

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Deskripsi Umum Lokasi Penelitian

##### 4.1.1 Kota Malang

Kota Malang adalah sebuah kota yang terletak di Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Kota yang berpenduduk 820.243 (2010) ini berada di dataran tinggi yang cukup sejuk, terletak 90 km sebelah selatan Kota Surabaya, dan wilayahnya dikelilingi oleh Kabupaten Malang. Luas wilayah kota Malang adalah 252,10 km<sup>2</sup>. Malang merupakan kota terbesar kedua di Jawa Timur setelah Surabaya, dan dikenal dengan julukan *kota pelajar*.

Kota Malang berada pada iklim yang cukup sejuk dan terletak pada ketinggian antara 429 - 667 meter di atas permukaan air laut. 112,06° - 112,07° Bujur Timur dan 7,06° - 8,02° Lintang Selatan, dengan dikelilingi gunung-gunung:

- Gunung Arjuno di sebelah Utara
- Gunung Semeru di sebelah Timur
- Gunung Kawi dan Panderman di sebelah Barat
- Gunung Kelud di sebelah Selatan

##### 4.1.2 Kondisi iklim

Kota Malang yang terletak pada ketinggian antara 440 - 667 meter di atas permukaan air laut, merupakan salah satu kota tujuan wisata di Jawa Timur karena potensi alam dan iklim yang dimiliki. Letaknya yang berada ditengah-tengah wilayah Kabupaten Malang secara astronomis terletak 112,06° - 112,07° Bujur Timur dan 7,06° - 8,02° Lintang Selatan.

Kondisi iklim kota malang tergolong memiliki karakteristik suhu dan kelembaban tinggi. Berdasarkan data meteorologi kota malang tahun 2012 bahwa rata-rata suhu udara bulanan konsisten dengan selisih suhu hanya 3.1<sup>0</sup> C. dari 21.6<sup>0</sup> C di bulan juli dan 24.7<sup>0</sup> C di bulan November. Rata rata temperatur harian kira kira 23.3 sepanjang tahun. Dengan kelembaban antara 60 – 85%.

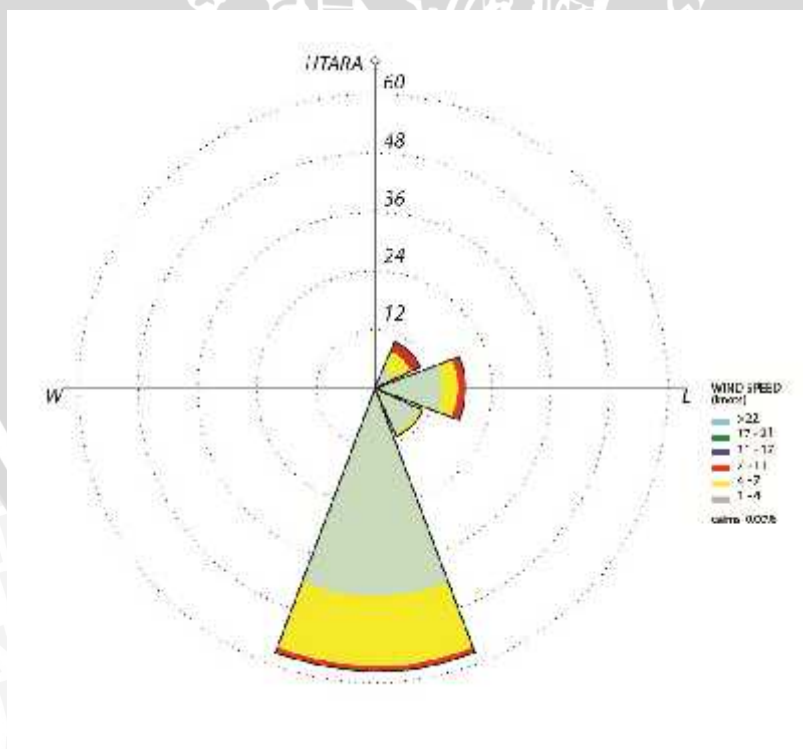
**Suhu dan Kelembaban**



Gambar.4.1 Pola Musiman suhu udara dan kelembaban, BMKG 2012)

Dari tabel dapat diketahui bahwa suhu tertinggi adalah pada bulan oktober dan November

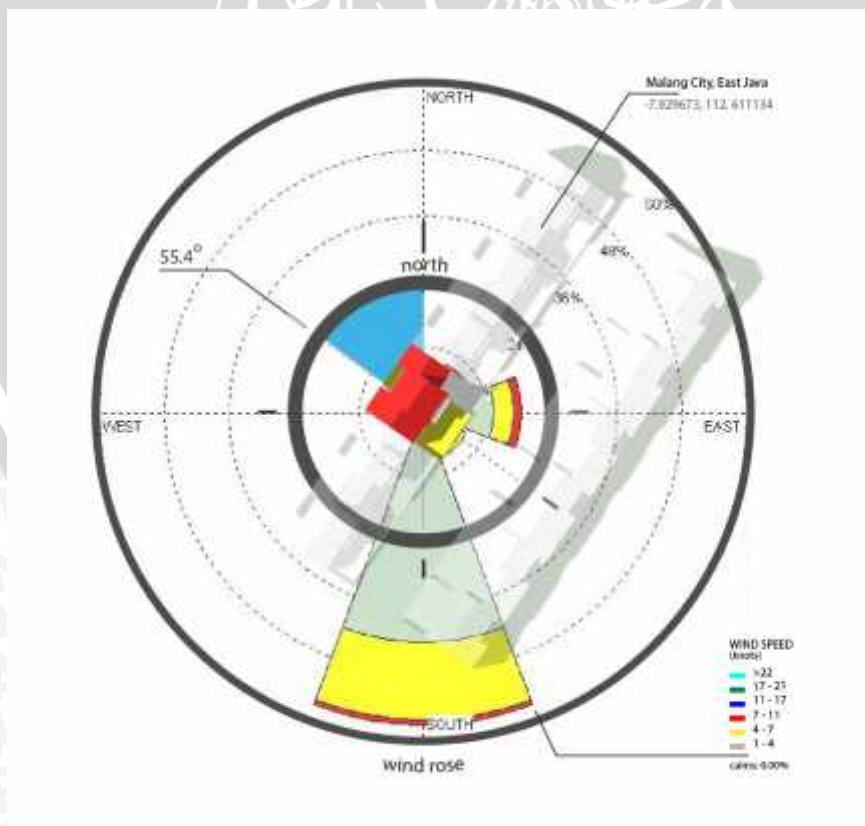
**Angin**



Gambar. 4.2 Grafik Pola dan Frekuensi angin di kota malang, BMKG 2012)

### 4.1.3 Objek bangunan

Lokasi penelitian berada di kota malang, kecamatan lowokwaru , kelurahan tunggulwulung, Kecamatan lowokwaru merupakan daerah Sebuah Rumah di perumahan griya saxophone nomer 42.



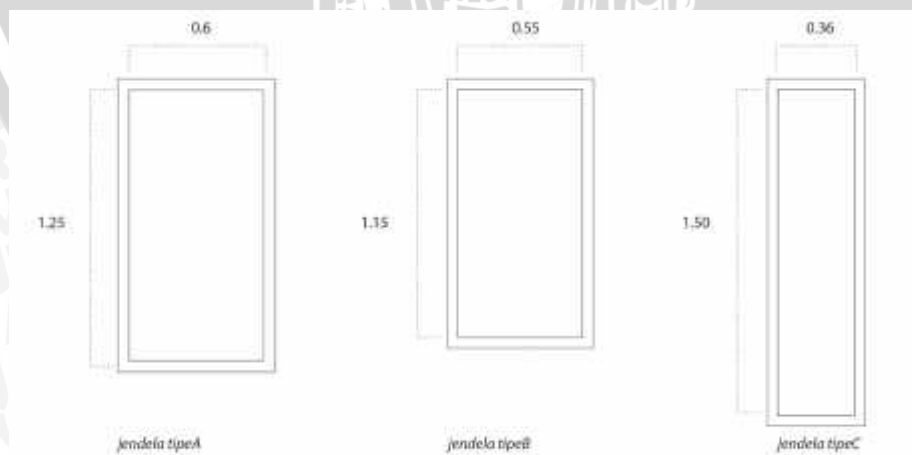
Gambar.4.3. Lokasi Penelitian



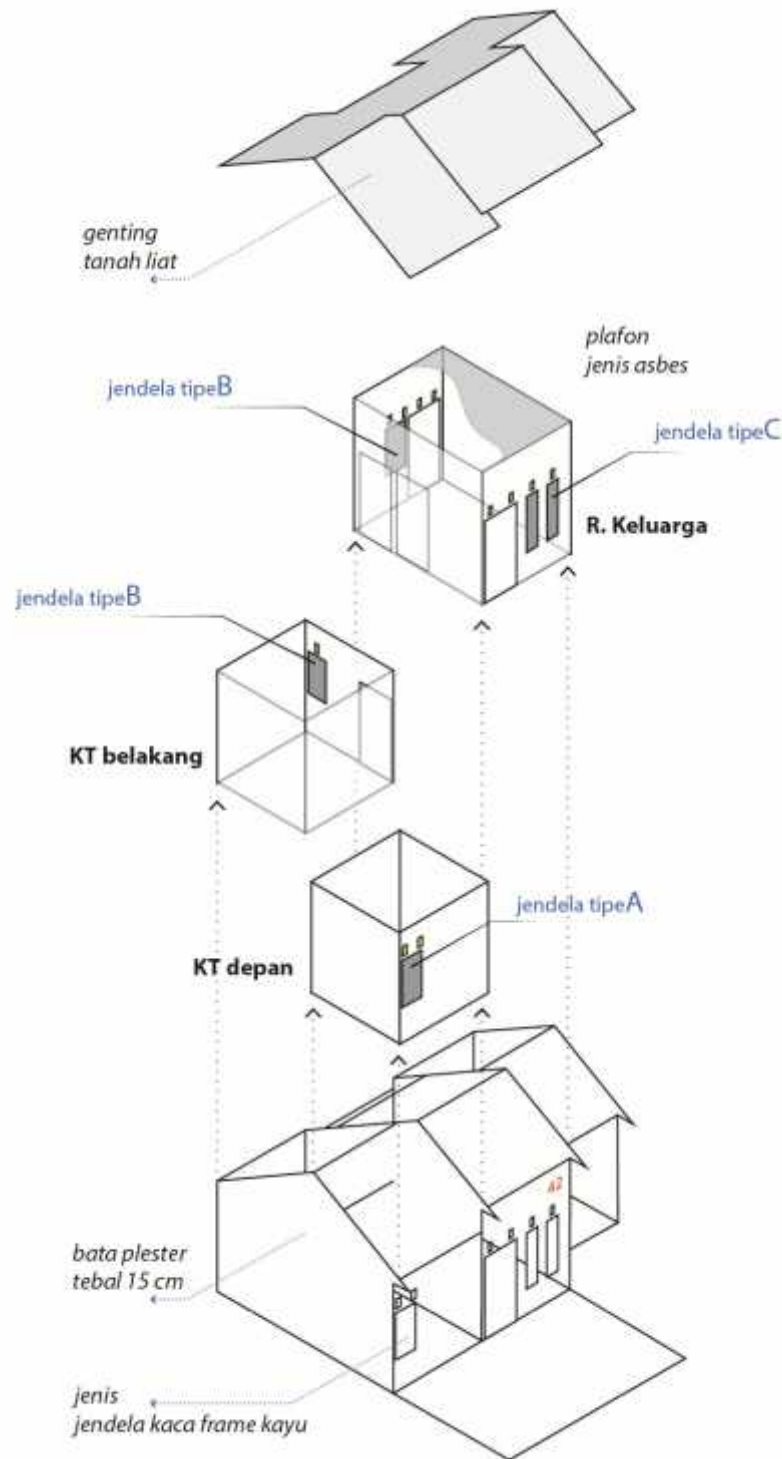


Gambar.4.4 Denah dan potongan rumah (objek penelitian)

Objek ruang yang diamati adalah ruang keluarga, Kamar tidur Depan dan kamar tidur belakang dengan bukaan jendela. Jenis jendela adalah kaca frame kayu. Tipe bukaan keatas.



Gambar.4.4 Jenis jendela dan posisi di objek penelitian



Gambar. 4.5 Objek Ruang dan Bukaannya Jendela yang Diamati.

	luas ruang	volume ruang	% jendela
r keluarga	11 m <sup>2</sup>	38.5 m <sup>3</sup>	19 %
kt depan	7.54 m <sup>2</sup>	22.5m <sup>3</sup>	10%
kt belakang	7.54 m <sup>2</sup>	22.5m <sup>3</sup>	8%

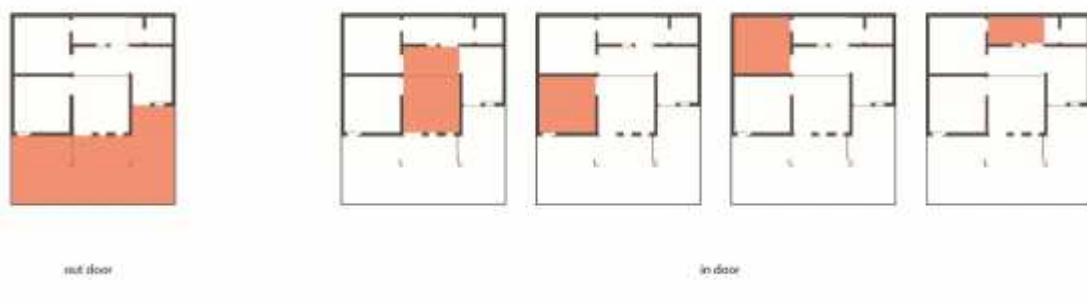
Gambar.4.6 Luas, volume dan persentase luasan bukaan jendela terhadap lantai.

## 4.2 Kondisi Termal

Faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal meliputi:

1. Suhu
2. Kelembaban
3. Kecepatan angin
4. Dan suhu permukaan

Kondisi kelembaban outdoor dan suhu outdoor dari perhitungan 3 hari dengan Pengukuran dibagi menjadi ruang luar dan ruang dalam.



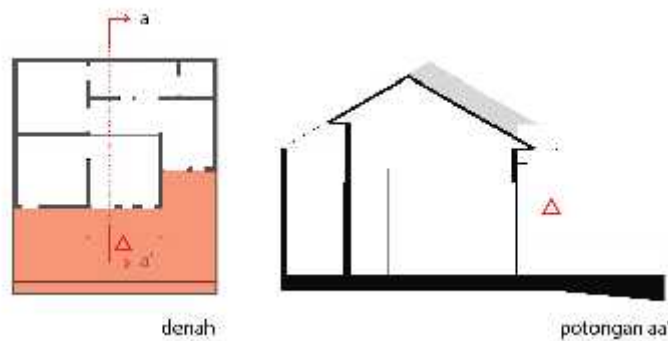
Gambar.4.7 Ruang yang diamati

Diagram menunjukkan ruang yang akan dibandingkan (luar) outdoor dan (dalam) indoor. Pengukuran ruang luar (outdoor) sebagai representasi dari standar kenyamanan termal suhu dan kelembaban. Tetapi dipengaruhi oleh variabel- variabel psikologis yang kompleks. Walaupun pada konsep pendekatannya kenyamanan termal ditentukan oleh variabel- variabel yang kompleks tapi variabel yang menentukan dalam model model ini adalah temperature udara luar (*outdoor temperature*). Hal ini disebabkan karena variable psikologis dan fisiologis pada akhirnya dimoderatori oleh udara luar.



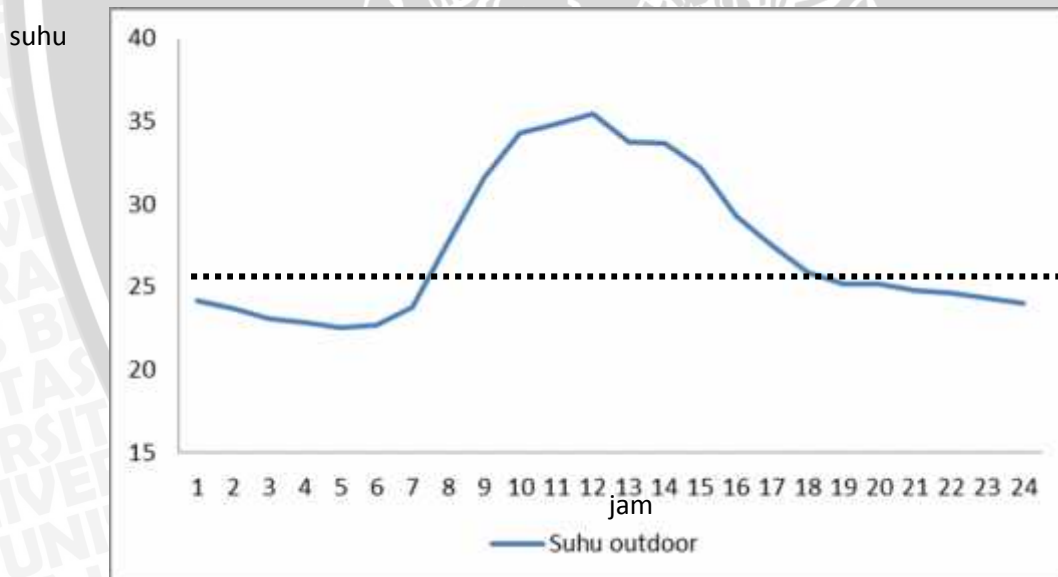
#### 4.2.1 Pengukuran Ruang Luar (*Outdoor*)

Pengukuran luar ruang (*outdoor*) dilakukan pada teras depan.

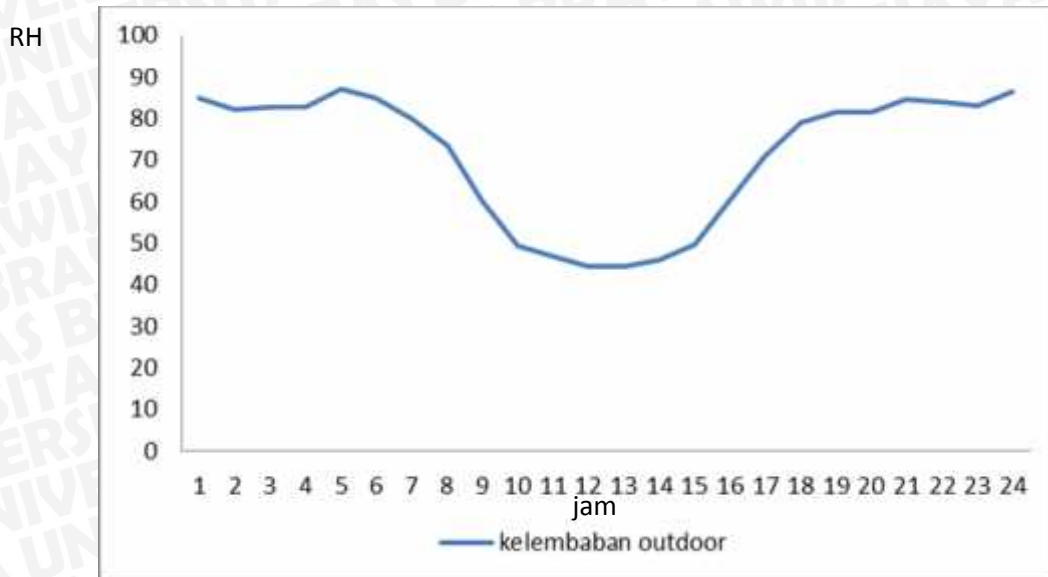


Gambar.4.8 Ruang amatan dan peletakan alat ukur outdoor

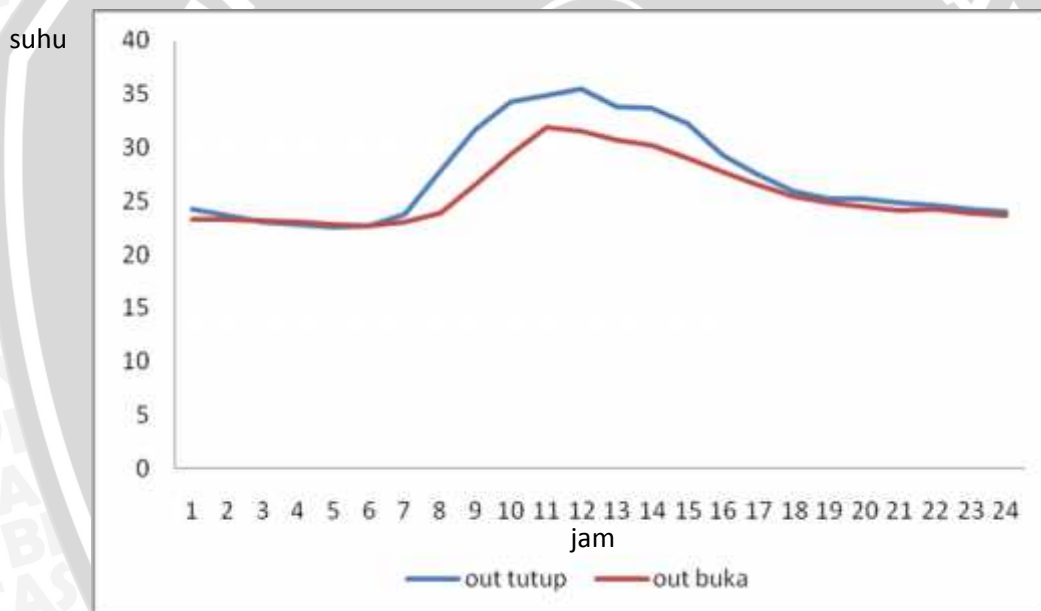
Kondisi suhu udara dan kelembaban outdoor selama pengukuran 3 hari rata-rata tiap jam ditunjukkan pada gambar berikut. Berdasarkan data tersebut suhu terendah berada pada jam 4 sebesar  $22.56^{\circ}\text{C}$  dan suhu tertinggi berada pada jam 12 dengan nilai  $35.45^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 4.9 Suhu udara rata rata tiap jam outdoor



Gambar. 4.10 Kelembaban rata rata tiap jam outdoor



Gambar. 4.11 .Suhu rata – rata pada jendela ditutup dan dibuka

Hal ini perlu dibandingkan karena penelitian dilakukan dengan suhu rata bulanan yang berbeda. Pada bulan November suhu udara cenderung tinggi dibandingkan dengan bulan Desember dengan tingkat kelembaban yang juga meningkat.

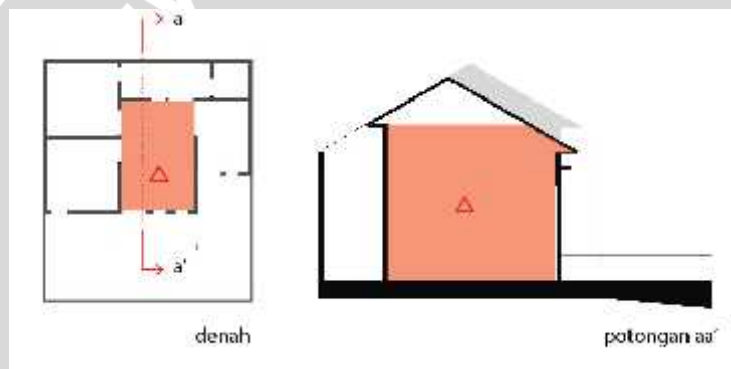


#### 4.2.2 Pengukuran Ruang Dalam (*indoor*)

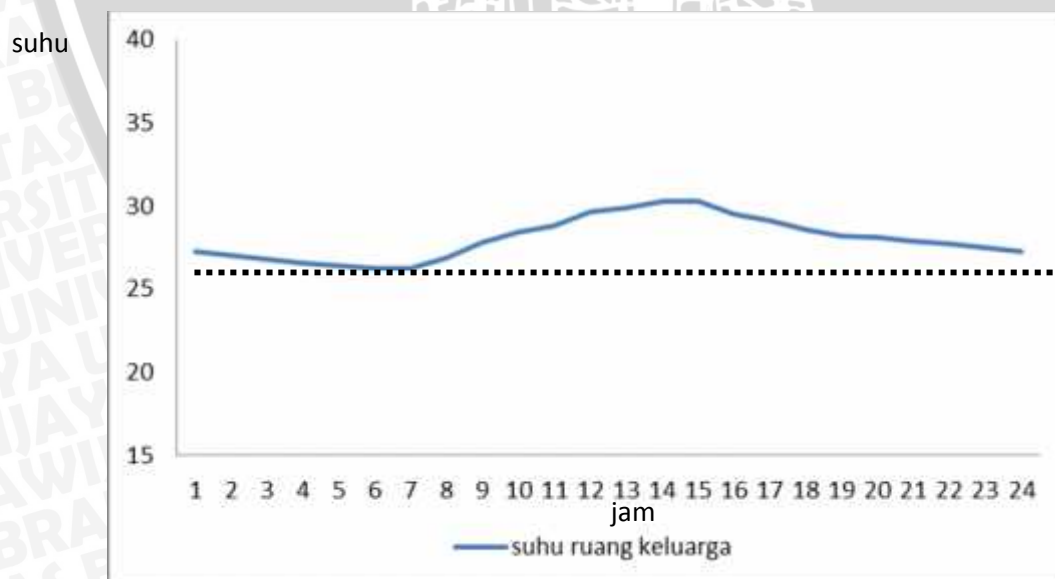
Ruang dalam dibagi menjadi tiga ruang, yaitu ruang keluarga, kamar tidur depan, dan kamar tidur belakang.

Pengukuran dilakukan dengan dua perlakuan yaitu pada saat jendela ditutup dan jendela dibuka untuk mengetahui pengaruh bukaan terhadap kinerja termal. Dalam penelitian kali ini dilakukan pengukuran masing masing 3 (tiga) hari pada bulan November – Desember di hari cerah. Pengukuran jendela tertutup dilakukan pada tanggal 21, 23 dan 27 november. Gambar dibawah ini disajikan data pengukuran perhari dan rata – rata jam harian.

- a. Pengukuran suhu dan kelembaban pada ruang keluarga.  
1. kondisi dengan perlakuan jendela ditutup.



Gambar.4.12. Ruang amatan dan peletakan alat ukur ruang keluarga



Gambar.4.13 Grafik pengamatan suhu ruang dengan jendela ditutup

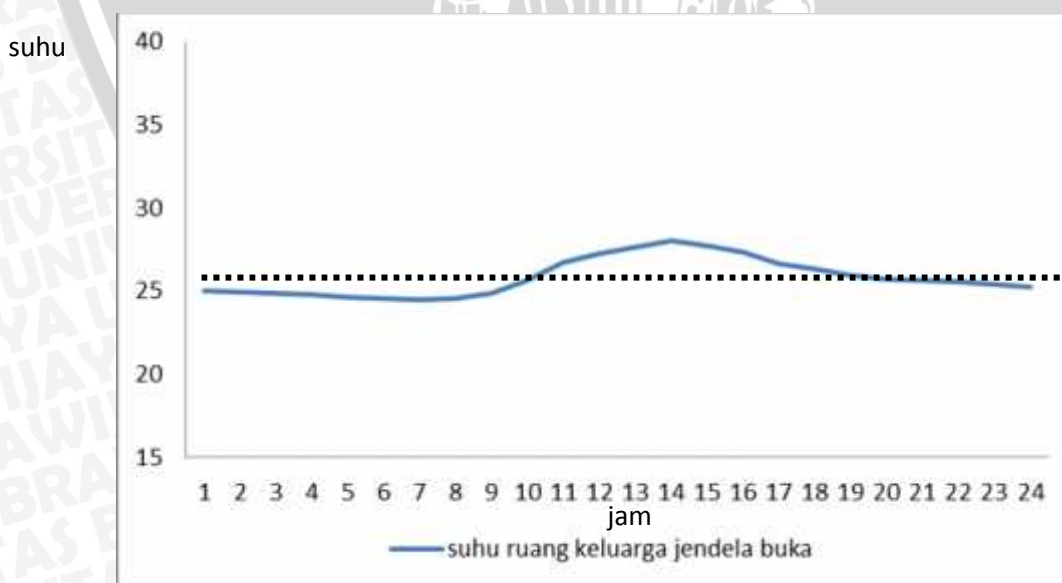


Gambar.4.14 Grafik pengamatan kelembaban ruang dengan jendela ditutup

Berdasarkan data tersebut suhu terendah berada pada jam 6 dan 7 sebesar  $26.25^{\circ}$  C dan suhu tertinggi berada pada jam 14.00 dengan nilai  $30.28^{\circ}$  C. Suhu netral dapat dicapai pada pagi dan menjelang tengah malam.

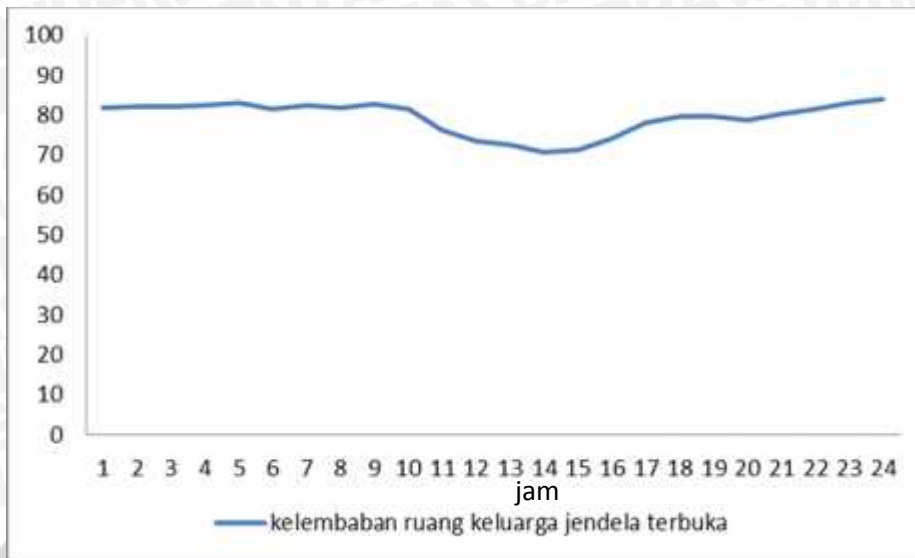
2. Pengukuran dengan jendela terbuka.

Telah desepakati bahwa pengukuran dilakukan pada bulan November – Desember pada hari cerah. Pengukuran jendela terbuka dilakukan pada tanggal 30 november, 8 dan 9 Desember. Pada pengukuran ini jendela dibuka dengan sudut 15 derajat.



Gambar. 4.15 Grafik pengamatan suhu ruang keluarga dengan jendela dibuka

RH

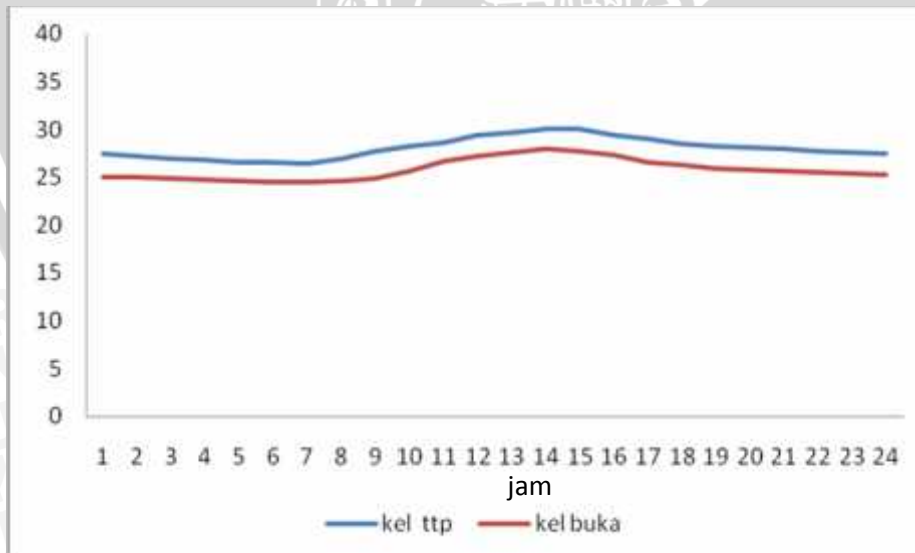


Gambar.4.16 Grafik pengamatan kelembaban ruang keluarga dengan jendela ditutup

Berdasarkan data tersebut suhu terendah berada pada jam 6 sebesar  $24.49^{\circ}\text{C}$  dan suhu tertinggi berada pada jam 12 dengan nilai  $28^{\circ}\text{C}$ .

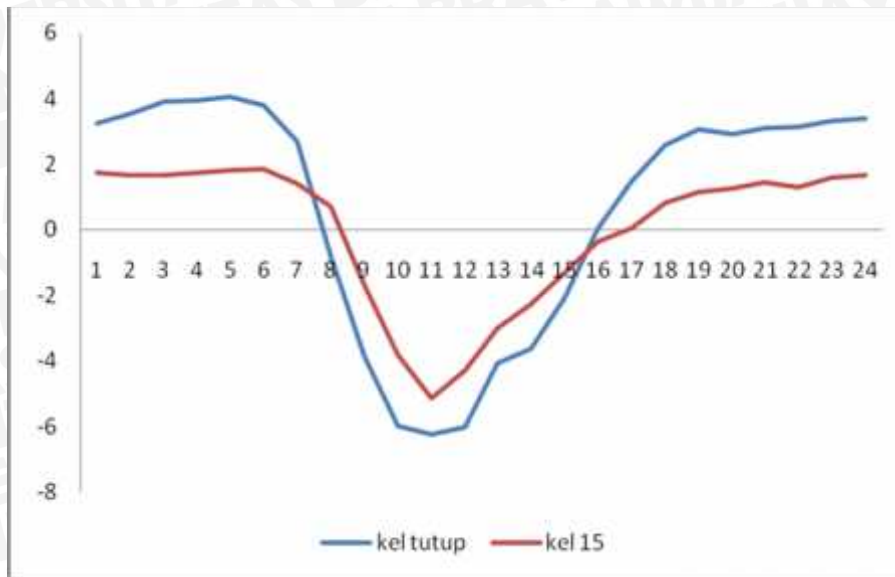
Penelitian dilakukan dengan suhu rata bulanan yang berbeda, pada bulan november cenderung tinggi dan desember cenderung rendah dengan tingkat kelembaban yang meningkat.

suhu



Gambar.4.16 Grafik perbandingan rata – rata suhu ruang keluarga jendela ditutup dan dibuka



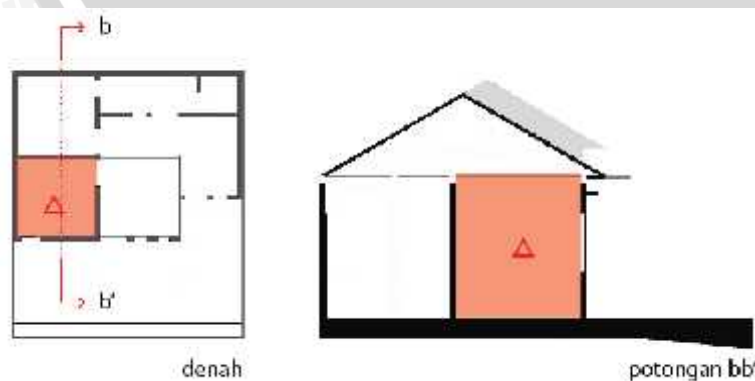


Gambar.4.17 Grafik selisih suhu luar (outdoor) dengan dua perlakuan pada ruang keluarga

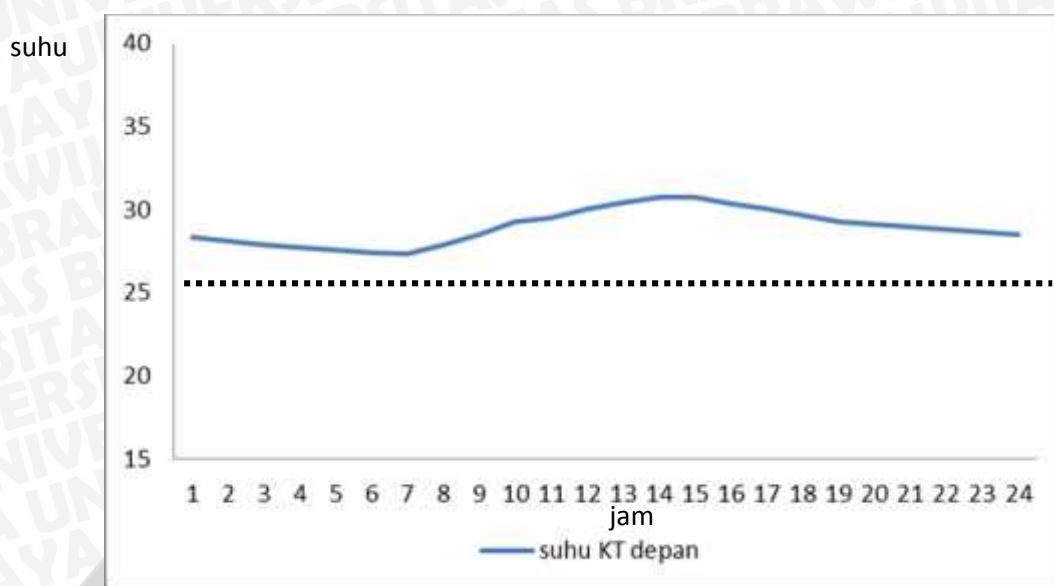
Grafik tersebut menunjukkan selisih suhu outdoor dengan indoor ruang keluarga, tanda positif menunjukkan selisih bahwa suhu indoor lebih panas dan negatif menunjukkan adanya penurunan. Terlihat bahwa pada perlakuan jendela ditutup dengan rata suhu luar pada jam 12.00 dini hari sampai jam 08.00 dan jam 05.00 sore hingga malam hampir sama dengan suhu luar pada perlakuan jendela dibuka.

Terlihat bahwa pengaruh jendela terhadap perbedaan suhu pada pengukuran memberikan selisih yang cukup besar dengan jendela ditutup. Jendela ditutup memberikan pengaruh perubahan suhu yang cukup besar, namun pada pagi dan sore hari jendela tutup cenderung membuat suhu dalam ruang lebih tinggi dari ruang luar.

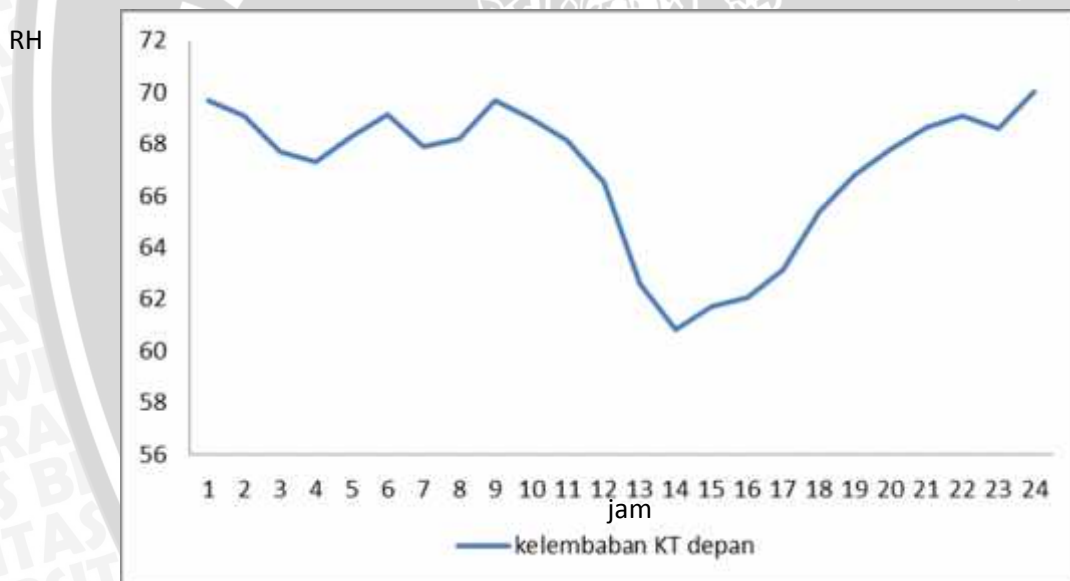
- b. Pengukuran suhu dan kelembaban pada kamar tidur depan.
  - 1. Pengukuran pada jendela ditutup



Gambar.4.17 Ruang amatan dan peletakan alat ukur.



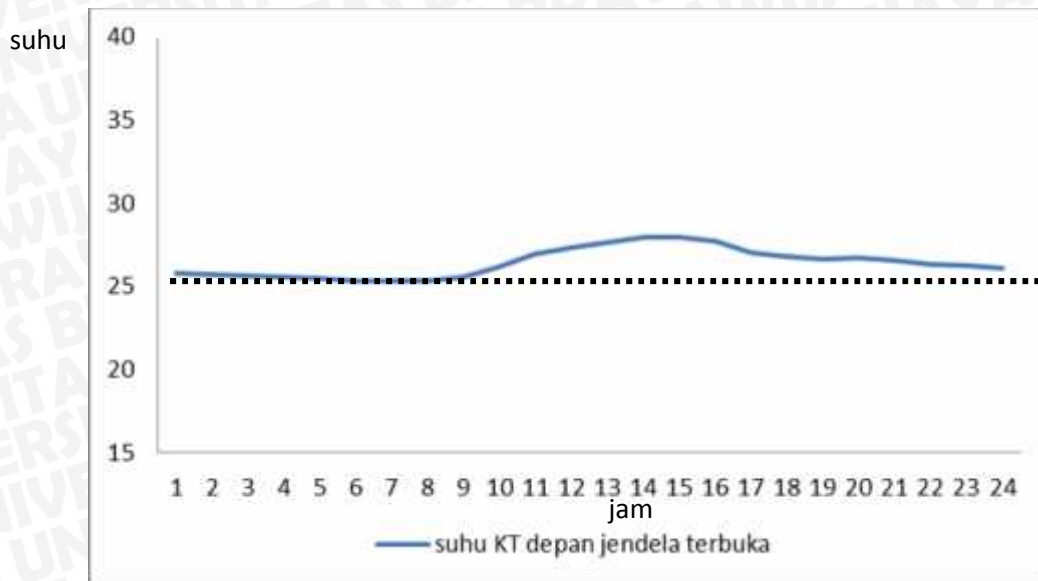
Gambar.4.18 Suhu udara rata rata tiap jam pada kamar tidur depan



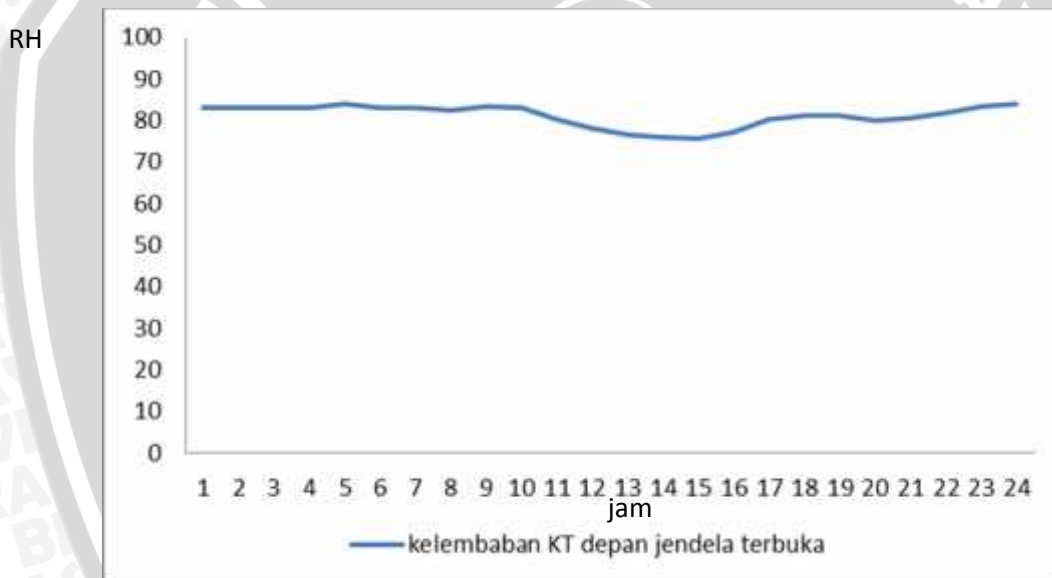
Gambar 4.19 Kelembaban rata rata tiap jam pada kamar tidur depan

Berdasarkan data tersebut suhu terendah berada pada jam 6 sebesar  $27.32^{\circ}\text{C}$  dan suhu tertinggi berada pada jam 13.00 dengan nilai  $30.71^{\circ}\text{C}$ .

2. Pengukuran dengan perlakuan jendela terbuka,



Gambar. 4.20 Suhu udara rata-rata tiap jam pada kamar tidur depan jendela terbuka

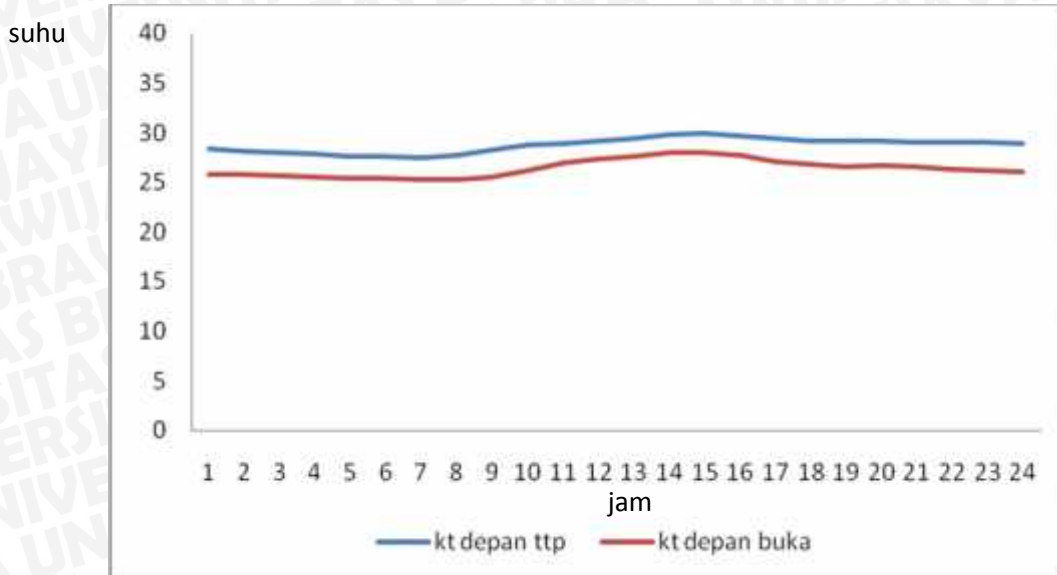


Gambar. 4.21 Kelembaban rata-rata tiap jam pada kamar tidur depan jendela terbuka

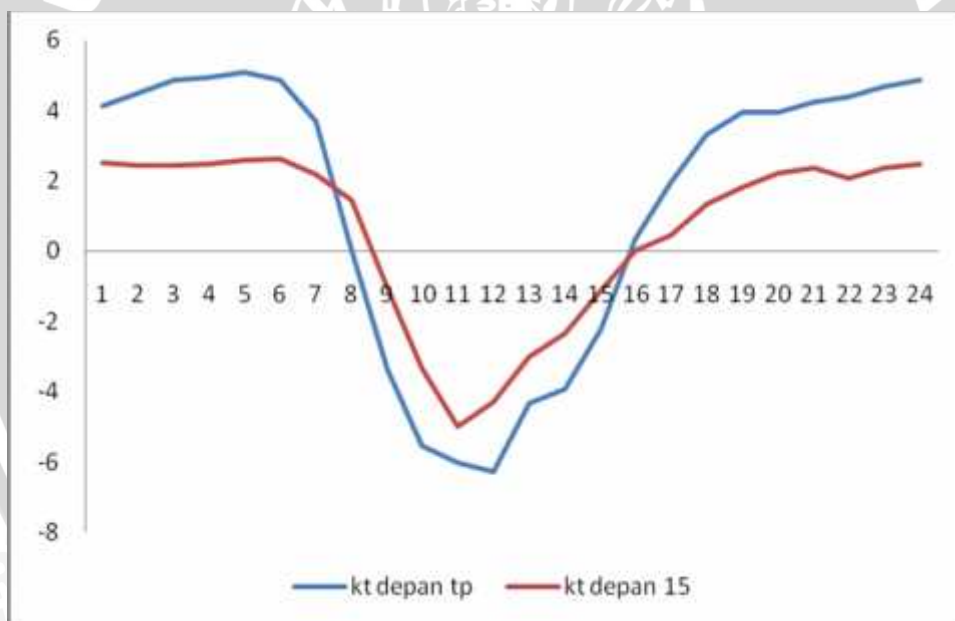
Berdasarkan data tersebut suhu terendah berada pada jam 6 sebesar  $25.29^{\circ}\text{C}$  dan suhu tertinggi berada pada jam 13.00 dengan nilai  $27.93^{\circ}\text{C}$ .

Penelitian dilakukan dengan suhu rata bulanan yang berbeda, pada bukan november cenderung tinggi dan desember cenderung rendah dengan tingkat kelembaban yang meningkat.





Gambar.4.22 Grafik perbandingan rata – rata suhu kamar tidur depan jendela ditutup dan dibuka



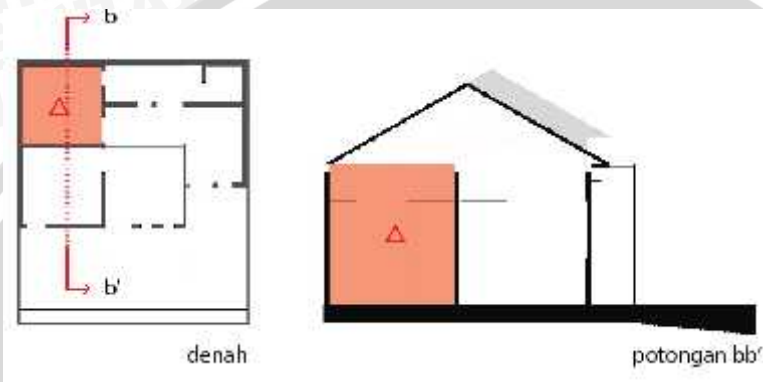
Gambar.4.23 Grafik selisih suhu luar (outdoor) dengan dua perlakuan pada kamar tidur depan

Grafik tersebut menunjukkan selisih suhu outdoor dengan indoor kamar tidur depan, tanda positif menunjukkan selisih bahwa suhu indoor lebih panas dan negatif menunjukkan adanya penurunan. Terlihat bahwa pada perlakuan jendela ditutup dengan rata suhu luar pada jam 12.00 dini hari sampai jam 08.00 dan jam 05.00 sore hingga malam hampir sama dengan suhu luar pada perlakuan jendela dibuka.

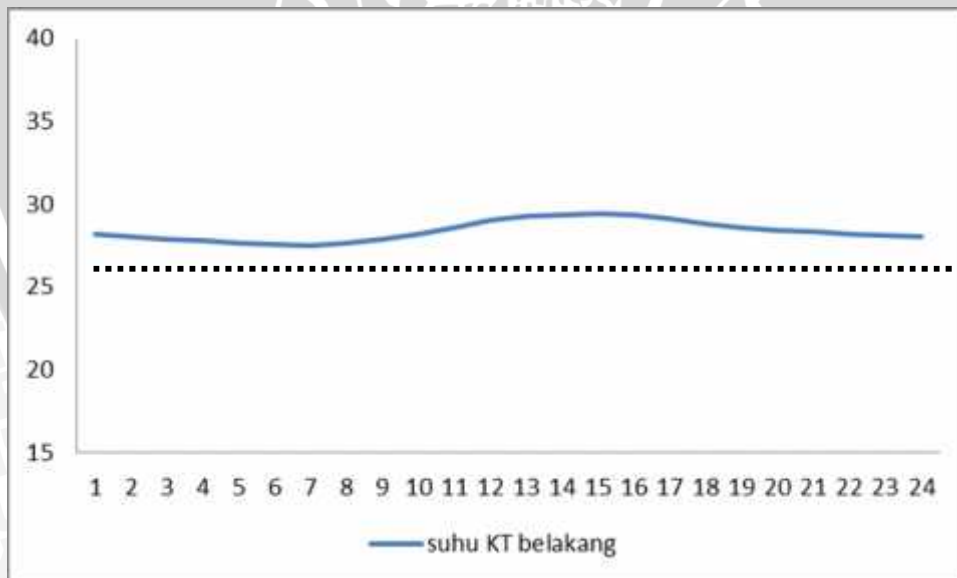
Terlihat bahwa pengaruh jendela terhadap perbedaan suhu pada pengukuran memberikan selisih yang cukup besar dengan jendela ditutup. Jendela ditutup memberikan pengaruh perubahan suhu yang cukup besar, namun pada pagi dan sore hari jendela tutup cenderung membuat suhu dalam ruang lebih tinggi dari ruang luar.

c. Pengukuran suhu dan kelembaban kamar tidur belakang

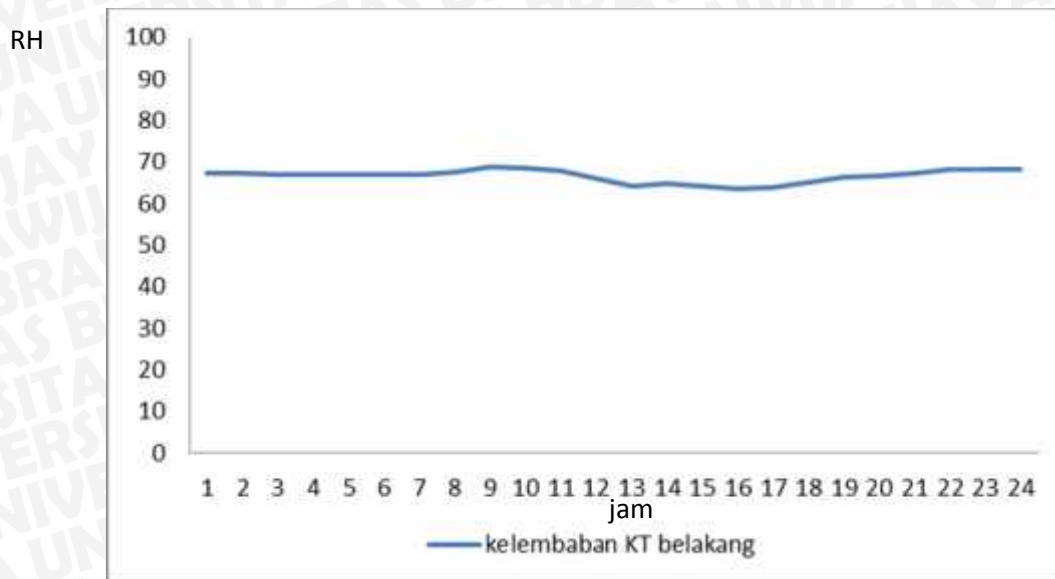
1. Pengukuran pada jendela ditutup



Gambar. 4.23 Ruang amatan dan peletakan alat ukur.



Gambar.4.25. Suhu udara rata rata tiap jam pada kamar tidur belakang

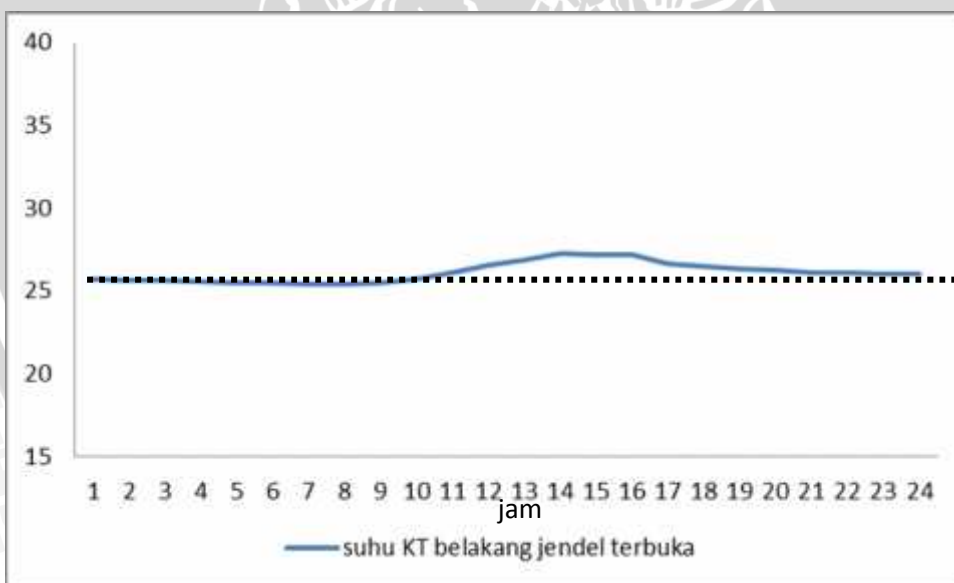


Gambar. 4.26 Kelembaban rata rata tiap jam pada kamar belakang

Berdasarkan data tersebut suhu terendah berada pada jam 6 sebesar  $27.47^{\circ}\text{C}$  dan suhu tertinggi berada pada jam 14.00 dengan nilai  $29.41^{\circ}\text{C}$ .

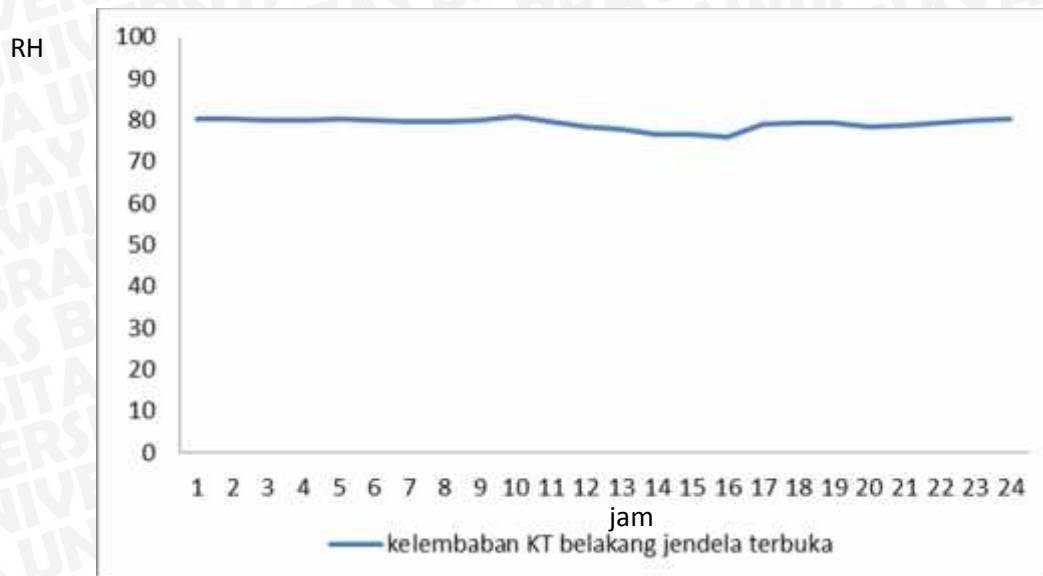
2. Pengukuran dengan perlakuan jendela terbuka,

suhu



Gambar.4.27 Suhu udara rata rata tiap jam pada kamar tidur belakang jendela terbuka



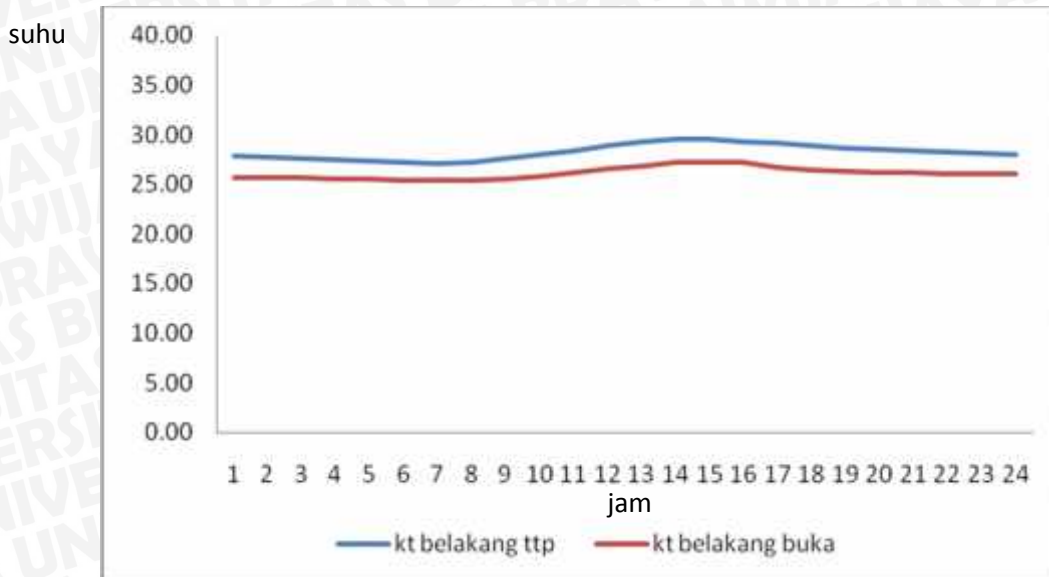


Gambar. 4.28 Kelembaban rata rata tiap jam pada kamar belakang jendela terbuka

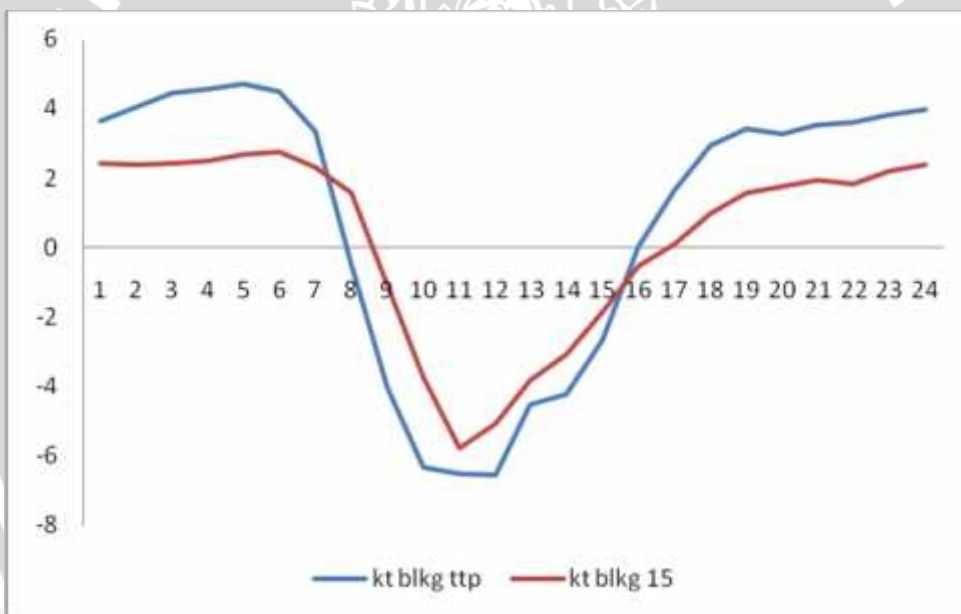
Berdasarkan data tersebut suhu terendah berada pada jam 6.00 sebesar  $25.40^{\circ}\text{C}$  dan suhu tertinggi berada pada jam 13.00 dengan nilai  $27.22^{\circ}\text{C}$ .

Dari ketiga pengukuran yang disajikan secara grafik, yaitu ruang keluarga, kamar tidur depan, dan kamar tidur belakang menunjukkan bahwa terdapat persamaan suhu terendah pada jam 6.00 hingga 7.00, dan suhu tertinggi pada jam 12.00 hingga 14.00. pencapaian kearah suhu netral dapat dicapai pada pagi hari dan menjelang tengah malam.

Penelitian dilakukan dengan suhu rata bulanan yang berbeda, pada bulan november cenderung tinggi dan desember cenderung rendah dengan tingkat kelembaban yang meningkat.



Gambar.4.28 Grafik perbandingan rata – rata suhu kamar tidur belakang jendela ditutup dan dibuka

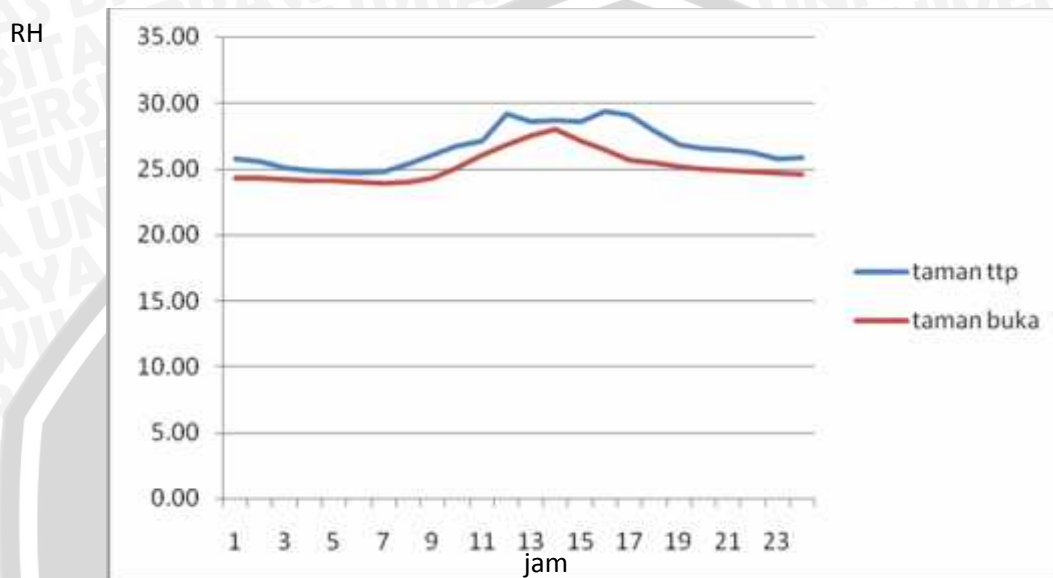


Gambar.4.29 Grafik selisih suhu luar (outdoor) dengan dua perlakuan pada kamar tidur belakang

Grafik tersebut menunjukkan selisih suhu outdoor (luar) dengan indoor (dalam) kamar tidur belakang, dimana tanda positif menunjukkan selisih bahwa suhu indoor lebih panas dan negatif menunjukkan adanya penurunan. Terlihat bahwa pada perlakuan jendela ditutup dengan rata suhu luar pada jam 12.00 dini hari sampai jam 08.00 dan jam 05.00 sore hingga malam hampir sama dengan suhu luar pada perlakuan jendela dibuka.

Terlihat bahwa pengaruh jendela terhadap perbedaan suhu pada pengukuran memberikan selisih yang cukup besar dengan jendela ditutup. Jendela ditutup memberikan pengaruh perubahan suhu yang cukup besar, namun pada pagi dan sore hari jendela tutup cenderung membuat suhu dalam ruang lebih tinggi dari ruang luar.

d. Pengukuran suhu dan kelembaban pada taman belakang



Gambar. 4.30 Kelembaban rata rata tiap jam pada kamar belakang

#### 4.2.3 Perbandingan

Perlakuan bukaan jendela dengan ditutup dan dibuka dibandingkan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap suhu dan kelembaban ruang dalam oleh lingkungan luar. Pada tahapan ini dipisahkan antara data outdoor dan indoor, karena outdoor pada dasarnya adalah suhu dan kelembaban lingkungan luar.

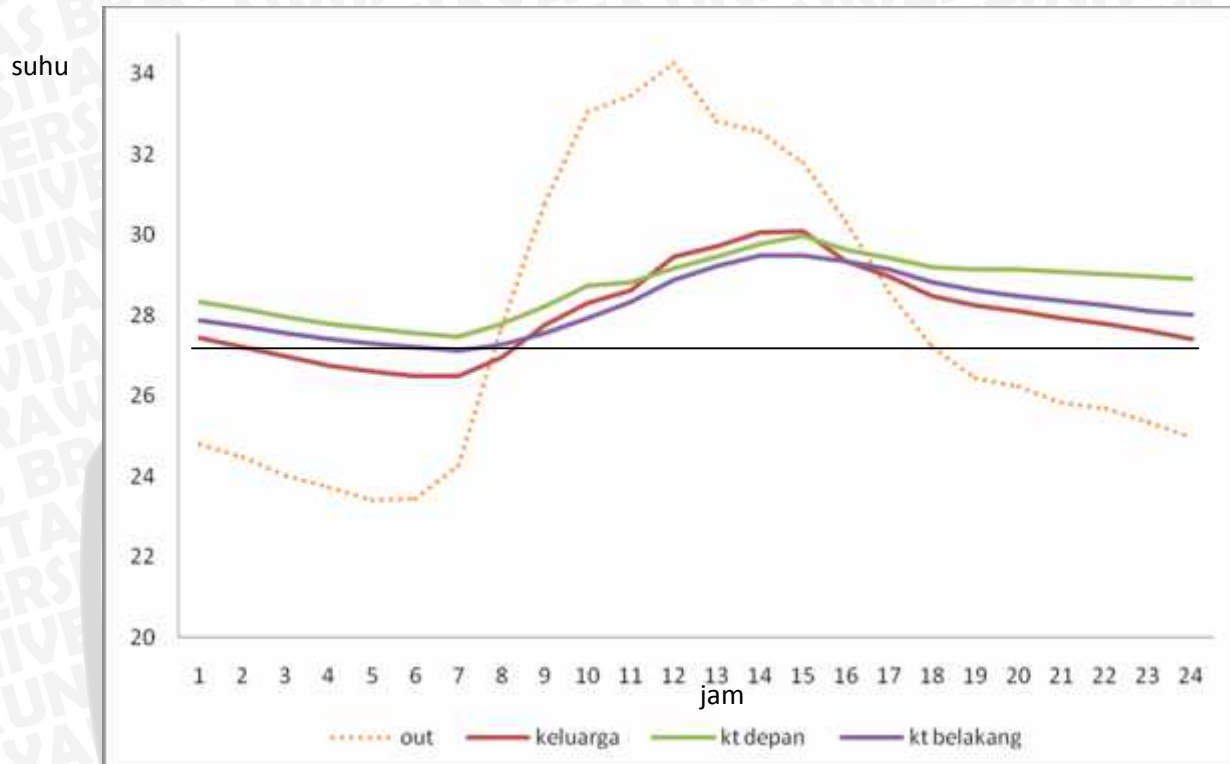
Suhu dan kelembaban outdoor (luar) tidak memberikan perbedaan yang berarti akibat perlakuan bukaan jendela, dibuka atau ditutup. Terlihat terjadi penurunan kelembaban yang cukup drastis menjelang jam 12 siang, hal ini dapat dipengaruhi oleh tingginya suhu yang mengakibatkan kenaikan tingkat evaporasi, yang secara linear akan berpengaruh terhadap kelembaban.



### 4.2.3 Perbandingan Suhu Ruang

Perbandingan suhu digunakan untuk mengetahui hubungan antar ruang saling mempengaruhi.

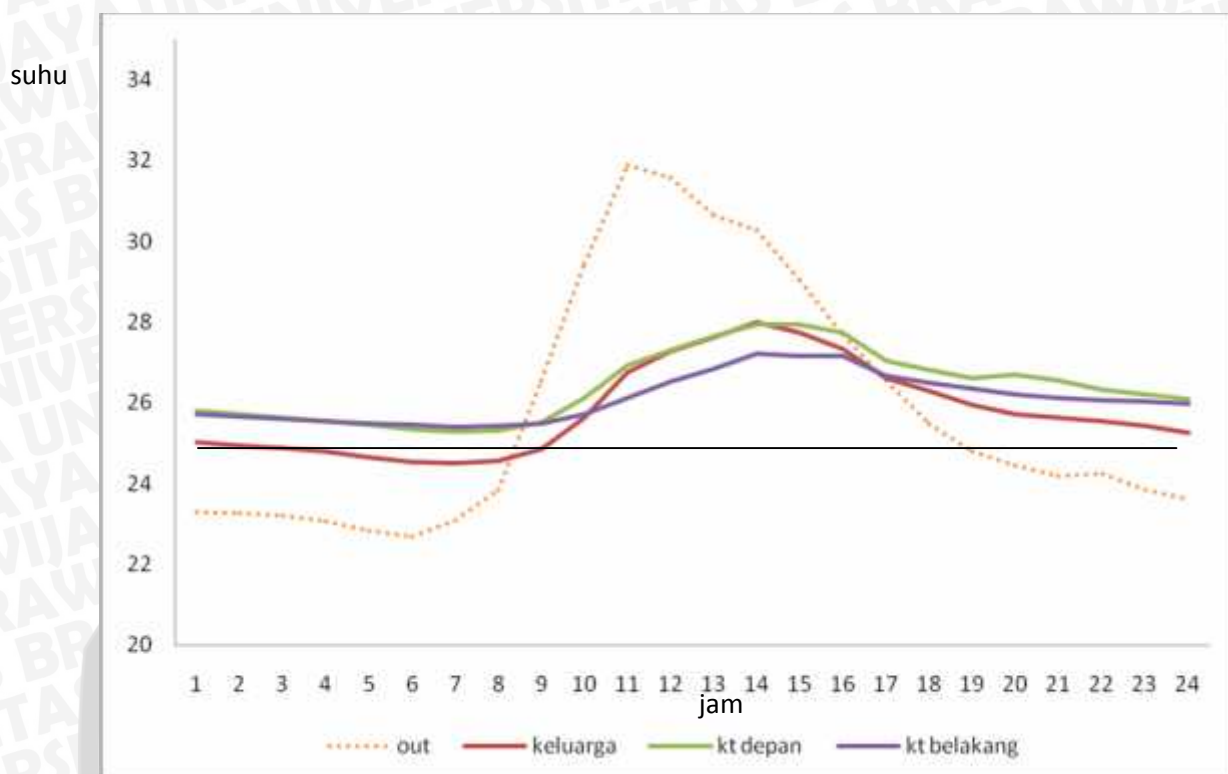
#### a. Jendela Tertutup



Gambar.4.31 Perbandingan suhu outdoor dengan indoor ruang jendela ditutup

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa ruang keluarga memiliki kinerja paling baik suhu udara relatif lebih rendah dibandingkan dengan kamar tidur depan dan kamar tidur belakang. berdasarkan grafik diatas kinerja termal pada ruang keluarga memberikan hasil yang lebih baik dari pada ruang lainnya meskipun pada jam 12 ruang keluarga menunjukkan hasil yang jauh lebih buruk dari kamar tidur depan dan kamar tidur belakang terlihat dari grafik bahwa kamar tidur depan dan belakang masih memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan ruang keluarga, Peningkatan suhu ruang keluarga terjadi menjelang tengah hari dan puncak panas pada jam 14.00 siang dengan suhu  $30,28^{\circ}\text{C}$ .

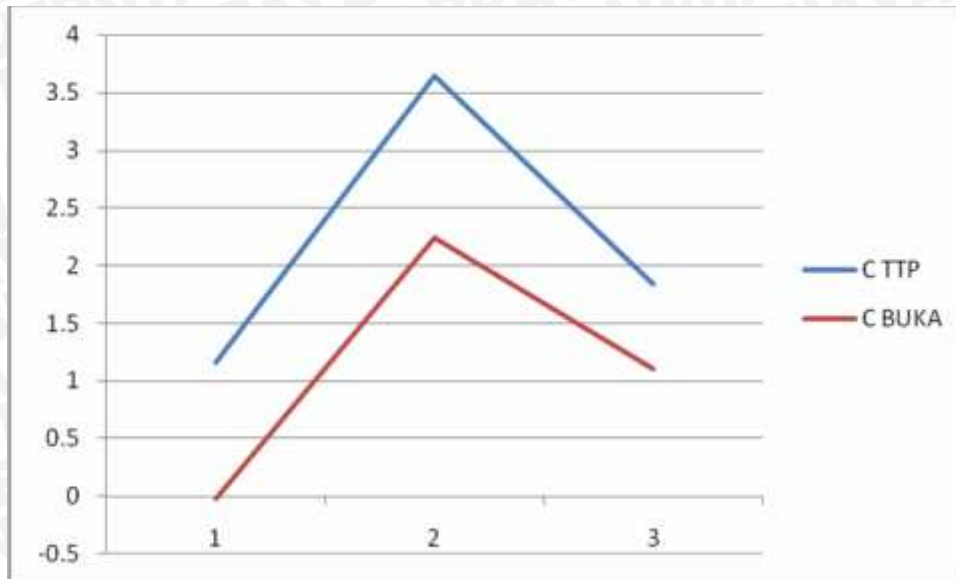
## b. Jendela Terbuka



Gambar.4.32 Perbandingan suhu outdoor dengan indoor ruang jendela dibuka

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa kinerja termal bangunan pada masing masing ruang penelitian secara garis besar mempunyai hasil yang tidak jauh berbeda, ruang keluarga mempunyai kinerja termal yang baik kecuali pada jam panas tertinggi. begitu pula dengan kamar tidur depan dan belakang yang mampu memberikan kinerja lebih baik pada puncak panas jam 12 siang.

Berdasarkan dua perbandingan tersebut dapat dikatakan bahwa suhu luar berpengaruh secara langsung terhadap suhu dalam. rata suhu luar mempengaruhi suhu dalam ruang, namun dari kedua perbandingan iniruang keluarga memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan kamar tidur depan dan belakang baik pada perlakuan ditutup maupun dibuka kecuali pada jam panas puncak, 12 siang. Rata rata suhu selama masa penelitian pada bulan yang berbeda menunjukkan hasil bahwa pada saat jendela ditutup berada pada  $27.27^{\circ}\text{C}$  dan pada jendela dibuka rata rata suhu  $25.75^{\circ}\text{C}$  yang secara langsung mempengaruhi kinerja termal ruang dalam.

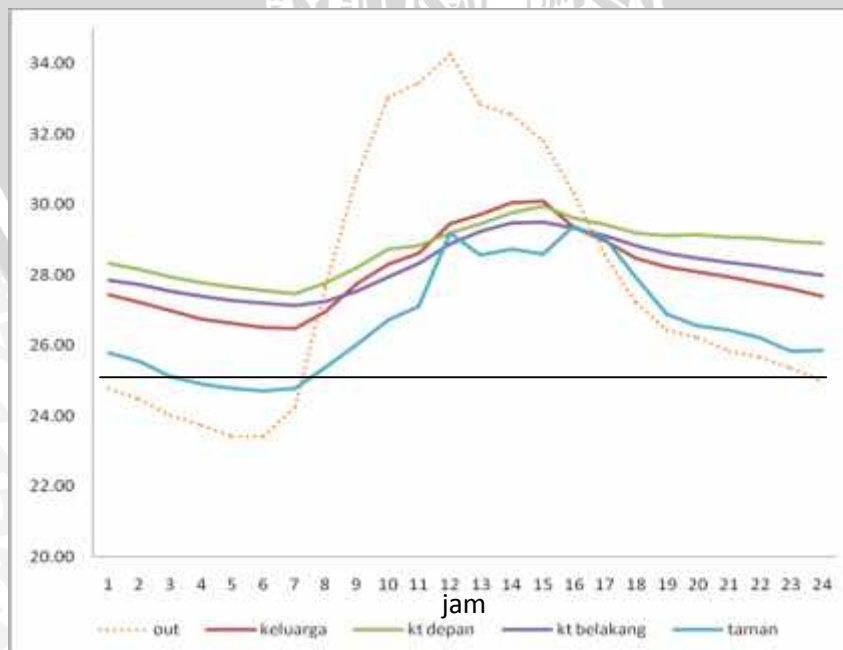


Gambar.4.33 grafik rata rata selisih suhu jendela tutup dan dibuka

Berdasarkan grafik diatas perlakuan bukaan jendela memeberikan pengaruh terhadap penurunan suhu ruang dalam (indoor) . Bukaan jendela hanya memberikan sumbangan penurunan suhu sekitar 1 derajat, dalam hal ini kinerja termal akibat bukaan jendela masih tidak memberikan pengaruh yang cukup signifikan.

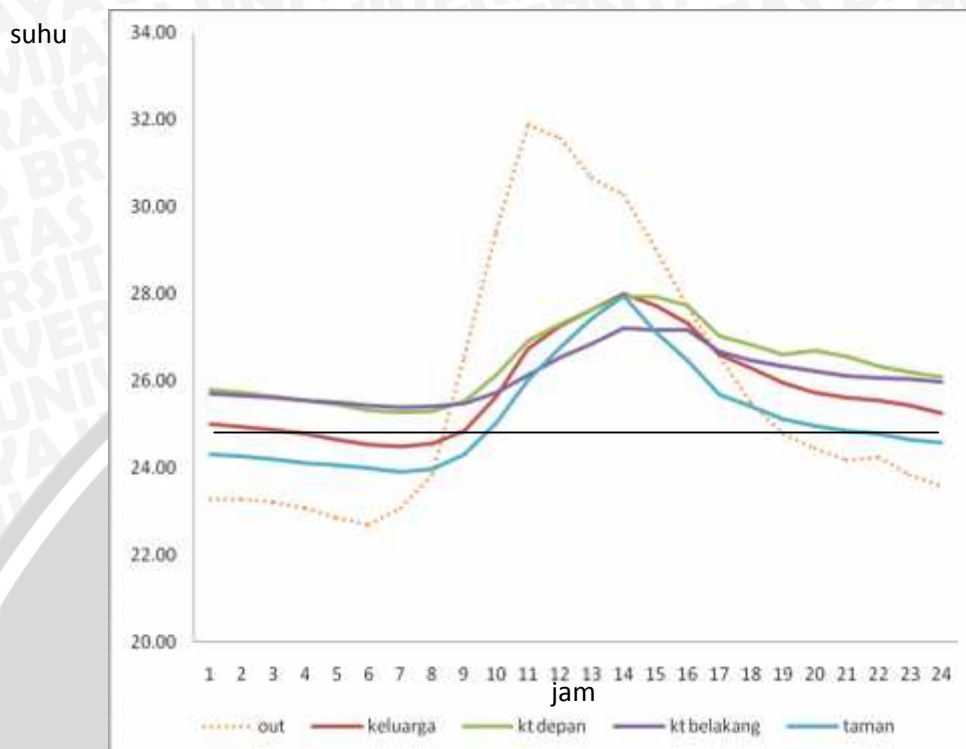
Selanjutnya grafik tersebut dibandingkan kembali dengan pengukuran di taman belakang yang posisinya bersinggungan dengan kamar tidur belakang dan ruang keluarga.

suhu





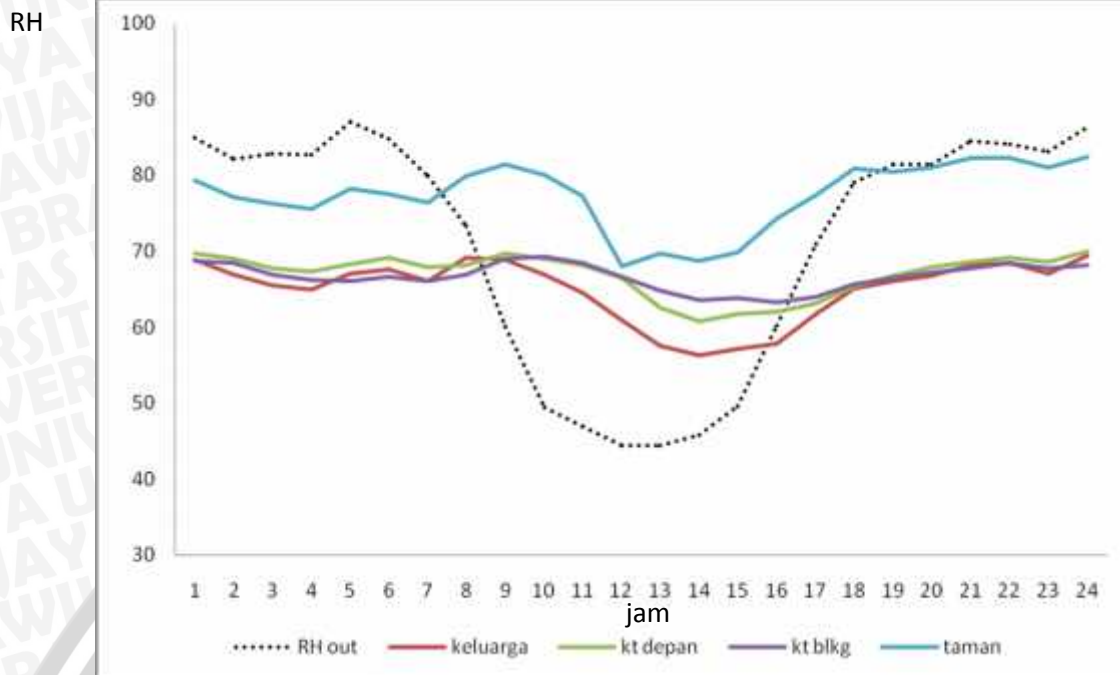
Gambar.4.34. Perbandingan suhu outdoor dengan indoor ruang jendela ditutup dengan perbandingan suhu taman belakang



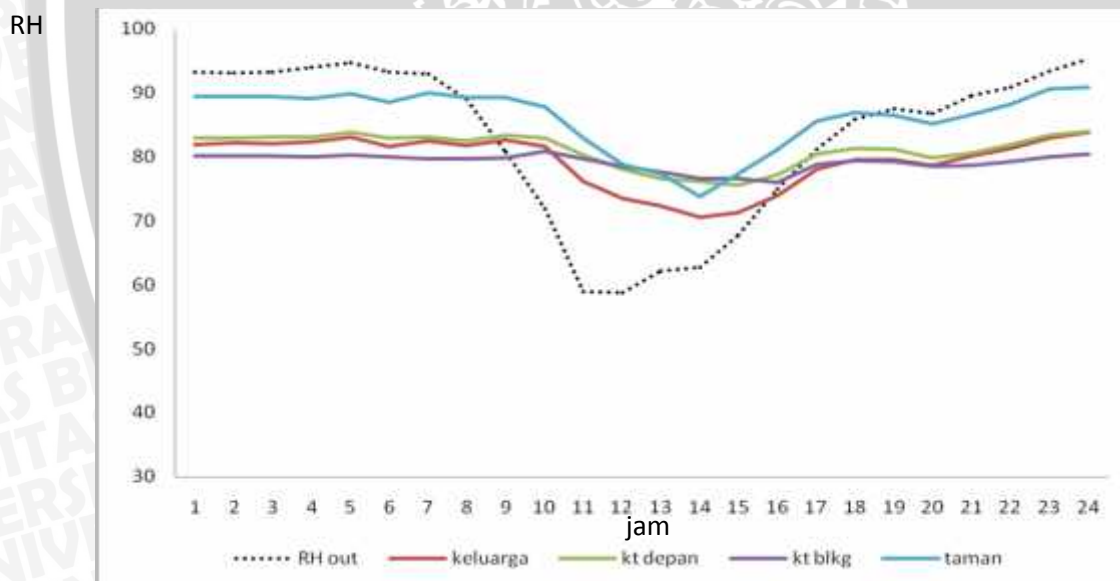
Gambar.4.35. Perbandingan suhu outdoor dengan indoor ruang jendela dibuka dengan perbandingan suhu taman belakang

Pada grafik ini ditunjukkan perbandingan antara pengaruh taman belakang dengan suhu yang lebih rendah posisi taman belakang bersebelahan dengan kamar tidur belakang jika membandingkan antara kinerja d ruang, kamar tidur depan dan belakang yang memiliki kinerja baik pada panas puncak harian, maka kamar tidur belakang memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kamar tidur depan, terlihat pada grafis bahwa suhu didapatkan lebih rendah dalam kaitan kenyamanan, kinerja kamar tidur belakang dapat dikatakan lebih mendekati suhu netral terlihat adanya pengaruh taman belakang dalam mendukung kinerja termal kamar tidur belakang.

Perbandingan Kelembaban



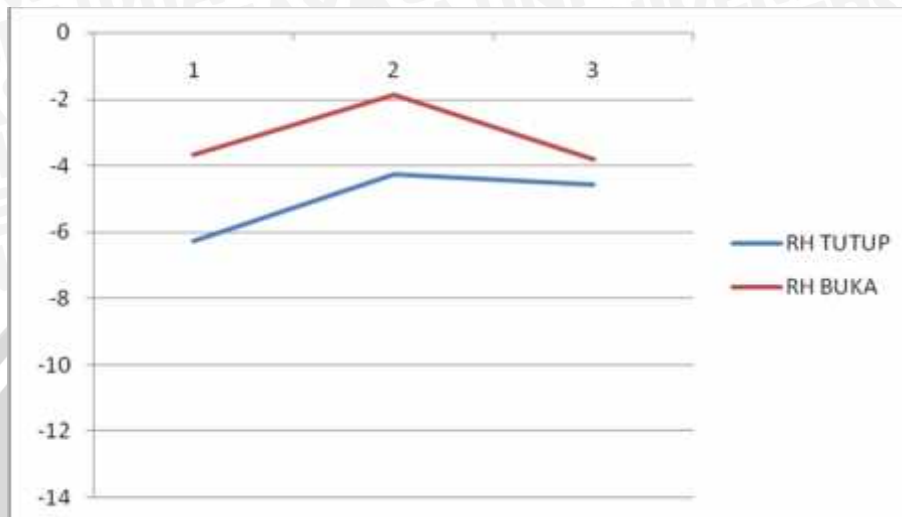
Gambar.4.36. Perbandingan kelembaban outdoor dan indoor dengan jendela ditutup



Gambar.4.37. Perbandingan kelembaban outdoor dan indoor dengan jendela dibuka

Berdasarkan perbandingan grafik diatas kelembaban ruang luar (outdoor) berpengaruh secara langsung terhadap kelembaban ruang dalam, dengan membandingkan kinerja terhadap ruang dalam, antara jendela ditutup dan dibuka tidak menunjukkan perbedaan. Tingkat kelembaban rata rata berbanding lurus dengan naiknya kelembaban ruang dalam.

Berdasarkan grafik terlihat bahwa ruang keluarga kehilangan kelembaban sekitar 10 persen menjelang panas puncak harian, jam 12 siang. kamar tidur depan dan kamar tidur belakang lebih sedikit kehilangan, jika dibandingkan antara kamar tidur depan dan belakang terlihat tingkat kehilangan kelembaban paling kecil.

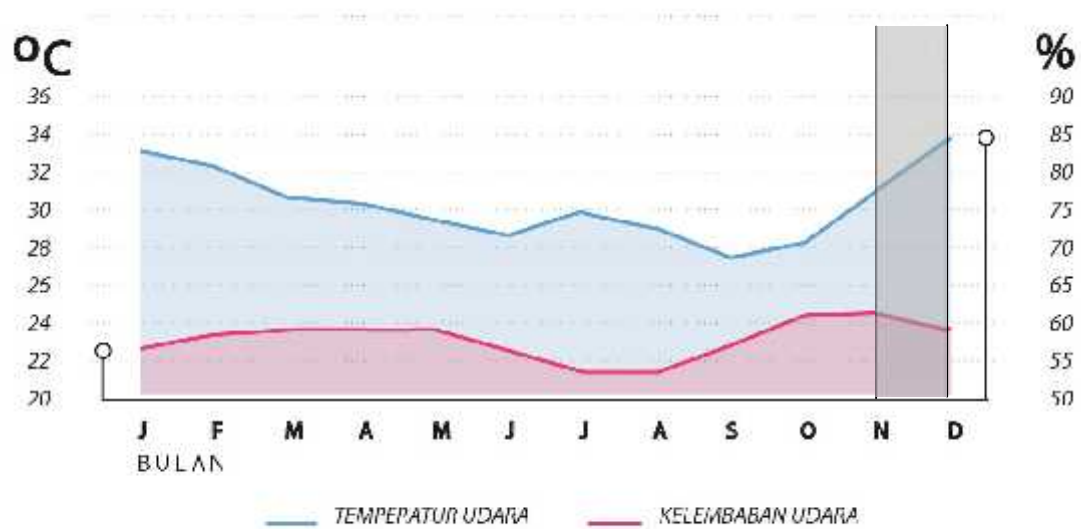


Gambar.4.38. Grafik rata rata selisih kelembaban jendela ditutup dan dibuka

Berikut grafik yang menunjukkan selisih rata rata kelembaban antara ruangan dengan jendela ditutup dan jendela dibuka. Selisih kelembaban sekitar 4.2 sampai 6.2 persen terjadi pada perlakuan jendela ditutup, dan 1.8 sampai 3.8 persen terjadi pada perlakuan dengan jendela dibuka. Terlihat bahwa semakin kecil presentase selisih kelembaban semakin besar pengaruh kelembaban ruang luar terhadap ruang dalam. Hal ini dapat disebabkan oleh aliran luasan bukaan jendela memberikan ruang yang lebih besar untuk kelembaban masuk kedalam ruangan.



### 4.3 Simulasi

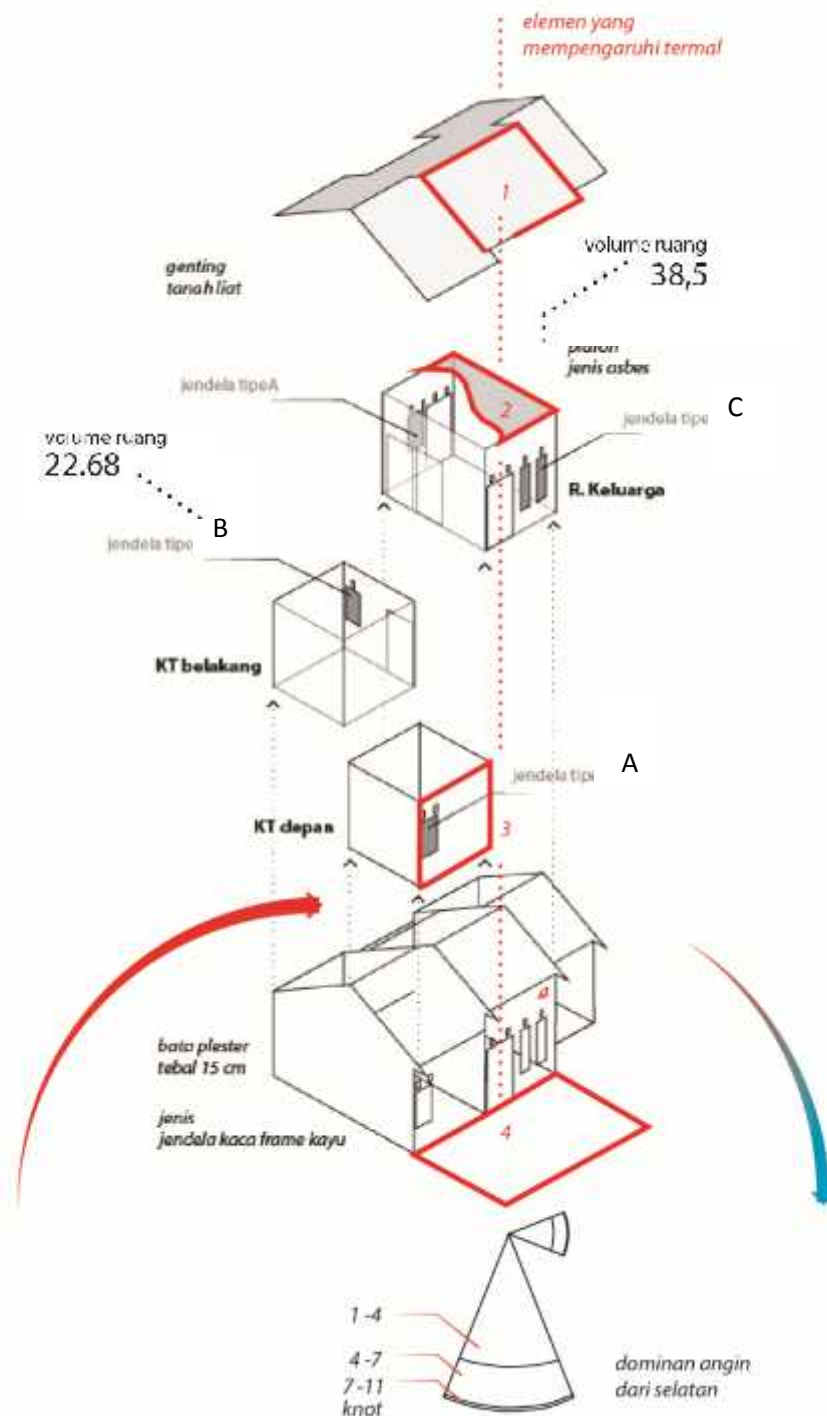


Gambar.4.45 Grafik suhu dan kelembaban tahunan kota Malang

Berdasarkan data BMKG didapatkan suhu rata rata selama setahun, dari grafik diatas dapat diketahui bahwa terdapat dua musim kemarau dan hujan. penelitian ini dilakukan pada bulan novemver dan desember pada hari cerah. sehingga rekomendasi tersebut lebih merespon kondisi tersebut. panas tinggi dengan kondisi tinggi.

Simulasi dilakukan dengan menguji pengaruh bukaan jendela. Hal ini didasarkan dari kondisi eksisting bahwa jendela pada ruang kamar tidur depan maupun belakang belum memiliki presentase yang memenuhi 20 % dari luar lantai. Demikian pula dengan hasil perbandingan pengukuran yang menunjukkan hasil bukaan jendela memberikan sumbangan kinerja termal meskipun tidak terlalu signifikan. Hal ini yang menunjukkan bahwa terdapat pengaruh bukaan terhadap ruang.

Rumah yang diteliti dilihat dari segi orientasi, hubungan ruang, material, dan desain. Segi orientasi berisi arah datang sinar matahari dan angin. Dari hubungan ruang terlihat ruang terhubung dengan taman dalam dan ruang luar, dari material dibatasi hanya dari segi jenis bahan yang berfungsi sebagai informasi eksisting dan dari segi desain terdapat hubungan antara atap, plafon dan bukaan jendela.



Gambar. Eksisting Rumah Tinggal Kondisi Sebelum Modifikasi

Rumah yang diteliti menghadap diagonal dengan barat timur. Berdasarkan data angin didapatkan bahwa dominasinya terlihat berasal dari selatan dan cenderung berkisar 4-7 knot yang dalam Skala Beaufort tergolong angin yang sangat lemah, dengan ciri ciri akan terasa pada muka dan daun kering bergoyang.

#### 4.3.1. Validasi data

Validasi dilakukan untuk membandingkan data hasil pengukuran dengan data hasil simulasi. Data hasil pengukuran divalidasi untuk kemudian dijadikan rujukan ketika melakukan simulasi untuk pada akhirnya menentukan kemungkinan rekomendasi yang diberikan sesuai. Berdasarkan penelitian sebelumnya deviasi yang ditolerir adalah dibawah 10%.

Terbagi tiga ruang yang dibandingkan , yaitu validasi ruang keluarga, kamar tidur depan, dan kamar tidur belakang. Validasi dilakukan pada perlakuan kondisi jendela ditutup maupun dibuka.

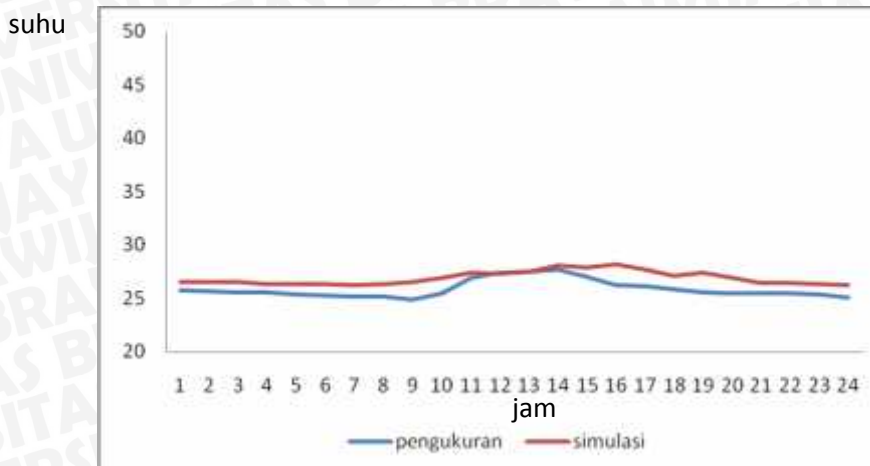
##### a. Ruang Keluarga

keluarga			
out	ukur	ecotect	dev
23.77	25.725	<b>26.5</b>	3.01
23.93	25.652	<b>26.5</b>	3.31
23.96	25.579	<b>26.5</b>	3.60
23.74	25.555	<b>26.3</b>	2.92
23.36	25.312	<b>26.3</b>	3.90
23.43	25.264	<b>26.3</b>	4.10
23.43	25.191	<b>26.2</b>	4.01
23.77	25.142	<b>26.3</b>	4.61
23.57	24.9	<b>26.5</b>	6.43
26.43	25.433	<b>26.9</b>	5.77
31.01	26.897	<b>27.4</b>	1.87
30.45	27.363	<b>27.3</b>	-0.23
29.35	27.511	<b>27.5</b>	-0.04
29.05	27.733	<b>28.1</b>	1.32
26.24	27.044	<b>27.9</b>	3.17
24.76	26.237	<b>28.2</b>	7.48
24.88	26.115	<b>27.7</b>	6.07
23.77	25.798	<b>27.1</b>	5.05
23.65	25.555	<b>27.4</b>	7.22
23.69	25.482	<b>26.9</b>	5.56
23.72	25.458	<b>26.4</b>	3.70
23.89	25.409	<b>26.4</b>	3.90
23.33	25.312	<b>26.3</b>	3.90
23.17	25.094	<b>26.2</b>	4.41
			3.96

Gambar. 4.39 Tabel indoor pengukuran dan indoor simulasi ruang keluarga

Berdasarkan tabel diatas nilai deviasi tergolong masih dapar di tolerir, dengan nilai paling tinggi 7.22 % pada jam 06.00 dan rerata nilai deviasi 3.9 %.





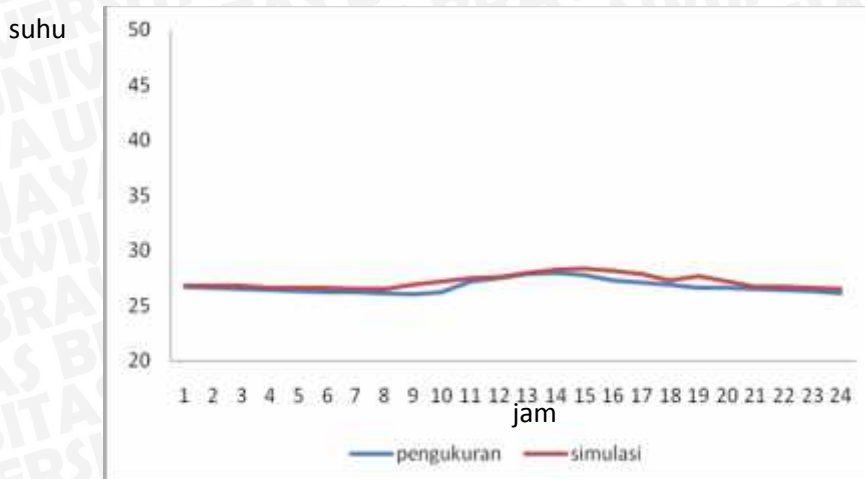
Gambar.4.40 Grafik indoor pengukuran dan indoor simulasi ruang keluarga

b. Kamar Tidur Depan

kt depan			
out	ukur	ecotect	dev
23.77	26.676	<b>26.8</b>	0.46
23.93	26.628	<b>26.8</b>	0.65
23.96	26.554	<b>26.8</b>	0.93
23.74	26.432	<b>26.6</b>	0.64
23.36	26.334	<b>26.6</b>	1.01
23.43	26.237	<b>26.6</b>	1.38
23.43	26.188	<b>26.5</b>	1.19
23.77	26.115	<b>26.5</b>	1.47
23.57	26.066	<b>26.9</b>	3.20
26.43	26.261	<b>27.2</b>	3.58
31.01	27.167	<b>27.5</b>	1.23
30.45	27.536	<b>27.6</b>	0.23
29.35	27.831	<b>28</b>	0.61
29.05	27.955	<b>28.3</b>	1.23
26.24	27.782	<b>28.4</b>	2.22
24.76	27.314	<b>28.2</b>	3.24
24.88	27.093	<b>27.9</b>	2.98
23.77	26.872	<b>27.3</b>	1.59
23.65	26.652	<b>27.7</b>	3.93
23.69	26.579	<b>27.2</b>	2.34
23.72	26.505	<b>26.7</b>	0.74
23.89	26.407	<b>26.7</b>	1.11
23.33	26.285	<b>26.6</b>	1.20
23.17	26.139	<b>26.5</b>	1.38
			1.61

Gambar 4.41. Tabel indoor pengukuran dan indoor simulasi ruang keluarga

Berdasarkan tabel diatas nilai deviasi tergolong masih dapar di tolerir, dengan nilai paling tinggi 3.9 % pada jam 06.00 dan rerata nilai deviasi 1.61 %.



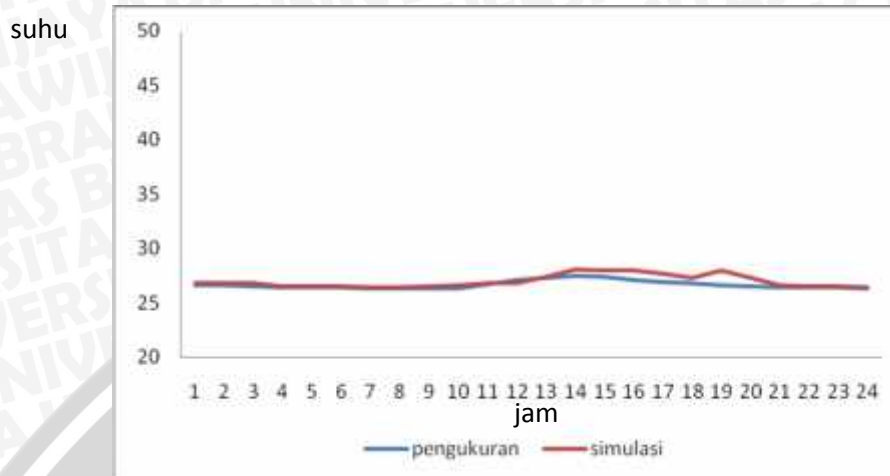
Gambar.4.42 Grafik indoor pengukuran dan indoor simulasi ruang kamar tidur depan

c. Kamar Tidur Belakang

kt belakang			
out	ukur	ecotect	dev
23.77	26.628	<b>26.8</b>	0.645937
23.93	26.579	<b>26.8</b>	0.831484
23.96	26.53	<b>26.8</b>	1.017716
23.74	26.456	<b>26.5</b>	0.166314
23.36	26.407	<b>26.5</b>	0.352179
23.43	26.383	<b>26.5</b>	0.443467
23.43	26.359	<b>26.4</b>	0.155545
23.77	26.31	<b>26.4</b>	0.342075
23.57	26.285	<b>26.5</b>	0.817957
26.43	26.359	<b>26.6</b>	0.914299
31.01	26.725	<b>26.8</b>	0.280636
30.45	27.069	<b>26.8</b>	-0.99376
29.35	27.339	<b>27.4</b>	0.223124
29.05	27.511	<b>28.1</b>	2.140962
26.24	27.437	<b>28</b>	2.051974
24.76	27.142	<b>28</b>	3.161152
24.88	26.921	<b>27.7</b>	2.893652
23.77	26.799	<b>27.3</b>	1.869473
23.65	26.652	<b>28</b>	5.057782
23.69	26.554	<b>27.3</b>	2.80937
23.72	26.456	<b>26.6</b>	0.5443
23.89	26.407	<b>26.5</b>	0.352179
23.33	26.383	<b>26.5</b>	0.443467
23.17	26.31	<b>26.4</b>	0.342075
			1.12

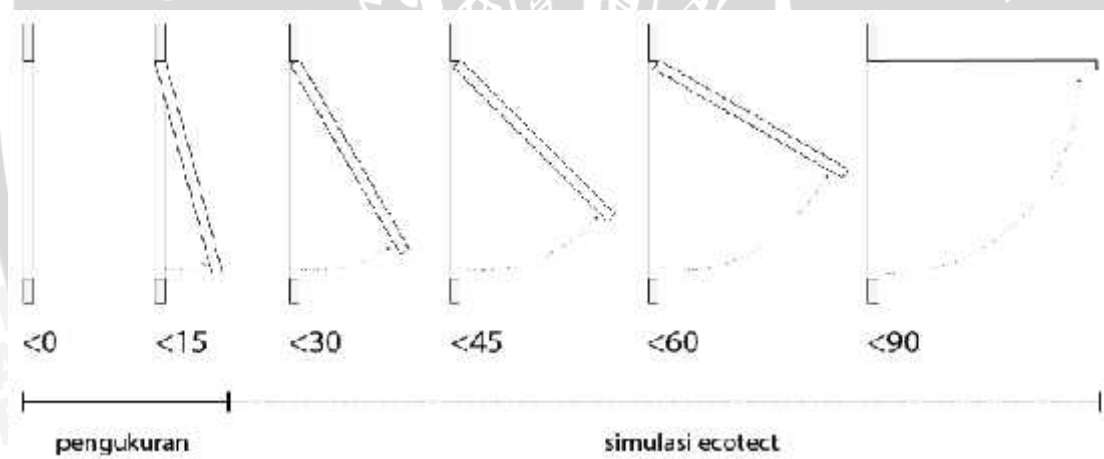
Gambar. 4.43 Tabel indoor pengukuran dan indoor simulasi kamar tidur belakang

Berdasarkan tabel diatas nilai deviasi tergolong masih dapat di tolerir, dengan nilai paling tinggi 5.05 % pada jam 06.00 dan rerata nilai deviasi 1.12 %.



Gambar.4.44 Grafik indoor pengukuran dan indoor simulasi ruang kamar tidur belakang

#### 4.3.2 Simulasi dengan Bukaan Jendela



Gambar 4.46. Variasi bukaan jendela dengan sudut

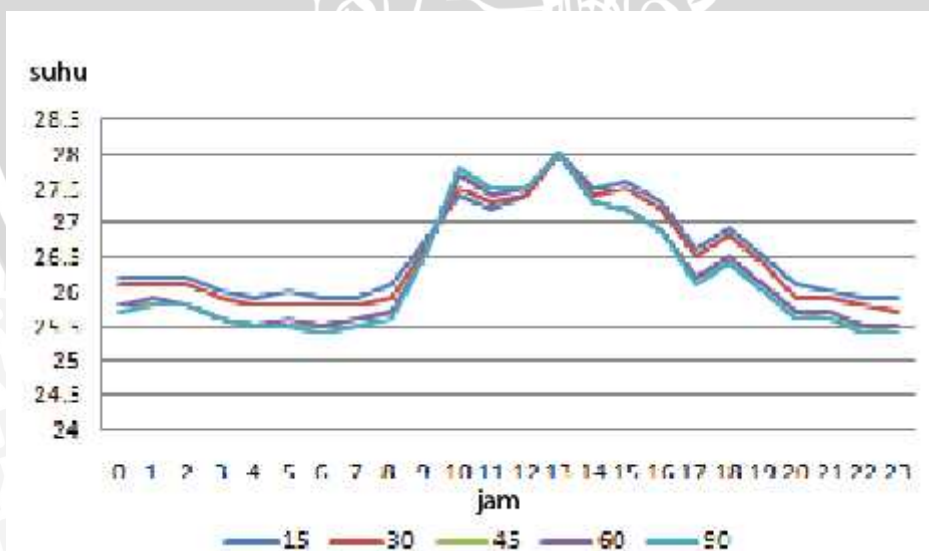
Simulasi dilakukan dengan membandingkan sudut bukaan dengan variasi, <0 derajat, <15 derajat, <30 derajat, <45 derajat, <60 derajat, dan <90 derajat. Untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kenyamanan termal. <0 dan <15 derajat dilakukan melalui pengamatan lapangan (pengukuran) dan <30, <45, <60, <90 dilakukan dengan cara simulasi melalui program ecotect.



a. Ruang Keluarga

JAM	SUHU	SUDUT BUKAAN				
		15	30	45	60	90
0	23.7	25.2	26.1	25.8	25.8	25.7
1	23.9	26.2	26.1	25.8	25.9	25.8
2	23.9	25.2	26.1	25.8	25.8	25.8
3	23.7	26	25.9	25.6	25.6	25.8
4	23.1	25.9	25.8	25.5	25.5	25.5
5	23.4	26	25.8	25.5	25.6	25.5
6	23.4	25.9	25.8	25.5	25.5	25.7
7	23.7	25.9	25.8	25.6	25.6	25.5
8	23.5	26.1	25.9	25.7	25.7	25.6
9	26.4	26.7	26.6	26.5	26.5	26.5
10	31	27.4	27.5	27.7	27.7	27.8
11	30.4	27.2	27.3	27.5	27.7	27.5
12	29.3	27.4	27.4	27.5	27.5	27.5
13	27	28	28	28	28	28
14	26.2	27.5	27.4	27.3	27.3	27.3
15	24.7	27.6	27.5	27.2	27.2	27.2
16	24.8	27.3	27.2	26.9	26.9	26.9
17	23.7	26.6	26.5	26.2	26.2	26.1
18	23.6	26.9	26.8	26.4	26.5	26.4
19	23.6	26.5	26.4	26.1	26.1	26
20	23.7	26.1	25.9	25.7	25.7	25.6
21	23.8	26	25.9	25.6	25.7	25.6
22	23.3	25.9	25.8	25.5	25.5	25.4
23	23.1	25.9	25.7	25.4	25.5	25.4

Gambar. Tabel perbandingan suhu pada perlakuan sudut jendela ruang keluarga

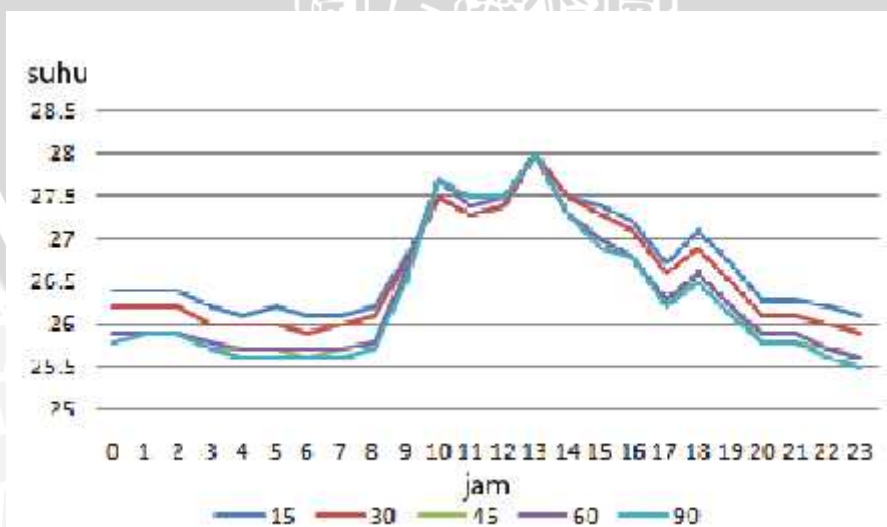


Gambar 4.47. Grafik perbandingan suhu pada perlakuan sudut jendela ruang keluarga

b. Kamar Tidur Depan

JAM	SUHU LUAR	SUDUT BUKAAN				
		15	30	45	60	90
0	27.7	25.4	26.2	25.9	25.9	25.8
1	23.9	25.4	26.2	25.9	25.9	25.9
2	23.9	25.4	26.2	25.9	25.9	25.9
3	23.7	25.2	26	25.7	25.8	25.7
4	23.3	25.1	26	25.7	25.7	25.6
5	23.4	25.2	26	25.7	25.7	25.6
6	23.4	25.1	25.9	25.6	25.7	25.6
7	23.7	25.1	26	25.7	25.7	25.6
8	23.5	25.2	26.1	25.8	25.8	25.7
9	26.4	25.8	26.7	26.6	26.6	26.5
10	31	27.5	27.5	27.7	27.7	27.7
11	30.4	27.3	27.3	27.5	27.4	27.5
12	29.3	27.4	27.4	27.5	27.5	27.5
13	29	28	28	28	28	28
14	26.7	27.5	27.5	27.1	27.1	27.1
15	24.7	27.4	27.3	27	27	26.9
16	24.8	27.2	27.1	26.8	26.8	26.8
17	23.7	25.7	26.6	26.2	26.3	26.2
18	23.6	27.1	26.9	26.6	26.6	26.5
19	23.6	25.7	26.5	26.2	26.2	26.1
20	23.7	25.3	26.1	25.8	25.9	25.8
21	23.8	25.3	26.1	25.8	25.9	25.8
22	23.3	25.2	26	25.7	25.7	25.6
23	23.1	25.1	25.9	25.6	25.6	25.5

Tabel perbandingan suhu pada perlakuan sudut jendela kamar tidur depan



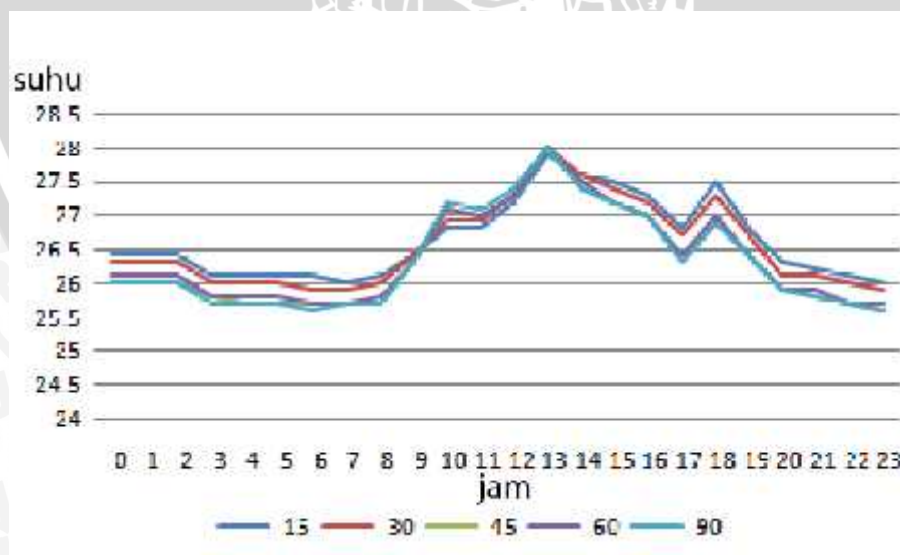
Gambar 4.48. Grafik perbandingan suhu pada perlakuan sudut jendela kamar tidur depan



## c. Kamar Tidur Belakang

JAM	SUHU LIJAR	SUDUT BUKAN				
		15	30	45	60	90
0	23.7	26.4	26.3	26.1	26.1	26
1	23.9	26.4	26.3	26.1	26.1	26
2	23.9	26.4	26.3	26.1	26.1	26
3	25.7	26.1	26	25.8	25.8	25.7
4	23.3	26.1	26	25.7	25.8	25.7
5	23.4	26.1	26	25.7	25.8	25.7
6	21.4	26.1	25.9	25.7	25.7	25.6
7	23.7	26	25.9	25.7	25.7	25.7
8	21.5	26.1	26	25.7	25.8	25.7
9	26.1	26.1	26.1	26.3	26.3	26.3
10	31	26.8	26.9	27.1	27.1	27.2
11	30.1	26.8	26.9	27	27	27.1
12	29.3	27.2	27.3	27.3	27.3	27.4
13	29	27.9	28	28	28	28
14	26.2	27.6	27.6	27.4	27.5	27.4
15	24.7	27.5	27.4	27.2	27.2	27.2
16	24.8	27.3	27.2	27	27	27
17	23.7	26.8	26.7	26.4	26.4	26.3
18	23.6	27.5	27.3	27	27	26.9
19	21.6	26.8	26.7	26.4	26.4	26.4
20	23.7	26.3	26.1	25.9	25.9	25.9
21	21.8	26.2	26.1	25.8	25.9	25.8
22	23.3	26.1	26	25.7	25.7	25.7
23	23.1	26	25.9	25.6	25.7	25.6

Tabel perbandingan suhu pada perlakuan sudut jendela kamar tidur belakang

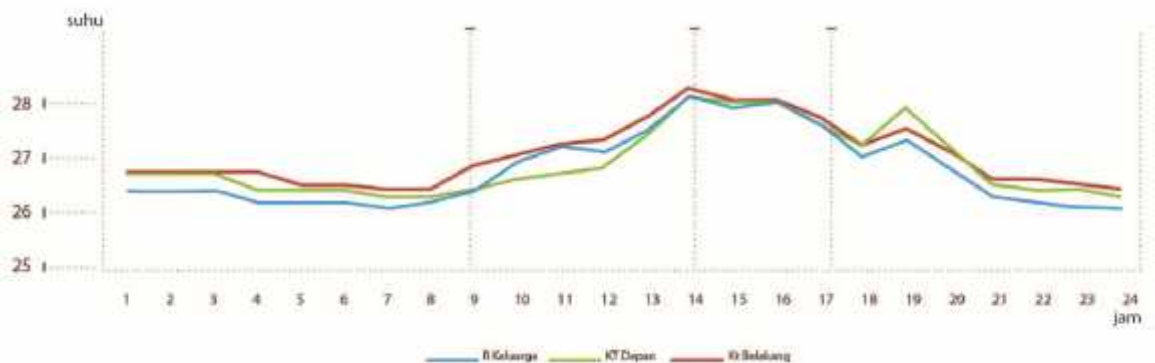


Gambar 4.49. grafik perbandingan suhu pada perlakuan sudut jendela kamar tidur belakang

Berdasarkan ketiga grafik diatas pengaruh bukaan masih memberikan pengaruh terhadap kinerja termal bangunan. Namun demikian tidak terjadi perubahan yang



berarti, penurunan masih terbilang kecil. Nilai terbaik dominan didapatkan melalui perlakuan bukaan dengan sudut 45 dan 90 derajat. Terlihat bahwa bukaan jendela dengan sudut 45 dan 90 memberikan pengaruh terhadap suhu cukup dominan. Sedangkan sudut 15 derajat memberikan pengaruh terhadap suhu pada jam 10.00 hingga 13.00.



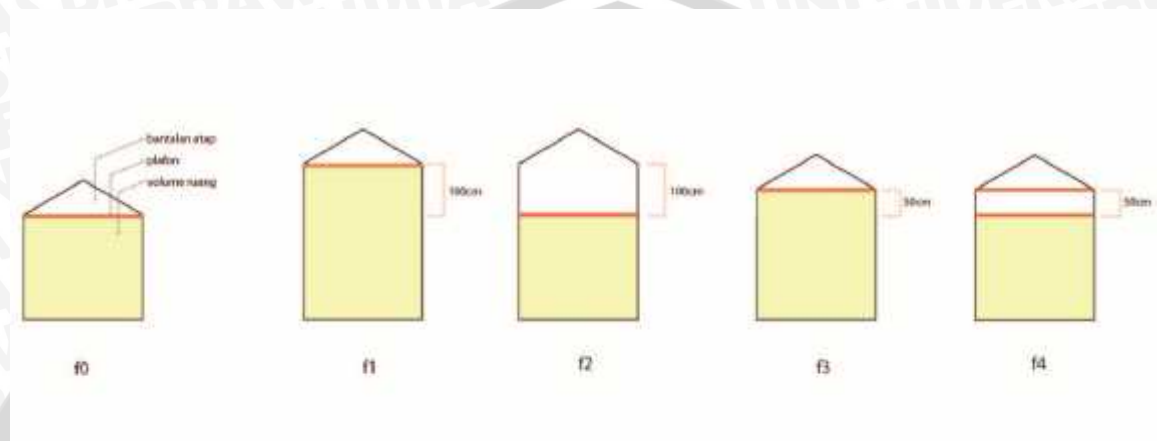
Gambar.4.50. Grafik Perbandingan Suhu Antar Ruang

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa perbandingan antara ketiga ruangan memperlihatkan penurunan suhu yang lebih baik pada ruang keluarga pada jam 1 pagi hingga jam 9, dan jam 5 sore hingga jam 12 malam. Pada jam 9 hingga jam 2 siang dimana puncak panas terjadi kamar tidur belakang memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan ruang keluarga dan kamar tidur depan.

Dapat disimpulkan bahwa bukaan dengan sudut 90 mampu memberikan pengaruh terhadap penurunan suhu, dibandingkan dengan bukaan jendela <15, <30, <45, <60. Namun demikian, berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada jam 10.00 hingga jam 13.00 kondisi perlakuan bukaan dengan sudut kecil justru memberikan pengaruh penurunan suhu yang lebih baik dibandingkan dengan bukaan jendela <15, <30, <45, <60. Berdasarkan hasil yang telah didapatkan, rekomendasi bukaan jendela dianjurkan menggunakan tipe yang mampu membuka baik pada sudut 45 dan 90, dengan tetap mempertimbangkan aspek keamanan bangunan.

### 4.3.3. Simulasi Elemen Kinerja Termal

Bukaan jendela terkait pula dengan aspek bangunan yang berpengaruh terhadap kinerja termal, termasuk material bangunan dan ruangan. Salah satu yang dapat dilakukan adalah modifikasi plafon. Rekomendasi mencoba mensimulasikan pengaruh bukaan jendela dengan menaikkan posisi plafon dan mengubah material yang digunakan.



Gambar 4.50. Modifikasi tinggi plafon dan material yang digunakan

Keterangan gambar.

F0. eksisting

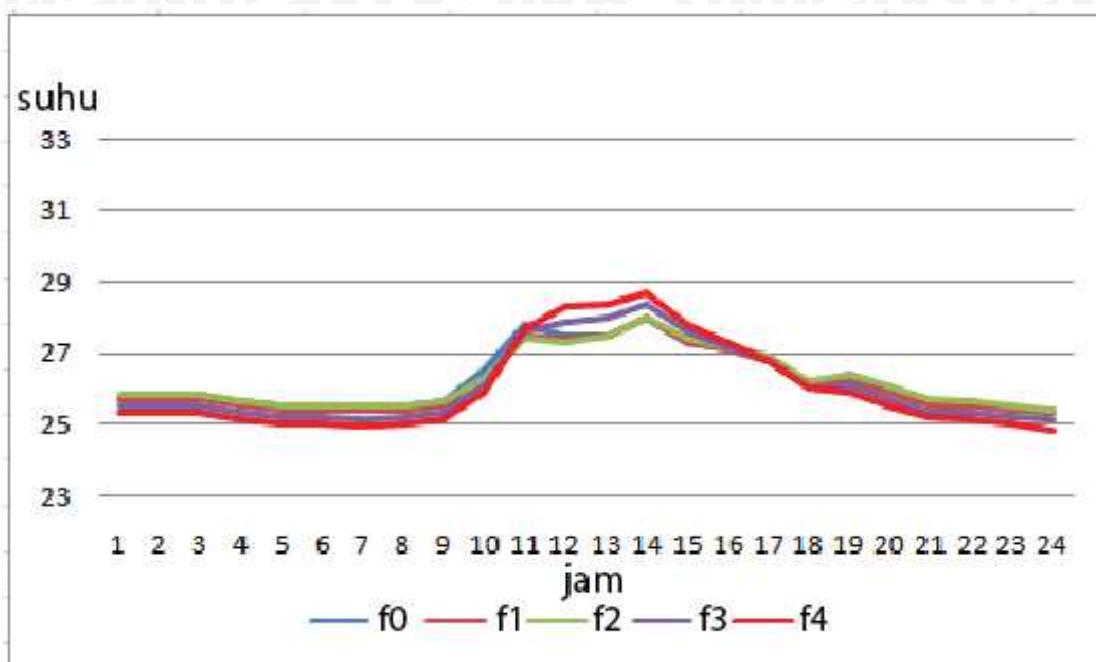
F1. Menaikkan plafon 100 cm

F2 menaikkan bantalan plafon 100 cm, plafon tetap

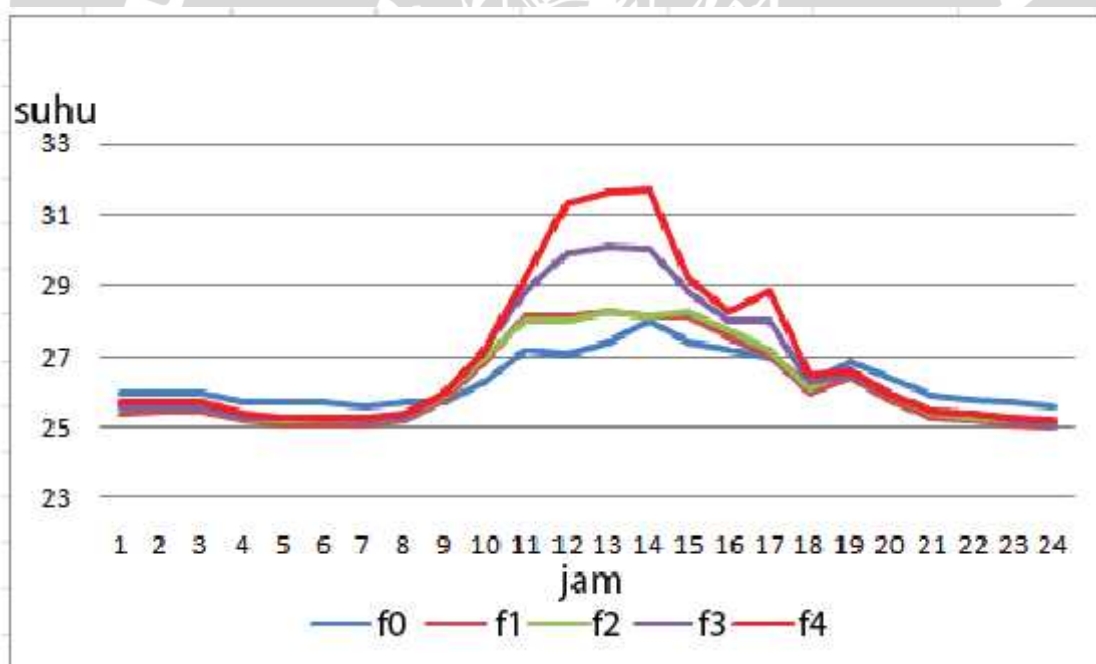
F3 menaikkan plafon 50 cm

F4 menaikkan bantalan 50, plafon dobel

Berdasarkan hasil simulasi dengan program ecotect, dapat ditunjukkan bahwa pada jam 01.00 hingga 10.00 dan 17.00 hingga 24.00 modifikasi plafon f4 (tinggi plafon tetap, bantalan naik 50 cm) memberikan dampak penurunan suhu yang 0.5 derajat hingga 1 derajat. Namun pada jam 11.00 hingga 16.00 panas tinggi justru tidak dapat diatasi dengan baik.

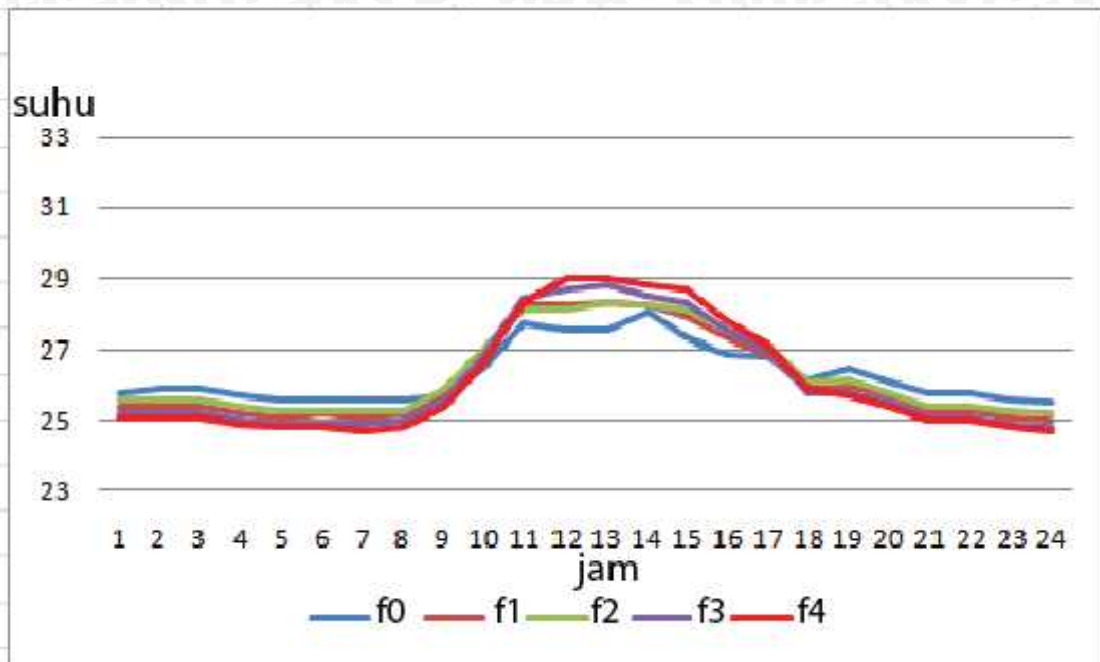


Gambar 4.51. Grafik perubahan suhu simulasi modifikasi plafon dengan bukaan jendela sudut 90 pada ruang keluarga



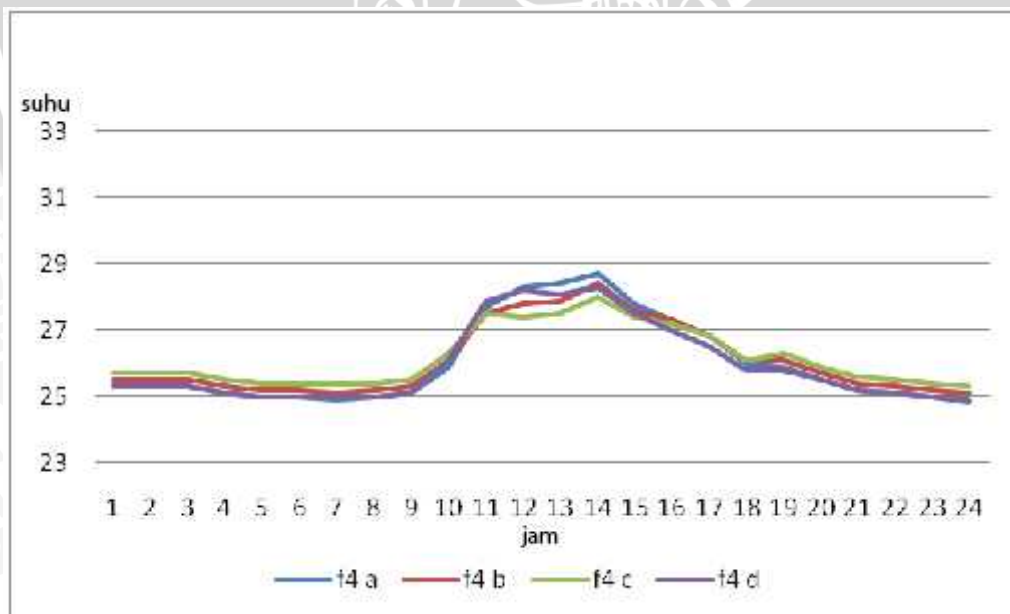
Gambar 4.52. Grafik perubahan suhu simulasi modifikasi plafon dengan bukaan jendela sudut 90 pada KT Belakang





Gambar 4.53. Grafik perubahan suhu simulasi modifikasi plafon dengan bukaan jendela sudut 90 pada KT Depan

Keadaan panas pada jam menjelang siang-sore (11.00 hingga 16.00) pada simulasi modifikasi f4 (naik 50 cm, plafon dobel) di simulasikan kembali dengan penggunaan material plafon yang berbeda.



Gambar 4.54. Grafik perubahan suhu simulasi plafon dobel dengan material berbeda.

Keterangan gambar

F4 a. material plywood bagian atas dan bawah

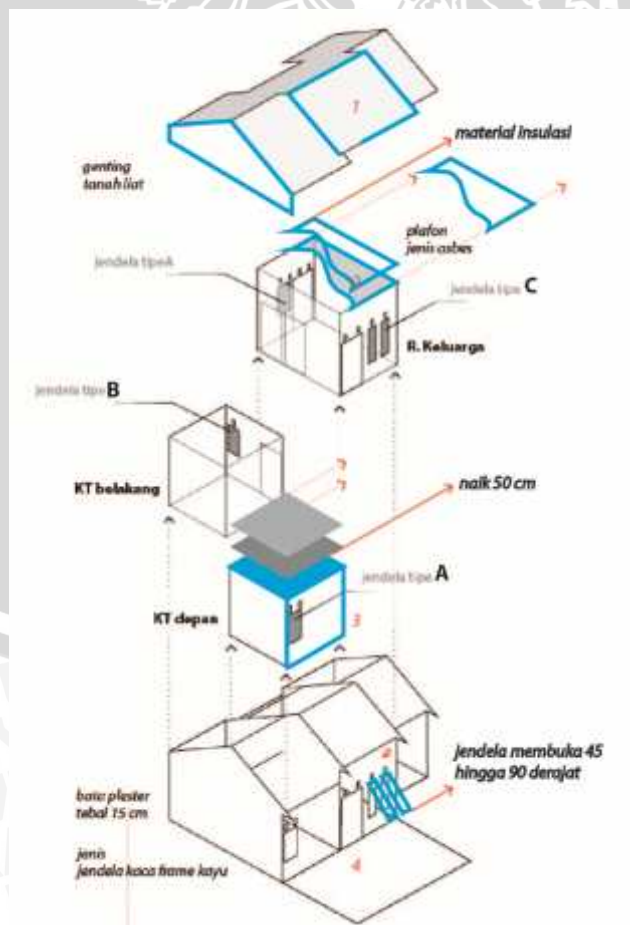
F4 b material plywood bagian atas, insulasi plafon bagian bawah

F4 c material insulasi bagian atas dan bawah

F4 d material insulasi plafon bagian atas dan plywood bagian bawah.

#### 4.4. Rekomendasi

Berdasarkan hasil simulasi, modifikasi F4 c, menurunkan suhu hingga 0.5 derajat pada jam 11.00 hingga 16.00. dari hasil keseluruhan, modifikasi rumah tinggal tipe 40 di griya saxopone dapat di siasati dengan, pertama). Merekomendasikan tipe bukaan jendela yang mampu membuka baik pada sudut 45 hingga 90 dengan tetap memperhatikan tingkat keamanan, kedua). menaikkan bantalan 50, plafon dubel ketiga). Mengganti material plafon bagian atas dan bawa dengan material insulasi.



Gambar 4.55. Rekomendasi Modifikasi Elemen Rumah Tinggal untuk Kenyamanan Termal