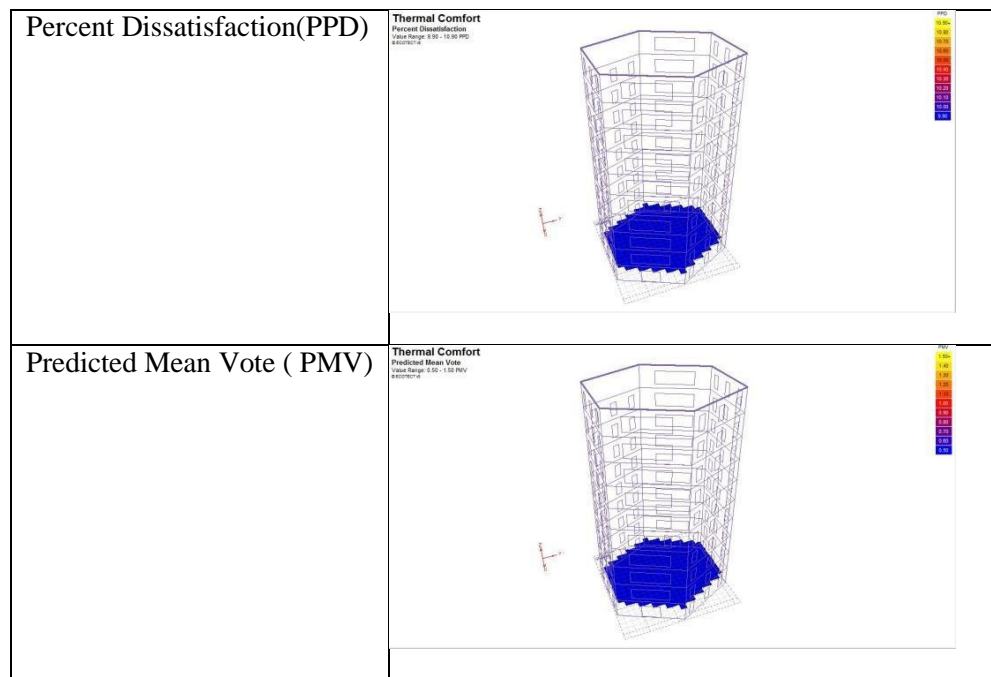
- Bangunan persegi panjang





“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

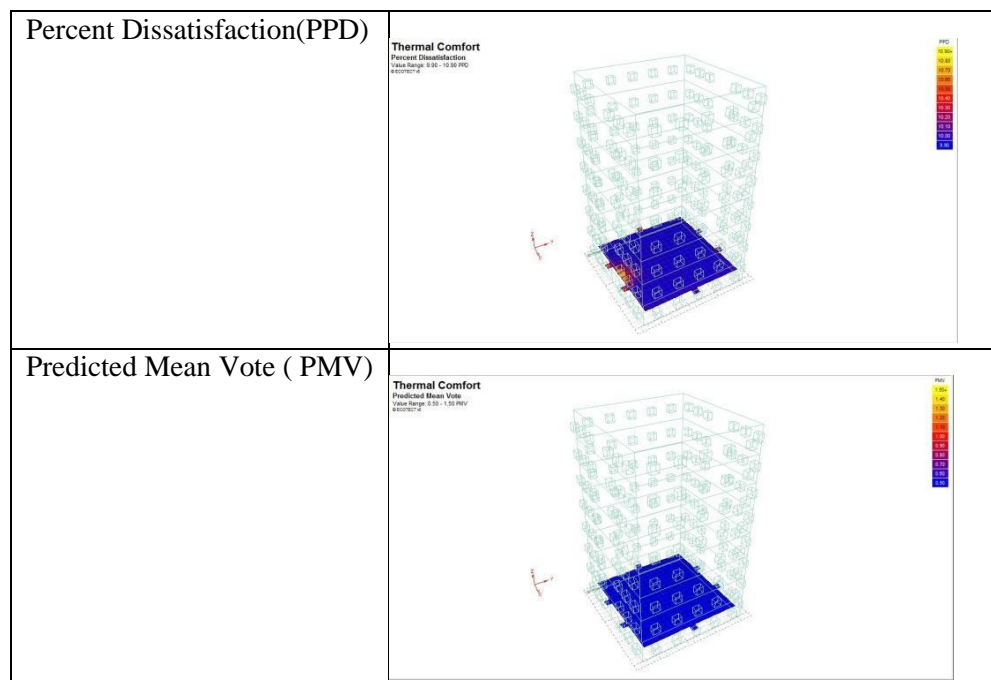
- Bangunan segi enam



2. Shading device

Hasil simulasi berdasarkan indikator kenyamanan termal

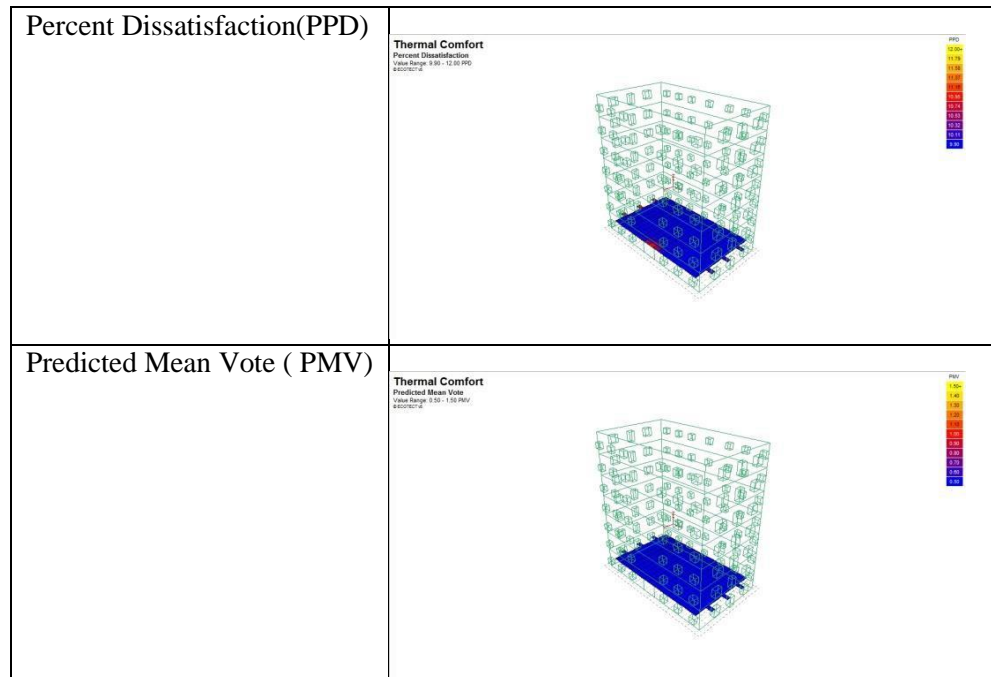
- Bangunan Persegi



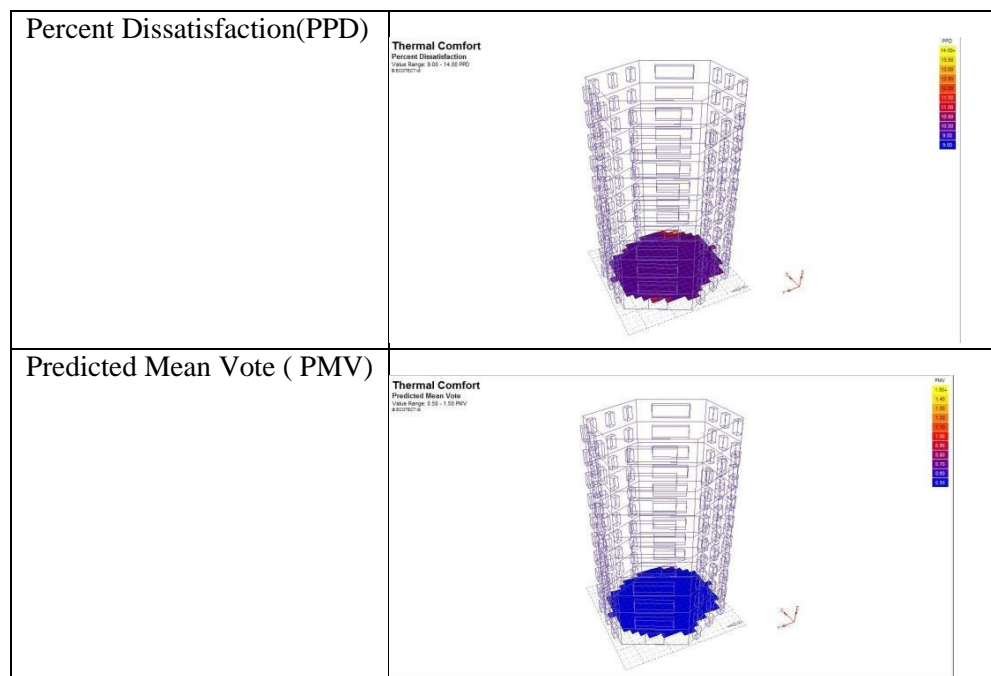


“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

- Bangunan Persegi Panjang



- Bangunan Segi Enam



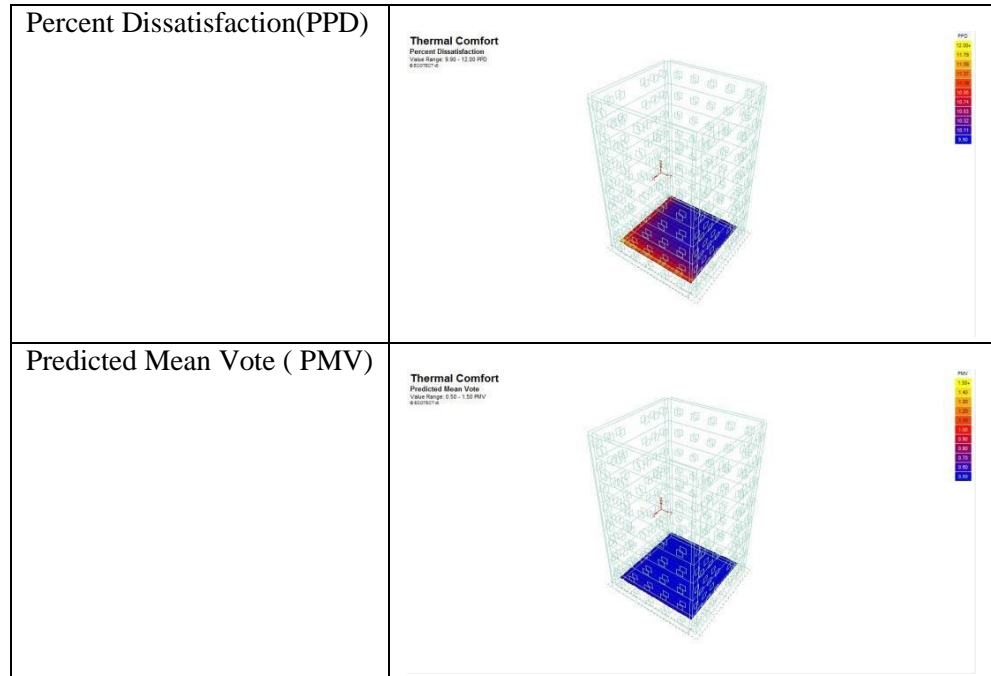


“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

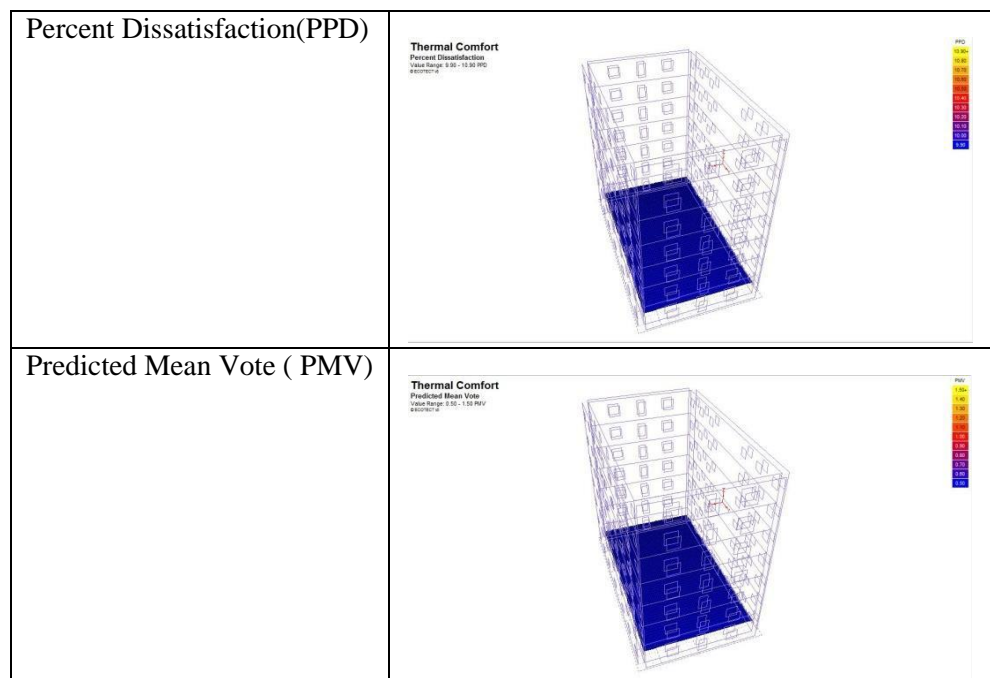
3. *Double skin*

Hasil simulasi berdasarkan indikator kenyamanan termal

- Bangunan Persegi



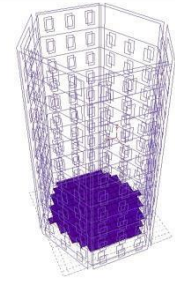
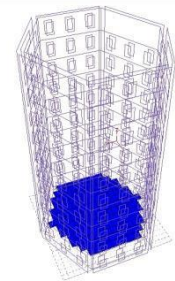
- Bangunan Persegi Panjang





“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

- Bangunan Segi Enam

Percent Dissatisfaction(PPD)	<p>Thermal Comfort Percent Dissatisfaction Value Range: 10.0 - 40.0 PPD ecotect v4</p> 
Predicted Mean Vote (PMV)	<p>Thermal Comfort Predicted Mean Vote Value Range: 1.20 - 2.20 PMV ecotect v4</p> 

Tabel 2. Tabel Perbandingan hasil simulasi ecotect penggunaan thermal insulator, shading dan double skin pada bangunan

Indikator Kenyamanan Thermal	Thermal Insulator			Shadding			Double Skin		
	Persegi	Persegi Panjang	Segi Enam	Persegi	Persegi Panjang	Segi enam	Persegi	Persegi Panjang	Segi Enam
Percent Dissatisfaction (PPD)	9.9-12	9.9-10.9	9.9-10.9	9.9-10.9	9.9-12	9.00-14.00	9.9-12	9.9-10.9	32-42
Predicted Mean Vote (PMV)	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-5.5	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5	1.2-2.2

Tabel 3. Pengaruh nilai PMV dan PPD terhadap kenyamanan termal manusia

PMV	Thermal Sensation	PPD %
3	Hot	100
2	Warm	75
1	Slightly warm	25
0	Neutral	5
-1	Slightly cool	25
-2	cool	75
-3	cold	100

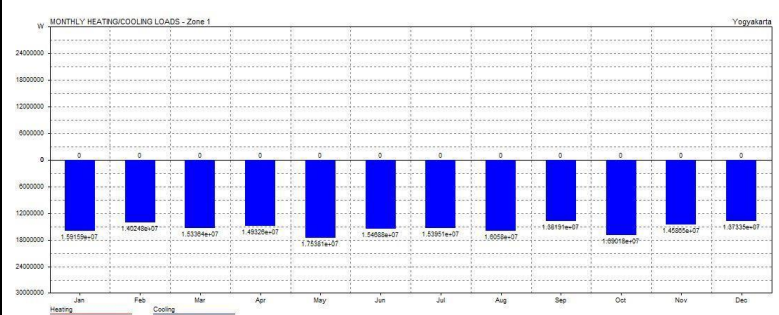
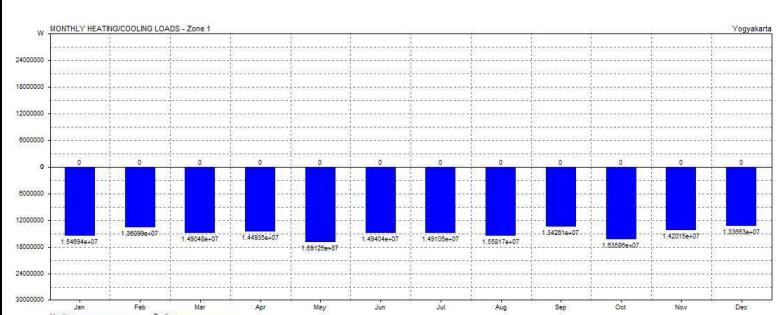
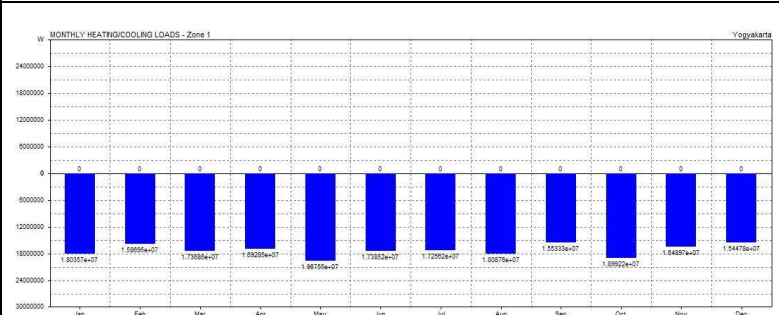


“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

Berdasarkan hasil simulasi ecotect perbandingan antara ketiga bangunan dalam hal kenyamanan termal dapat dilihat dari angka PMV dan PPD yang dihasilkan. Pada tabel diatas perbandingan hasil simulasi ecotect angka yang ditunjukkan oleh PMV adalah kisaran 0.5-1.5, jika di masukan kedalam tabel pengaruh nilai PMV dan PPD angka-angka tersebut masih berada dalam kisaran angka 0-1. Artinya angka-angka tersebut masih dikategorikan ke dalam Slightly warm atau sedikit hangat. Untuk PPD, dari hasil simulasi ecotect menunjukan angka kisaran 9.9-42, dimana angka tersebut berada pada kategori slightly warm atau sedikit hangat. Meskipun pada hasil PPD dari gedung berbentuk segi enam yang menggunakan double skin jauh lebih besar angkanya yakni 32-42 dari bentuk-bentuk lainnya, hasil angka tersebut jika dikaitkan dengan tabel pengaruh nilai diatas masih dikategorikan dalam *slightly warm* atau sedikit hangat.

b. Hasil Simulasi Perhitungan Beban Pendinginan

Tabel 4. Tabel Hasil Simulasi perbandingan Beban Pendinginan

Thermal Insulator	Bangunan Persegi	
	Bangunan Persegi Panjang	
	Bangunan Segi Enam	

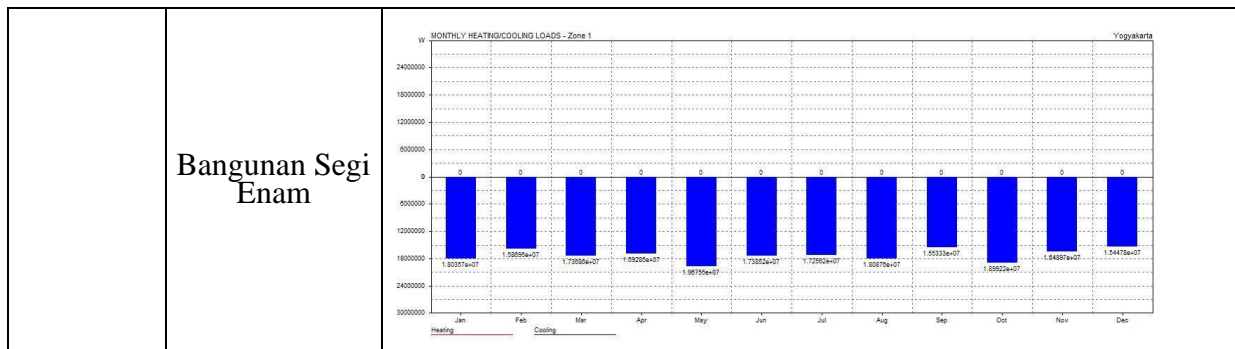


“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

<i>Shading Devices</i>	Bangunan Persegi	<p>MONTHLY HEATING/COOLING LOADS - Zone 1</p> <p>Yogyakarta</p> <p>W</p> <p>24000000</p> <p>18000000</p> <p>12000000</p> <p>6000000</p> <p>0</p> <p>-6000000</p> <p>-12000000</p> <p>-18000000</p> <p>-24000000</p> <p>-30000000</p> <p>Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec</p> <p>Heating Cooling</p> <p>1.00149e+07 1.40383e+07 1.54330e+07 1.50485e+07 1.75520e+07 1.55491e+07 1.55022e+07 1.51825e+07 1.38211e+07 1.70665e+07 1.42229e+07 1.51825e+07</p>
	Bangunan Persegi Panjang	<p>MONTHLY HEATING/COOLING LOADS - Zone 1</p> <p>Yogyakarta</p> <p>W</p> <p>24000000</p> <p>18000000</p> <p>12000000</p> <p>6000000</p> <p>0</p> <p>-6000000</p> <p>-12000000</p> <p>-18000000</p> <p>-24000000</p> <p>-30000000</p> <p>Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec</p> <p>Heating Cooling</p> <p>1.00059e+07 1.41107e+07 1.54811e+07 1.50770e+07 1.75256e+07 1.55514e+07 1.55515e+07 1.52229e+07 1.58114e+07 1.71123e+07 1.4351e+07 1.58114e+07</p>
	Bangunan Segi Enam	<p>MONTHLY HEATING/COOLING LOADS - Zone 1</p> <p>Yogyakarta</p> <p>W</p> <p>24000000</p> <p>18000000</p> <p>12000000</p> <p>6000000</p> <p>0</p> <p>-6000000</p> <p>-12000000</p> <p>-18000000</p> <p>-24000000</p> <p>-30000000</p> <p>Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec</p> <p>Heating Cooling</p> <p>1.02413e+07 1.59141e+07 1.73354e+07 1.69415e+07 1.87980e+07 1.74755e+07 1.72443e+07 1.81143e+07 1.55338e+07 1.50479e+07 1.444e+07 1.58173e+07</p>
<i>Double Skin</i>	Bangunan Persegi	<p>MONTHLY HEATING/COOLING LOADS - Zone 1</p> <p>Yogyakarta</p> <p>W</p> <p>24000000</p> <p>18000000</p> <p>12000000</p> <p>6000000</p> <p>0</p> <p>-6000000</p> <p>-12000000</p> <p>-18000000</p> <p>-24000000</p> <p>-30000000</p> <p>Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec</p> <p>Heating Cooling</p> <p>1.18915e+07 1.40683e+07 1.5424e+07 1.43252e+07 1.75620e+07 1.53862e+07 1.53828e+07 1.50205e+07 1.58822e+07 1.78820e+07 1.40309e+07 1.58233e+07</p>
	Bangunan Persegi Panjang	<p>MONTHLY HEATING/COOLING LOADS - Zone 1</p> <p>Yogyakarta</p> <p>W</p> <p>24000000</p> <p>18000000</p> <p>12000000</p> <p>6000000</p> <p>0</p> <p>-6000000</p> <p>-12000000</p> <p>-18000000</p> <p>-24000000</p> <p>-30000000</p> <p>Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec</p> <p>Heating Cooling</p> <p>1.18956e+07 1.29678e+07 1.40309e+07 1.38205e+07 1.52510e+07 1.32170e+07 1.32814e+07 1.39352e+07 1.22073e+07 1.53050e+07 1.38107e+07 1.28044e+07</p>



“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”



Tabel 5. Tabel Perbandingan Beban Pendinginan

Bulan	Persegi			Persegi Panjang			Segi Enam		
	Termal Insulator	Shading	Double Skin	Termal Insulator	Shading	Double Skin	Termal Insulator	Shading	Double Skin
	Cooling (Wh)	Cooling (Wh)	Cooling (Wh)	Cooling (Wh)	Cooling (Wh)	Cooling (Wh)	Cooling (Wh)	Cooling (Wh)	Cooling (Wh)
Jan	15915893	16034935	15991317	15469449	16065609	14718425	18035668	18047306	17687214
Feb	14024756	14089153	14063297	13609880	14116663	12933457	15869500	15814063	15508373
Mar	15336368	15439185	15420026	14904813	15481119	14183130	17368628	17359528	17012860
Apr	14932581	15049490	14929156	14493468	15077565	13727146	16928458	16941180	16592496
May	17538100	17760192	17588184	16912520	17765936	16087254	19675534	19799250	19344512
Jun	15468850	15649142	15398190	14940368	15651396	14128190	17385192	17478292	17097580
Jul	15395110	15565153	15382791	14910453	15581539	14128127	17256244	17344256	16988068
Aug	16058031	16185199	16020609	15581706	16225911	14738978	18087644	18104326	17747936
Sep	13819067	13921105	13882224	13426122	13971925	12793031	15533253	15538950	15234648
Oct	16901812	17066594	16985788	16358641	17112320	15626788	18992250	19045864	18635078
Nov	14586470	14622943	14626930	14201482	14651028	13533490	16489745	16399972	16110765
Dec	13733515	13782691	13833328	13366285	13804183	12786452	15447789	15387259	15116654
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Total	183710544	185165776	184121856	178175200	185505184	169384464	207069920	207260224	203076192

Berdasarkan tabel perbandingan diatas dapat dilihat bahwa double skin lebih efisien jika dibandingkan dengan thermal insulator maupun shading. Hal tersebut ditunjukkan dengan angka total Konsumsi Energi pada double skin lebih rendah dibandingkan dengan thermal insulator dan shading. Bangunan bentuk persegi panjang lebih efisien jika dibandingkan dengan bentuk segi enam dan persegi. Hal ini ditunjukkan oleh angka total konsumsi energi pada bangunan berbentuk persegi lebih rendah jika dibandingkan bentuk persegi dan segi enam.



“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

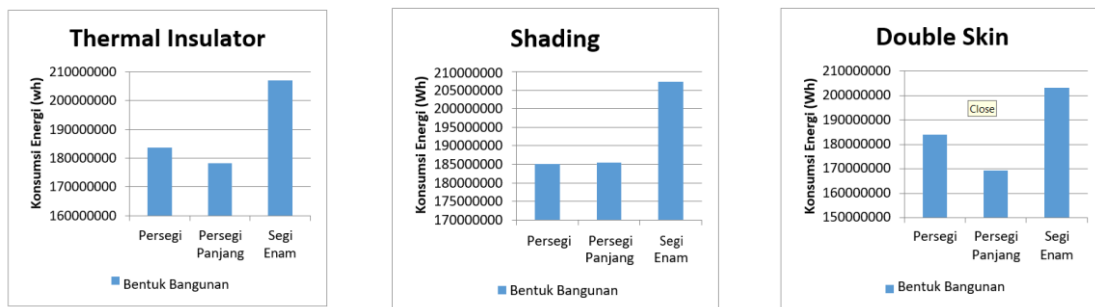
5. KESIMPULAN

a. Kenyamanan Termal

Berdasarkan hasil simulasi *Software Autodesk Ecotect Analysis* menyimpulkan bahwa ketiga bentuk bangunan dengan volume yang sama memberikan sensasi sedikit dan masih terasa nyaman untuk digunakan. hal tersebut dapat dilihat dari angka dari indikator PMV dan PPD yang relatif sama.

b. Konsumsi Energi

Berikut ini adalah perbandingan dari grafik konsumsi energi berdasarkan desain penanganan termal.



Berdasarkan ketiga grafik di atas shading menunjukan hasil konsumsi energi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan double skin dan termal insulator.

Berikut ini adalah grafik hasil simulasi konsumsi energi dari masing masing bentuk:



Berdasarkan grafik diatas, bentuk persegi panjang memiliki konsumsi energi yang lebih sedikit dibandingkan dengan segi enam dan persegi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Idham, C.N. 2015. *Arsitektur dan Kenyamanan Termal*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Sugini. 2013. *Kenyamanan Termal Ruang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Tascon, M. H. (2008). *Experimental and computational evaluation of thermal performance and overheating in double skin facades* (Thesis). University of Nottingham.
- ISO 7730: 2005, *Ergonomics of the thermal environment*.