

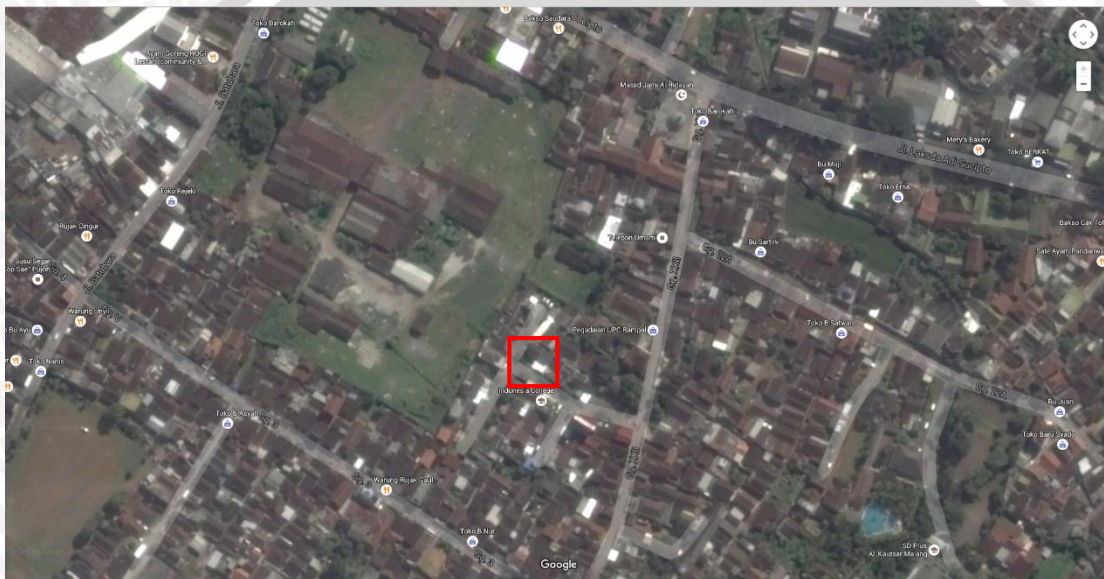
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Objek Penelitian

4.1.1. Penjelasan

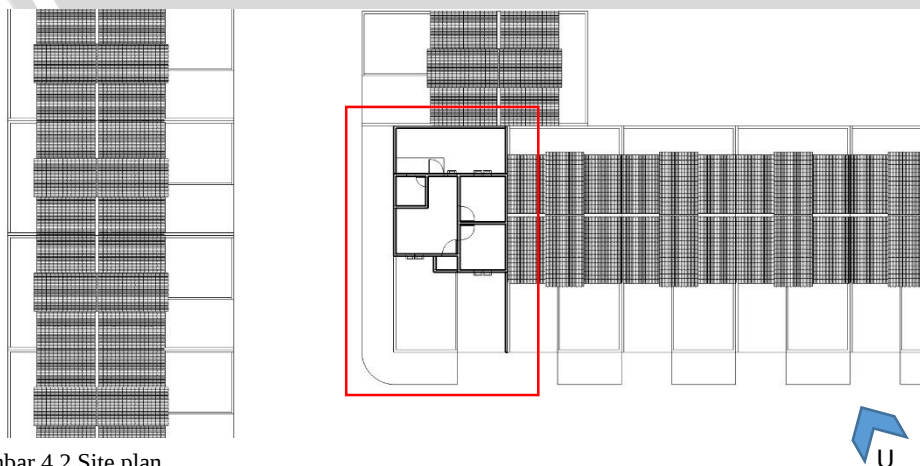
Bangunan yang diteliti adalah bangunan rumah tinggal yang terletak di Kota Malang, tepatnya terletak di Jalan Laksamana Adi Sucipto Gg. 22, Perum Graha Cipta Residence A6. Rumah yang digunakan memiliki luas bangunan 42 m^2 dan luas tanah 100 m^2 . Bangunan ini memiliki 3 ruang utama dan 1 kamar mandi dan juga terdapat ruang luar di bagian belakang bangunan.



Gambar 4.1 Lokasi objek penelitian

4.1.2. Kondisi Lingkungan

Bangunan rumah tinggal ini terletak pada sebuah kompleks perumahan dengan jarak antar rumah satu dengan yang lainnya hanya dipisahkan oleh dinding. Kondisi lingkungan sekitar bangunan ini adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2 Site plan

Bangunan yang diambil sebagai objek penelitian terletak pada posisi di sudut kompleks perumahan. Sehingga di sebelah barat objek tidak terdapat bangunan yang menghalangi. Adapun batas-batas bangunan adalah sebagai berikut:

A. Batas utara

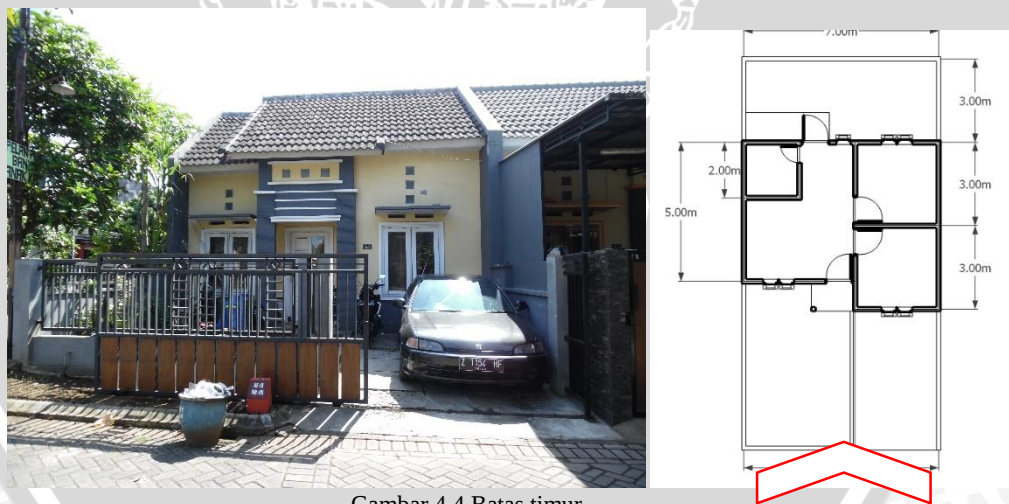
Pada bagian utara terdapat bangunan rumah yang membatasi bagian belakang bangunan.



Gambar 4.3 Batas utara

B. Batas timur

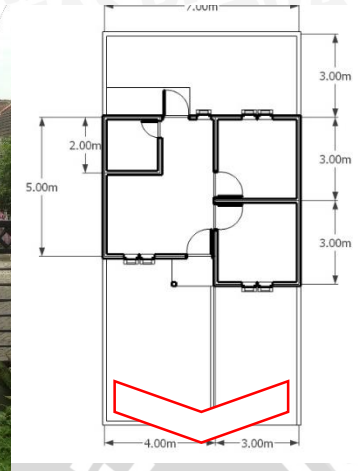
Pada bagian timur terdapat bangunan rumah yang berhubungan langsung dengan bangunan.



Gambar 4.4 Batas timur

C. Batas selatan

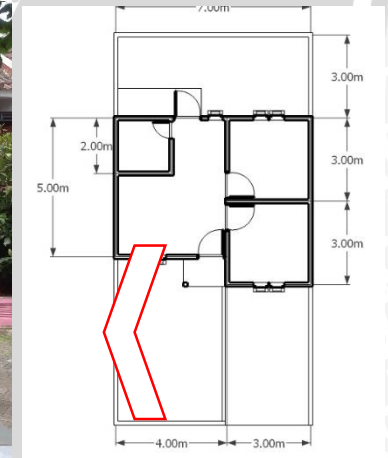
Pada bagian selatan merupakan bagian depan bangunan yang terhubung langsung dengan jalan utama.



Gambar 4.5 Batas Selatan

D. Batas Barat

Pada bagian barat terdapat jalan utama, karena bangunan ini terdapat pada bagian sudut kompleks perumahan ini.



Gambar 4.6 Batas Barat

4.1.3. Ruang pada bangunan

Pada bangunan yang diteliti terdapat 3 ruang yang digunakan sebagai objek penelitian ruang tersebut adalah sebagai berikut:

A. Ruang I



Gambar 4.7 Kondisi Ruang I

Ruangan ini memiliki fungsi sebagai kamar tidur dengan luasan 9m². Pada ruangan ini terdapat bukaan yang berada di selatan dan 1 pintu yang terletak di bagian barat ruangan.



Gambar 4.8 Jendela pada Ruang I

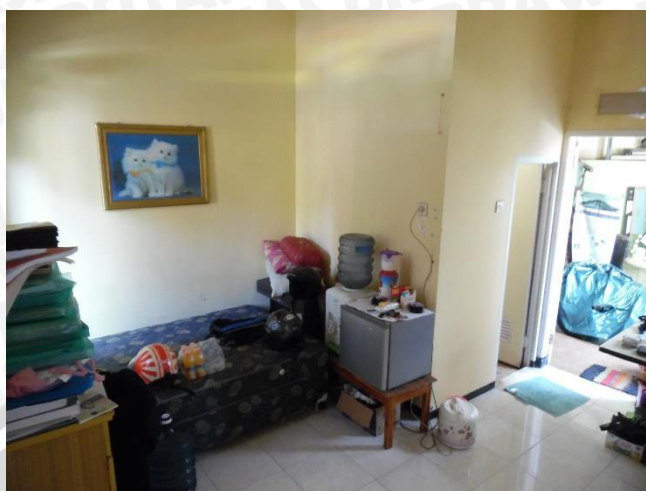


Gambar 4.9 Jendela pada Ruang I



Gambar 4.10 Pintu pada Ruang I

B. Ruang II



Gambar 4.11 Kondisi Ruang II

Ruangan ini memiliki fungsi sebagai ruang tamu dengan luasan 16 m². Pada ruangan ini terdapat 2 pintu yang terletak di sebelah utara dan selatan kedua pintu ini langsung berhubungan dengan ruang luar. Pada ruangan ini juga terdapat 2 pintu yang terletak disebelah timur ruangan yang menghubungkan ruangan ini dengan ruang lainnya. Selain itu terdapat 2 jendela yang berada di selatan dan 1 jendela yang berada di utara.



Gambar 4.12 Pintu selatan pada Ruang II



Gambar 4.13 Pintu utara pada Ruang II



Gambar 4.14 Jendela selatan pada Ruang II



Gambar 4.15 Jendela utara pada Ruang II

C. Ruang III



Gambar 4.16 Kondisi Ruang III

Ruangan ini memiliki fungsi sebagai kamar tidur dengan luasan 9m^2 . Pada ruangan ini terdapat bukaan yang berada di utara dan 1 pintu yang terletak di bagian barat ruangan.



Gambar 4.17 Jendela pada Ruang III



Gambar 4.18 Jendela pada Ruang III

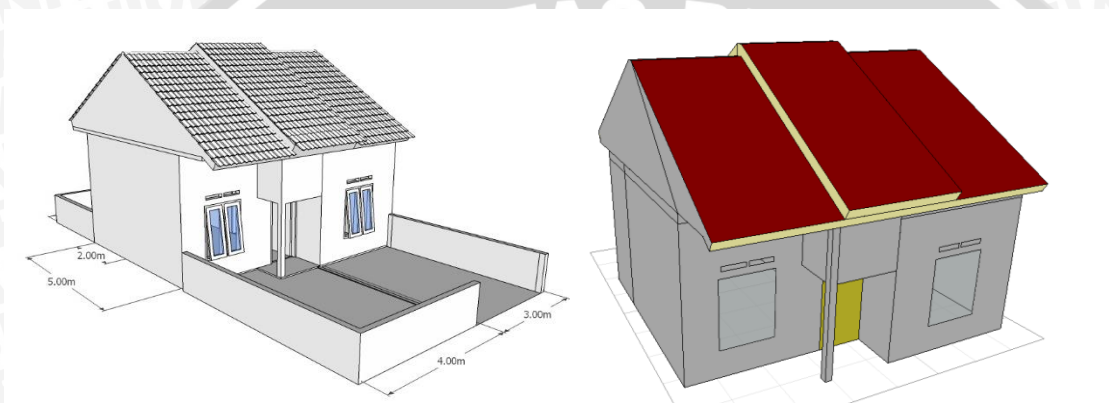


Gambar 4.19 Pintu pada Ruang III

4.2. Model Bangunan Digital

4.2.1. Penjelasan

Berdasarkan tujuan yang sudah ditentukan sebelumnya yaitu untuk mensimulasikan bangunan rumah tinggal minimalis yang terletak di Kota Malang. Maka langkah awal yang dilakukan adalah membuat model digital menggunakan software Google Sketchup yang kemudian model tersebut dipindahkan Simulasi yang akan dilakukan terdapat 2 tahapan yaitu simulasi menggunakan kondisi eksisting dan simulasi menggunakan material atap alternatif.



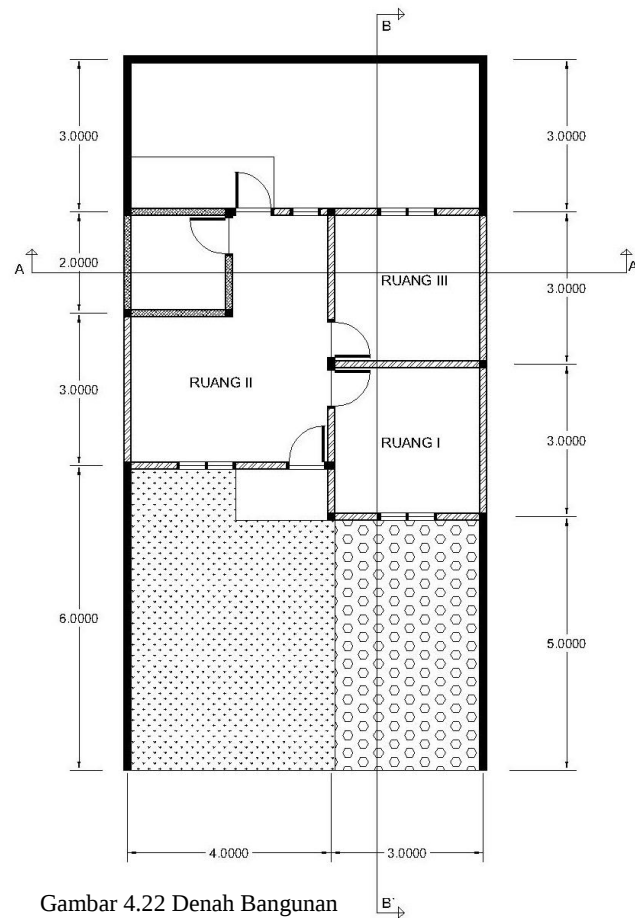
Gambar 4.20 Perspektif Model Sketchup

Gambar 4.21 Perspektif Model Ecotect

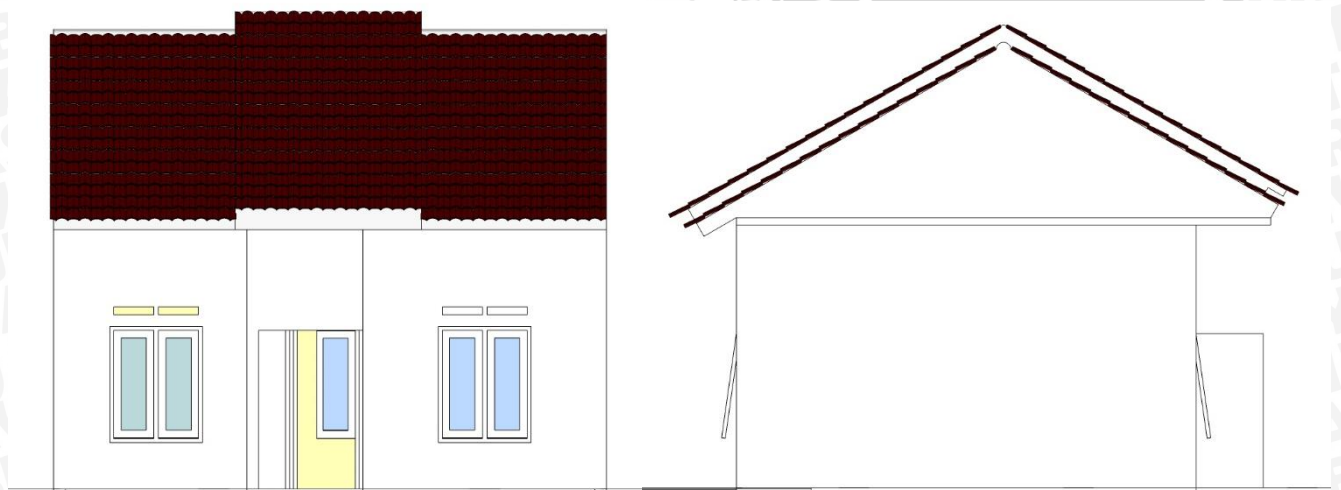
Terdapat 2 model bangunan yang dibuat yaitu model sketchup yang digunakan untuk representasi bangunan dan model yang digunakan untuk simulasi model yang digunakan untuk simulasi dibuat pada aplikasi Ecotect Analysis. Model yang dibuat pada aplikasi *Ecotect Analysis* tidak sedetail model pada aplikasi *Google Sketchup* namun pada model ini dapat langsung menggunakan material yang digunakan pada bangunan sehingga model dapat langsung disimulasikan.

4.2.2. Tampilan bangunan

Bangunan yang diteliti adalah bangunan rumah tinggal dengan konsep bangunan minimalis dengan tampilan bangunan seperti dibawah ini:

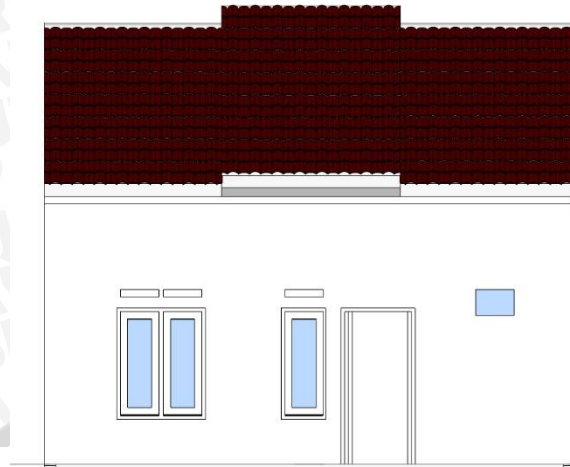


Gambar 4.22 Denah Bangunan

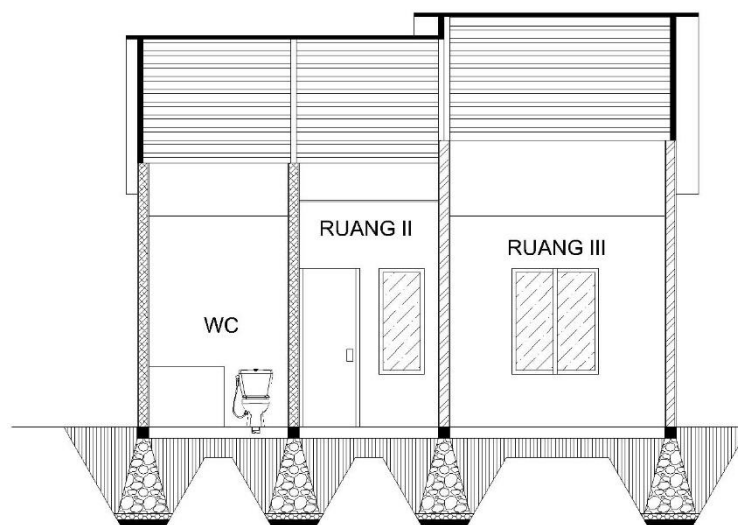


Gambar 4.23 Tampak Depan

Gambar 4.24 Tampak Samping

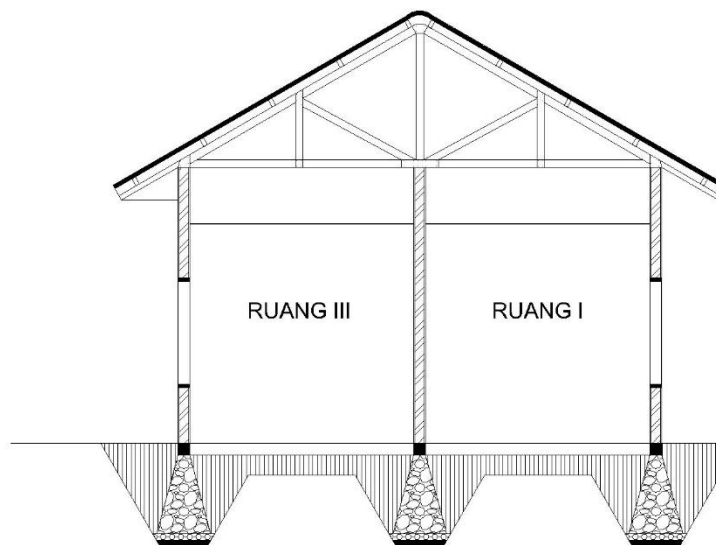


Gambar 4.25 Tampak Belakang



Gambar 4.26 Potongan A-A'

2.0000 2.0000 3.0000

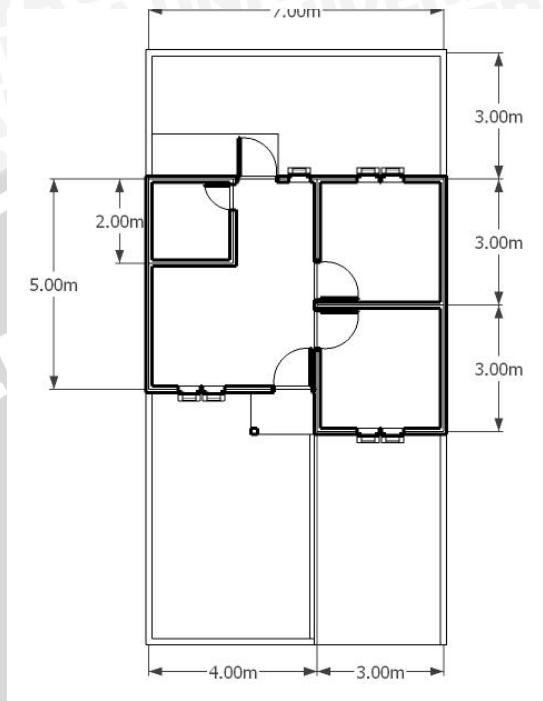


Gambar 4.27 Potongan B-B'

3.0000 3.0000

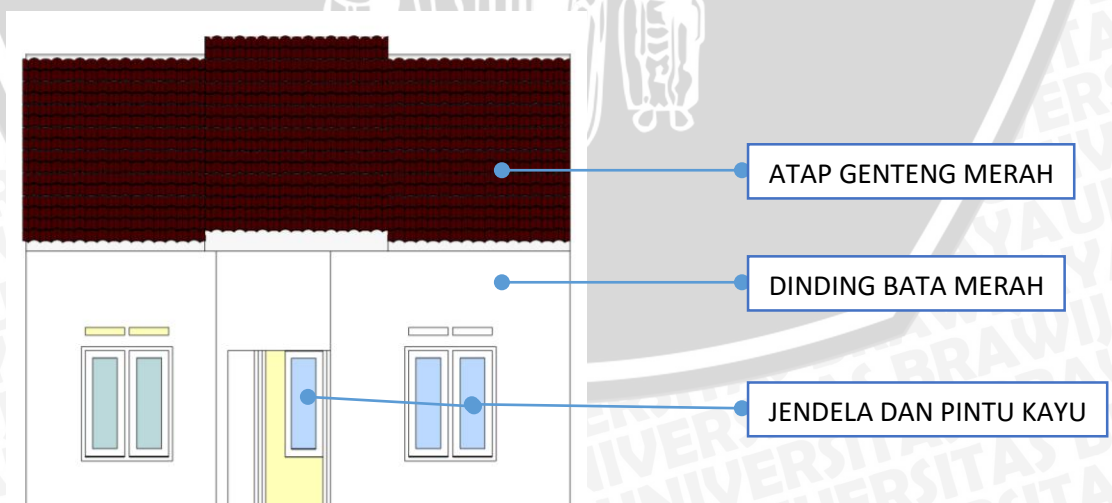
4.2.3. Spesifikasi bangunan

Bangunan rumah tinggal ini merupakan rumah type 36 dengan 4 ruangan yaitu 2 kamar tidur, 1 ruang keluarga, 1 kamar mandi, dan ruang terbuka di depan dan belakang bangunan. Luas bangunan 38 m² dan luas tanah 100 m² seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.28 Denah Bangunan

Bangunan ini menggunakan konsep bangunan modern dengan gaya minimalis. Material yang digunakan pada bangunan ini menggunakan material konvensional.



Gambar 4.29 Spesifikasi Material

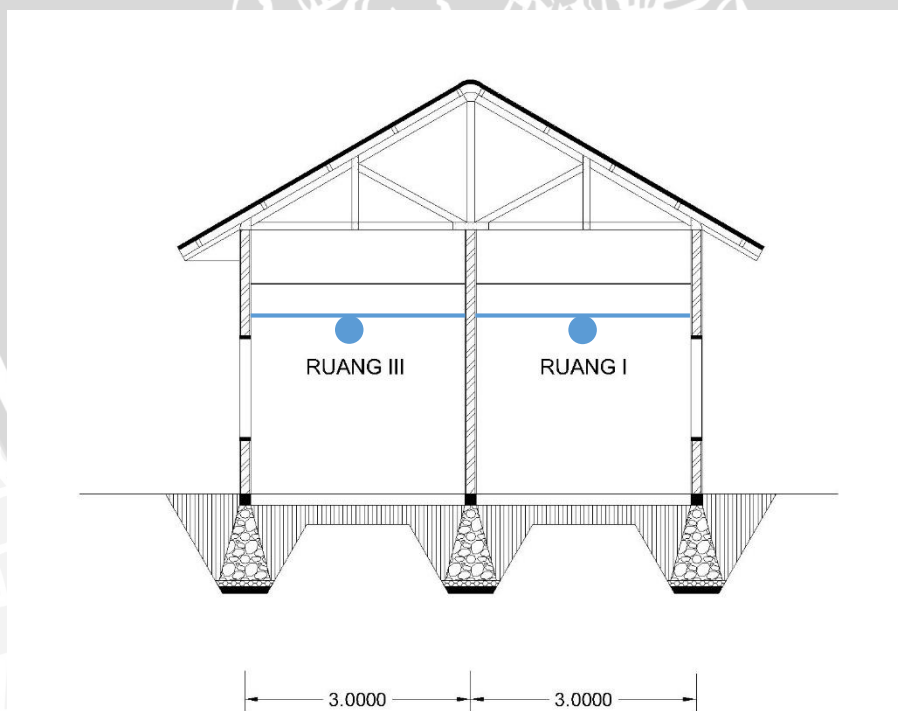
4.3. Pengukuran Lapangan

4.3.1. Penjelasan

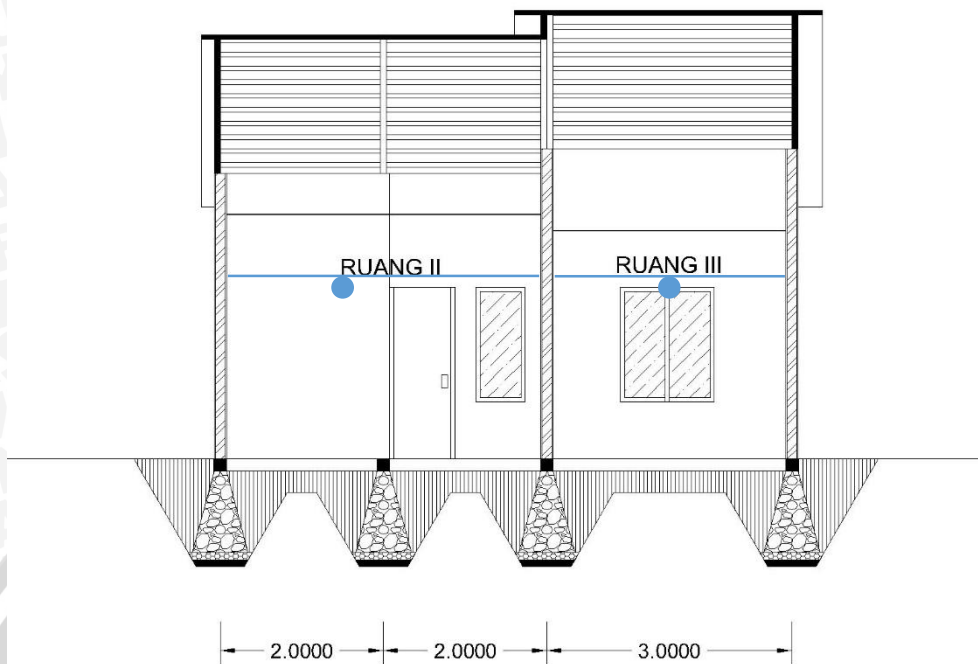
Pada penelitian ini dilakukan pengukuran suhu ruangan untuk mendapatkan data suhu pada keadaan sesungguhnya. Sehingga data tersebut bisa dijadikan acuan untuk melakukan tahapan simulasi digital. Pengukuran dilakukan pada 3 ruangan yang berbeda untuk melihat apakah faktor perbedaan ruangan ini berpengaruh pada hasil penelitian.

4.3.2. Teknik pengukuran

Pengukuran lapangan dilakukan selama 1 minggu dan dilakukan selama 24 jam. Alat yang digunakan adalah Data Logger yang mencatat suhu ruangan dan kelembabannya. Alat ini diletakkan di setiap ruangan dengan menggantungnya kurang lebih 2 meter dari atas lantai. Alat ini juga diletakkan diluar ruangan untuk mengukur suhu di luar ruangan. Pengukuran ini ditujukan untuk menunjukkan bahwa simulasi yang dilakukan sesuai dengan kondisi eksistingnya sehingga model yang disimulasikan dapat di modifikasi sesuai dengan kebutuhan penelitian



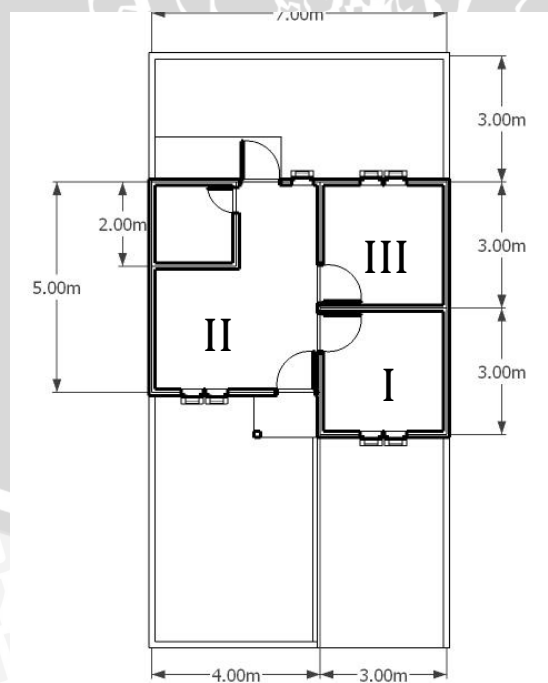
Gambar 4.30 Posisi Data Logger dari atas tanah



Gambar 4.31 Posisi Data Logger dari atas tanah

4.3.3. Letak alat pada ruangan

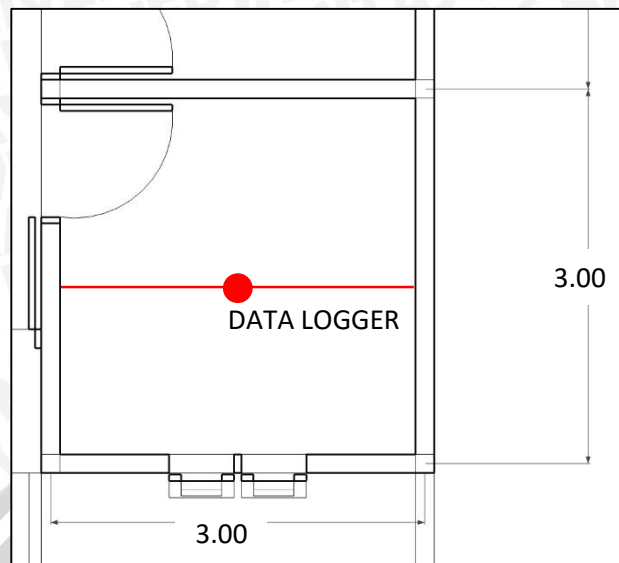
Pengukuran dilakukan pada sebuah rumah yang terdapat di kota malang. Pada rumah tersebut di ambil 3 ruangan yang akan dijadikan objek penelitian.



Gambar 4.32 Denah bangunan

Ketiga ruangan yang diambil terdapat beberapa perbedaan yang juga merupakan variable dalam penelitian. Adapun ruangan yang diamati adalah sebagai berikut:

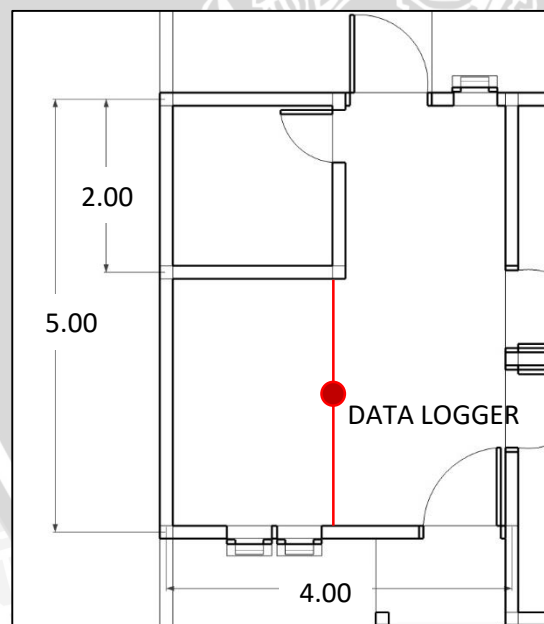
A. Ruang I



Gambar 4.33 Posisi *Data Logger* Pada Ruang I

Pada ruangan ini alat pengukuran yaitu *Data Logger* diletakkan pada titik tengah ruangan ini dan di gantung dengan ketinggian ± 2 m dari atas tanah.

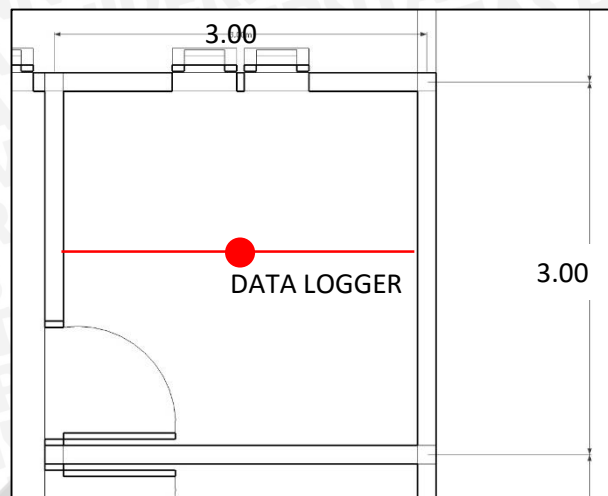
B. Ruang II



Gambar 4.34 Posisi *Data Logger* Pada Ruang II

Karena ruangan ini berbentuk 'L' maka alat pengukuran *Data Logger* di letakkan pada bagian terpanjang ruangan.

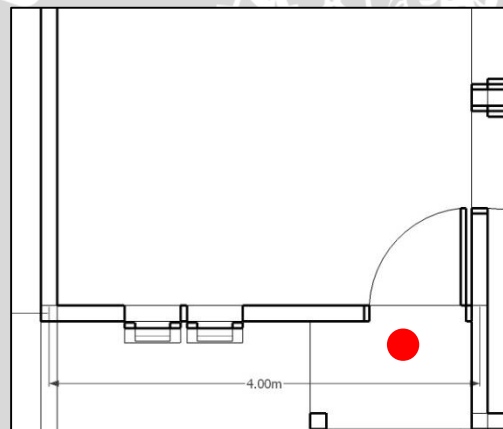
C. Ruang III



Gambar 4.35 Posisi Data Logger Ruang III

Pada ruangan ini alat pengukuran diletakkan di bagian tengah ruangan

D. Ruang luar



Gambar 4.36 Posisi Data Logger di Luar Bangunan

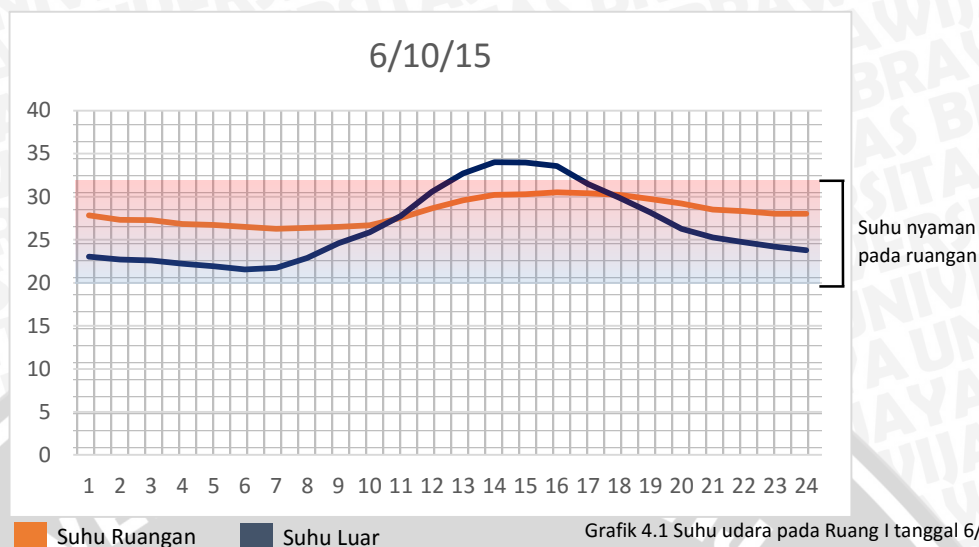
Suhu pada luar bangunan ini juga di ukur agar diperoleh suhu kota malang yang digunakan untuk pembandingan suhu luar ruangan pada simulasi dan pada keadaan sesungguhnya. Alat pengukuran suhu di letakkan di depan pintu masuk utama agar tidak langsung terkena matahari.

4.4. Hasil Pengukuran Lapangan

Setelah pengukuran lapangan dilakukan selama 1 minggu yaitu pada tanggal 6 oktober 2015 sampai tanggal 11 oktober 2015 didapatkan hasil pengukuran suhu pada bangunan yang terlihat pada grafik dibawah ini:

4.4.1. Ruang I

A. 6/10/15



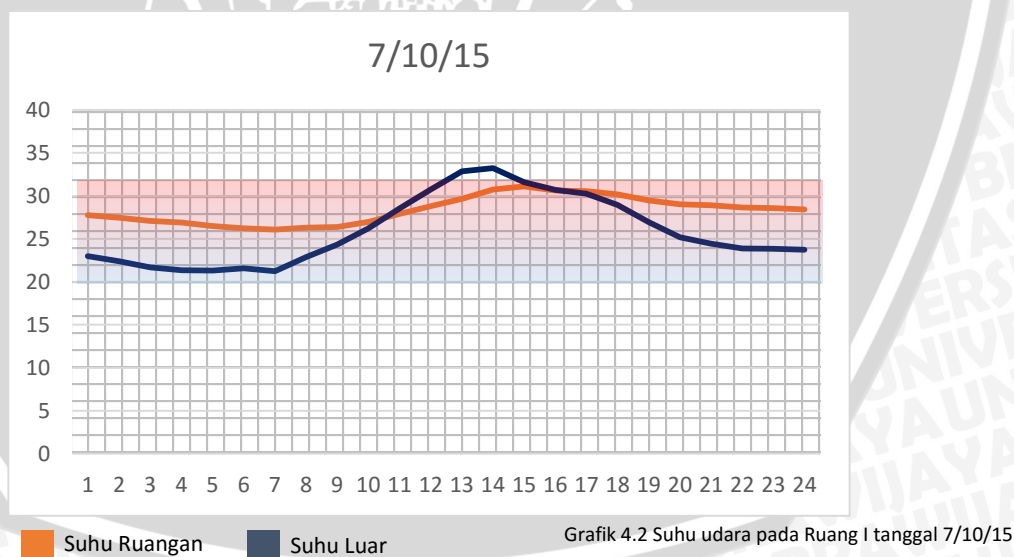
Grafik 4.1 Suhu udara pada Ruang I tanggal 6/10/15

6 Oktober 2015	Suhu Ruang	Jam	Suhu Luar	Jam
Suhu Rata-Rata	28.23 C	-	26.47 C	
Suhu Tertinggi	30.53 C	15.00	34 C	13.00
Suhu Terendah	26.26 C	06.00	21.53 C	05.00

Jam Suhu Rambat : Awal 11.00; Akhir 18.00

Tabel 4.1 Suhu udara pada Ruang I tanggal 6/10/15

B. 7/10/15



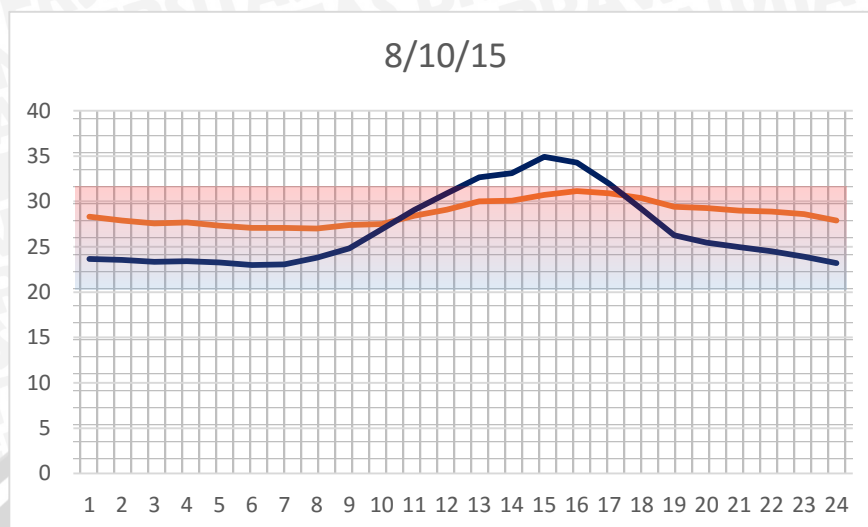
Grafik 4.2 Suhu udara pada Ruang I tanggal 7/10/15

7 Oktober 2015	Suhu Ruang	Jam	Suhu Luar	Jam
Suhu Rata-Rata	28.33 C		25.86 C	
Suhu Tertinggi	31.08 C	14.00	33.21 C	13.00
Suhu Terendah	26.09 C	06.00	21.25 C	06.00

Jam Suhu Rambat : Awal 10.00; Akhir 15.00

Tabel 4.2 Suhu udara pada Ruang I tanggal 7/10/15

C. 8/10/15

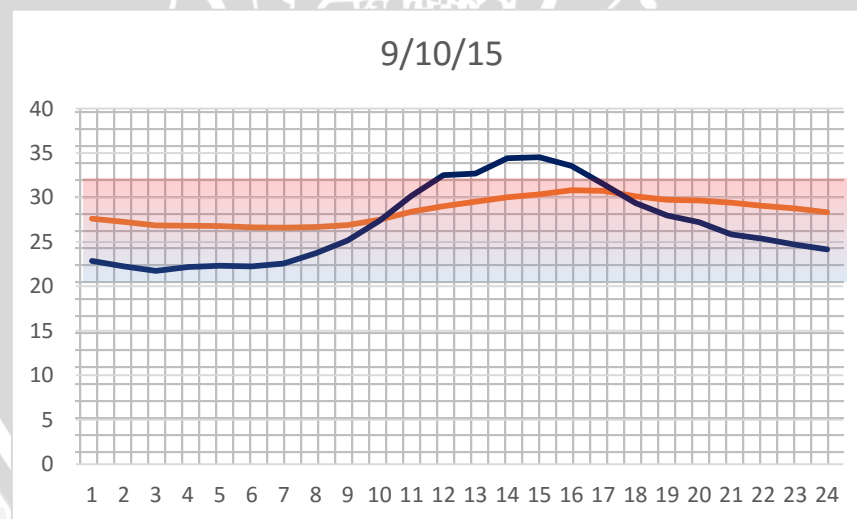
D. ■ Suhu Ruangan ■ Suhu Luar Grafik 4.3 Suhu udara pada Ruang I tanggal 8/10/15

8 Oktober 2015	Suhu Ruang	Jam	Suhu Luar	Jam
Suhu Rata-Rata	28.69 C		26.79 C	
Suhu Tertinggi	31.13 C	15.00	34.89 C	14.00
Suhu Terendah	27.01 C	07.00	22.99 C	05.00

Jam Suhu Rambat : Awal 10.00; Akhir 18.00

Tabel 4.3 Suhu udara pada Ruang I tanggal 8/10/15

E. 9/10/15

■ Suhu Ruangan ■ Suhu Luar

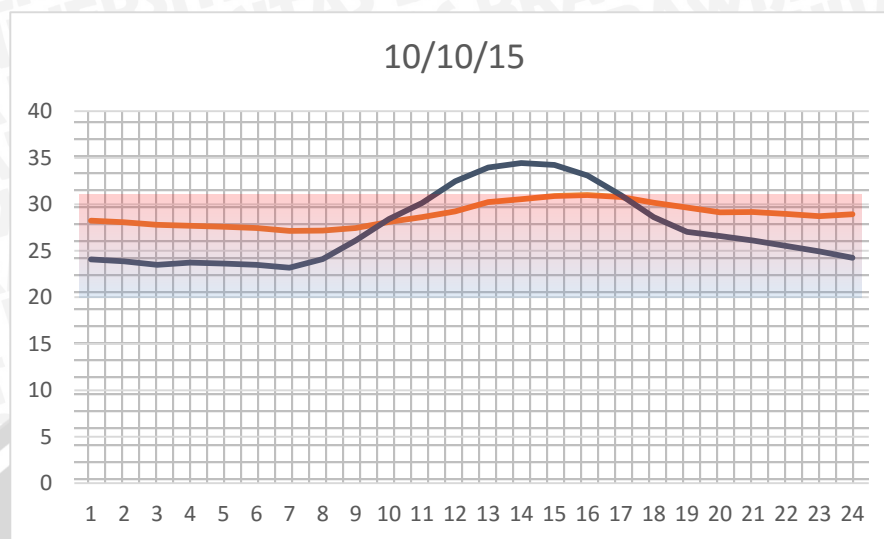
Grafik 4.4 Suhu udara pada Ruang I tanggal 9/10/15

9 Oktober 2015	Suhu Ruang	Jam	Suhu Luar	Jam
Suhu Rata-Rata	28.33 C		25.86 C	
Suhu Tertinggi	31.08 C	14.00	33.21 C	13.00
Suhu Terendah	26.09 C	06.00	21.25 C	06.00

Jam Suhu Rambat : Awal 10.00; Akhir 18.00

Tabel 4.4 Suhu udara pada Ruang I tanggal 9/10/15

F. 10/10/15



G.

■ Suhu Ruangan ■ Suhu Luar

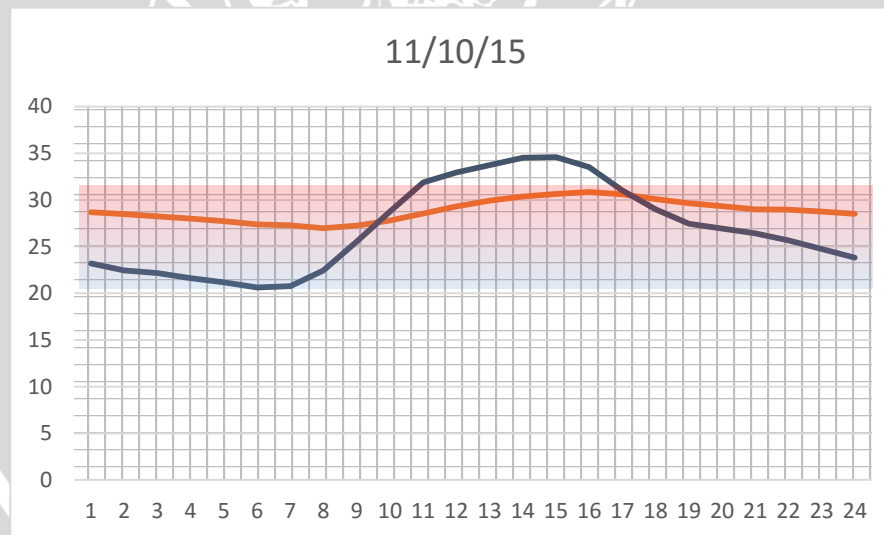
Grafik 4.5 Suhu udara pada Ruang I tanggal 10/10/15

10 Oktober 2015	Suhu Ruangan	Jam	Suhu Luar	Jam
Suhu Rata-Rata	28.86 C		27.35 C	
Suhu Tertinggi	30.98 C	15.00	34.44 C	13.00
Suhu Terendah	27.14 C	06.00	23.16 C	06.00

Jam Suhu Rambat : Awal 10.00; Akhir 17.00

Tabel 4.5 Suhu udara pada Ruang I tanggal 10/10/15

H. 11/10/15



■ Suhu Ruangan ■ Suhu Luar

Grafik 4.6 Suhu udara pada Ruang I tanggal 11/10/15

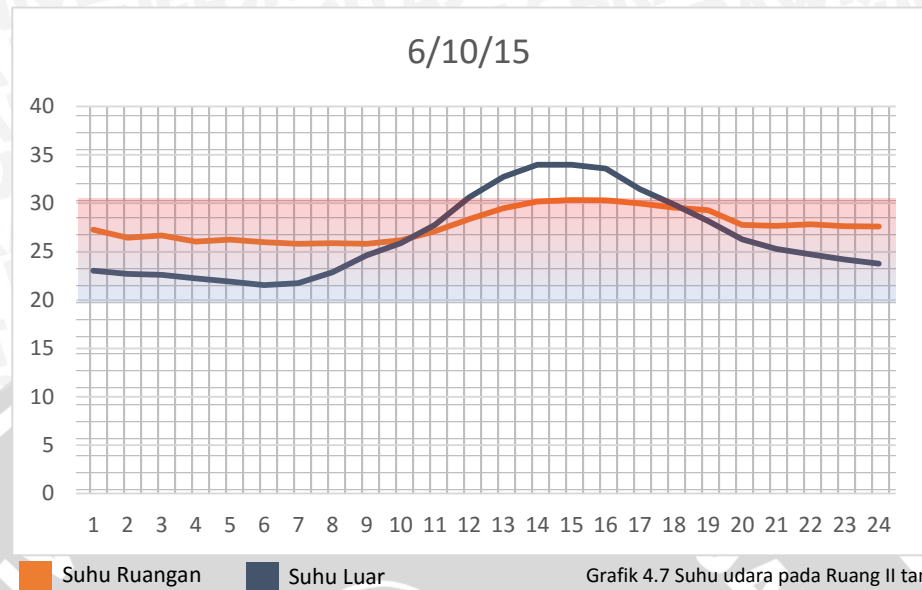
11 Oktober 2015	Suhu Ruangan	Jam	Suhu Luar	Jam
Suhu Rata-Rata	28.84 C		26.87 C	
Suhu Tertinggi	30.83 C	15.00	34.58 C	14.00
Suhu Terendah	26.97 C	07.00	20.63 C	05.00

Jam Suhu Rambat : Awal 10.00; Akhir 18.00

Tabel 4.6 Suhu udara pada Ruang I tanggal 11/10/15

4.4.2. Ruang II

A. 6/10/15



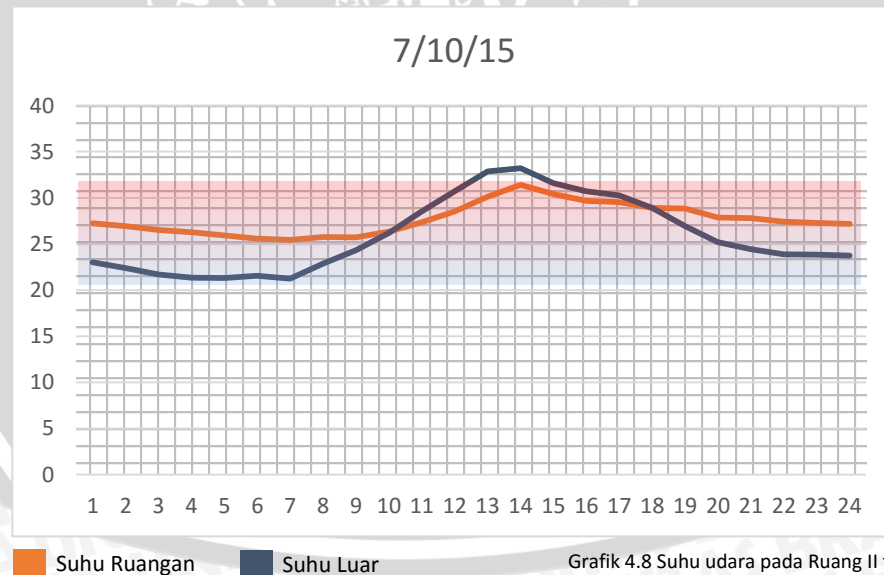
Grafik 4.7 Suhu udara pada Ruang II tanggal 6/10/15

6 Oktober 2015	Suhu Ruang	Jam	Suhu Luar	Jam
Suhu Rata-Rata	27.72 C		26.47 C	
Suhu Tertinggi	30.35 C	14.00	34.00 C	13.00
Suhu Terendah	25.79 C	06.00	21.53 C	05.00

Jam Suhu Rambat : Awal 10.00; Akhir 18.00

Tabel 4.7 Suhu udara pada Ruang II tanggal 6/10/15

B. 7/10/15



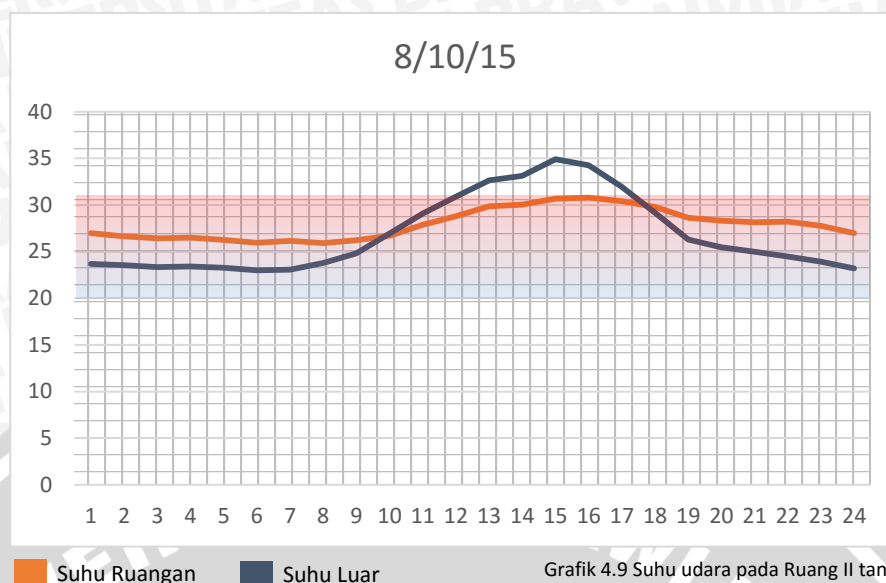
Grafik 4.8 Suhu udara pada Ruang II tanggal 7/10/15

7 Oktober 2015	Suhu Ruang	Jam	Suhu Luar	Jam
Suhu Rata-Rata	27.66 C		25.86 C	
Suhu Tertinggi	31.41 C	13.00	33.21 C	13.00
Suhu Terendah	25.43 C	06.00	21.25 C	06.00

Jam Suhu Rambat : Awal 10.00; Akhir 18.00

Tabel 4.8 Suhu udara pada Ruang II tanggal 7/10/15

C. 8/10/15



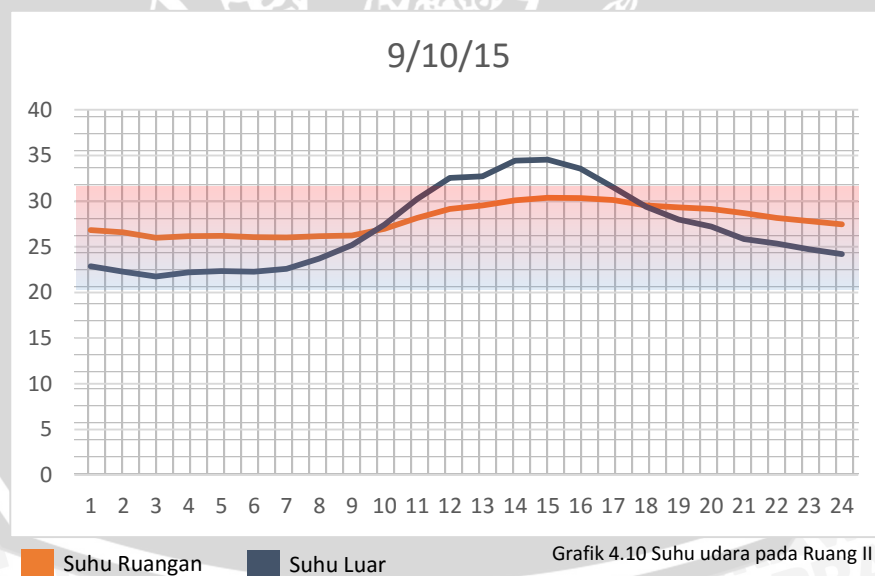
Grafik 4.9 Suhu udara pada Ruang II tanggal 8/10/15

8 Oktober 2015	Suhu Ruang	Jam	Suhu Luar	Jam
Suhu Rata-Rata	27.91 C		26.79 C	
Suhu Tertinggi	30.78 C	15.00	34.89 C	14.00
Suhu Terendah	25.92 C	07.00	22.99 C	05.00

Jam Suhu Rambat : Awal 10.00; Akhir 18.00

Tabel 4.9 Suhu udara pada Ruang II tanggal 8/10/15

D. 9/10/15



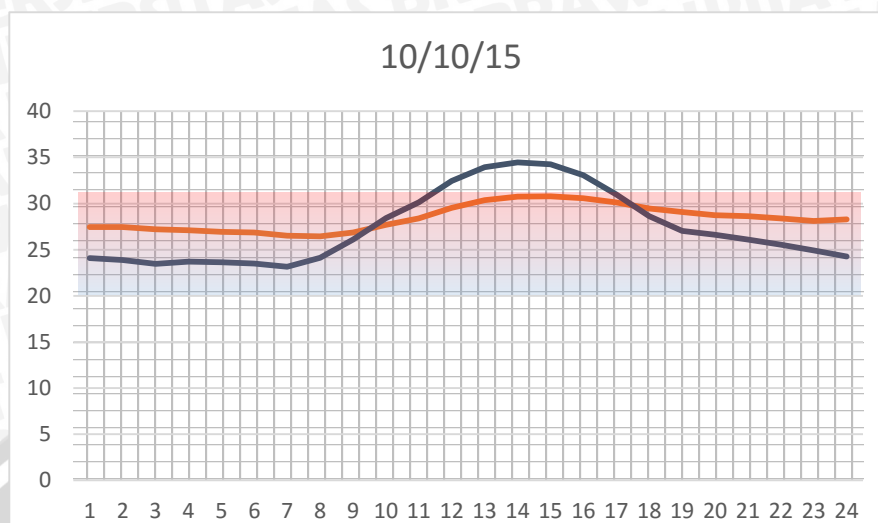
Grafik 4.10 Suhu udara pada Ruang II tanggal 9/10/15

9 Oktober 2015	Suhu Ruang	Jam	Suhu Luar	Jam
Suhu Rata-Rata	27.95 C		26.94 C	
Suhu Tertinggi	30.35 C	14.00	34.52 C	14.00
Suhu Terendah	25.99 C	02.00	21.72 C	02.00

Jam Suhu Rambat : Awal 10.00; Akhir 18.00

Tabel 4.10 Suhu udara pada Ruang II tanggal 9/10/15

E. 10/10/15



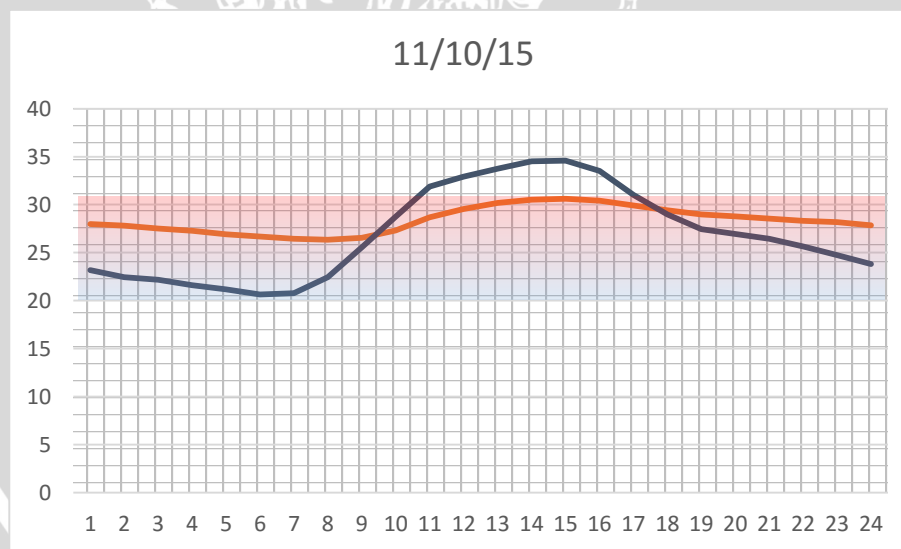
Grafik 4.11 Suhu udara pada Ruang II tanggal 10/10/15

10 Oktober 2015	Suhu Ruang	Jam	Suhu Luar	Jam
Suhu Rata-Rata	28.40 C		27.35 C	
Suhu Tertinggi	30.78 C	14.00	34.44 C	13.00
Suhu Terendah	26.45 C	07.00	23.16 C	06.00

Jam Suhu Rambat : Awal 10.00; Akhir 18.00

Tabel 4.11 Suhu udara pada Ruang II tanggal 10/10/15

F. 11/10/15



Grafik 4.12 Suhu udara pada Ruang II tanggal 11/10/15

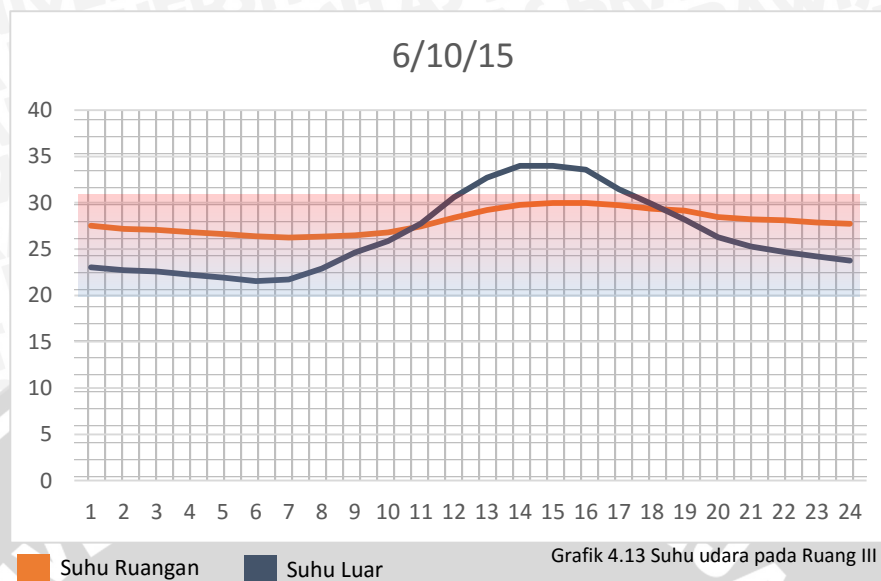
11 Oktober 2015	Suhu Ruang	Jam	Suhu Luar	Jam
Suhu Rata-Rata	28.37 C		26.87 C	
Suhu Tertinggi	30.62 C	14.00	34.58 C	14.00
Suhu Terendah	26.35 C	07.00	20.63 C	05.00

Jam Suhu Rambat : Awal 10.00; Akhir 18.00

Tabel 4.12 Suhu udara pada Ruang II tanggal 11/10/15

4.4.3. Ruang III

A. 6/10/15



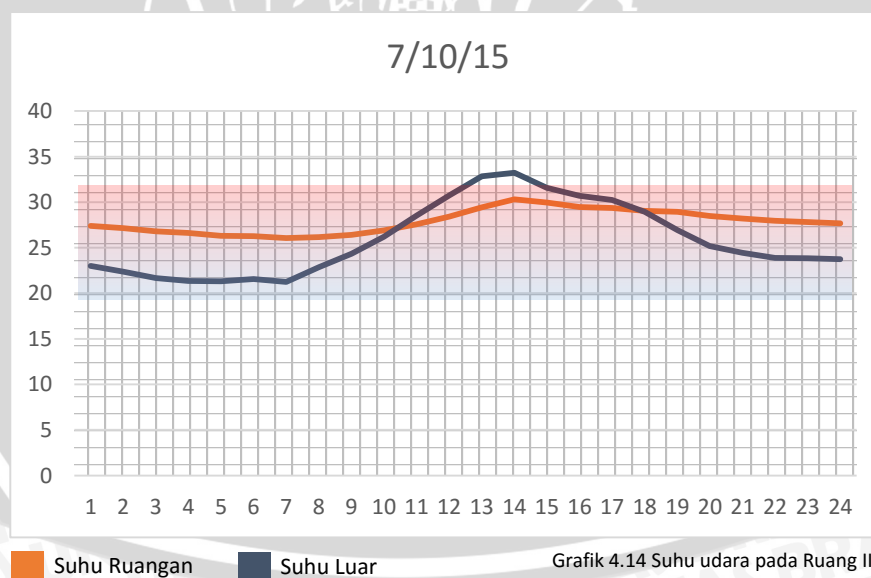
Grafik 4.13 Suhu udara pada Ruang III tanggal 6/10/15

6 Oktober 2015	Suhu Ruang	Jam	Suhu Luar	Jam
Suhu Rata-Rata	27.95 C		26.87 C	
Suhu Tertinggi	29.97 C	14.00	34.00 C	13.00
Suhu Terendah	26.23 C	06.00	21.53 C	05.00

Jam Suhu Rambat : Awal 11.00; Akhir 18.00

Tabel 4.13 Suhu udara pada Ruang III tanggal 6/10/15

B. 7/10/15



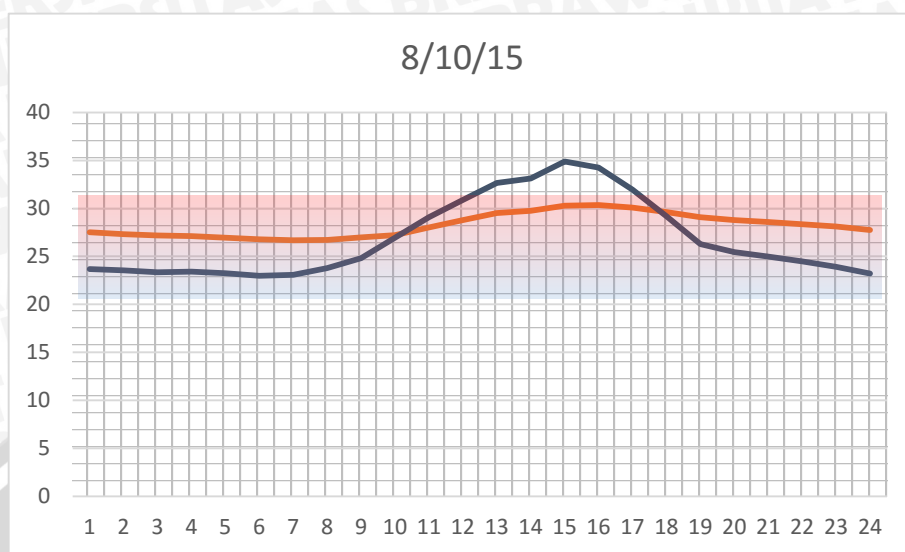
Grafik 4.14 Suhu udara pada Ruang III tanggal 7/10/15

7 Oktober 2015	Suhu Ruang	Jam	Suhu Luar	Jam
Suhu Rata-Rata	27.86 C		25.86 C	
Suhu Tertinggi	30.30 C	13.00	33.21 C	13.00
Suhu Terendah	26.06 C	06.00	21.25 C	06.00

Jam Suhu Rambat : Awal 11.00; Akhir 18.00

Tabel 4.14 Suhu udara pada Ruang III tanggal 7/10/15

C. 8/10/15



■ Suhu Ruangan

■ Suhu Luar

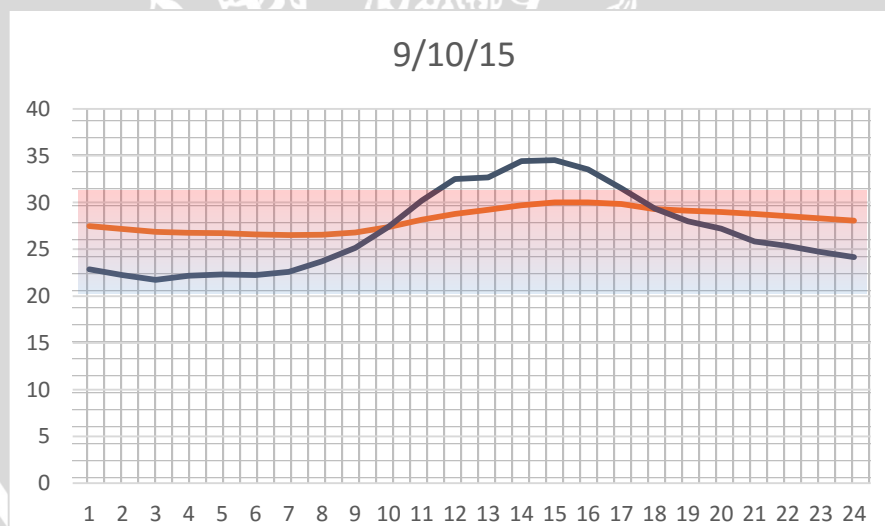
Grafik 4.15 Suhu udara pada Ruang III tanggal 8/10/15

8 Oktober 2015	Suhu Ruang	Jam	Suhu Luar	Jam
Suhu Rata-Rata	28.23 C		26.79 C	
Suhu Tertinggi	30.35 C	15.00	34.89 C	14.00
Suhu Terendah	26.70 C	06.00	22.99 C	05.00

Jam Suhu Rambat : Awal 10.00; Akhir 18.00

Tabel 4.15 Suhu udara pada Ruang III tanggal 8/10/15

D. 9/10/15



■ Suhu Ruangan

■ Suhu Luar

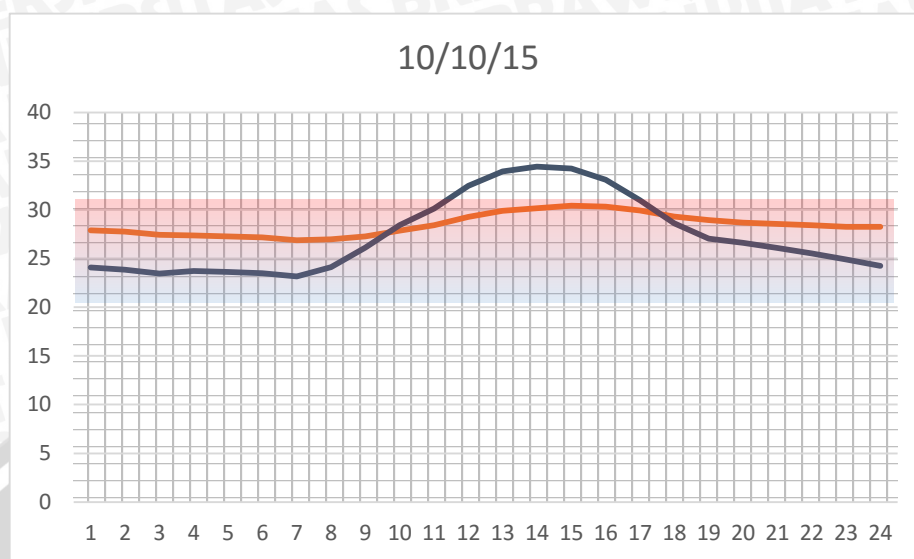
Grafik 4.16 Suhu udara pada Ruang III tanggal 9/10/15

9 Oktober 2015	Suhu Ruang	Jam	Suhu Luar	Jam
Suhu Rata-Rata	28.15 C		25.86 C	
Suhu Tertinggi	30.02 C	14.00	33.21 C	13.00
Suhu Terendah	26.53 C	06.00	21.25 C	06.00

Jam Suhu Rambat : Awal 10.00; Akhir 18.00

Tabel 4.16 Suhu udara pada Ruang III tanggal 9/10/15

E. 10/10/15

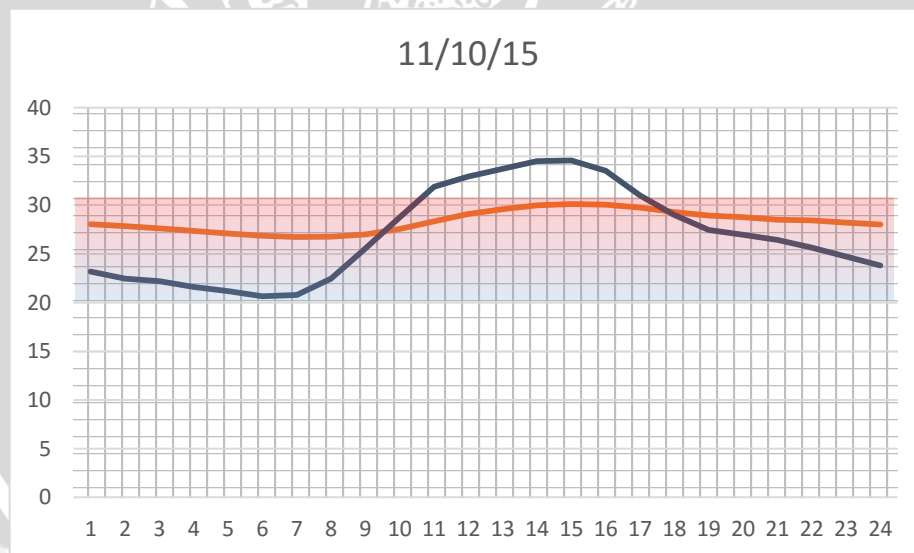


Grafik 4.17 Suhu udara pada Ruang III tanggal 10/10/15

10 Oktober 2015	Suhu Ruang	Jam	Suhu Luar	Jam
Suhu Rata-Rata	28.44 C		27.35 C	
Suhu Tertinggi	30.42 C	14.00	34.44 C	13.00
Suhu Terendah	26.87 C	06.00	23.16 C	06.00

Jam Suhu Rambat : Awal 10.00; Akhir 18.00 Tabel 4.17 Suhu udara pada Ruang III tanggal 10/10/15

F. 11/10/15



Grafik 4.18 Suhu udara pada Ruang III tanggal 11/10/15

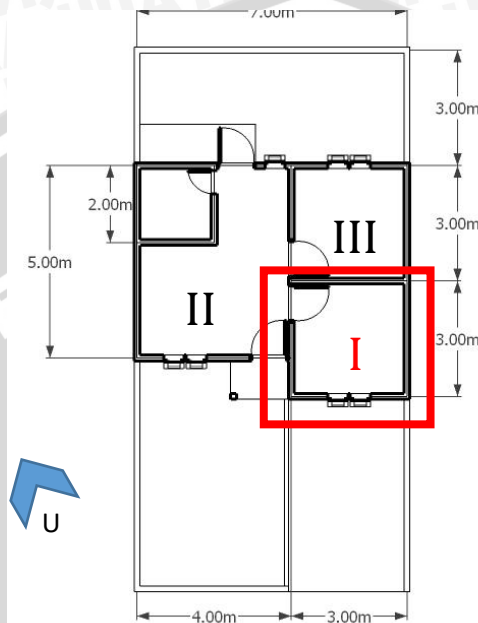
11 Oktober 2015	Suhu Ruang	Jam	Suhu Luar	Jam
Suhu Rata-Rata	28.32 C		26.87 C	
Suhu Tertinggi	30.12 C	14.00	34.58 C	14.00
Suhu Terendah	26.72 C	06.00	20.63 C	05.00

Jam Suhu Rambat : Awal 10.00; Akhir 18.00 Tabel 4.18 Suhu udara pada Ruang III tanggal 11/10/15

4.5. Pembahasan Hasil Pengukuran

4.5.1. Ruang I

Ruang I terletak di bagian selatan bangunan yang menghadap langsung ke arah jalan utama sehingga ruangan ini terpapar sinar matahari secara langsung. Sehingga suhu rata-rata pada ruangan ini cukup tinggi yaitu 28,6 °C suhu terendah 26.1 °C dan suhu tertinggi 31.1 °C



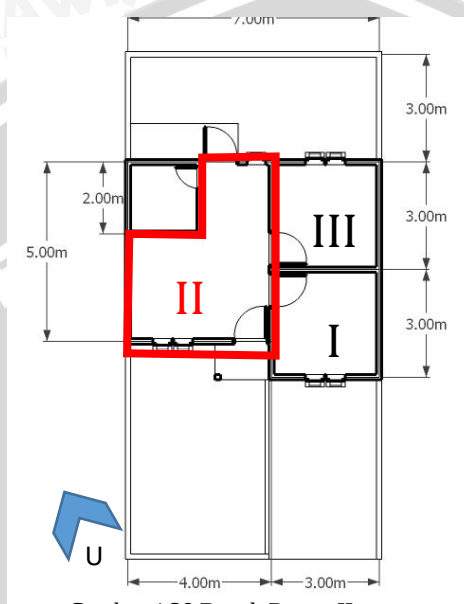
Tabel 4.19 Suhu udara pada Ruang I

Gambar 4.37 Denah Ruang I

Ruang I	6/10/2015	7/10/2015	8/10/2015	9/10/2015	10/10/2015	11/10/2015	Rata Rata	Terendah	Tertinggi
12:00:00 AM	27.8	27.8	28.3	27.6	28.3	28.7	28.1	27.6	28.7
1:00:00 AM	27.3	27.4	27.9	27.3	28.1	28.5	27.7	27.3	28.5
2:00:00 AM	27.3	27.1	27.6	26.9	27.8	28.3	27.5	26.9	28.3
3:00:00 AM	26.8	26.9	27.7	26.8	27.7	28.0	27.3	26.8	28.0
4:00:00 AM	26.7	26.5	27.3	26.8	27.6	27.7	27.1	26.5	27.7
5:00:00 AM	26.5	26.2	27.1	26.7	27.5	27.4	26.9	26.2	27.5
6:00:00 AM	26.3	26.1	27.1	26.6	27.1	27.3	26.7	26.1	27.3
7:00:00 AM	26.4	26.3	27.0	26.7	27.2	27.0	26.8	26.3	27.2
8:00:00 AM	26.5	26.4	27.4	26.9	27.5	27.2	27.0	26.4	27.5
9:00:00 AM	26.7	27.0	27.5	27.5	28.1	27.8	27.4	26.7	28.1
10:00:00 AM	27.5	27.9	28.4	28.4	28.6	28.5	28.2	27.5	28.6
11:00:00 AM	28.7	28.8	29.1	29.0	29.2	29.3	29.0	28.7	29.3
12:00:00 PM	29.6	29.6	30.0	29.5	30.2	29.9	29.8	29.5	30.2
1:00:00 PM	30.2	30.7	30.1	30.0	30.6	30.4	30.3	30.0	30.7
2:00:00 PM	30.3	31.1	30.7	30.4	30.9	30.7	30.7	30.3	31.1
3:00:00 PM	30.5	30.6	31.1	30.8	31.0	30.8	30.8	30.5	31.1
4:00:00 PM	30.4	30.5	30.9	30.8	30.8	30.6	30.7	30.4	30.9
5:00:00 PM	30.2	30.2	30.4	30.1	30.2	30.1	30.2	30.1	30.4
6:00:00 PM	29.7	29.4	29.4	29.7	29.6	29.6	29.6	29.4	29.7
7:00:00 PM	29.2	29.0	29.3	29.7	29.1	29.3	29.3	29.0	29.7
8:00:00 PM	28.5	28.9	29.0	29.4	29.2	29.0	29.0	28.5	29.4
9:00:00 PM	28.3	28.6	28.9	29.0	29.0	29.0	28.8	28.3	29.0
10:00:00 PM	28.0	28.5	28.6	28.8	28.7	28.7	28.6	28.0	28.8
11:00:00 PM	28.0	28.4	27.9	28.4	28.9	28.5	28.4	27.9	28.9
Rata Rata	28.2	28.3	28.7	28.5	28.9	28.8	28.6		
Terendah	26.3	26.1	27.0	26.6	27.1	27.0		26.1	
Tertinggi	30.5	31.1	31.1	30.8	31.0	30.8			31.1

4.5.2. Ruang II

Ruang II ini merupakan ruangan terbesar pada bangunan ini yang menghubungkan ruang luar depan dan belakang. Ruangan ini menghadap ke arah selatan dan berhubungan langsung ke arah jalan utama namun pada bagian depan terdapat teras yang menutupi pintu masuk sehingga bagian depan tidak langsung terpapar matahari. Suhu rata-rata ruangan ini adalah 28.0 °C suhu terendah 25.4 °C dan suhu tertinggi 31.4 °C.



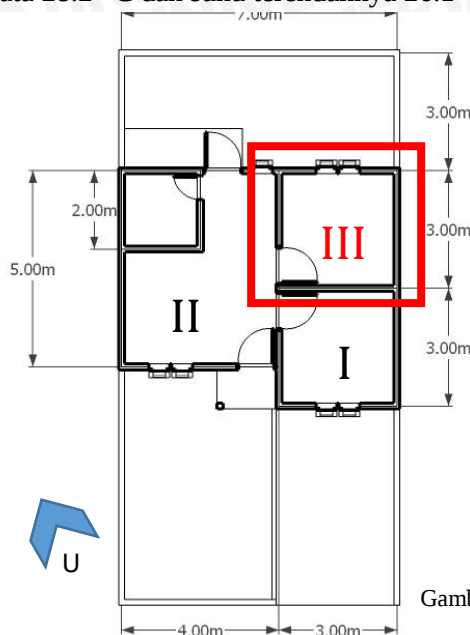
Gambar 4.38 Denah Ruang II

Tabel 4.20 Suhu Ruang II

Ruang II	6/10/2015	7/10/2015	8/10/2015	9/10/2015	10/10/2015	11/10/2015	Rata2	Terendah	Tertinggi
12:00:00 AM	27.3	27.2	27.0	26.8	27.5	28.0	27.3	26.8	28.0
1:00:00 AM	26.5	26.9	26.7	26.6	27.5	27.8	27.0	26.5	27.8
2:00:00 AM	26.7	26.5	26.4	26.0	27.2	27.5	26.7	26.0	27.5
3:00:00 AM	26.0	26.3	26.5	26.2	27.1	27.3	26.6	26.0	27.3
4:00:00 AM	26.2	25.9	26.3	26.2	26.9	26.9	26.4	25.9	26.9
5:00:00 AM	26.0	25.6	25.9	26.1	26.9	26.7	26.2	25.6	26.9
6:00:00 AM	25.8	25.4	26.1	26.0	26.5	26.5	26.1	25.4	26.5
7:00:00 AM	25.9	25.7	25.9	26.1	26.5	26.4	26.1	25.7	26.5
8:00:00 AM	25.8	25.7	26.2	26.2	26.9	26.6	26.2	25.7	26.9
9:00:00 AM	26.2	26.3	26.7	27.0	27.7	27.3	26.9	26.2	27.7
10:00:00 AM	27.1	27.3	27.9	28.2	28.4	28.7	27.9	27.1	28.7
11:00:00 AM	28.4	28.5	28.8	29.1	29.5	29.5	29.0	28.4	29.5
12:00:00 PM	29.5	30.1	29.8	29.5	30.4	30.2	29.9	29.5	30.4
1:00:00 PM	30.2	31.4	30.0	30.1	30.8	30.5	30.5	30.0	31.4
2:00:00 PM	30.4	30.4	30.7	30.4	30.8	30.6	30.5	30.4	30.8
3:00:00 PM	30.3	29.7	30.8	30.3	30.6	30.4	30.3	29.7	30.8
4:00:00 PM	30.0	29.5	30.4	30.1	30.1	29.9	30.0	29.5	30.4
5:00:00 PM	29.5	28.9	29.8	29.5	29.5	29.4	29.4	28.9	29.8
6:00:00 PM	29.3	28.8	28.6	29.3	29.1	29.0	29.0	28.6	29.3
7:00:00 PM	27.8	27.9	28.3	29.1	28.7	28.8	28.4	27.8	29.1
8:00:00 PM	27.7	27.8	28.2	28.7	28.6	28.5	28.2	27.7	28.7
9:00:00 PM	27.8	27.4	28.2	28.2	28.4	28.3	28.1	27.4	28.4
10:00:00 PM	27.6	27.3	27.8	27.8	28.1	28.2	27.8	27.3	28.2
11:00:00 PM	27.6	27.2	27.0	27.5	28.3	27.9	27.6	27.0	28.3
Rata Rata	27.7	27.7	27.9	28.0	28.4	28.4	28.0		
Terendah	25.8	25.4	25.9	26.0	26.5	26.4		25.4	
Tertinggi	30.4	31.4	30.8	30.4	30.8	30.6			31.4

4.5.3. Ruang III

Ruang III terletak di bagian belakang bangunan sehingga tidak terpapar matahari secara langsung. Oleh karena itu suhu tertinggi pada ruangan ini adalah 30.4 °C suhu rata-rata 28.2 °C dan suhu terendahnya 26.1 °C.



Gambar 4.39 Denah Ruang III

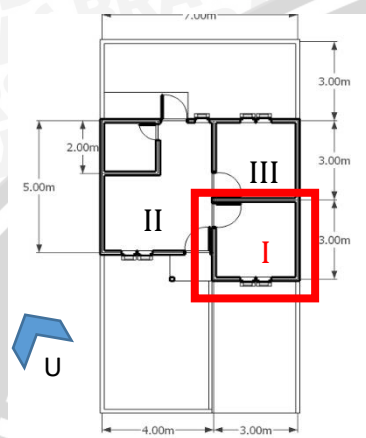
Tabel 4.21 Suhu Ruang III

Ruang III	6/10/2015	7/10/2015	8/10/2015	9/10/2015	10/10/2015	11/10/2015	Rata2	Terendah	Tertinggi
12:00:00 AM	27.5	27.4	27.5	27.5	27.9	28.1	27.6	27.4	28.1
1:00:00 AM	27.2	27.1	27.3	27.2	27.8	27.8	27.4	27.1	27.8
2:00:00 AM	27.1	26.8	27.2	26.9	27.4	27.6	27.2	26.8	27.6
3:00:00 AM	26.8	26.6	27.1	26.8	27.4	27.3	27.0	26.6	27.4
4:00:00 AM	26.6	26.3	26.9	26.7	27.3	27.1	26.8	26.3	27.3
5:00:00 AM	26.4	26.3	26.8	26.6	27.2	26.9	26.7	26.3	27.2
6:00:00 AM	26.2	26.1	26.7	26.5	26.9	26.7	26.5	26.1	26.9
7:00:00 AM	26.3	26.2	26.7	26.6	27.0	26.8	26.6	26.2	27.0
8:00:00 AM	26.5	26.4	27.0	26.8	27.3	27.0	26.8	26.4	27.3
9:00:00 AM	26.8	26.9	27.2	27.4	27.9	27.5	27.3	26.8	27.9
10:00:00 AM	27.5	27.6	28.0	28.2	28.4	28.3	28.0	27.5	28.4
11:00:00 AM	28.4	28.4	28.8	28.8	29.3	29.1	28.8	28.4	29.3
12:00:00 PM	29.2	29.4	29.5	29.2	29.9	29.6	29.5	29.2	29.9
1:00:00 PM	29.8	30.3	29.7	29.7	30.2	30.0	30.0	29.7	30.3
2:00:00 PM	30.0	29.9	30.3	30.0	30.4	30.1	30.1	29.9	30.4
3:00:00 PM	30.0	29.5	30.4	30.0	30.3	30.0	30.0	29.5	30.4
4:00:00 PM	29.7	29.3	30.1	29.8	29.9	29.7	29.8	29.3	30.1
5:00:00 PM	29.4	29.0	29.6	29.3	29.3	29.3	29.3	29.0	29.6
6:00:00 PM	29.1	28.9	29.1	29.1	28.9	28.9	29.0	28.9	29.1
7:00:00 PM	28.5	28.5	28.8	29.0	28.7	28.8	28.7	28.5	29.0
8:00:00 PM	28.2	28.2	28.6	28.8	28.5	28.5	28.5	28.2	28.8
9:00:00 PM	28.1	28.0	28.4	28.5	28.4	28.4	28.3	28.0	28.5
10:00:00 PM	27.9	27.8	28.1	28.3	28.3	28.2	28.1	27.8	28.3
11:00:00 PM	27.7	27.7	27.8	28.1	28.3	28.0	27.9	27.7	28.3
Rata Rata	28.0	27.9	28.2	28.2	28.4	28.3	28.2		
Terendah	26.2	26.1	26.7	26.5	26.9	26.7		26.1	
Tertinggi	30.0	30.3	30.4	30.0	30.4	30.1			30.4

4.5.4. Kesimpulan hasil pengukuran

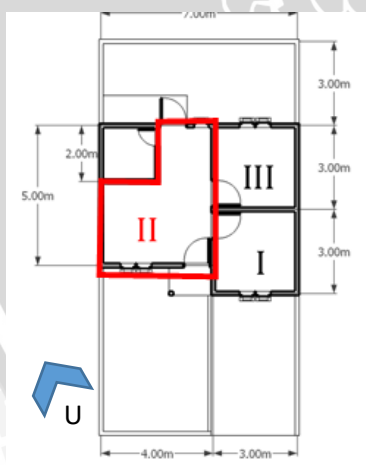
Dari tabel diatas dapat terlihat hasil dari pengukuran lapangan yang sudah dilakukan dan dapat diambil bahwa ruangan yang terpanas adalah Ruang I. Suhu rata rata pada ruangan tersebut adalah 28.6°C , Suhu tertinggi adalah 31.1°C , dan suhu terendah adalah 26.1°C .

Faktor yang mempengaruhi perbedaan pada setiap ruangan adalah posisi pada bangunan yang mempengaruhi paparan sinar matahari dan ukuran ruangnya.



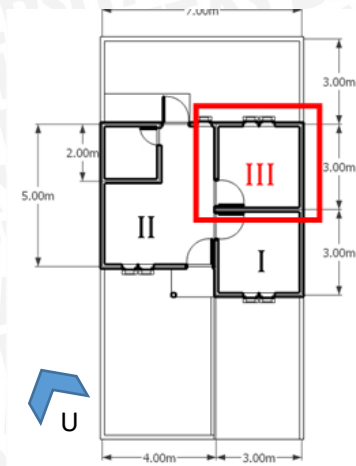
Gambar 4.40 Letak Ruang I pada bangunan

Terlihat pada Ruang I suhu tertingginya 31.1°C . Hal itu dikarenakan letak ruangan yang berada di depan bangunan dan menghadap kearah selatan sehingga ruangan tersebut terpapar matahari secara langsung pada siang hari dan karena ukuran ruangan yang kecil maka suhu terendahnya adalah 26.1°C .



Gambar 4.41 Letak Ruang II pada bangunan

Berbeda lagi dengan Ruang II yang suhu tertingginya 31.4°C meskipun memiliki suhu tertinggi yang paling besar namun suhu terendah pada ruangan ini adalah 25.4°C . Karena ruangan ini adalah ruangan terbesar pada bangunan ini.



Gambar 4.42 Letak Ruang III pada bangunan

Sedangkan pada Ruang III suhu terendahnya adalah 26.1°C namun memiliki suhu tertinggi 30.4°C dan merupakan suhu tertinggi terendah diantara ketiga ruangan. Hal ini dikarenakan ruangan ini tidak terpapar sinar matahari secara langsung.

Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa suhu tertinggi pada ruang disebabkan oleh paparan sinar matahari secara langsung sedangkan suhu terendah ruangan ditentukan dengan ukuran ruangnya.

4.6. Simulasi Hasil Pengukuran

4.6.1. Penjelasan

Simulasi ini merupakan tahapan awal pada penelitian ini sebelum menuju tahap selanjutnya yaitu modifikasi bangunan. Hasil dari simulasi ini kemudian dibandingkan dengan hasil dari pengukuran lapangan.

4.6.2. Teknik Simulasi

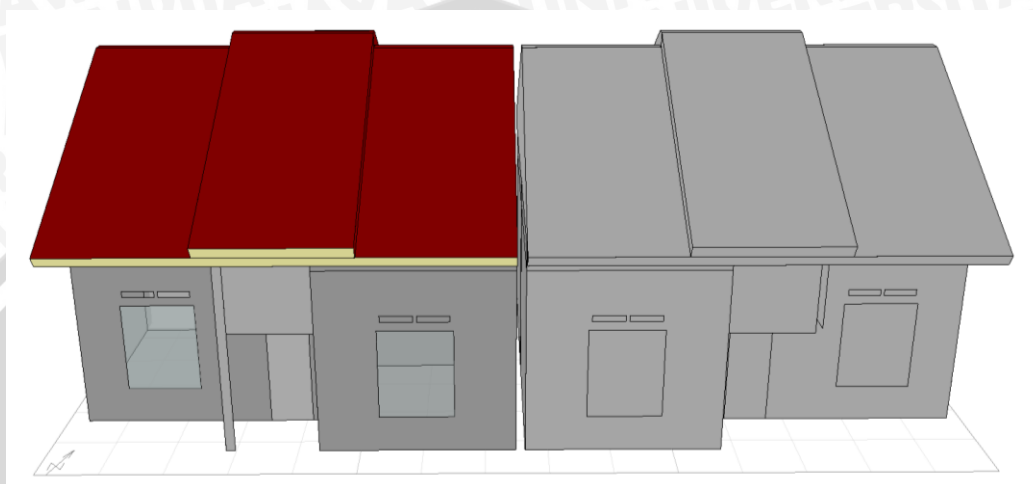
Simulasi yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan software *Ecotect Analysis 2011*. Simulasi dengan menggunakan software ini dapat membantu penelitian karena peneliti tidak perlu melakukan eksperimen ini pada bangunan sesungguhnya yang memerlukan biaya cukup banyak. Simulasi ini dilakukan hingga kondisi termal pada simulasi dan keadaan sesungguhnya sama. Sehingga model bangunan yang digunakan pada simulasi dapat di modifikasi sesuai dengan kebutuhan penelitian.

4.6.3. Iklim

Pada simulasi kondisi iklim yang digunakan merupakan kondisi iklim di kota Malang. Agar simulasi ini sesuai dengan kondisi eksisting pada bangunan maka suhu pada luar ruangan disesuaikan dengan suhu pada hasil pengukuran lapangan yang dilakukan pada tanggal 6 Oktober sampai 11 Oktober.

4.6.4. Model simulasi

Model bangunan pada simulasi ini merepresentasikan kondisi bangunan sesungguhnya dengan menggunakan material yang sesuai dengan bangunan sesungguhnya. Sehingga ketika dilakukan simulasi maka suhu yang didapatkan tidak jauh menyimpang dengan suhu pada pengukuran lapangan. Material yang digunakan pada model ini adalah sebagai berikut:



Gambar 4.43 Model simulasi pengukuran

A. Dinding Bata

Material pembatas ruang yang digunakan adalah dinding bata yang di plaster.



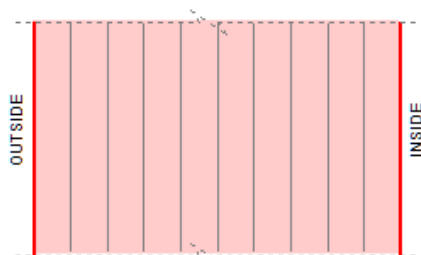
Gambar 4.44 Lapisan dinding bata pada simulasi

U-Value (W/m ² .K):	2.620
Admittance (W/m ² .K):	4.380
Solar Absorption (0-1):	0.418
Visible Transmittance (0-1):	0
Thermal Decrement (0-1):	0.7
Thermal Lag (hrs):	3
[SBEM] CM 1:	0
[SBEM] CM 2:	0
Thickness (mm):	130.0
Weight (kg):	245.000

Tabel 4.22 Spesifikasi dinding bata pada simulasi

B. Jendela Kayu

Jendela yang digunakan adalah kaca satu lapis dengan frame kayu



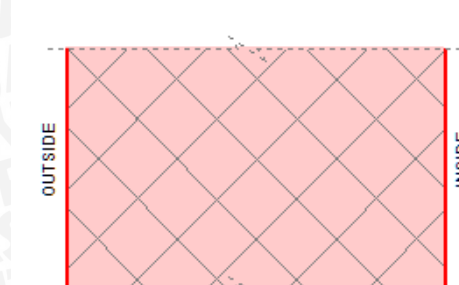
Gambar 4.45 Lapisan jendela pada simulasi

U-Value (W/m ² .K):	5.100
Admittance (W/m ² .K):	5.000
Solar Heat Gain Coeff. (0-1):	0.94
Visible Transmittance (0-1):	0.737
Refractive Index of Glass:	1.74
Alt Solar Gain (Heavywt):	0.47
Alt Solar Gain (Lightwt):	0.64
Thickness (mm):	0.0
Weight (kg):	0.000

Tabel 4.23 Spesifikasi jendela pada simulasi

C. Pintu Kayu

Pintu yang digunakan adalah pintu kayu solid



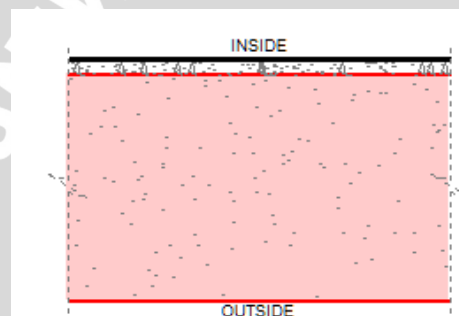
Gambar 4.46 Lapisan pintu pada simulasi

U-Value (W/m ² .K):	2.310
Admittance (W/m ² .K):	3.540
Solar Absorption (0-1):	0.404
Visible Transmittance (0-1):	0
Thermal Decrement (0-1):	0.98
Thermal Lag (hrs):	0.4
[SBEM] CM 1:	0
[SBEM] CM 2:	0
Thickness (mm):	40.0
Weight (kg):	22.000

Tabel 4.24 Spesifikasi pintu pada simulasi

D. Lantai Keramik

Lantai yang digunakan adalah lantai dengan material keramik



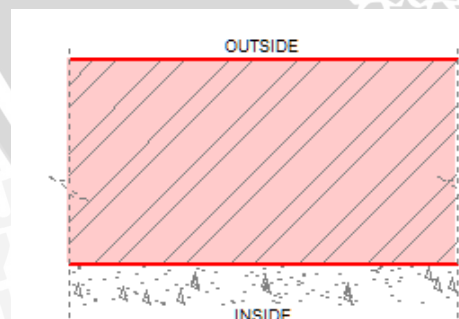
Gambar 4.47 Lapisan lantai pada simulasi

U-Value (W/m ² .K):	0.880
Admittance (W/m ² .K):	6.100
Solar Absorption (0-1):	0.475208
Visible Transmittance (0-1):	0
Thermal Decrement (0-1):	0.31
Thermal Lag (hrs):	4.6
[SBEM] CM 1:	0
[SBEM] CM 2:	0
Thickness (mm):	0.0
Weight (kg):	0.000

Tabel 4.25 Spesifikasi lantai pada simulasi

E. Atap Genteng

Atap yang digunakan pada Simulasi Termal I ini adalah atap genteng dengan spesifikasi sebagai berikut, untuk simulasi selanjutnya material atap ini akan diganti dengan material lain untuk menemukan material atap yang dapat meningkatkan kualitas kenyamanan termal ruangan.



Gambar 4.48 Lapisan atap pada simulasi

U-Value (W/m ² .K):	4.830
Admittance (W/m ² .K):	5.110
Solar Absorption (0-1):	0.6
Visible Transmittance (0-1):	0
Thermal Decrement (0-1):	0.92
Thermal Lag (hrs):	0.2
[SBEM] CM 1:	0
[SBEM] CM 2:	0
Thickness (mm):	60.0
Weight (kg):	149.200

Tabel 4.26 Spesifikasi atap pada simulasi

4.7. Validasi Hasil Simulasi

4.7.1. Ruang I

Hasil simulasi pada Ruang I didapatkan bahwa terdapat perbedaan suhu dengan hasil pengukuran lapangan. Perbedaan tersebut ditunjukkan dengan prosentase seperti pada tabel. Prosentase perbedaan tertinggi terdapat pada tanggal 11/10/2015 yaitu dengan perbedaan rata-rata 4.6% dan perbedaan tertinggi pada tanggal 8/10/2015 yaitu 8.2% pada jam 00.00.

Tabel 4.27 Perbandingan suhu hasil simulasi dan pengukuran lapangan pada Ruang I

Ruang I	6/10/2015	Simulasi	Perbedaan	7/10/2015	Simulasi	Perbedaan	8/10/2015	Simulasi	Perbedaan	9/10/2015	Simulasi	Perbedaan	10/10/2015	Simulasi	Perbedaan	11/10/2015	Simulasi	Perbedaan
12:00:00 AM	27.8	27.9	0.2%	27.8	26.6	4.2%	28.3	26	8.2%	27.6	26.2	5.2%	28.3	26.9	4.8%	28.7	26.7	6.9%
1:00:00 AM	27.3	27.8	1.8%	27.4	26.4	3.8%	27.9	26	6.8%	27.3	26	4.6%	28.1	26.7	4.9%	28.5	26.6	6.6%
2:00:00 AM	27.3	27.4	0.5%	27.1	26.2	3.2%	27.6	25.9	6.1%	26.9	25.7	4.4%	27.8	26.5	4.7%	28.3	26.3	6.9%
3:00:00 AM	26.8	26.7	0.6%	26.9	25.9	3.7%	27.7	25.9	6.4%	26.8	25.6	4.6%	27.7	26.4	4.6%	28.0	26	7.2%
4:00:00 AM	26.7	26.4	1.2%	26.5	25.7	2.9%	27.3	25.9	5.2%	26.8	25.5	4.8%	27.6	26.4	4.3%	27.7	25.7	7.3%
5:00:00 AM	26.5	26.3	0.7%	26.2	25.5	2.7%	27.1	25.8	4.7%	26.7	25.4	4.7%	27.5	26.3	4.2%	27.4	25.5	6.9%
6:00:00 AM	26.3	26.2	0.2%	26.1	25.5	2.3%	27.1	25.8	4.7%	26.6	25.5	4.1%	27.1	26.3	3.1%	27.3	25.3	7.2%
7:00:00 AM	26.4	26.2	0.7%	26.3	25.5	3.0%	27.0	25.8	4.5%	26.7	25.7	3.7%	27.2	26.4	2.8%	27.0	25.4	5.8%
8:00:00 AM	26.5	26.5	0.0%	26.4	26.2	0.7%	27.4	26.2	4.3%	26.9	26.1	3.0%	27.5	26.8	2.4%	27.2	25.8	5.3%
9:00:00 AM	26.7	27.1	1.5%	27.0	26.5	1.7%	27.5	26.6	3.3%	27.5	26.6	3.3%	28.1	27.2	3.2%	27.8	26.6	4.3%
10:00:00 AM	27.5	27.8	1.0%	27.9	27.5	1.5%	28.4	27.4	3.6%	28.4	27.9	1.8%	28.6	28.1	1.8%	28.5	27.9	2.3%
11:00:00 AM	28.7	29.1	1.5%	28.8	28.8	0.1%	29.1	28.6	1.7%	29.0	29	0.1%	29.2	29.4	0.5%	29.3	29.7	1.4%
12:00:00 PM	29.6	30.3	2.5%	29.6	30	1.2%	30.0	29.5	1.7%	29.5	30.1	2.0%	30.2	30.8	1.9%	29.9	30.9	3.3%
1:00:00 PM	30.2	31.2	3.3%	30.7	30.9	0.6%	30.1	30.4	1.1%	30.0	31.1	3.6%	30.6	31.3	2.4%	30.4	31.8	4.7%
2:00:00 PM	30.3	32	5.7%	31.1	31.3	0.7%	30.7	30.8	0.2%	30.4	31.7	4.4%	30.9	32	3.6%	30.7	32.2	5.0%
3:00:00 PM	30.5	32.5	6.5%	30.6	31.5	2.8%	31.1	31.5	1.2%	30.8	31.6	2.6%	31.0	32.3	4.3%	30.8	32.2	4.4%
4:00:00 PM	30.4	32.6	7.2%	30.5	31.4	2.9%	30.9	31.4	1.6%	30.8	31.7	3.1%	30.8	31.9	3.6%	30.6	32.1	4.9%
5:00:00 PM	30.2	32	6.0%	30.2	30.8	2.1%	30.4	31.3	3.1%	30.1	31.3	3.9%	30.2	31.4	4.1%	30.1	31.5	4.7%
6:00:00 PM	29.7	31.1	4.5%	29.4	29.8	1.2%	29.4	30.1	2.3%	29.7	30.2	1.5%	29.6	30.2	1.9%	29.6	30.3	2.2%
7:00:00 PM	29.2	30.3	3.7%	29.0	29.4	1.4%	29.3	29.2	0.2%	29.7	29.5	0.6%	29.1	29.5	1.2%	29.3	29.5	0.5%
8:00:00 PM	28.5	29.5	3.4%	28.9	28.6	1.0%	29.0	28.3	2.4%	29.4	28.7	2.5%	29.2	28.7	1.6%	29.0	28.8	0.7%
9:00:00 PM	28.3	28.3	0.1%	28.6	27.4	4.3%	28.9	26.9	6.9%	29.0	27.6	5.0%	29.0	27.6	4.7%	29.0	27.8	4.0%
10:00:00 PM	28.0	27.8	0.8%	28.5	26.9	5.8%	28.6	26.6	7.0%	28.8	27.3	5.1%	28.7	27.4	4.6%	28.7	27.5	4.3%
11:00:00 PM	28.0	27.4	2.2%	28.4	26.7	6.1%	27.9	26.4	5.4%	28.4	26.8	5.5%	28.9	27.2	6.0%	28.5	27.2	4.6%
	Perbedaan Tertinggi		7.2%	Perbedaan Tertinggi		6.1%	Perbedaan Tertinggi		8.2%	Perbedaan Tertinggi		5.5%	Perbedaan Tertinggi		6.0%	Perbedaan Tertinggi		7.3%
	Perbedaan Rata2		2.3%	Perbedaan Rata2		2.5%	Perbedaan Rata2		3.9%	Perbedaan Rata2		3.5%	Perbedaan Rata2		3.4%	Perbedaan Rata2		4.6%

4.7.2. Ruang II

Hasil simulasi pada Ruang II juga terdapat perbedaan suhu ruangan perbedaan tersebut terdapat pada tabel. Prosentase perbedaan rata-rata tertinggi terdapat pada tanggal 6/10/2015 yaitu 4.4% dan perbedaan suhu tertiggi pada tanggal 6/10/2015 jam 19.00 yaitu 8.4 %.

Tabel 4.28 Perbandingan suhu hasil simulasi dan pengukuran lapangan pada Ruang II

Ruang II	6/10/2015	Simulasi	Perbedaan	7/10/2015	Simulasi	Perbedaan	8/10/2015	Simulasi	Perbedaan	9/10/2015	Simulasi	Perbedaan	10/10/2015	Simulasi	Perbedaan	11/10/2015	Simulasi	Perbedaan
12:00:00 AM	27.3	28	2.7%	27.2	26.9	1.2%	27.0	26.4	2.1%	26.8	26.4	1.6%	27.5	27.1	1.3%	28.0	27	3.5%
1:00:00 AM	26.5	27.9	5.5%	26.9	26.8	0.5%	26.7	26.4	0.9%	26.6	26.3	1.0%	27.5	27	1.7%	27.8	26.8	3.6%
2:00:00 AM	26.7	27.6	3.5%	26.5	26.6	0.4%	26.4	26.3	0.5%	26.0	26	0.0%	27.2	26.9	1.2%	27.5	26.6	3.3%
3:00:00 AM	26.0	27.1	4.1%	26.3	26.3	0.1%	26.5	26.2	1.2%	26.2	25.9	1.0%	27.1	26.8	1.2%	27.3	26.3	3.5%
4:00:00 AM	26.2	26.9	2.5%	25.9	26.1	0.7%	26.3	26.2	0.2%	26.2	25.9	1.1%	26.9	26.8	0.5%	26.9	26.1	3.0%
5:00:00 AM	26.0	26.8	3.2%	25.6	26	1.6%	25.9	26.1	0.6%	26.1	25.8	1.0%	26.9	26.7	0.6%	26.7	25.9	2.9%
6:00:00 AM	25.8	26.7	3.5%	25.4	26	2.2%	26.1	26.2	0.2%	26.0	25.9	0.4%	26.5	26.7	0.6%	26.5	25.8	2.5%
7:00:00 AM	25.9	26.7	3.2%	25.7	26	1.0%	25.9	26.2	1.1%	26.1	26.1	0.1%	26.5	26.7	0.9%	26.4	25.8	2.1%
8:00:00 AM	25.8	27	4.6%	25.7	26.6	3.5%	26.2	26.4	0.6%	26.2	26.5	1.1%	26.9	27.1	0.8%	26.6	26.3	1.0%
9:00:00 AM	26.2	27.5	5.0%	26.3	26.9	2.1%	26.7	26.8	0.4%	27.0	26.9	0.3%	27.7	27.5	0.7%	27.3	27	1.1%
10:00:00 AM	27.1	28.2	4.1%	27.3	27.8	1.7%	27.9	27.7	0.6%	28.2	28.1	0.2%	28.4	28.4	0.1%	28.7	28.3	1.4%
11:00:00 AM	28.4	29.5	4.1%	28.5	29.2	2.4%	28.8	28.8	0.0%	29.1	29.3	0.6%	29.5	29.7	0.6%	29.5	30	1.5%
12:00:00 PM	29.5	30.6	3.7%	30.1	30.2	0.3%	29.8	29.7	0.5%	29.5	30.3	2.6%	30.4	30.9	1.7%	30.2	31	2.7%
1:00:00 PM	30.2	31.5	4.4%	31.4	31.1	1.0%	30.0	30.5	1.5%	30.1	31.2	3.7%	30.8	31.4	2.1%	30.5	31.7	3.8%
2:00:00 PM	30.4	32.2	6.1%	30.4	31.4	3.3%	30.7	30.9	0.7%	30.4	31.6	4.1%	30.8	31.9	3.6%	30.6	32.1	4.8%
3:00:00 PM	30.3	32.5	7.2%	29.7	31.5	6.2%	30.8	31.5	2.3%	30.3	31.6	4.2%	30.6	32.2	5.3%	30.4	32.2	5.9%
4:00:00 PM	30.0	32.5	8.3%	29.5	31.3	5.9%	30.4	31.3	3.0%	30.1	31.5	4.7%	30.1	31.7	5.2%	29.9	31.9	6.6%
5:00:00 PM	29.5	31.7	7.3%	28.9	30.6	5.8%	29.8	30.9	3.7%	29.5	30.9	4.7%	29.5	31	5.2%	29.4	31.1	5.7%
6:00:00 PM	29.3	30.8	5.2%	28.8	29.5	2.3%	28.6	29.6	3.4%	29.3	29.7	1.4%	29.1	29.8	2.5%	29.0	29.9	3.1%
7:00:00 PM	27.8	30.1	8.4%	27.9	29.2	4.8%	28.3	28.8	1.7%	29.1	29.2	0.3%	28.7	29.2	1.7%	28.8	29.3	1.7%
8:00:00 PM	27.7	29.4	6.3%	27.8	28.5	2.6%	28.2	28.1	0.2%	28.7	28.6	0.3%	28.6	28.7	0.3%	28.5	28.8	0.9%
9:00:00 PM	27.8	28.4	2.0%	27.4	27.6	0.7%	28.2	27	4.3%	28.2	27.7	1.6%	28.4	27.8	2.0%	28.3	28	1.2%
10:00:00 PM	27.6	28	1.3%	27.3	27.2	0.2%	27.8	26.8	3.4%	27.8	27.4	1.5%	28.1	27.6	1.8%	28.2	27.7	1.7%
11:00:00 PM	27.6	27.7	0.3%	27.2	27	0.6%	27.0	26.6	1.5%	27.5	27.3	0.6%	28.3	27.4	3.1%	27.9	27.4	1.6%
	Perbedaan Tertinggi		8.4%	Perbedaan Tertinggi		6.2%	Perbedaan Tertinggi		4.3%	Perbedaan Tertinggi		4.7%	Perbedaan Tertinggi		5.3%	Perbedaan Tertinggi		6.6%
	Perbedaan Rata2		4.4%	Perbedaan Rata2		2.1%	Perbedaan Rata2		1.4%	Perbedaan Rata2		1.6%	Perbedaan Rata2		1.9%	Perbedaan Rata2		2.9%

4.7.3. Ruang III

Hasil simulasi pada Ruang III menunjukkan perbedaan suhu yang cukup besar jika dibandingkan dengan ruangan yang lainnya yaitu perbedaan rata-rata tertinggi 4.5 % pada tanggal 11/10/2015 dan perbedaan suhu tertinggi 9.6% pada tanggal 6/10/2015 jam 16.00.

Tabel 4.29 Perbandingan suhu hasil simulasi dan pengukuran lapangan pada Ruang III

Ruang III	6/10/2015	Simulasi	Perbedaan	7/10/2015	Simulasi	Perbedaan	8/10/2015	Simulasi	Perbedaan	9/10/2015	Simulasi	Perbedaan	10/10/2015	Simulasi	Perbedaan	11/10/2015	Simulasi	Perbedaan
12:00:00 AM	27.5	27.9	1.3%	27.4	26.6	2.9%	27.5	26.1	5.1%	27.5	26.2	4.7%	27.9	26.9	3.6%	28.1	26.7	4.8%
1:00:00 AM	27.2	27.8	2.2%	27.1	26.4	2.7%	27.3	26	4.8%	27.2	26	4.3%	27.8	26.7	3.8%	27.8	26.6	4.4%
2:00:00 AM	27.1	27.4	1.2%	26.8	26.2	2.2%	27.2	26	4.4%	26.9	25.7	4.4%	27.4	26.5	3.4%	27.6	26.3	4.7%
3:00:00 AM	26.8	26.7	0.5%	26.6	25.9	2.6%	27.1	25.9	4.5%	26.8	25.6	4.4%	27.4	26.5	3.2%	27.3	26	4.9%
4:00:00 AM	26.6	26.5	0.5%	26.3	25.7	2.3%	26.9	25.9	3.9%	26.7	25.5	4.6%	27.3	26.4	3.2%	27.1	25.7	5.1%
5:00:00 AM	26.4	26.3	0.3%	26.3	25.5	2.9%	26.8	25.8	3.6%	26.6	25.4	4.5%	27.2	26.3	3.2%	26.9	25.5	5.1%
6:00:00 AM	26.2	26.2	0.1%	26.1	25.5	2.2%	26.7	25.8	3.4%	26.5	25.5	3.9%	26.9	26.3	2.1%	26.7	25.3	5.3%
7:00:00 AM	26.3	26.2	0.5%	26.2	25.5	2.5%	26.7	25.8	3.5%	26.6	25.6	3.6%	27.0	26.4	2.1%	26.8	25.3	5.5%
8:00:00 AM	26.5	26.4	0.3%	26.4	26	1.5%	27.0	26	3.6%	26.8	26	3.0%	27.3	26.6	2.4%	27.0	25.6	5.2%
9:00:00 AM	26.8	26.8	0.0%	26.9	26.2	2.6%	27.2	26.3	3.4%	27.4	26.4	3.6%	27.9	27	3.2%	27.5	26.3	4.5%
10:00:00 AM	27.5	27.6	0.5%	27.6	27.3	1.0%	28.0	27.2	3.0%	28.2	27.5	2.3%	28.4	27.9	1.8%	28.3	27.6	2.6%
11:00:00 AM	28.4	28.9	1.9%	28.4	28.6	0.6%	28.8	28.3	1.6%	28.8	28.8	0.0%	29.3	29.2	0.2%	29.1	29.4	1.0%
12:00:00 PM	29.2	30.1	3.0%	29.4	29.8	1.3%	29.5	29.3	0.7%	29.2	29.9	2.3%	29.9	30.5	2.0%	29.6	30.7	3.8%
1:00:00 PM	29.8	31	4.1%	30.3	30.8	1.7%	29.7	30.2	1.5%	29.7	30.9	4.0%	30.2	31.2	3.4%	30.0	31.6	5.3%
2:00:00 PM	30.0	32	6.8%	29.9	31.3	4.5%	30.3	30.8	1.7%	30.0	31.6	5.3%	30.4	31.9	4.8%	30.1	32.1	6.6%
3:00:00 PM	30.0	32.5	8.4%	29.5	31.5	6.9%	30.4	31.6	4.1%	30.0	31.7	5.6%	30.3	32.3	6.5%	30.0	32.2	7.2%
4:00:00 PM	29.7	32.6	9.6%	29.3	31.5	7.3%	30.1	31.5	4.7%	29.8	31.8	6.5%	29.9	32	6.9%	29.7	32.2	8.2%
5:00:00 PM	29.4	32.1	9.3%	29.0	30.8	6.0%	29.6	31.4	6.0%	29.3	31.4	7.2%	29.3	31.4	7.1%	29.3	31.5	7.5%
6:00:00 PM	29.1	31.1	6.7%	28.9	29.8	2.9%	29.1	30.1	3.5%	29.1	30.2	3.7%	28.9	30.2	4.3%	28.9	30.3	4.8%
7:00:00 PM	28.5	30.3	6.5%	28.5	29.3	2.8%	28.8	29.1	1.1%	29.0	29.5	1.8%	28.7	29.4	2.4%	28.8	29.5	2.5%
8:00:00 PM	28.2	29.5	4.6%	28.2	28.6	1.4%	28.6	28.2	1.3%	28.8	28.7	0.3%	28.5	28.7	0.5%	28.5	28.8	1.1%
9:00:00 PM	28.1	28.3	0.7%	28.0	27.4	2.0%	28.4	26.9	5.1%	28.5	27.6	3.3%	28.4	27.6	2.9%	28.4	27.8	2.2%
10:00:00 PM	27.9	27.8	0.3%	27.8	26.9	3.3%	28.1	26.6	5.3%	28.3	27.3	3.5%	28.3	27.4	3.0%	28.2	27.6	2.1%
11:00:00 PM	27.7	27.4	1.2%	27.7	26.7	3.5%	27.8	26.4	4.9%	28.1	26.8	4.5%	28.3	27.2	3.8%	28.0	27.2	2.9%
	Perbedaan Tertinggi		9.6%	Perbedaan Tertinggi		7.3%	Perbedaan Tertinggi		6.0%	Perbedaan Tertinggi		7.2%	Perbedaan Tertinggi		7.1%	Perbedaan Tertinggi		8.2%
	Perbedaan Rata2		2.9%	Perbedaan Rata2		2.9%	Perbedaan Rata2		3.5%	Perbedaan Rata2		3.8%	Perbedaan Rata2		3.3%	Perbedaan Rata2		4.5%

4.7.4. Kesimpulan validasi hasil simulasi

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan suhu dengan hasil pengukuran lapangan. Namun perbedaan suhu tersebut masih di bawah angka 10% yaitu dengan perbedaan tertinggi pada Ruang III tanggal 6/10/2015 jam 16.00 sebesar 9.6% atau selisih 1.9 °C. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah

A. Lingkungan

Keadaan lingkungan pada saat simulasi tidak dapat disamakan dengan keadaan pada saat pengukuran. Terdapat faktor dari lingkungan yang mempengaruhi perbedaan suhu pada hasil pengukuran dan simulasi. Faktor tersebut diantaranya adalah kondisi vegetasi di sekitar bangunan yang tidak dapat diatur pada saat melakukan simulasi. Sehingga terdapat perbedaan suhu antara simulasi dan pengukuran.

B. Kecepatan udara

Kecepatan udara yang dimaksud adalah angin yang masuk melewati celah-celah jendela dan pintu. Faktor ini tidak dapat diperhitungkan karena dalam penelitian ini tidak mengukur kecepatan udara.

C. Perbedaan *Direct Sunlight*

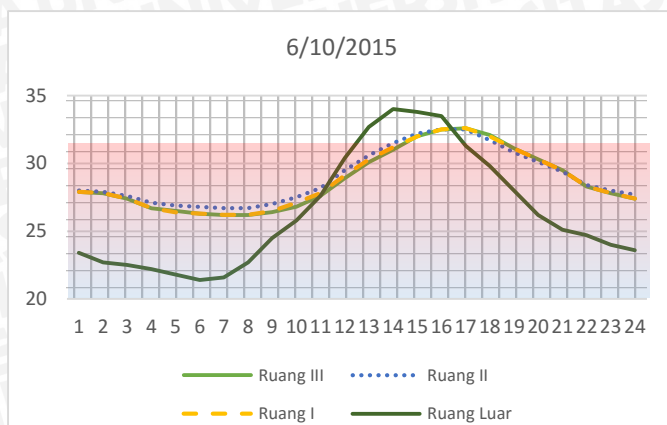
Perbedaan intensitas cahaya matahari merupakan faktor yang cukup mempengaruhi perbedaan suhu tersebut. Meskipun pada saat pengukuran tidak terjadi hujan namun pengukuran *Direct Sunlight* tidak dilakukan karena kurangnya alat dalam penelitian ini.

4.8. Hasil Simulasi Atap Genteng

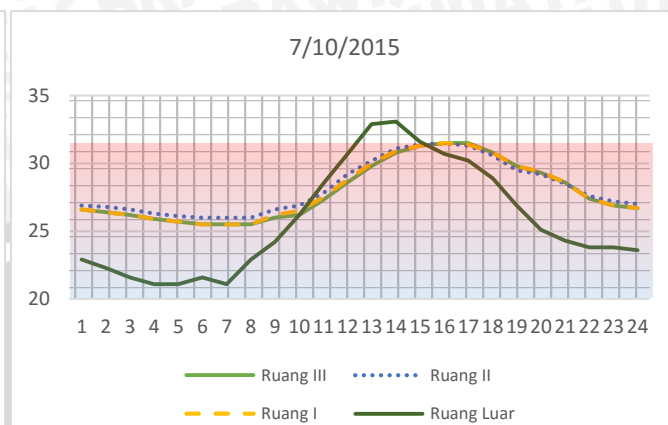
Hasil yang didapat dari hasil simulasi maupun hasil pengukuran lapangan menunjukkan bahwa atap genteng belum dapat menurunkan suhu di dalam ruangan dengan baik. Terlihat bahwa suhu maksimal pada pengukuran lapangan di siang hari mencapai 31.1 °C pada Ruang I. Sehingga kenyamanan pengguna masih kurang karena suhu nyaman Menurut SNI 03-6572-2001 menyatakan daerah kenyamanan termal pada bangunan yang di kondisikan untuk orang Indonesia yaitu:

	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	

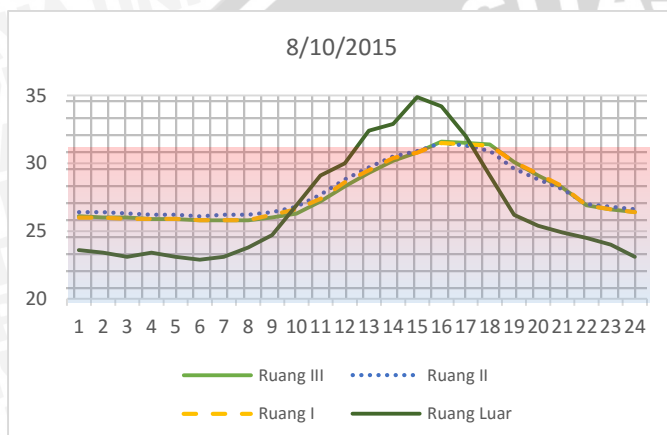
Tabel 4.30 Batas kenyamanan termal menurut SNI 03-6572-2001



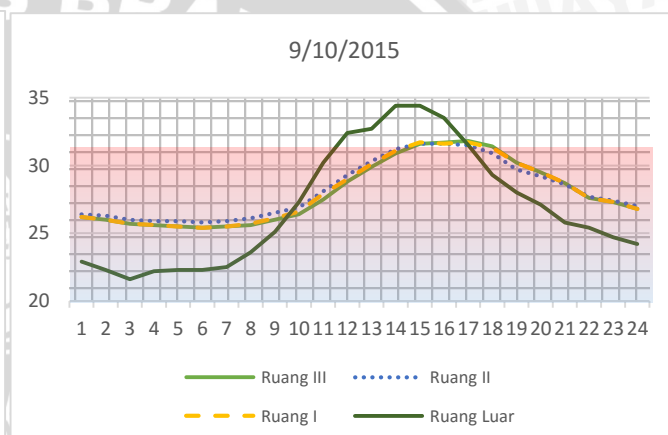
Grafik 4.19 Perbandingan suhu ruangan 6/10/15



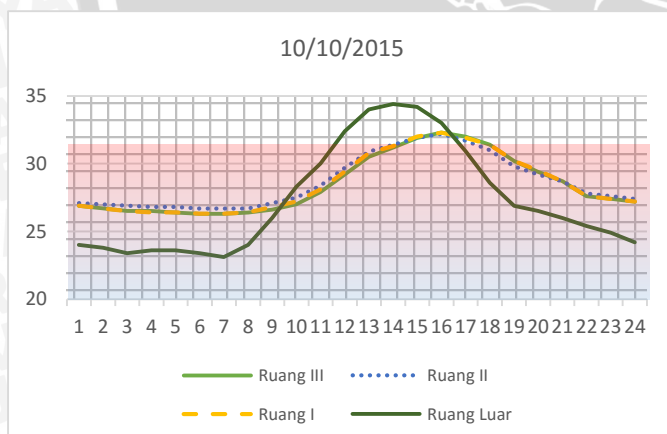
Grafik 4.20 Perbandingan suhu ruangan 7/10/15



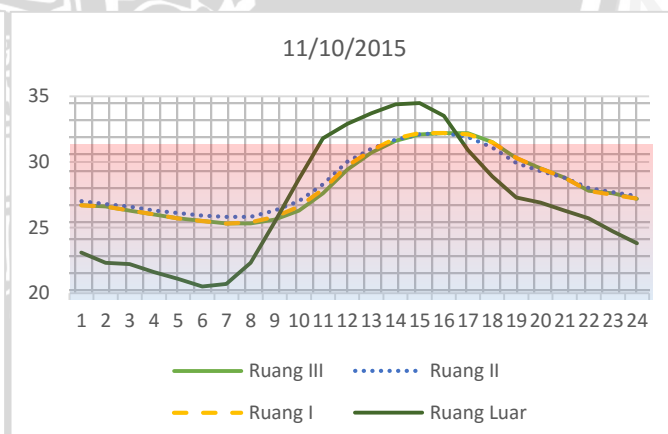
Grafik 4.21 Perbandingan suhu ruangan 8/10/15



Grafik 4.22 Perbandingan suhu ruangan 9/10/15



Grafik 4.23 Perbandingan suhu ruangan 10/10/15



Grafik 4.24 Perbandingan suhu ruangan 11/10/15

Pada grafik hasil simulasi menunjukkan bahwa suhu ruangan pada siang hari yaitu pada pukul 10.00 sampai dengan pukul 16.00 masih berada diatas standart suhu ruangan **Nyaman Optimal** dan pada suhu puncak ruangan yaitu pada pukul 16.00 suhu pada ruangan berada pada ambang batas standart suhu ruangan **Hangat Nyaman**. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa suhu ruangan pada simulasi bangunan yang menggunakan atap genteng masih diatas standart kenyamanan ruangan dengan suhu maksimal 32.6 °C pada pukul 16.00 dan suhu rata-rata maksimal 28.8 °C.

4.9. Simulasi Konfigurasi Atap Alternatif

4.9.1. Penjelasan

Simulasi ini dilakukan untuk menemukan konfigurasi atap yang dapat meningkatkan kenyamanan ruang dengan maksimal. Konfigurasi atap yang digunakan pada penelitian ini mencakup arah orientasi matahari, kemiringan atap dan material atap. Material atap yang digunakan pada setiap konfigurasi adalah material atap genteng, PVC, dan aspal. Sehingga dapat terlihat pengaruh material atap pada setiap konfigurasi yang digunakan. Material atap yang digunakan dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini.

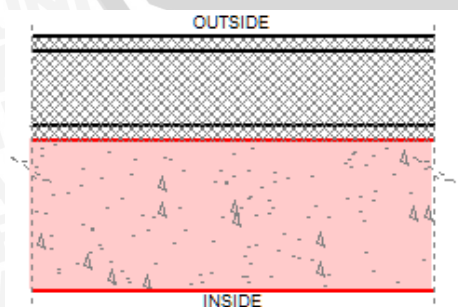
4.9.2. Atap *Thermoplastic Polyvinyl Chloride (PVC)*



Gambar 4.49 Model digital atap PVC

Thermoplastic Polyvinyl Chloride (PVC) merupakan salah satu material alternatif yang digunakan pada penelitian ini. Material ini merupakan material sintesis yang berbahan dasar plastic dan merupakan salah satu material dalam teknologi *Cool Roof* yang masuk pada konsep *Green Architecture*. Sehingga diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan termal. Spesifikasi material yang digunakan pada simulasi adalah sebagai berikut.

Warna atap PVC pada simulasi berwarna putih seperti yang digunakan pada atap PVC di lapangan, warna putih sendiri memiliki daya pantul tinggi sehingga sinar matahari dipantulkan kembali dan tidak di serap oleh atap sehingga panas matahari tidak masuk kedalam bangunan



Gambar 4.50 Lapisan atap PVC pada ecotect

U-Value (W/m ² .K):	4.290
Admittance (W/m ² .K):	4.270
Solar Absorption (0-1):	0.1
Visible Transmittance (0-1):	0
Thermal Decrement (0-1):	0.99
Thermal Lag (hrs):	0.5
[SBEM] CM 1:	0
[SBEM] CM 2:	0
Thickness (mm):	17.0
Weight (kg):	21.300

Tabel 4.31 Spesifikasi atap PVC pada ecotect

Atap PVC memiliki beberapa lapisan yang berguna sebagai insulasi dan perlindungan sehingga dihasilkan data seperti pada tabel diatas.

4.9.3. Atap Aspal

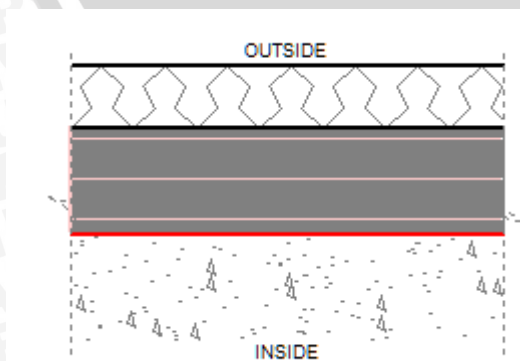
Material alternatif ini adalah material berbahan dasar aspal yang berbentuk lembaran. Aspal yang digunakan sendiri adalah aspal selulosa atau bitumen selulosa yang merupakan campuran aspal/bitumen dengan serat organik sehingga bentuk material ini lebih fleksibel untuk digunakan pada berbagai bentuk atap. Spesifikasi material yang digunakan pada simulasi termal adalah sebagai berikut



Gambar 4.51 Model digital atap aspal

Warna material atap aspal yang digunakan adalah warna hitam, meskipun beberapa produk atap ini memiliki beberapa warna lainnya. Namun pada penelitian ini warna yang digunakan adalah warna dasar aspal yaitu hitam.

Atap aspal sama halnya juga dengan atap PVC memiliki beberapa lapisan yang berguna sebagai insulasi dan pelindung material. Spesifikasi material aspal terdapat pada tabel diatas, terlihat bahwa U-Value dan Admittancenya lebih rendah dari atap PVC dan genteng. Namun material ini memiliki Thermal Lag yang cukup lama yaitu 7 jam



Gambar 4.52 Lapisan atap aspal pada ecotect

U-Value (W/m ² .K):	3.150
Admittance (W/m ² .K):	3.210
Solar Absorption (0-1):	0.9
Visible Transmittance (0-1):	0
Thermal Decrement (0-1):	0.99
Thermal Lag (hrs):	7
[SBEM] CM 1:	0
[SBEM] CM 2:	0
Thickness (mm):	26.0
Weight (kg):	27.400

Tabel 4.32 Spesifikasi atap aspal pada ecotect

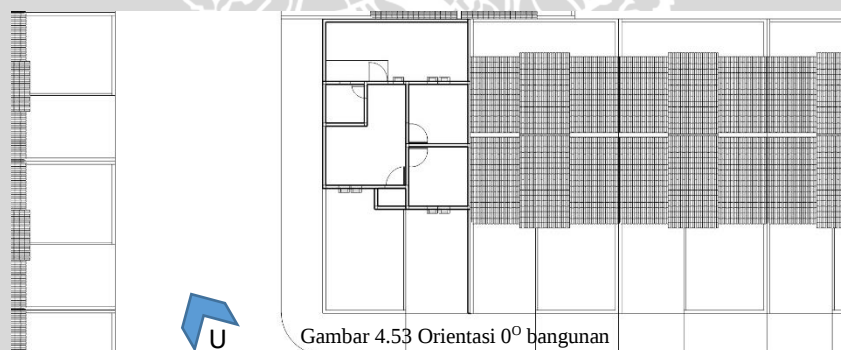
4.10. Simulasi Orientasi Bangunan

4.10.1. Penjelasan

Orientasi pada sebuah bangunan merupakan faktor yang mempengaruhi tingkat kenyamanan di dalam ruangnya. Hal tersebut dikarenakan suhu ruangan pada sisi bangunan yang terpapar matahari meningkat. Sehingga perlu ditemukan orientasi yang tepat pada bangunan, pada penelitian ini terdapat 3 orientasi bangunan yaitu menghadap selatan, tenggara, dan timur. Terdapat 3 material yang digunakan yaitu genteng, PVC dan aspal. Kemiringan atap yang digunakan adalah kemiringan atap 30°

4.10.2. Orientasi 0°

Hasil simulasi bangunan untuk sudut orientasi 0° atau arah hadap bangunan menghadap selatan didapatkan suhu rata-rata tertinggi pada loteng yang menggunakan atap genteng $30,1^{\circ}\text{C}$, $28,4^{\circ}\text{C}$ pada atap PVC, dan 31°C pada atap aspal. Sedangkan pada Ruang I suhu rata-rata tertinggi $28,8^{\circ}\text{C}$ pada atap genteng, $28,3^{\circ}\text{C}$ pada atap PVC, dan $29,1^{\circ}\text{C}$ pada atap aspal. Untuk Ruang II suhu rata-rata tertinggi $29,0^{\circ}\text{C}$ pada atap genteng, $28,3^{\circ}\text{C}$ pada atap PVC, dan $29,4^{\circ}\text{C}$ pada atap aspal. Untuk Ruang III suhu rata-rata tertinggi $28,7^{\circ}\text{C}$ pada atap genteng, $28,3^{\circ}\text{C}$ pada atap PVC, dan $29,0^{\circ}\text{C}$ pada atap aspal.



Gambar 4.53 Orientasi 0° bangunan

ATAP 30°							
SUHU RATA2 LOTENG				SUHU RATA2 LOTENG SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	29.4	27.7	30.5	6/10/2015	35.9	33.0	31.5
7/10/2015	28.7	27.1	29.6	7/10/2015	35.1	32.3	31.2
8/10/2015	29.4	27.8	30.2	8/10/2015	35.9	33.2	32.1
9/10/2015	29.7	28.0	30.5	9/10/2015	36.6	33.7	32.7
10/10/2015	30.1	28.4	31.0	10/10/2015	36.8	33.8	32.8
11/10/2015	29.7	28.0	30.5	11/10/2015	37.0	34.2	32.5
SUHU RATA2 R1				SUHU RATA2 R1 SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	28.8	28.3	29.1	6/10/2015	30.9	30.1	29.6
7/10/2015	28.0	27.5	28.2	7/10/2015	30.3	29.4	29.0
8/10/2015	27.8	27.3	28.0	8/10/2015	30.1	29.2	28.8
9/10/2015	28.0	27.5	28.2	9/10/2015	30.6	29.7	29.2
10/10/2015	28.5	28.0	28.7	10/10/2015	30.9	30.0	29.7
11/10/2015	28.3	27.8	28.5	11/10/2015	31.0	30.1	29.6

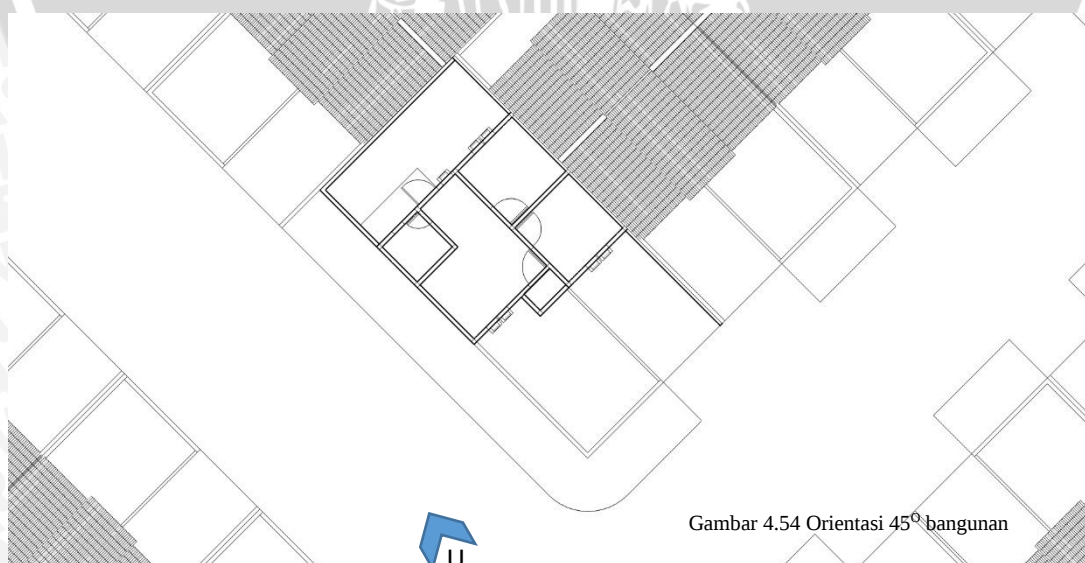
SUHU RATA2 R2				SUHU RATA2 R2 SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	29.0	28.3	29.4	6/10/2015	31.1	30.1	29.7
7/10/2015	28.2	27.5	28.5	7/10/2015	30.4	29.3	29.0
8/10/2015	28.0	27.3	28.2	8/10/2015	30.2	29.1	28.8
9/10/2015	28.2	27.5	28.4	9/10/2015	30.6	29.5	29.1
10/10/2015	28.6	28.0	28.9	10/10/2015	30.9	29.9	29.6
11/10/2015	28.5	27.8	28.7	11/10/2015	31.0	30.0	29.5

SUHU RATA2 R3				SUHU RATA2 R3 SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	28.7	28.2	29.0	6/10/2015	30.9	30.0	29.6
7/10/2015	27.9	27.4	28.1	7/10/2015	30.2	29.4	29.0
8/10/2015	27.8	27.3	28.0	8/10/2015	30.0	29.2	28.8
9/10/2015	28.0	27.5	28.1	9/10/2015	30.5	29.6	29.1
10/10/2015	28.4	27.9	28.6	10/10/2015	30.8	29.9	29.6
11/10/2015	28.2	27.7	28.4	11/10/2015	30.9	30.1	29.5

Tabel 4.33 Perbandingan hasil simulasi orientasi 0°

4.10.3. Orientasi 45°

Hasil simulasi bangunan untuk sudut orientasi 0° atau arah hadap bangunan menghadap selatan didapatkan suhu rata-rata tertinggi pada loteng sama dengan orientasi 0° begitu juga dengan Ruang I. Untuk Ruang II suhu rata-rata tertinggi 28,9 °C pada atap genteng, 28,3 °C pada atap PVC, dan 29,3 °C pada atap aspal. Untuk Ruang III suhu rata-rata tertinggi 28,7 °C pada atap genteng, 28,2 °C pada atap PVC, dan 29,0 °C pada atap aspal.



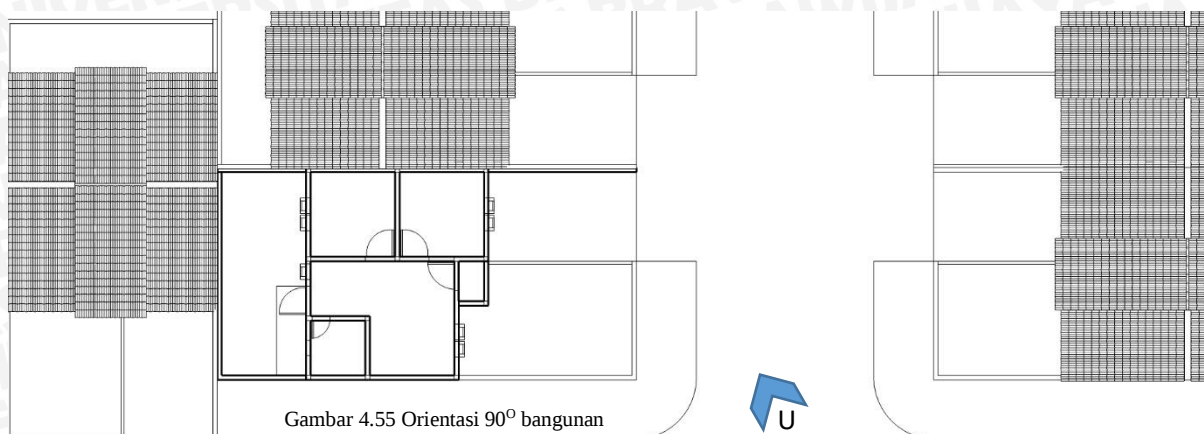
Gambar 4.54 Orientasi 45° bangunan

Tabel 4.34 Perbandingan hasil simulasi orientasi 45°

ATAP 30							
SUHU RATA2 LOTENG				SUHU RATA2 LOTENG SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	29.5	27.7	30.6	6/10/2015	35.9	32.9	31.5
7/10/2015	28.7	27.0	29.6	7/10/2015	35.1	32.3	31.2
8/10/2015	29.4	27.8	30.2	8/10/2015	35.9	33.1	32.1
9/10/2015	29.7	28.0	30.5	9/10/2015	36.6	33.7	32.7
10/10/2015	30.1	28.4	31.0	10/10/2015	36.8	33.8	32.8
11/10/2015	29.7	28.0	30.5	11/10/2015	37.1	34.1	32.5
SUHU RATA2 R1				SUHU RATA2 R1 SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	28.8	28.3	29.1	6/10/2015	31.0	30.1	29.7
7/10/2015	28.0	27.5	28.2	7/10/2015	30.3	29.4	29.0
8/10/2015	27.9	27.4	28.0	8/10/2015	30.1	29.3	28.8
9/10/2015	28.1	27.5	28.2	9/10/2015	30.6	29.7	29.2
10/10/2015	28.5	28.0	28.7	10/10/2015	30.9	30.1	29.7
11/10/2015	28.3	27.8	28.5	11/10/2015	31.0	30.2	29.6
SUHU RATA2 R2				SUHU RATA2 R2 SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	28.9	28.3	29.3	6/10/2015	31.2	30.1	29.7
7/10/2015	28.1	27.5	28.4	7/10/2015	30.4	29.4	29.1
8/10/2015	28.0	27.3	28.2	8/10/2015	30.2	29.2	28.8
9/10/2015	28.1	27.5	28.3	9/10/2015	30.6	29.6	29.2
10/10/2015	28.6	28.0	28.9	10/10/2015	31.0	29.9	29.6
11/10/2015	28.4	27.8	28.7	11/10/2015	31.1	30.1	29.5
SUHU RATA2 R3				SUHU RATA2 R3 SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	28.7	28.2	29.0	6/10/2015	31.1	30.2	29.8
7/10/2015	27.9	27.4	28.1	7/10/2015	30.4	29.6	29.2
8/10/2015	27.8	27.3	28.0	8/10/2015	30.3	29.5	29.1
9/10/2015	28.0	27.5	28.1	9/10/2015	30.7	29.8	29.4
10/10/2015	28.5	28.0	28.6	10/10/2015	31.1	30.2	29.8
11/10/2015	28.3	27.8	28.4	11/10/2015	31.2	30.3	29.8

4.10.4. Orientasi 90°

Hasil simulasi bangunan untuk sudut orientasi 0° atau arah hadap bangunan menghadap selatan didapatkan suhu rata-rata tertinggi pada loteng sama dengan orientasi 0° begitu juga dengan Ruang I dan Ruang II Untuk Ruang III suhu rata-rata tertinggi 28,7 °C pada atap genteng, 28,2 °C pada atap PVC, dan 29,0 °C pada atap aspal.



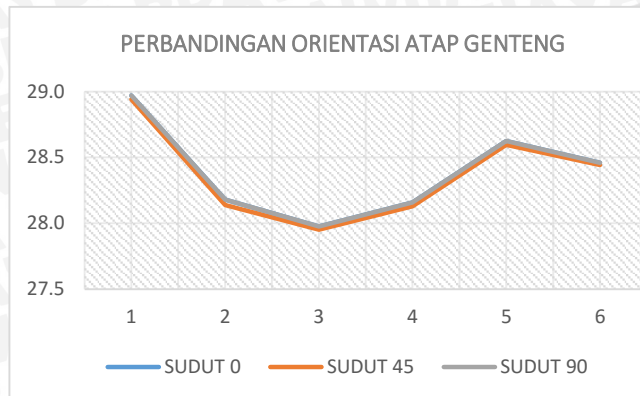
Gambar 4.55 Orientasi 90° bangunan

ATAP 30							
SUHU RATA2 LOTENG				SUHU RATA2 LOTENG SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	29.4	27.7	30.5	6/10/2015	35.9	32.9	31.5
7/10/2015	28.7	27.0	29.5	7/10/2015	35.1	32.3	31.2
8/10/2015	29.4	27.8	30.2	8/10/2015	35.9	33.1	32.1
9/10/2015	29.7	28.0	30.5	9/10/2015	36.6	33.7	32.7
10/10/2015	30.1	28.4	31.0	10/10/2015	36.8	33.8	32.8
11/10/2015	29.7	27.9	30.5	11/10/2015	37.0	34.1	32.5
SUHU RATA2 R1				SUHU RATA2 R1 SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	28.8	28.3	29.1	6/10/2015	30.9	30.1	29.6
7/10/2015	28.0	27.5	28.2	7/10/2015	30.3	29.4	29.0
8/10/2015	27.8	27.3	28.0	8/10/2015	30.1	29.2	28.8
9/10/2015	28.0	27.5	28.2	9/10/2015	30.6	29.7	29.2
10/10/2015	28.5	28.0	28.7	10/10/2015	30.9	30.0	29.7
11/10/2015	28.3	27.8	28.5	11/10/2015	31.0	30.1	29.6
SUHU RATA2 R2				SUHU RATA2 R2 SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	29.0	28.3	29.4	6/10/2015	31.1	30.1	29.7
7/10/2015	28.2	27.5	28.5	7/10/2015	30.4	29.3	29.0
8/10/2015	28.0	27.3	28.2	8/10/2015	30.2	29.1	28.8
9/10/2015	28.2	27.5	28.4	9/10/2015	30.6	29.5	29.1
10/10/2015	28.6	28.0	28.9	10/10/2015	30.9	29.9	29.6
11/10/2015	28.5	27.8	28.7	11/10/2015	31.0	30.0	29.5
SUHU RATA2 R3				SUHU RATA2 R3 SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	28.7	28.2	29.0	6/10/2015	30.9	30.0	29.6
7/10/2015	27.9	27.4	28.1	7/10/2015	30.2	29.4	29.0
8/10/2015	27.8	27.3	28.0	8/10/2015	30.0	29.2	28.8
9/10/2015	28.0	27.5	28.1	9/10/2015	30.5	29.6	29.1
10/10/2015	28.4	27.9	28.6	10/10/2015	30.8	29.9	29.6
11/10/2015	28.2	27.7	28.4	11/10/2015	30.9	30.1	29.5

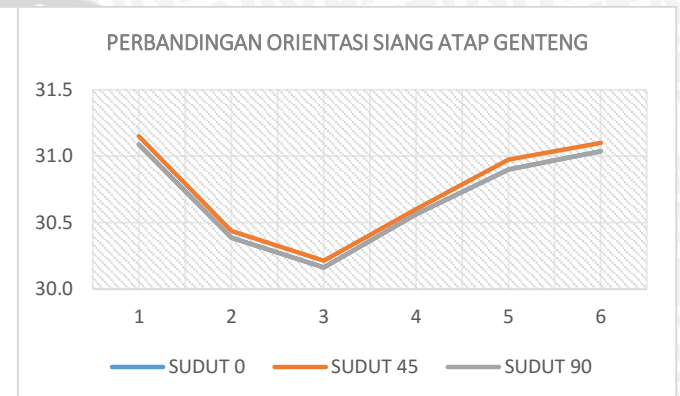
Tabel 4.35 Perbandingan hasil simulasi orientasi 90°

4.11. Hasil Simulasi Orientasi Bangunan

Hasil dari simulasi orientasi bangunan menunjukkan perubahan suhu dalam ruangan yang kurang signifikan. Hal tersebut dikarenakan kurangnya pengukuran terhadap tingkat radiasi matahari dilapangan sehingga data radiasi matahari yang digunakan untuk simulasi kurang lengkap dan menyebabkan hasil simulasi kurang maksimal



Grafik 4.25 Perbandingan suhu rata-rata atap genteng



Grafik 4.26 Perbandingan suhu rata-rata siang hari atap genteng

Terlihat pada grafik diatas perbandingan hasil simulasi orientasi bangunan bahwa suhu Ruang II dari ketiga orientasi hampir sama, dengan perbedaan suhu tertinggi 0,1 °C sehingga perubahan orientasi bangunan tidak terlalu mempengaruhi suhu ruangan. Namun pada perbandingan tersebut dapat dilihat bahwa sudut orientasi dengan suhu terendah adalah sudut 45° atau orientasi menghadap tenggara.

4.12. Simulasi Kemiringan Atap

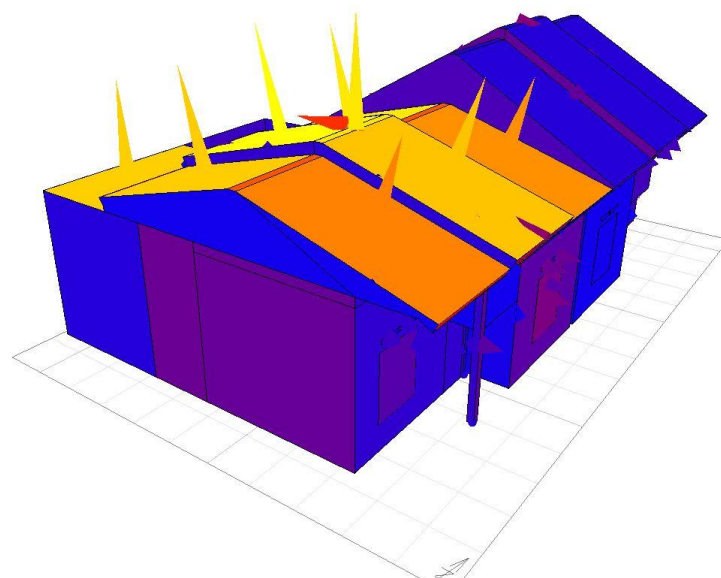
4.12.1. Penjelasan

Kemiringan atap pada sebuah bangunan berpengaruh pada suhu ruangan karena dengan adanya kemiringan atap terbentuk sebuah ruang di atas plafon yang biasa disebut *attic* atau loteng. Dengan adanya loteng panas dari radiasi matahari diserap terlebih dahulu sebelum turun lagi ke dalam ruangan sehingga suhu di dalam ruangan dapat lebih rendah jika dibandingkan dengan suhu di dalam loteng. Pada penelitian ini terdapat 3 jenis kemiringan atap yang digunakan sebagai variabel yaitu sudut kemiringan 15° , kemiringan 30° , dan kemiringan 37° .

4.12.2. Kemiringan atap 15°

Hasil simulasi atap dengan sudut kemiringan atap 0° menunjukkan hasil suhu rata-rata tertinggi pada loteng; material atap genteng $30,7^{\circ}\text{C}$, $28,2^{\circ}\text{C}$ pada material atap PVC, dan $31,8^{\circ}\text{C}$ pada material atap aspal. Pada Ruang 1 menunjukkan suhu rata-rata tertinggi material genteng $28,8^{\circ}\text{C}$, material PVC $28,3^{\circ}\text{C}$, dan material aspal $29,1^{\circ}\text{C}$. Pada Ruang II menunjukkan suhu rata-rata tertinggi material genteng $29,0^{\circ}\text{C}$, material PVC $28,3^{\circ}\text{C}$, material aspal $29,4^{\circ}\text{C}$. Pada Ruang III menunjukkan suhu rata-rata tertinggi material genteng $28,7^{\circ}\text{C}$, material PVC $28,2^{\circ}\text{C}$, dan material aspal $29,0^{\circ}\text{C}$.

OBJECT ATTRIBUTES
Total Incident Radiation
Value Range: 0.0 - 27000.0 Wh/m2
(c) ECOTECT v5



Gambar 4.56 Visualisasi panas matahari yang diserap atap dengan kemiringan 15°

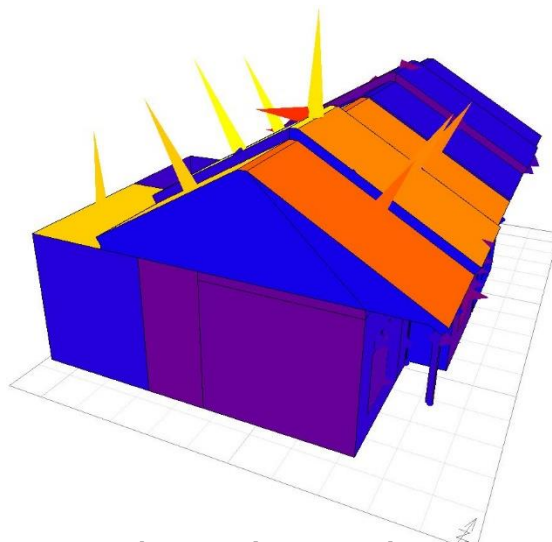
Tabel 4.36 Perbandingan hasil simulasi kemiringan atap 15°

ATAP 15							
SUHU RATA2 LOTENG				SUHU RATA2 LOTENG SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	30.0	27.5	31.8	6/10/2015	36.9	32.6	30.5
7/10/2015	29.2	26.8	30.6	7/10/2015	36.0	31.9	30.3
8/10/2015	29.9	27.6	31.2	8/10/2015	36.8	32.8	31.3
9/10/2015	30.2	27.8	31.5	9/10/2015	37.6	33.4	31.9
10/10/2015	30.7	28.2	32.1	10/10/2015	37.8	33.5	32.0
11/10/2015	30.2	27.8	31.5	11/10/2015	38.0	33.8	31.4
	30.0	27.6	31.5		37.2	33.0	31.2
SUHU RATA2 R1				SUHU RATA2 R1 SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	28.8	28.3	29.1	6/10/2015	30.9	30.1	29.6
7/10/2015	28.0	27.5	28.2	7/10/2015	30.3	29.4	29.0
8/10/2015	27.8	27.3	28.0	8/10/2015	30.1	29.2	28.8
9/10/2015	28.0	27.5	28.2	9/10/2015	30.6	29.7	29.2
10/10/2015	28.5	28.0	28.7	10/10/2015	30.9	30.0	29.7
11/10/2015	28.3	27.8	28.5	11/10/2015	31.0	30.1	29.6
	28.2	27.7	28.4		30.6	29.8	29.3
SUHU RATA2 R2				SUHU RATA2 R2 SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	29.0	28.3	29.4	6/10/2015	31.1	30.1	29.7
7/10/2015	28.2	27.5	28.5	7/10/2015	30.4	29.3	29.0
8/10/2015	28.0	27.3	28.2	8/10/2015	30.2	29.1	28.8
9/10/2015	28.2	27.5	28.4	9/10/2015	30.6	29.5	29.1
10/10/2015	28.6	28.0	28.9	10/10/2015	30.9	29.9	29.6
11/10/2015	28.5	27.8	28.7	11/10/2015	31.0	30.0	29.5
	28.4	27.8	28.7		30.7	29.7	29.3
SUHU RATA2 R3				SUHU RATA2 R3 SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	28.7	28.2	29.0	6/10/2015	30.9	30.0	29.6
7/10/2015	27.9	27.4	28.1	7/10/2015	30.2	29.4	29.0
8/10/2015	27.8	27.3	28.0	8/10/2015	30.0	29.2	28.8
9/10/2015	28.0	27.5	28.1	9/10/2015	30.5	29.6	29.1
10/10/2015	28.4	27.9	28.6	10/10/2015	30.8	29.9	29.6
11/10/2015	28.2	27.7	28.4	11/10/2015	30.9	30.1	29.5

4.12.3. Kemiringan atap 30°

Hasil simulasi atap dengan sudut kemiringan atap 30° menunjukkan hasil suhu rata-rata tertinggi pada loteng; material atap genteng 30,1 °C, 28,4 °C pada material atap PVC, dan 31,0 °C pada material atap aspal. Namun suhu pada ruangan dari hasil simulasi kemiringan atap 30° menunjukkan hasil yang sama dengan simulasi kemiringan atap 15°.

OBJECT ATTRIBUTES
Total Incident Radiation
Value Range: 27.0 - 37.0 W/m²
© ECOTECT v.5



Gambar 4.57 Visualisasi panas matahari yang diserap atap dengan kemiringan 30°

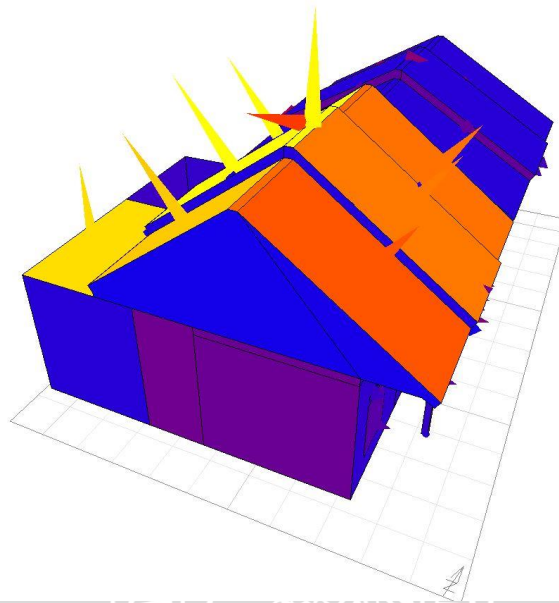
ATAP 30							
SUHU RATA2 LOTENG				SUHU RATA2 LOTENG SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	29.4	27.7	30.5	6/10/2015	35.9	33.0	31.5
7/10/2015	28.7	27.1	29.6	7/10/2015	35.1	32.3	31.2
8/10/2015	29.4	27.8	30.2	8/10/2015	35.9	33.2	32.1
9/10/2015	29.7	28.0	30.5	9/10/2015	36.6	33.7	32.7
10/10/2015	30.1	28.4	31.0	10/10/2015	36.8	33.8	32.8
11/10/2015	29.7	28.0	30.5	11/10/2015	37.0	34.2	32.5
	29.5	27.8	30.4		36.2	33.4	32.1
SUHU RATA2 R1				SUHU RATA2 R1 SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	28.8	28.3	29.1	6/10/2015	30.9	30.1	29.6
7/10/2015	28.0	27.5	28.2	7/10/2015	30.3	29.4	29.0
8/10/2015	27.8	27.3	28.0	8/10/2015	30.1	29.2	28.8
9/10/2015	28.0	27.5	28.2	9/10/2015	30.6	29.7	29.2
10/10/2015	28.5	28.0	28.7	10/10/2015	30.9	30.0	29.7
11/10/2015	28.3	27.8	28.5	11/10/2015	31.0	30.1	29.6
	28.2	27.7	28.4		30.6	29.8	29.3
SUHU RATA2 R2				SUHU RATA2 R2 SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	29.0	28.3	29.4	6/10/2015	31.1	30.1	29.7
7/10/2015	28.2	27.5	28.5	7/10/2015	30.4	29.3	29.0
8/10/2015	28.0	27.3	28.2	8/10/2015	30.2	29.1	28.8
9/10/2015	28.2	27.5	28.4	9/10/2015	30.6	29.5	29.1
10/10/2015	28.6	28.0	28.9	10/10/2015	30.9	29.9	29.6
11/10/2015	28.5	27.8	28.7	11/10/2015	31.0	30.0	29.5
	28.4	27.8	28.7		30.7	29.7	29.3
SUHU RATA2 R3				SUHU RATA2 R3 SIANG			
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL	TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL
6/10/2015	28.7	28.2	29.0	6/10/2015	30.9	30.0	29.6
7/10/2015	27.9	27.4	28.1	7/10/2015	30.2	29.4	29.0
8/10/2015	27.8	27.3	28.0	8/10/2015	30.0	29.2	28.8
9/10/2015	28.0	27.5	28.1	9/10/2015	30.5	29.6	29.1
10/10/2015	28.4	27.9	28.6	10/10/2015	30.8	29.9	29.6
11/10/2015	28.2	27.7	28.4	11/10/2015	30.9	30.1	29.5

Tabel 4.37 Perbandingan hasil simulasi kemiringan atap 30°

4.12.4. Kemiringan atap 37°

Hasil simulasi atap dengan sudut kemiringan atap 30° menunjukkan hasil suhu rata-rata tertinggi pada loteng; material atap genteng 30,1 °C, 28,4 °C pada material atap PVC, dan 31,1 °C pada material atap aspal. Namun suhu pada ruangan dari hasil simulasi kemiringan atap 45° menunjukkan hasil yang sama dengan simulasi kemiringan atap 15° dan atap 30 °C.

OBJECT ATTRIBUTES
Total Incident Radiation
Value Range: 0.0 - 20000.0 Wh/m2
(c) ECOTECT v5



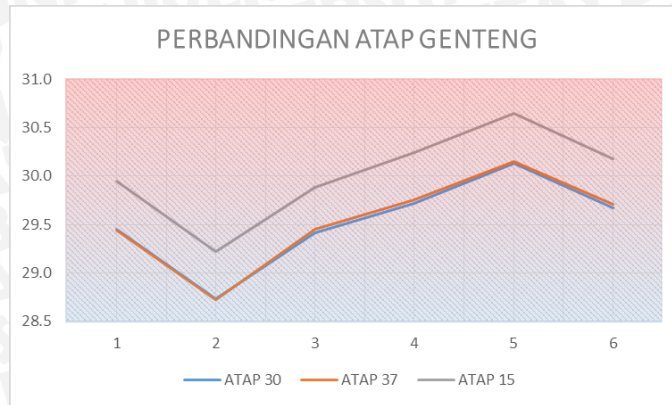
Gambar 4.58 Visualisasi panas matahari yang diserap atap dengan kemiringan 37°

ATAP 37											
SUHU RATA2 LOTENG					SUHU RATA2 LOTENG SIANG						
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL		TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL			
6/10/2015	29.4	27.6	30.6		6/10/2015	35.9	32.9	31.2			
7/10/2015	28.7	26.9	29.6		7/10/2015	35.1	32.2	30.9			
8/10/2015	29.5	27.8	30.3		8/10/2015	35.9	33.1	32.0			
9/10/2015	29.8	28.0	30.6		9/10/2015	36.7	33.7	32.5			
10/10/2015	30.1	28.4	31.1		10/10/2015	36.8	33.8	32.6			
11/10/2015	29.7	27.9	30.6		11/10/2015	37.1	34.2	32.2			
	29.5	27.8	30.5			36.3	33.3	31.9			
SUHU RATA2 R1					SUHU RATA2 R1 SIANG						
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL		TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL			
6/10/2015	28.8	28.3	29.1		6/10/2015	30.9	30.1	29.6			
7/10/2015	28.0	27.5	28.2		7/10/2015	30.3	29.4	29.0			
8/10/2015	27.8	27.3	28.0		8/10/2015	30.1	29.2	28.8			
9/10/2015	28.0	27.5	28.2		9/10/2015	30.6	29.7	29.2			
10/10/2015	28.5	28.0	28.7		10/10/2015	30.9	30.0	29.7			
11/10/2015	28.3	27.8	28.5		11/10/2015	31.0	30.1	29.6			
	28.2	27.7	28.4			30.6	29.8	29.3			
SUHU RATA2 R2					SUHU RATA2 R2 SIANG						
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL		TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL			
6/10/2015	29.0	28.3	29.4		6/10/2015	31.1	30.1	29.7			
7/10/2015	28.2	27.5	28.5		7/10/2015	30.4	29.3	29.0			
8/10/2015	28.0	27.3	28.2		8/10/2015	30.2	29.1	28.8			
9/10/2015	28.2	27.5	28.4		9/10/2015	30.6	29.5	29.1			
10/10/2015	28.6	28.0	28.9		10/10/2015	30.9	29.9	29.6			
11/10/2015	28.5	27.8	28.7		11/10/2015	31.0	30.0	29.5			
	28.4	27.8	28.7			30.7	29.7	29.3			
SUHU RATA2 R3					SUHU RATA2 R3 SIANG						
TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL		TANGGAL	GENTENG	PVC	ASPAL			
6/10/2015	28.7	28.2	29.0		6/10/2015	30.9	30.0	29.6			
7/10/2015	27.9	27.4	28.1		7/10/2015	30.2	29.4	29.0			
8/10/2015	27.8	27.3	28.0		8/10/2015	30.0	29.2	28.8			
9/10/2015	28.0	27.5	28.1		9/10/2015	30.4	29.6	29.1			
10/10/2015	28.4	27.9	28.6		10/10/2015	30.8	29.9	29.6			
11/10/2015	28.2	27.7	28.4		11/10/2015	30.9	30.1	29.5			

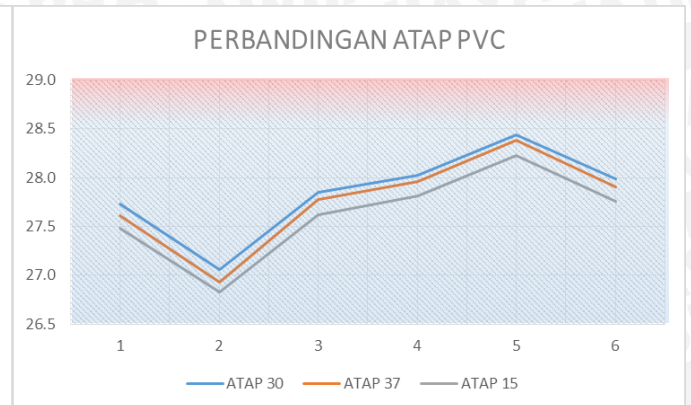
Tabel 4.38 Perbandingan hasil simulasi kemiringan atap 37°

4.13. Hasil Simulasi Kemiringan Atap

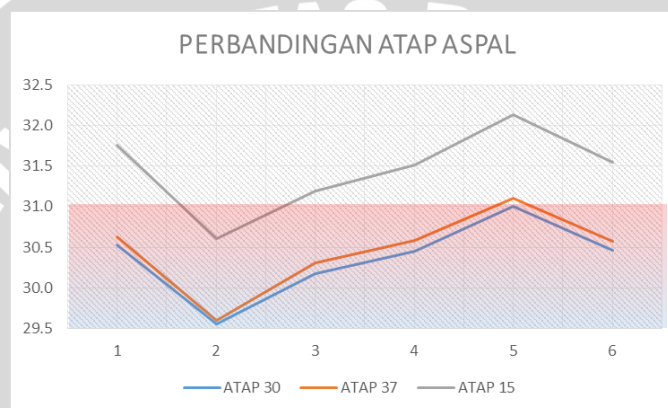
Hasil dari simulasi kemiringan atap didapatkan bahwa tingkat kemiringan atap tidak mempengaruhi suhu di dalam ruangan. Hal tersebut dikarenakan software yang digunakan untuk simulasi yaitu Ecotect Analysis tidak dapat mensimulasikan proses perpindahan panas antar zona. Zona yang dimaksud adalah zona ruang yang diteliti yaitu Ruang I, Ruang II dan Ruang III dari ketiga zona tersebut tidak dapat menerima perpindahan panas dari zona atap. Sehingga perbandingan suhu untuk simulasi kemiringan atap adalah perbandingan suhu pada *attic* atau loteng.



Grafik 4.27 Perbandingan suhu rata-rata atap kemiringan atap genteng



Grafik 4.28 Perbandingan suhu rata-rata atap kemiringan atap PVC



Grafik 4.29 Perbandingan suhu rata-rata atap kemiringan atap aspal

Grafik diatas menunjukkan perbandingan suhu rata-rata ruangan pada simulasi kemiringan atap. Terlihat suhu rata rata terendah adalah pada atap dengan kemiringan 30° dengan suhu rata-rata tertinggi pada material genteng $30,1^{\circ}\text{C}$, $28,4^{\circ}\text{C}$ pada material PVC dan $31,0^{\circ}\text{C}$ pada material aspal.

Sedangkan untuk material PVC memiliki suhu rata-rata terendah pada kemiringan 15°C hal itu menunjukkan bahwa material PVC memiliki sudut kemiringan optimal 15°C . Hal tersebut berbeda dengan kedua material lainnya yaitu genteng dan aspal.

4.14. Simulasi Material Atap Alternatif

Simulasi ini dilakukan untuk menemukan material atap yang dapat meningkatkan kenyamanan termal ruangan secara optimal dan bagaimana pengaruh material tersebut terhadap perbedaan ruangan. Sehingga dapat ditemukan material atap dengan kinerja terbaik dan ruangan dengan peningkatan kenyamanan optimal.

Material yang dibandingkan adalah material genteng, PVC dan aspal. Sedangkan ruangan yang dibandingkan adalah 2 ruangan berukuran 9 m² dan 1 ruangan berukuran 16 m² dengan spesifikasi ruangan yang berbeda beda.

4.15. Hasil Simulasi Material Atap Alternatif

4.15.1. Atap PVC

A. Ruang I

Hasil simulasi yang telah dilakukan menggunakan atap PVC pada Ruang I menunjukkan suhu yang cukup rendah. Terlihat suhu rata-ratanya 27.7 °C suhu terendah 24.9 °C dan suhu tertinggi 31.6 °C. Suhu pada ruangan mulai naik menuju suhu panas (>30 °C) pada jam 13.00 dan mulai turun pada jam 18.00.

Tabel 4.39 Hasil simulasi atap PVC Ruang I

Ruang I	6/10/2015	7/10/2015	8/10/2015	9/10/2015	10/10/2015	11/10/2015	Rata Rata	Terendah	Tertinggi
12:00:00 AM	27.6	26.3	25.7	25.8	26.5	26.4	26.4	25.7	27.6
1:00:00 AM	27.4	26.1	25.7	25.7	26.4	26.2	26.3	25.7	27.4
2:00:00 AM	27.0	25.9	25.6	25.3	26.2	25.9	26.0	25.3	27.0
3:00:00 AM	26.3	25.6	25.6	25.2	26.1	25.6	25.7	25.2	26.3
4:00:00 AM	26.1	25.3	25.5	25.2	26.1	25.3	25.6	25.2	26.1
5:00:00 AM	26.0	25.2	25.4	25.0	26.0	25.2	25.5	25.0	26.0
6:00:00 AM	25.8	25.1	25.5	25.2	26.0	24.9	25.4	24.9	26.0
7:00:00 AM	25.9	25.2	25.5	25.3	26.0	25.0	25.5	25.0	26.0
8:00:00 AM	26.2	25.8	25.8	25.8	26.4	25.5	25.9	25.5	26.4
9:00:00 AM	26.7	26.1	26.3	26.3	26.9	26.2	26.4	26.1	26.9
10:00:00 AM	27.3	27.0	26.9	27.3	27.6	27.3	27.2	26.9	27.6
11:00:00 AM	28.4	28.0	27.8	28.2	28.6	28.9	28.3	27.8	28.9
12:00:00 PM	29.4	29.1	28.6	29.2	29.9	30.0	29.4	28.6	30.0
1:00:00 PM	30.2	30.0	29.4	30.2	30.3	30.8	30.2	29.4	30.8
2:00:00 PM	31.0	30.2	29.7	30.6	30.9	31.2	30.6	29.7	31.2
3:00:00 PM	31.3	30.4	30.4	30.4	31.2	31.0	30.8	30.4	31.3
4:00:00 PM	31.6	30.4	30.4	30.7	31.0	31.1	30.9	30.4	31.6
5:00:00 PM	31.3	30.1	30.7	30.7	30.7	30.8	30.7	30.1	31.3
6:00:00 PM	30.9	29.5	29.8	29.9	30.0	30.1	30.0	29.5	30.9
7:00:00 PM	30.0	29.1	28.9	29.2	29.2	29.2	29.3	28.9	30.0
8:00:00 PM	29.2	28.3	28.0	28.4	28.4	28.5	28.5	28.0	29.2
9:00:00 PM	28.0	27.1	26.5	27.2	27.3	27.4	27.3	26.5	28.0
10:00:00 PM	27.4	26.6	26.2	26.9	27.1	27.2	26.9	26.2	27.4
11:00:00 PM	27.0	26.4	26.0	26.5	26.8	26.9	26.6	26.0	27.0
Rata Rata	28.3	27.5	27.3	27.5	28.0	27.8	27.7		
Terendah	25.8	25.1	25.4	25.0	26.0	24.9		24.9	
Tertinggi	31.6	30.4	30.7	30.7	31.2	31.2			31.6

B. Ruang II

Hasil simulasi pada Ruang II menunjukkan suhu ruangan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan Ruang I. Terlihat suhu rata-ratanya 27,8 °C suhu terendah 25,3 °C dan suhu tertinggi 31,3 °C. Pada ruangan ini suhu mulai naik pada jam 13.00 dan mulai turun pada jam 18.00 sama dengan yang terjadi pada Ruang I

Tabel 4.40 Hasil simulasi atap PVC Ruang II

Ruang II	6/10/2015	7/10/2015	8/10/2015	9/10/2015	10/10/2015	11/10/2015	Rata2	Terendah	Tertinggi
12:00:00 AM	27.6	26.5	25.9	26.0	26.7	26.5	26.5	25.9	27.6
1:00:00 AM	27.5	26.3	25.9	25.9	26.6	26.4	26.4	25.9	27.5
2:00:00 AM	27.2	26.1	25.8	25.6	26.4	26.1	26.2	25.6	27.2
3:00:00 AM	26.6	25.9	25.8	25.5	26.3	25.9	26.0	25.5	26.6
4:00:00 AM	26.4	25.7	25.8	25.5	26.3	25.6	25.9	25.5	26.4
5:00:00 AM	26.3	25.6	25.7	25.4	26.3	25.5	25.8	25.4	26.3
6:00:00 AM	26.2	25.5	25.7	25.5	26.2	25.3	25.7	25.3	26.2
7:00:00 AM	26.3	25.6	25.7	25.6	26.3	25.4	25.8	25.4	26.3
8:00:00 AM	26.6	26.1	26.0	26.0	26.6	25.8	26.2	25.8	26.6
9:00:00 AM	27.0	26.5	26.4	26.5	27.1	26.6	26.7	26.4	27.1
10:00:00 AM	27.6	27.2	27.0	27.4	27.8	27.7	27.5	27.0	27.8
11:00:00 AM	28.6	28.3	27.9	28.4	28.7	29.0	28.5	27.9	29.0
12:00:00 PM	29.6	29.2	28.6	29.2	29.8	30.0	29.4	28.6	30.0
1:00:00 PM	30.3	30.0	29.3	30.0	30.3	30.6	30.1	29.3	30.6
2:00:00 PM	30.9	30.1	29.7	30.4	30.7	30.9	30.5	29.7	30.9
3:00:00 PM	31.2	30.1	30.2	30.3	30.9	30.8	30.6	30.1	31.2
4:00:00 PM	31.3	30.1	30.1	30.4	30.6	30.7	30.5	30.1	31.3
5:00:00 PM	30.9	29.7	30.1	30.1	30.2	30.3	30.2	29.7	30.9
6:00:00 PM	30.4	29.2	29.2	29.3	29.5	29.5	29.5	29.2	30.4
7:00:00 PM	29.7	28.8	28.4	28.8	28.8	28.9	28.9	28.4	29.7
8:00:00 PM	29.0	28.1	27.7	28.2	28.3	28.4	28.3	27.7	29.0
9:00:00 PM	28.0	27.1	26.6	27.2	27.4	27.5	27.3	26.6	28.0
10:00:00 PM	27.6	26.7	26.4	27.0	27.2	27.3	27.0	26.4	27.6
11:00:00 PM	27.3	26.6	26.2	26.6	27.0	27.0	26.8	26.2	27.3
Rata Rata	28.3	27.5	27.3	27.5	28.0	27.8	27.8		
Terendah	26.2	25.5	25.7	25.4	26.2	25.3		25.3	
Tertinggi	31.3	30.1	30.2	30.4	30.9	30.9			31.3

C. Ruang III

Hasil simulasi pada Ruang III menunjukkan hasil suhu rata-ratanya 27,7 °C suhu terendahnya 25,0 °C dan suhu tertinggi 31,7 °C. Suhu pada ruangan ini mulai naik jam 13.00 dan menurun jam 18.00 sama dengan Ruang I dan Ruang II. Hal ini menunjukkan bahwa suhu panas pada bangunan terdapat pada jam 13.00 hingga 18.00 dengan suhu tertinggi yaitu 31.7 °C

Tabel 4.41 Hasil simulasi atap PVC Ruang III

Ruang III	6/10/2015	7/10/2015	8/10/2015	9/10/2015	10/10/2015	11/10/2015	Rata2	Terendah	Tertinggi
12:00:00 AM	27.6	26.3	25.7	25.8	26.6	26.4	26.4	25.7	27.6
1:00:00 AM	27.4	26.1	25.7	25.7	26.4	26.2	26.3	25.7	27.4
2:00:00 AM	27.0	25.9	25.6	25.3	26.2	25.9	26.0	25.3	27.0
3:00:00 AM	26.3	25.6	25.6	25.2	26.1	25.6	25.7	25.2	26.3
4:00:00 AM	26.1	25.3	25.6	25.2	26.1	25.3	25.6	25.2	26.1
5:00:00 AM	26.0	25.2	25.4	25.0	26.0	25.2	25.5	25.0	26.0
6:00:00 AM	25.8	25.1	25.5	25.2	26.0	25.0	25.4	25.0	26.0
7:00:00 AM	25.8	25.1	25.5	25.3	26.0	25.0	25.5	25.0	26.0
8:00:00 AM	26.0	25.7	25.6	25.6	26.3	25.3	25.8	25.3	26.3
9:00:00 AM	26.5	25.9	26.0	26.0	26.6	26.0	26.2	25.9	26.6
10:00:00 AM	27.1	26.8	26.7	26.9	27.3	27.1	27.0	26.7	27.3
11:00:00 AM	28.2	27.9	27.5	28.0	28.4	28.6	28.1	27.5	28.6
12:00:00 PM	29.2	28.9	28.4	29.0	29.6	29.8	29.2	28.4	29.8
1:00:00 PM	30.0	29.8	29.2	29.9	30.2	30.7	30.0	29.2	30.7
2:00:00 PM	30.9	30.3	29.7	30.6	30.8	31.1	30.6	29.7	31.1
3:00:00 PM	31.4	30.4	30.5	30.5	31.2	31.1	30.9	30.4	31.4
4:00:00 PM	31.7	30.5	30.5	30.9	31.1	31.2	31.0	30.5	31.7
5:00:00 PM	31.4	30.2	30.7	30.7	30.7	30.8	30.8	30.2	31.4
6:00:00 PM	30.8	29.5	29.8	29.9	29.9	30.1	30.0	29.5	30.8
7:00:00 PM	30.0	29.0	28.9	29.2	29.2	29.2	29.3	28.9	30.0
8:00:00 PM	29.2	28.3	27.9	28.4	28.4	28.5	28.5	27.9	29.2
9:00:00 PM	28.0	27.1	26.5	27.3	27.3	27.5	27.3	26.5	28.0
10:00:00 PM	27.4	26.6	26.3	26.9	27.1	27.2	26.9	26.3	27.4
11:00:00 PM	27.0	26.4	26.0	26.5	26.9	26.9	26.6	26.0	27.0
Rata Rata	28.2	27.4	27.3	27.5	27.9	27.7	27.7		
Terendah	25.8	25.1	25.4	25.0	26.0	25.0		25.0	
Tertinggi	31.7	30.5	30.7	30.9	31.2	31.2			31.7

4.15.2. Atap Aspal

A. Ruang I

Hasil simulasi menggunakan atap aspal menunjukkan suhu ruangan rata-ratanya adalah 28.4 °C suhu terendah 25.7 °C dan suhu tertinggi 32.2 °C. Berbeda dengan atap PVC suhu pada ruangan mulai naik pada jam 15.00 dan turun pada jam 21.00.

Tabel 4.42 Hasil simulasi atap aspal Ruang I

Ruang I	6/10/2015	7/10/2015	8/10/2015	9/10/2015	10/10/2015	11/10/2015	Rata Rata	Terendah	Tertinggi
12:00:00 AM	29.2	27.6	26.8	27.0	27.6	27.5	27.6	26.8	29.2
1:00:00 AM	28.8	27.2	26.6	26.6	27.3	27.2	27.3	26.6	28.8
2:00:00 AM	28.3	26.8	26.3	26.2	27.1	26.9	26.9	26.2	28.3
3:00:00 AM	27.5	26.5	26.2	26.1	26.9	26.6	26.6	26.1	27.5
4:00:00 AM	27.2	26.3	26.1	25.9	26.8	26.3	26.4	25.9	27.2
5:00:00 AM	27.1	26.1	26.0	25.7	26.6	26.2	26.3	25.7	27.1
6:00:00 AM	26.9	25.9	26.1	25.8	26.6	25.9	26.2	25.8	26.9
7:00:00 AM	26.7	25.9	26.1	25.9	26.7	25.9	26.2	25.9	26.7
8:00:00 AM	26.8	26.3	26.3	26.2	26.9	26.0	26.4	26.0	26.9
9:00:00 AM	27.0	26.4	26.6	26.4	27.1	26.3	26.6	26.3	27.1
10:00:00 AM	27.4	26.9	26.9	27.2	27.5	26.9	27.1	26.9	27.5
11:00:00 AM	28.1	27.6	27.4	27.7	28.3	28.0	27.9	27.4	28.3
12:00:00 PM	28.7	28.4	28.1	28.3	29.1	28.9	28.6	28.1	29.1
1:00:00 PM	29.3	28.9	28.6	29.3	29.3	29.7	29.2	28.6	29.7
2:00:00 PM	29.9	29.3	28.9	29.6	30.0	30.1	29.6	28.9	30.1
3:00:00 PM	30.5	29.8	29.4	29.6	30.5	30.2	30.0	29.4	30.5
4:00:00 PM	31.2	30.4	30.1	30.5	31.0	31.1	30.7	30.1	31.2
5:00:00 PM	31.9	30.8	31.3	31.5	31.6	31.9	31.5	30.8	31.9
6:00:00 PM	32.2	30.9	31.2	31.5	31.6	31.8	31.5	30.9	32.2
7:00:00 PM	31.9	31.1	30.9	31.0	31.3	31.3	31.3	30.9	31.9
8:00:00 PM	31.6	30.7	30.3	30.7	30.7	30.7	30.8	30.3	31.6
9:00:00 PM	30.5	29.5	29.2	29.7	29.7	29.9	29.8	29.2	30.5
10:00:00 PM	29.8	28.7	28.7	29.2	29.3	29.4	29.2	28.7	29.8
11:00:00 PM	28.9	28.1	27.9	28.2	28.5	28.6	28.4	27.9	28.9
Rata Rata	29.1	28.2	28.0	28.2	28.7	28.5	28.4		
Terendah	26.7	25.9	26.0	25.7	26.6	25.9		25.7	
Tertinggi	32.2	31.1	31.3	31.5	31.6	31.9			32.2

B. Ruang II

Hasil simulasi atap aspal pada Ruang II menunjukkan suhu ruangan rata-ratanya adalah 28.7 °C suhu terendah 26.3 °C dan suhu tertinggi 32.0 °C. Berbeda dengan Ruang I suhu panas mulai naik pada jam 15.00 dan turun pada jam 22.00. Hal tersebut di karenakan ruangan ini adalah ruangan terbesar sehingga panas yang tersimpan di dalam ruangan cukup banyak/

Tabel 4.43 Hasil simulasi atap aspal Ruang II

Ruang II	6/10/2015	7/10/2015	8/10/2015	9/10/2015	10/10/2015	11/10/2015	Rata2	Terendah	Tertinggi
12:00:00 AM	29.5	28.0	27.2	27.5	28.0	27.9	28.0	27.2	29.5
1:00:00 AM	29.2	27.7	27.0	27.0	27.7	27.6	27.7	27.0	29.2
2:00:00 AM	28.7	27.3	26.7	26.7	27.5	27.4	27.4	26.7	28.7
3:00:00 AM	28.1	27.0	26.6	26.6	27.3	27.1	27.1	26.6	28.1
4:00:00 AM	27.9	26.9	26.5	26.5	27.3	26.8	27.0	26.5	27.9
5:00:00 AM	27.7	26.7	26.5	26.3	27.1	26.7	26.8	26.3	27.7
6:00:00 AM	27.6	26.5	26.5	26.3	27.1	26.5	26.8	26.3	27.6
7:00:00 AM	27.3	26.5	26.5	26.4	27.1	26.5	26.7	26.4	27.3
8:00:00 AM	27.3	26.8	26.6	26.6	27.3	26.6	26.9	26.6	27.3
9:00:00 AM	27.5	26.8	26.9	26.7	27.4	26.9	27.0	26.7	27.5
10:00:00 AM	27.8	27.2	27.2	27.4	27.8	27.3	27.5	27.2	27.8
11:00:00 AM	28.4	27.9	27.6	27.8	28.4	28.1	28.0	27.6	28.4
12:00:00 PM	28.9	28.5	28.2	28.4	29.1	28.8	28.7	28.2	29.1
1:00:00 PM	29.4	28.9	28.6	29.2	29.3	29.4	29.1	28.6	29.4
2:00:00 PM	29.9	29.2	28.9	29.4	29.7	29.7	29.5	28.9	29.9
3:00:00 PM	30.3	29.6	29.2	29.4	30.2	30.0	29.8	29.2	30.3
4:00:00 PM	31.0	30.2	29.8	30.2	30.7	30.8	30.5	29.8	31.0
5:00:00 PM	31.6	30.6	30.9	31.1	31.3	31.6	31.2	30.6	31.6
6:00:00 PM	32.0	30.8	30.8	31.2	31.4	31.5	31.3	30.8	32.0
7:00:00 PM	31.9	31.1	30.8	31.0	31.3	31.3	31.2	30.8	31.9
8:00:00 PM	31.8	30.9	30.4	30.9	31.0	31.0	31.0	30.4	31.8
9:00:00 PM	31.0	30.0	29.7	30.2	30.3	30.4	30.3	29.7	31.0
10:00:00 PM	30.4	29.3	29.2	29.6	29.8	29.9	29.7	29.2	30.4
11:00:00 PM	29.5	28.7	28.4	28.7	29.0	29.0	28.9	28.4	29.5
Rata Rata	29.4	28.5	28.2	28.4	28.9	28.7	28.7		
Terendah	27.3	26.5	26.5	26.3	27.1	26.5		26.3	
Tertinggi	32.0	31.1	30.9	31.2	31.4	31.6			32.0

C. Ruang III

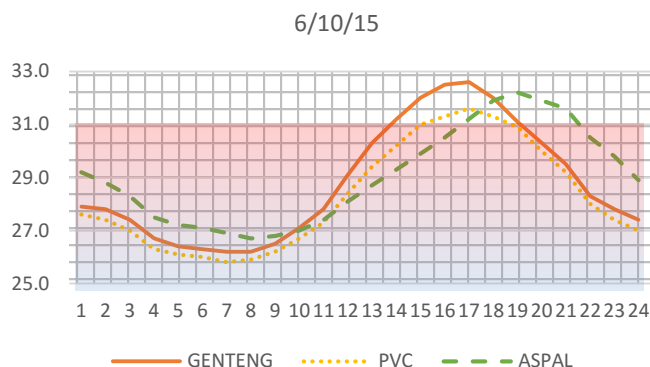
Hasil simulasi pada ruangan ini menunjukkan suhu ruangan rata-rata 28.4 °C suhu terendah 25.7 °C dan suhu tertinggi 32.2 °C. Suhu ruangan naik pada jam 15.00 dan turun pada jam 21.00. Hasil tersebut sama dengan suhu pada Ruang I namun terdapat perbedaan pada suhu di siang hari. Hal tersebut di karenakan ukuran kedua ruangan tersebut sama dan hanya dibedakan dengan arah bukaan jendela.

Tabel 4.44 Hasil simulasi atap aspal Ruang III

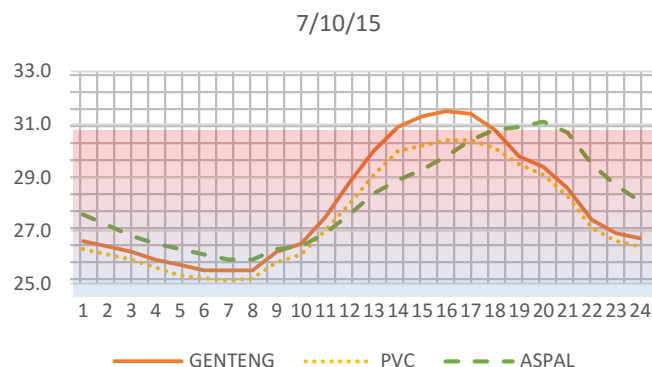
Ruang III	6/10/2015	7/10/2015	8/10/2015	9/10/2015	10/10/2015	11/10/2015	Rata2	Terendah	Tertinggi
12:00:00 AM	29.2	27.6	26.8	27.0	27.6	27.5	27.6	26.8	29.2
1:00:00 AM	28.8	27.2	26.6	26.6	27.3	27.2	27.3	26.6	28.8
2:00:00 AM	28.3	26.8	26.3	26.2	27.1	26.9	26.9	26.2	28.3
3:00:00 AM	27.5	26.5	26.2	26.1	26.9	26.6	26.6	26.1	27.5
4:00:00 AM	27.2	26.3	26.1	26.0	26.8	26.3	26.5	26.0	27.2
5:00:00 AM	27.1	26.1	26.0	25.7	26.6	26.2	26.3	25.7	27.1
6:00:00 AM	26.9	25.9	26.1	25.8	26.6	25.9	26.2	25.8	26.9
7:00:00 AM	26.6	25.9	26.1	25.9	26.6	25.8	26.2	25.8	26.6
8:00:00 AM	26.6	26.1	26.1	26.0	26.7	25.8	26.2	25.8	26.7
9:00:00 AM	26.8	26.1	26.3	26.1	26.8	26.1	26.4	26.1	26.8
10:00:00 AM	27.2	26.7	26.7	26.8	27.2	26.7	26.9	26.7	27.2
11:00:00 AM	27.9	27.4	27.2	27.4	28.1	27.7	27.6	27.2	28.1
12:00:00 PM	28.5	28.1	28.0	28.1	28.9	28.7	28.4	28.0	28.9
1:00:00 PM	29.1	28.7	28.4	29.1	29.2	29.5	29.0	28.4	29.5
2:00:00 PM	29.9	29.4	28.9	29.6	29.9	30.0	29.6	28.9	30.0
3:00:00 PM	30.6	29.9	29.5	29.7	30.5	30.3	30.1	29.5	30.6
4:00:00 PM	31.3	30.5	30.2	30.7	31.1	31.2	30.8	30.2	31.3
5:00:00 PM	31.9	30.9	31.4	31.5	31.6	31.9	31.5	30.9	31.9
6:00:00 PM	32.2	30.9	31.2	31.5	31.6	31.8	31.5	30.9	32.2
7:00:00 PM	31.8	31.0	30.9	31.0	31.3	31.3	31.2	30.9	31.8
8:00:00 PM	31.5	30.7	30.2	30.6	30.7	30.7	30.7	30.2	31.5
9:00:00 PM	30.5	29.5	29.2	29.7	29.7	29.9	29.8	29.2	30.5
10:00:00 PM	29.8	28.7	28.7	29.2	29.3	29.4	29.2	28.7	29.8
11:00:00 PM	28.9	28.1	27.9	28.2	28.5	28.6	28.4	27.9	28.9
Rata Rata	29.0	28.1	28.0	28.1	28.6	28.4	28.4		
Terendah	26.6	25.9	26.0	25.7	26.6	25.8		25.7	
Tertinggi	32.2	31.0	31.4	31.5	31.6	31.9			32.2

4.16. Kesimpulan Simulasi Atap

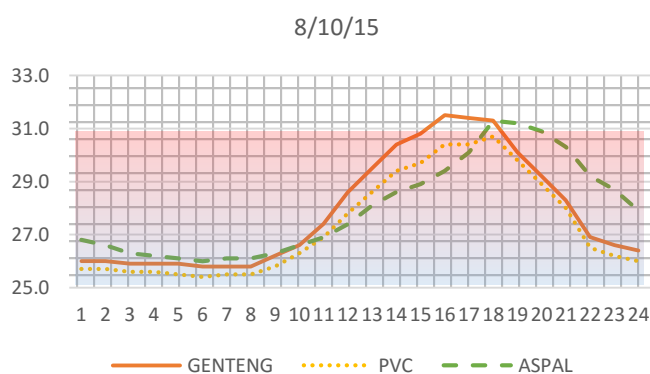
4.16.1. Alternatif material atap



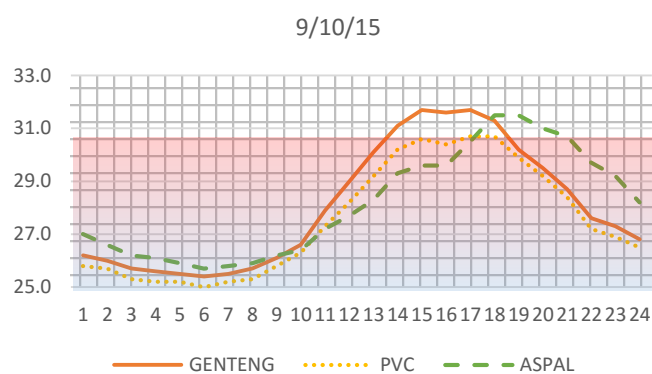
Grafik 4.30 Perbandingan suhu material Ruang I 6/10/15



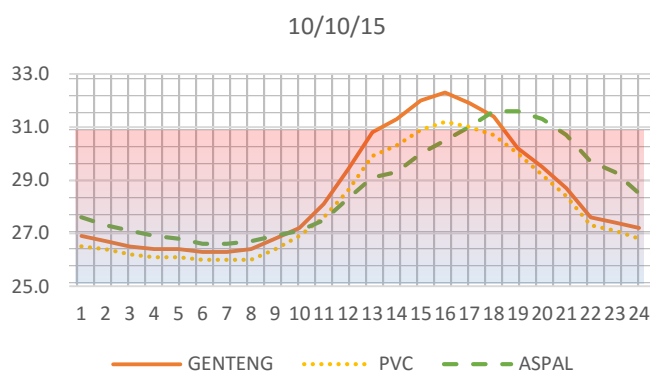
Grafik 4.31 Perbandingan suhu material Ruang I 7/10/15



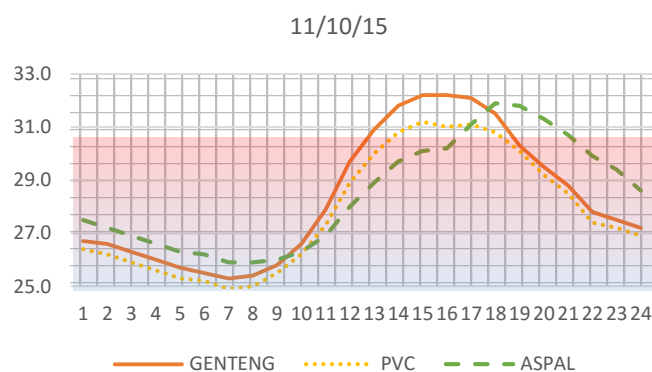
Grafik 4.32 Perbandingan suhu material Ruang I 8/10/15



Grafik 4.33 Perbandingan suhu material Ruang I 9/10/15



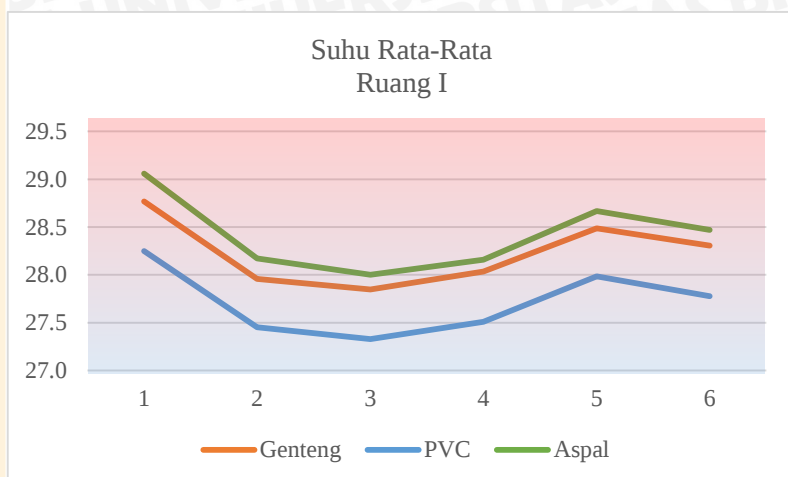
Grafik 4.34 Perbandingan suhu material Ruang I 10/10/15



Grafik 4.35 Perbandingan suhu material Ruang I 11/10/15

Grafik diatas menunjukan hasil perbandingan suhu antara material yang digunakan pada Ruang I. Terlihat pada grafik tersebut atap genteng merupakan atap dengan suhu tertinggi, khususnya pada siang hari ketika suhu ruangan mulai naik yaitu pada jam 10.00 dan mencapai puncaknya pada jam 16.00. Sedangkan atap aspal merupakan atap dengan suhu terendah di siang hari namun mencapai puncak suhunya pada jam 19.00. Sehingga untuk kondisi di siang hari atap aspal merupakan atap dengan suhu terendah dengan penurunan suhu rata-rata 4,28% dari atap genteng. Sementara itu atap PVC merupakan atap dengan suhu terendah kedua di bawah atap aspal pada kondisi di siang hari.

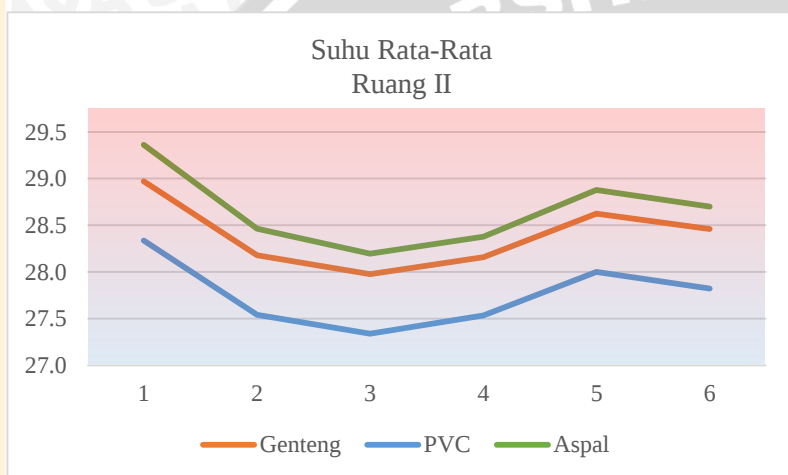
Namun untuk suhu rata-rata tiap material dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Grafik 4.36 Perbandingan suhu rata-rata material Ruang I

Genteng	PVC	Aspal
28.8	28.3	29.1
28.0	27.5	28.2
27.8	27.3	28.0
28.0	27.5	28.2
28.5	28.0	28.7
28.3	27.8	28.5

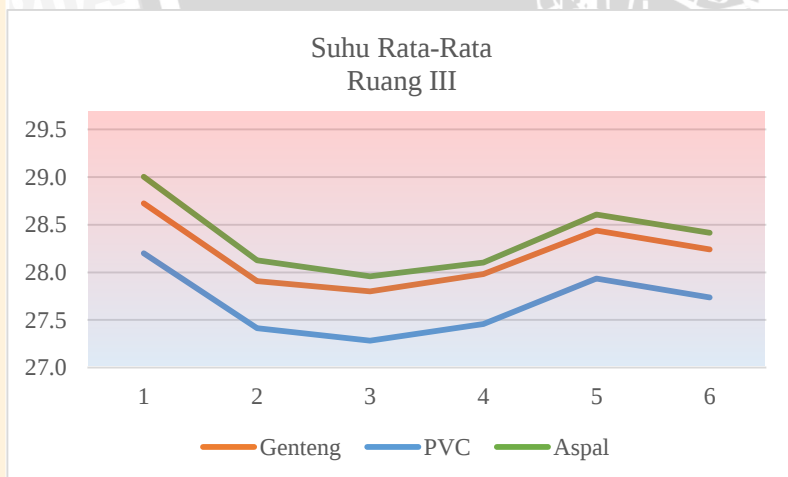
Tabel 4.45 Perbandingan suhu rata-rata material Ruang I



Grafik 4.37 Perbandingan suhu rata-rata material Ruang II

Genteng	PVC	Aspal
29.0	28.3	29.4
28.2	27.5	28.5
28.0	27.3	28.2
28.2	27.5	28.4
28.6	28.0	28.9
28.5	27.8	28.7

Tabel 4.46 Perbandingan suhu rata-rata material Ruang II



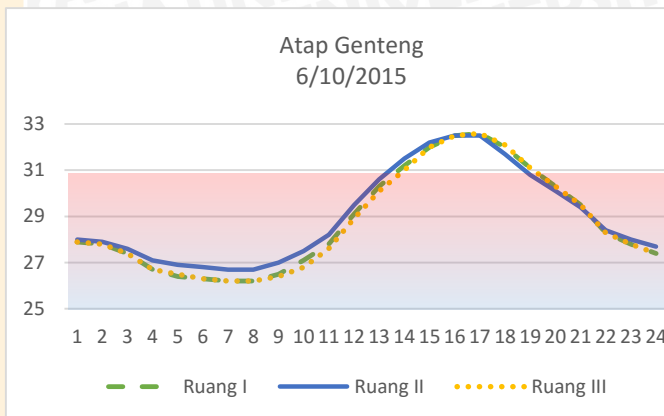
Grafik 4.38 Perbandingan suhu rata-rata material Ruang III

Genteng	PVC	Aspal
28.7	28.2	29.0
27.9	27.4	28.1
27.8	27.3	28.0
28.0	27.5	28.1
28.4	27.9	28.6
28.2	27.7	28.4

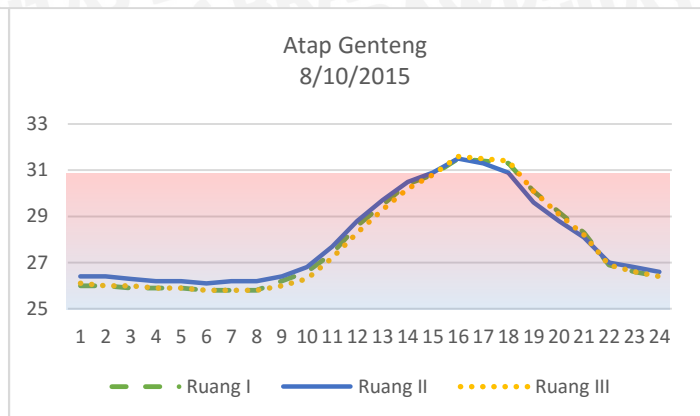
Tabel 4.47 Perbandingan suhu rata-rata material Ruang III

Terlihat pada grafik suhu rata-rata diatas perbandingan antara ketiga material. Terlihat dari grafik tersebut bahwa atap PVC memiliki suhu rata-rata terendah dengan penurunan suhu rata-rata 1,83% dari atap genteng. Sedangkan atap aspal merupakan atap terpanas diantara ketiga material yang digunakan meskipun atap aspal sendiri merupakan atap dengan suhu terendah di siang hari.

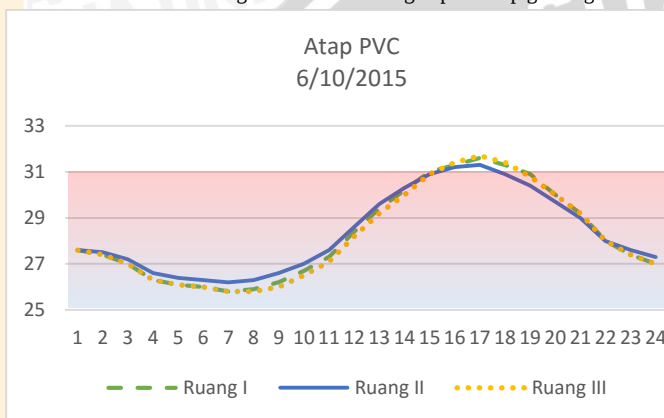
4.16.2. Perbandingan antar ruang



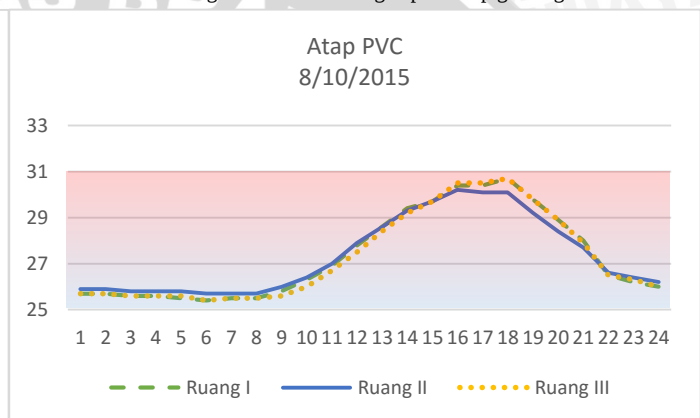
Grafik 4.39 Perbandingan suhu antar ruangan pada atap genteng 6/10/15



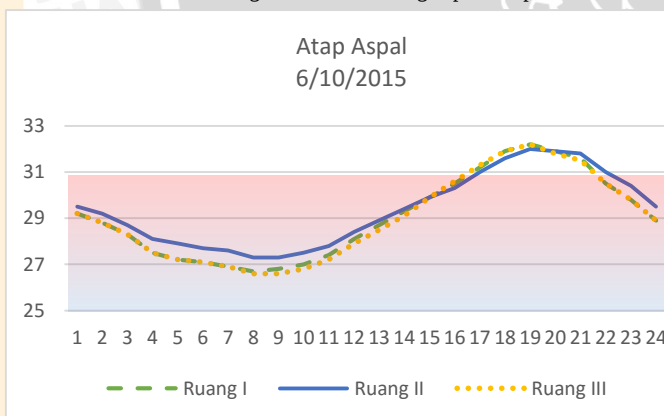
Grafik 4.40 Perbandingan suhu antar ruangan pada atap genteng 8/10/15



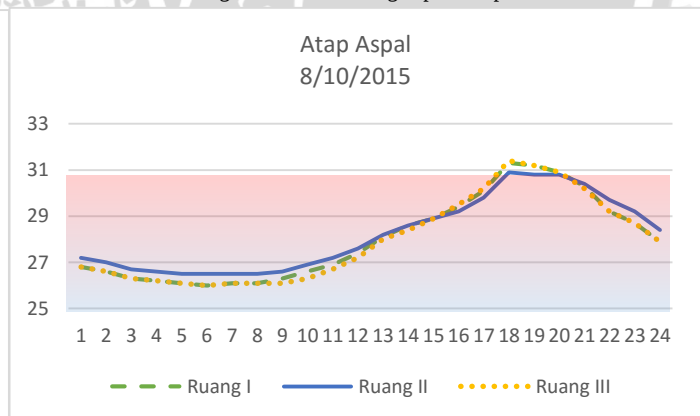
Grafik 4.41 Perbandingan suhu antar ruangan pada atap PVC 6/10/15



Grafik 4.42 Perbandingan suhu antar ruangan pada atap PVC 8/10/15



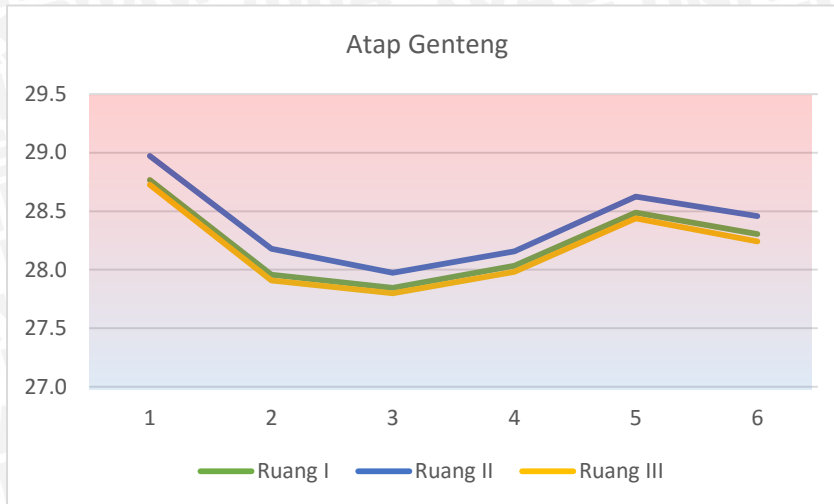
Grafik 4.43 Perbandingan suhu antar ruangan pada atap Aspal 6/10/15



Grafik 4.44 Perbandingan suhu antar ruangan pada atap Aspal 8/10/15

Grafik diatas menunjukan perbandingan suhu antara ketiga ruangan dengan menggunakan material yang berbeda. Suhu tersebut merupakan suhu ruangan pada hari terpanas dan hari terdingin yaitu tanggal 6/10/2015 dan tanggal 8/10/2015. Terlihat dari hasil simulasi menunjukan suhu ruangan yang berbeda terutama pada Ruang II. Pada material atap genteng suhu di siang hari pada Ruang II hampir sama dengan Ruang I dan Ruang III. Sedangkan pada material atap PVC dan atap Aspal suhu di siang hari pada Ruang II berada dibawah Ruang I dan Ruang III. Untuk Ruang I dan Ruang III suhunya

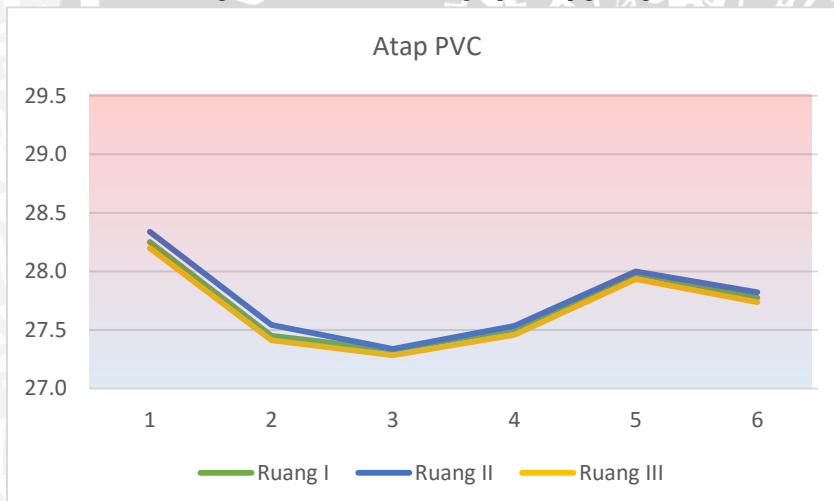
hampir sama sepanjang hari. Namun terdapat perbedaan pada Ruang I yang lebih tinggi di pagi hari kondisi tersebut berlaku pada semua material atap. Karena Ruang I dan Ruang III merupakan ruangan yang memiliki ukuran ruang yang sama dan hanya dibedakan pada letak ruang pada bangunan. Sedangkan untuk suhu rata-rata ruangan pada setiap alternatif material dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Grafik 4.45 Perbandingan suhu rata-rata antar ruangan pada atap genteng

Ruang I	Ruang II	Ruang III
28.8	29.0	28.7
28.0	28.2	27.9
27.8	28.0	27.8
28.0	28.2	28.0
28.5	28.6	28.4
28.3	28.5	28.2

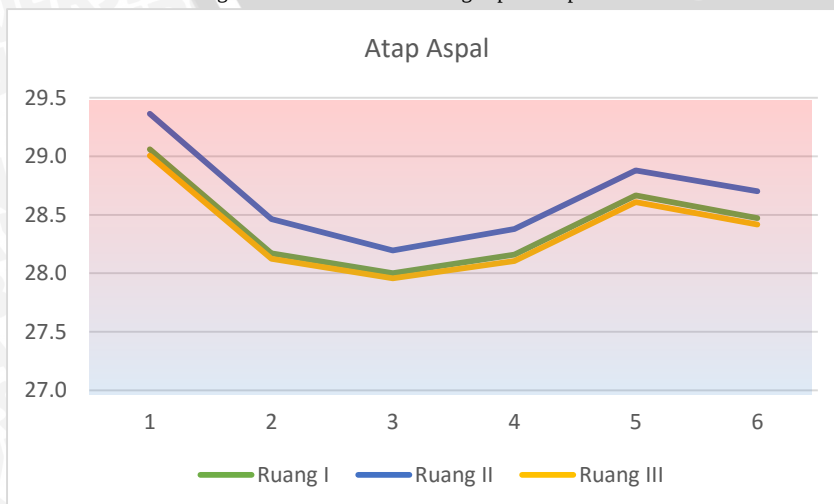
Tabel 4.48 Perbandingan suhu rata-rata antar ruang pada atap genteng



Grafik 4.46 Perbandingan suhu rata-rata antar ruangan pada atap PVC

Ruang I	Ruang II	Ruang III
28.3	28.3	28.2
27.5	27.5	27.4
27.3	27.3	27.3
27.5	27.5	27.5
28.0	28.0	27.9
27.8	27.8	27.7

Tabel 4.49 Perbandingan suhu rata-rata antar ruang pada atap PVC



Grafik 4.47 Perbandingan suhu rata-rata antar ruangan pada atap aspal

Ruang I	Ruang II	Ruang III
29.1	29.4	29.0
28.2	28.5	28.1
28.0	28.2	28.0
28.2	28.4	28.1
28.7	28.9	28.6
28.5	28.7	28.4

Tabel 4.50 Perbandingan suhu rata-rata antar ruang pada atap aspal

Grafik diatas menunjukkan perbandingan suhu rata rata tiap ruangan pada setiap material atap yang digunakan. Sehingga dapat dilihat ruangan mana yang lebih optimal pada setiap material. Pada material atap genteng suhu rata rata Ruang II diatas Ruang I dan Ruang II seperti pada keadaan suhu di siang hari. Sehingga dapat dilihat bahwa ruang terpanas adalah Ruang II. Sama halnya dengan atap aspal dimana suhu Ruang II masih diatas Ruang I dan Ruang III. Namun berbeda dengan atap PVC yang menurunkan suhu pada Ruang II sehingga material atap PVC bekerja lebih optimal pada Ruang II. Sedangkan Ruang I dan Ruang III memiliki suhu rata rata yang hampir sama pada setiap material atap meskipun suhu pada Ruang III masih dibawah Ruang I.



4.17. Hasil Akhir

4.17.1. Suhu terendah siang hari

Material atap dengan suhu terendah di siang hari adalah material **atap Aspal (Bitumen)**. Terlihat pada grafik dan tabel pada hasil simulasi bahwa atap aspal merupakan atap dengan suhu terendah di siang hari dengan penurunan suhu **5,07%** dari material atap konvensional. Hal tersebut dikarenakan *Thermal Lag* pada material ini lebih lama jika dibandingkan material lain sehingga panas matahari meresap lebih lama ke dalam bangunan.

4.17.2. Suhu terendah rata-rata

Material dengan suhu rata-rata terendah sepanjang hari adalah material atap **Thermoplastic Polyvinyl Chloride (PVC)**. Terlihat pada tabel dan grafik suhu rata-rata material PVC adalah suhu terendah jika dibandingkan material lainnya dengan penurunan suhu dari material atap konvensional **2,28%**. Hal tersebut dikarenakan material ini memiliki daya pantul yang tinggi terhadap sinar dan radiasi matahari (*Solar Reflectance*) sehingga sinar dan radiasi matahari tidak masuk ke dalam bangunan melainkan di pantulkan kembali.

4.17.3. Ruang dengan suhu optimal

Material atap yang digunakan pada bangunan menghasilkan suhu ruangan yang berbeda tiap ruangnya. Hal tersebut dikarenakan perbedaan luas area dan arah hadap atap. Sehingga perubahan suhu setiap ruangnya berbeda dan ruang yang memiliki perubahan suhu yang signifikan adalah **Ruang II**. Perubahan suhu secara signifikan terlihat pada hasil simulasi menggunakan material **atap PVC** suhu rata-rata pada ruangan tersebut menurun secara signifikan jika dibandingkan dengan material lainnya.

4.17.4. Kemiringan atap optimal

Kemiringan atap yang digunakan pada bangunan memiliki kinerja yang berbeda-beda dan juga berbeda tiap material yang digunakan. Hal itu disebabkan karena ruang yang terbentuk di atas plafon atau yang disebut loteng. Hasil dari simulasi yang telah dilakukan didapatkan bahwa kemiringan atap yang optimal adalah **45°** dan material yang berpengaruh dengan kemiringan atap adalah **atap Aspal** dengan perubahan suhu 2,56% dari kemiringan 0° ke 30° dan 2,05% dari kemiringan 30° ke 45°

4.17.5. Orientasi optimal

Pada penelitian ini orientasi pada bangunan kurang mempengaruhi hasil dari simulasi dengan perubahan suhu maksimal $0,1^{\circ}\text{C}$ hal tersebut dikarenakan data radiasi matahari yang digunakan pada saat simulasi kurang lengkap. Sehingga sinar matahari yang terpapar pada tidak sama seperti yang terjadi pada keadaan sesungguhnya.

