

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Tinjauan Umum Gedung *Islamic Center*

Gedung *Islamic Center* Pamekasan dengan luas bangunan sekitar 1050m<sup>2</sup> terletak pada posisi garis lintang dan garis bujur merupakan daerah pinggir kota Pamekasan merupakan bangunan publik masyarakat madura dalam segala kegiatan ke-Islaman. Terdapat tiga lantai yang mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Pada topik permasalahan objek studi yang diteliti terletak pada lantai dua dan tiga.

Letak objek studi berada diantara dua desa yaitu desa Ceguk dan desa Panglegur. Antusias masyarakat Madura akan agama Islam dan kemajuan perkembangan teknologi dikota Pamekasan yang begitu cepat perlu adanya fasilitas sarana dan prasarana untuk menunjang aktivitas keagamaan dikota tersebut. Melalui PEMDA setempat dari hasil musyawarah antara dewan pemerintah dan lembaga masyarakat dicetuskan untuk dibangunnya *Islamic Center*. Digunakan sebagai wadah sarana kegiatan keagamaan. Letak *Islamic Center* berada pada arah selatan kota Pamekasan. Terhubung langsung dengan jalan raya Panglegur (Pamekasan-Surabaya). Awal perencanaan dibangun pada tahun 2007 dan selesai pada tahun 2010. Dibangun pada luas tanah 8500m<sup>2</sup> berdekatan dengan pusat Pendidikan, pusat olahraga dan pemukiman warga. Berbagai kegiatan yang berlangsung di *Islamic Center*, ruang *hall* yang menjadi zona utama dalam gedung. Menurut SNI 03-6572-2001, bangunan ini termasuk dalam klasifikasi bangunan umum kelas 9b yaitu bangunan pertemuan, termasuk bengkel kerja, laboratorium atau sejenisnya di sekolah dasar atau sekolah lanjutan, *hall*, bangunan peribadatan, bangunan budaya atau sejenis, tetapi tidak termasuk setiap bangunan dari bangunan yang merupakan kelas lainnya.

Gedung *Islamic Center* pamekasan mengonsepan mosque contemporary dengan kubah limasan dan 4 buah anak kubah. Buka-an-bukaan ventilasi besar menciptakan penghawaan alami dan pencahayaan alami masuk kedalam bangunan. Terdiri dari 3 lantai lantai 1 difungsikan sebagai ruang seminar dan kantor sewa, lantai 2 difungsikan sebagai *hall*, dan lantai 3 difungsikan sebagai kantor sewa. Bangunan masjid yang mewah ini menampilkan citra Islam positif. Pancaran nilai-nilai keimanan ketaqwaan begitu menyejukkan nurani. Dengan lahan yang luas *Islamic Center* pamekasan difasilitasi secara total oleh pemerintah

kabupaten. Bentuk bangunannya merupakan manifestasi dari sifat-sifat perkasaan (Al-Jabbaru), kemegahan (Al-Mutakabbiru), Sekaligus kelembutan (Al-Lathief). Hal ini mampu diharapkan menumbuhkan semangat masyarakat Madura akan agama Islam. Pada bentuk arsitektur bangunannya berbetuk kubus dengan garis-garis tegas dan dinamis disetiap bukaan mencerminkan masyarakat Madura yang tegas dan keramahan hatinya.

*Islamic Center* Pamekasan merupakan sebuah fasilitas publik dengan fungsi utama yaitu sebagai gedung pertemuan dan wadah kegiatan islam di kota Pamekasan. Dengan lokasi yang strategis berada dekat dengan kota Pamekasan bangunan ini sering dipakai pada saat acara-acara tertentu. Dengan fungsi utama bangunan yaitu ruang *hall* dapat menampung segala macam aktifitas formal dan non formal.



Gambar 4.1 Lokasi *Islamic Center*

Tabel 4.1 Aktivitas Pengguna Bangunan

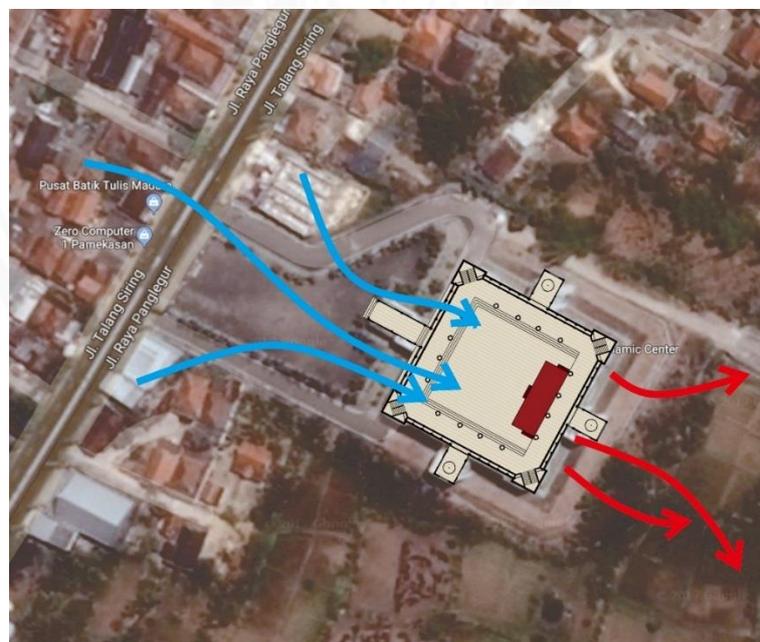
No	Jenis Aktivitas /kegiatan	Waktu	Lokasi	Sifat
1.	Seminar/Talkshow	Pagi-malam	Ruang <i>Hall</i>	Primer
2.	Wisudawan	Pagi	Ruang <i>Hall</i>	Sekunder
3.	Kajian berkelompok	Pagi-malam	Ruang <i>Hall</i>	Primer
4.	Acara pernikahan	Malam	Ruang <i>Hall</i>	Primer
5.	Pameran/expo	Malam	Ruang <i>Hall</i>	Sekunder

Berdasarkan table diatas, kegiatan yang sering berlangsung adalah acara pernikahan yang bisanya diselenggarakan pada pagi sampai malam dan seminar/talkshow. Dari kedua

acara tersebut dijadikan sebuah objek studi kasus pada penelitian ini. Kegiatan tersebut sangat membutuhkan kenyamanan termal melihat pengguna ruang yang banyak.

#### 4.2 Evaluasi Sistem Ventilasi Alami Eksisting

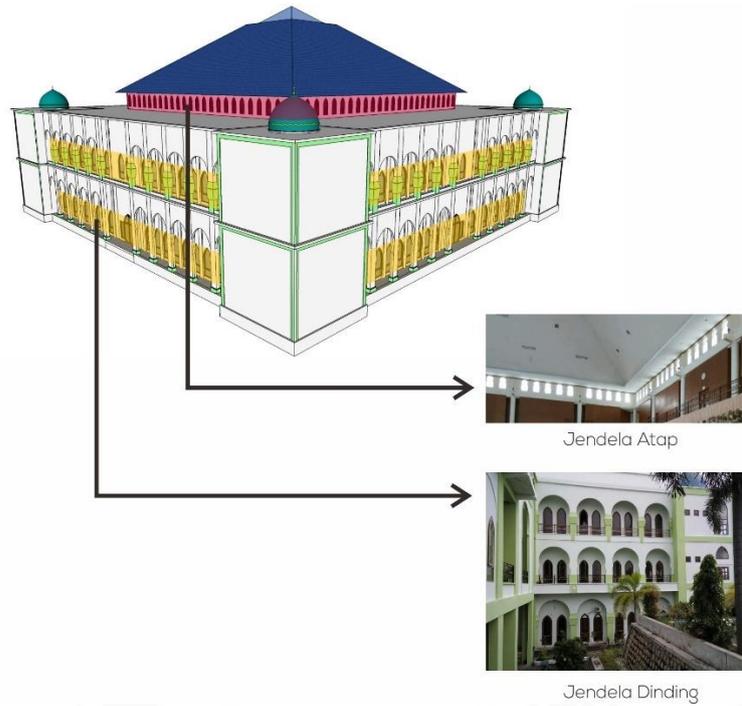
Evaluasi sistem ventilasi alami pada gedung *Islamic Center* bertujuan untuk mengetahui kondisi lapangan terkait dengan kecepatan angin, kelembapan dan temperatur udara dalam meningkatkan kenyamanan termal dalam ruang. dari ketiga pengaruh tersebut mempengaruhi terjadinya proses ventilasi silang yang bertujuan untuk mengurangi panas dalam bangunan. Pada kondisi eksisting letak objek studi yang dekat dengan pesisir menyebabkan temperatur udara naik dan kecepatan angin yang rendah sehingga menyebabkan ruang dalam kajian objek studi menjadi temperatur udara naik dan menurunkan tingkat kenyamanan dalam ruang. Bukaannya ventilasi yang ada di setiap sisi bangunan kurang efektif dalam proses ventilasi silang, luasan ruang dalam sekitar 2304 m<sup>2</sup> menyebabkan aliran udara tidak dapat mencapai ke tengah bangunan. Tidak adanya ventilasi atap pada objek menyebabkan temperatur udara naik. Ventilasi atap sangat efektif dalam menurunkan temperatur dalam ruang dengan pergerakan udara yang secara menerus diharapkan mampu dapat menurunkan temperatur dalam ruang dan meningkatkan kenyamanan pengguna dalam ruang.



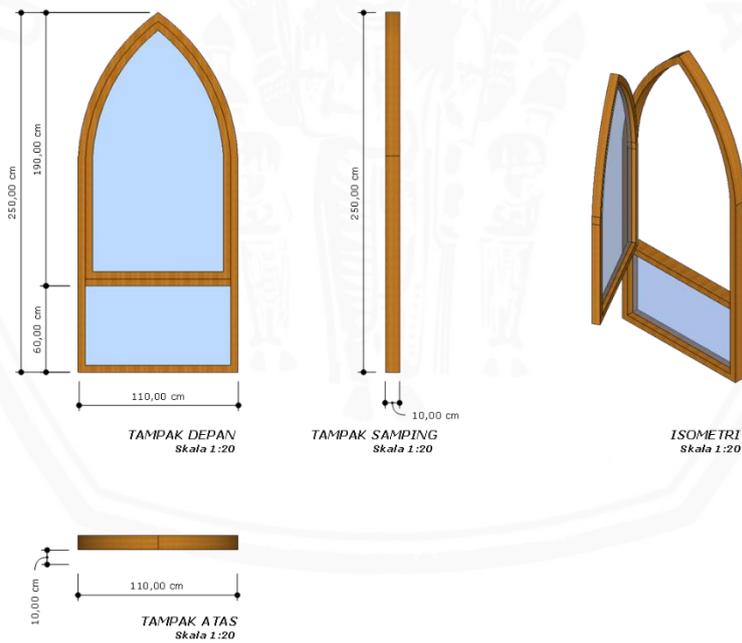
Gambar 4.2 Sirkulasi udara

Pada gambar diatas merupakan kondisi eksisting aliran udara pada saat pengukuran. Angin bertiup dari arah barat ke timur, sedikit adanya vegetasi di sekitar objek studi menyebabkan temperatur udara menjadi panas dan bukaan jendela yang ada di setiap sisi bangunan memudahkan udara masuk ke dalam bangunan. Dengan banyaknya bukaan ventilasi tidak diseimbangkan dengan bukaan yang sifatnya mengeluarkan temperatur panas dalam ruang. Faktor lainnya yang mempengaruhi sistem ventilasi alami yaitu kelembapan, kelembapan yang tinggi yang diakibatkan oleh temperatur udara panas dan rendahnya kecepatan angin menyebabkan menurunnya tingkat kenyamanan dalam ruang.

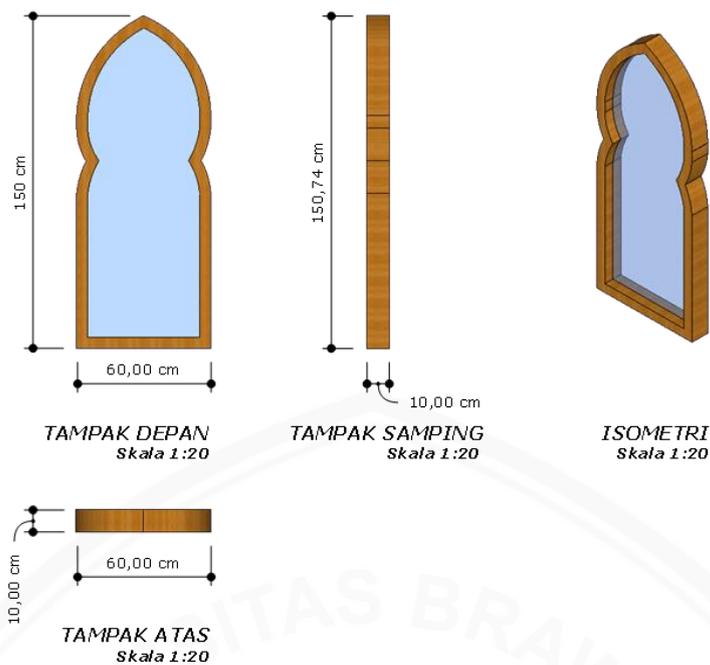
Objek studi yang dekat dengan pesisir menimbulkan banyak permasalahan desain tentang tingkat kenyamanan termal dalam ruang mengalirkan udara dan mengurangi panas dalam ruang menjadi pokok pemikiran utama pada kajian ini. Kota Pamekasan dengan temperatur udara rata-rata 30°C dan kelembapan yang tinggi menyebabkan sebagian besar bangunan publik menggunakan *air conditioner* dengan tujuan untuk mengurangi panas dalam ruang. Pada kejadian ini proses dalam memahami suatu permasalahan dalam suatu desain belum tercapai secara maksimal sehingga penggunaanya tidak ramah lingkungan. Kajian objek studi dengan bukaan ventilasi di setiap sisi memudahkan aliran udara masuk kedalam bangunan, dengan tidak adanya ventilasi atap menyebabkan udara yang masuk tidak dapat dikeluarkan sehingga tidak terjadi proses stack ventilasi dan menyebabkan temperatur dalam ruang panas.



Gambar 4.3 Bukaan ventilasi



Gambar 4.4 Detail Jendela Dinding Eksisting



Gambar 4.5 Detail Jendela Atap Eksisting

Tabel 4.2 Keterangan Kondisi Ventilasi Eksisting

Bukaan	Gambar	Luas (m <sup>2</sup> )	Ketinggian (m)	Jenis Ventilasi Eksisting	Kondisi saat Aktifitas
1		47,2	2,5	Casement Window	Terbuka 45 derajat

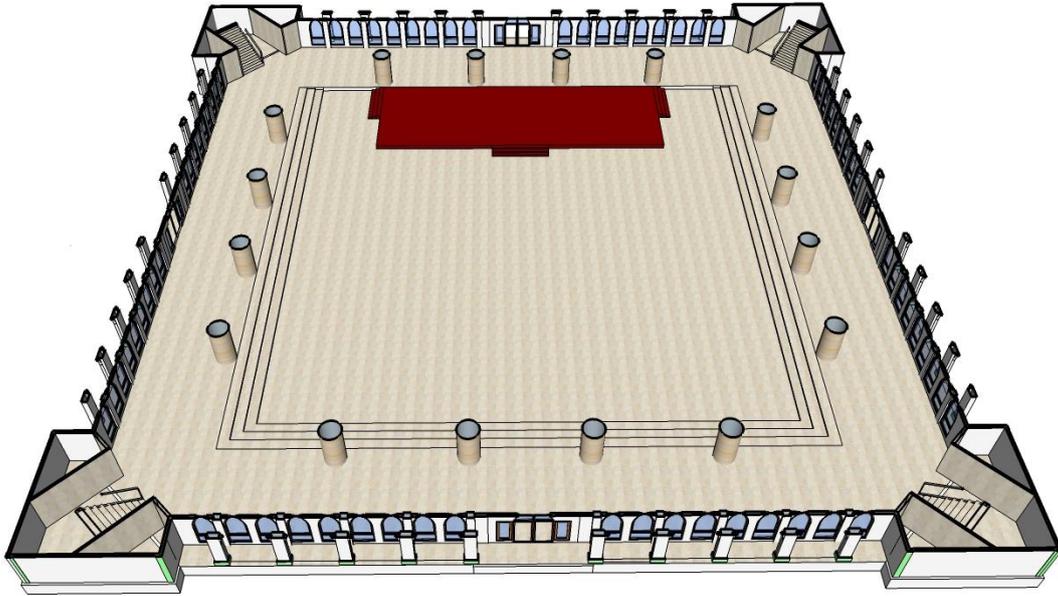
Bukaan	Gambar	Luas (m <sup>2</sup> )	Ketinggian (m)	Jenis Ventilasi Eksisting	Kondisi saat Aktifitas
2		101,6	4,7	Shading Device	Terbuka Penuh
3		15,6	1,5	Fixed window	Tidak Terbuka

Dari data bukaan eksisting yang di dapat, bukaan ventilasi mempunyai sistem yang berbeda, yaitu jendela utama yang terletak pada dinding terbuka 45° derajat memungkinkan memasukkan angin yang tidak terlalu besar berlaku ke semua jendela yang ada di setiap sisi bangunan. Serta shading device yang berada tepat di jendela utama, kondisi tersebut sepenuhnya terbuka dan difungsikan sebagai penangkal radiasi matahari. Selanjutnya jendela atap yang terletak diatas ruang *hall*, dengan sistem jendela mati sehingga udara tidak dapat masuk atau keluar. Pada kondisi seperti ini tidak dapat terjadinya pergantian udara (*stack ventilation*) sehingga temperatur udara dalam ruang meningkat.

Tabel 4.3 Perbandingan Ventilasi Eksisting dengan SNI

Ruang	Luas Ruang	Luas Bukaan		Keterangan
		Ventilasi Eksisting (m <sup>2</sup> )	Ventilasi Standar (m <sup>2</sup> )	
<i>Hall</i>	2304 m <sup>2</sup>	198	230,4	Tidak Sesuai standar SNI

Luas Ventilasi 10% (maks) dari luas lantai

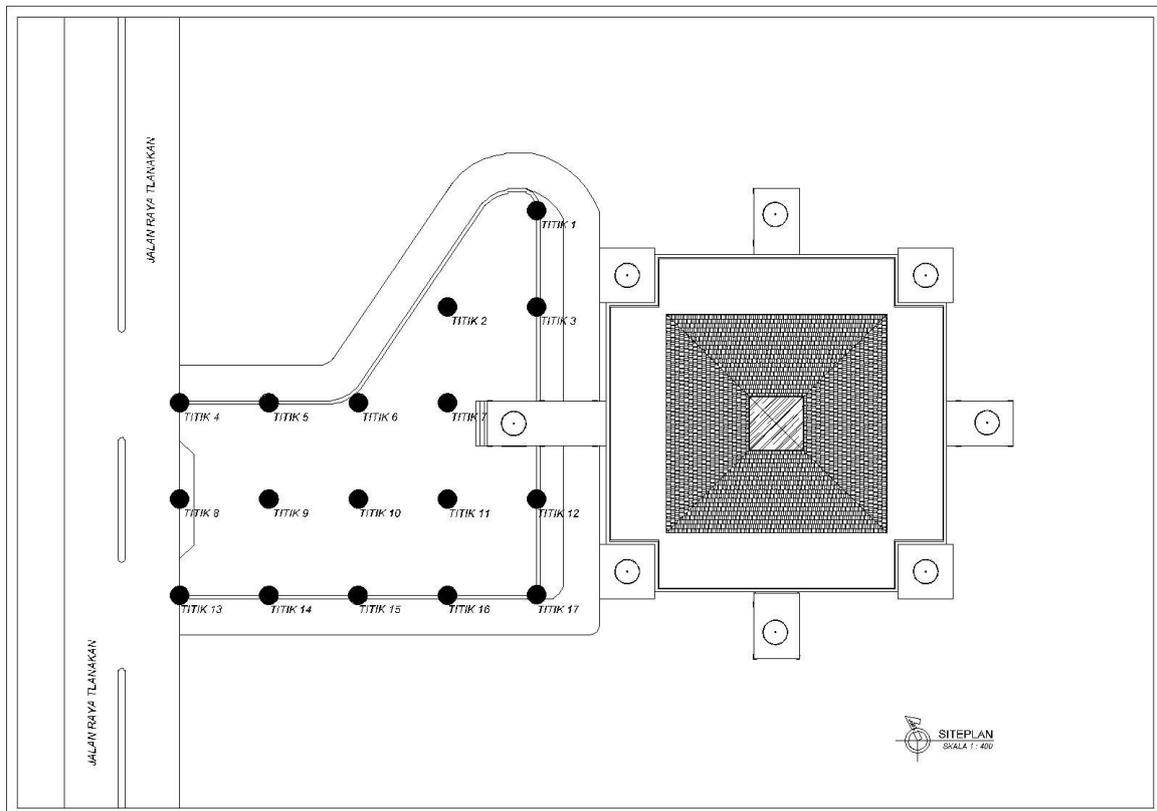


Gambar 4.6 Ruang *Hall Islamic Center*

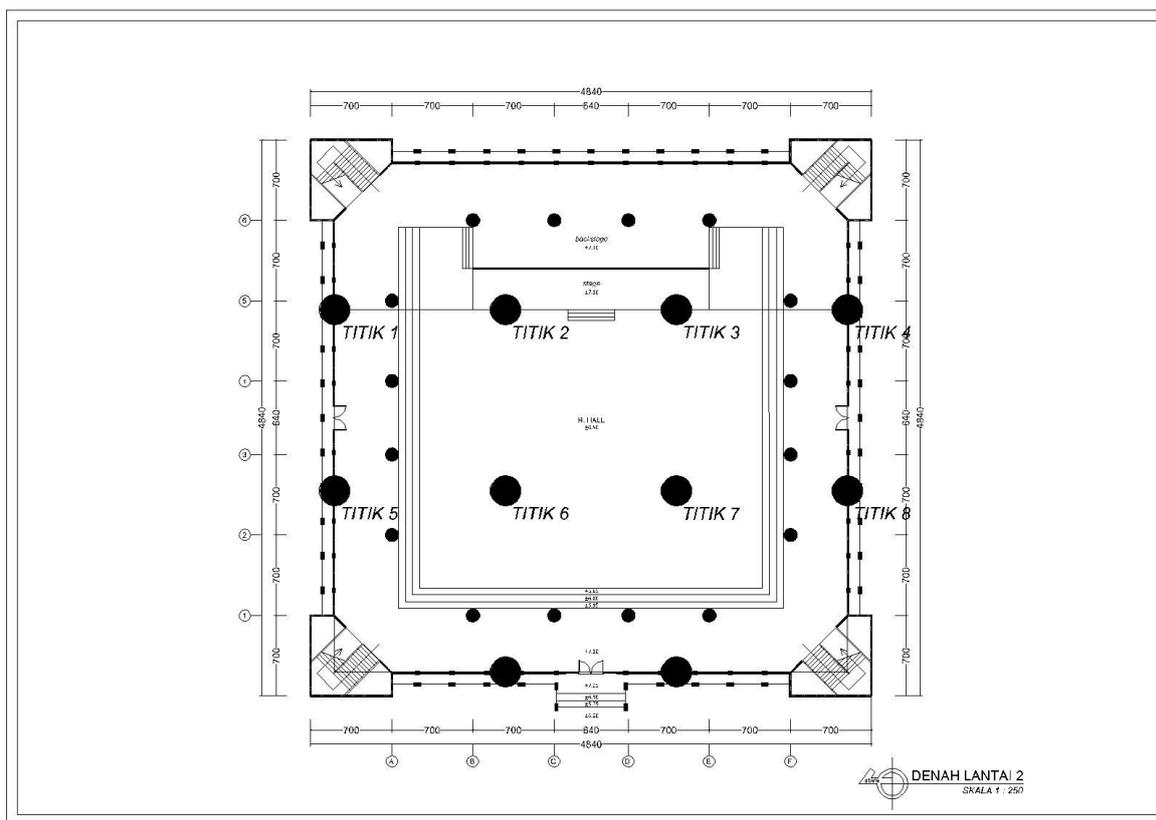


### 4.3 Pengukuran Lapangan Kondisi Termal eksisting

Pengukuran lapangan kondisi termal eksisting dilakukan dua ruangan yaitu ruang dalam dan ruang luar. Pada pengukuran ruang luar dilakukan sebanyak 17 titik, titik yang diambil sudah ditentukan sebelumnya sesuai dengan grid pada denah. Pada pengukuran ruang dalam dilakukan sebanyak 10 titik, titik yang diambil sudah ditentukan sebelumnya sesuai dengan grid pada denah. Titik ukur dibagi rata pada seluruh ruang luar dan dalam dengan pertimbangan pengguna ruang yang ada setiap waktu sehingga diperlukan pengukuran keseluruhan ruang dan untuk mengetahui perbedaan sisi yang dekat dengan ventilasi dan jauh dari ventilasi. Pengukuran menggunakan Thermometer Hygrometer. Dan data yang disajikan pada tabel dibawah ini merupakan nilai rata-rata dari hasil pengukuran termal dengan interval waktu (06.00, 09.00, 12.00, 15.00 dan 18.00).



Gambar 4.8 Pengukuran Temperatur Luar Ruangan



Gambar 4.9 Pengukuran Temperatur Dalam Ruangan

### 4.3.1 Pengukuran Aliran Angin Eksisting

Pengukuran aliran udara pada gedung *Islamic Center* dilakukan selama 1(satu) hari tepat pada tanggal 02 Maret 2018 menggunakan alat ukur *Hot Wire Anemometer* dengan interval waktu (06.00, 09.00, 12.00, 15.00 dan 18.00). Pengukuran dilakukan pada ruang luar dan ruang dalam, tujuannya untuk mengetahui perbedaan aliran tekanan udara. Berikut hasil tabel data pengukuran aliran angin pada bangunan *Islamic Center* Pamekasan.

Tabel 4.4 Pengukuran Kecepatan Angin

Pengukuran Kecepatan Angin Jum'at, 02 Maret 2018					
Posisi	Waktu	Kecepatan Angin luar (m/s)	Kecepatan Angin Dalam (m/s)	Kondisi	Keterangan
Terbuka 45	06.00	2,05	0,9	Di atas ambang kecepatan angin	Sesuai Standar SNI
	09.00	2,3	0,4		
	12.00	2,8	1.65		

Posisi	Waktu	Kecepatan Angin luar (m/s)	Kecepatan Angin Dalam (m/s)	Kondisi	Keterangan
	15.00	2.65	1.15	yang nyaman (0,15-0,25 m/s)	
	18.00	1,9	1.45		
<b>Rata-rata</b>		2,35	1.025		

Pada massa sekitar gedung *Islamic Center* dikelilingi oleh perkebunan warga dengan ketinggian vegetasi  $\leq 2\text{m}$ . Terdapat juga beberapa bangunan pendidikan dan perdagangan yang terletak di sisi selatan. Sisi barat berhadapan langsung dengan jalan arteri Pamekasan-Surabaya yang merupakan akses jalan utama.



Gambar 4.10 Sisi Barat *Islamic Center*



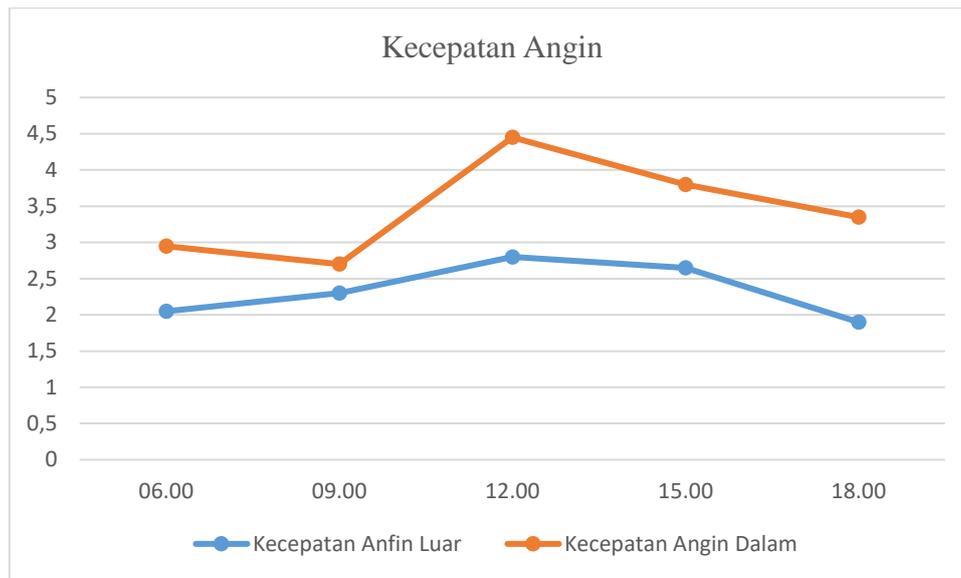
Gambar 4.11 Sisi Utara *Islamic Center*



Gambar 4.12 Sisi Timur *Islamic Center*



Gambar 4.13 Sisi Selatan *Islamic Center*



Gambar 4.14 Grafik Pengukuran Angin

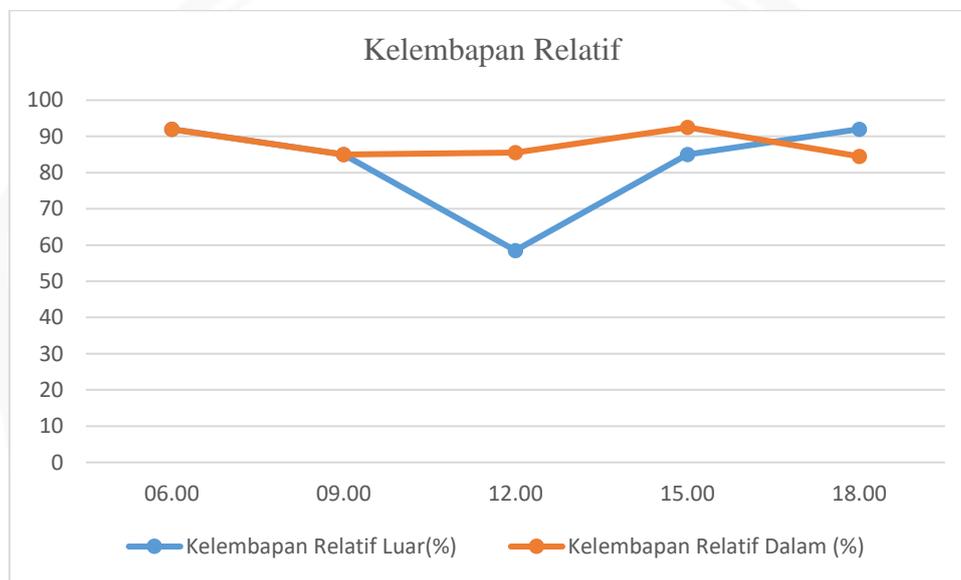
Pengukuran kecepatan angin dilakukan secara bersamaan antara kecepatan angin luar dan angin ruang dalam. Menggunakan alat ukur *hot wire anemometer* untuk memperoleh hasil data pengukuran eksisting. Terlihat pada tabel pengukuran kondisi eksisting rata-rata kecepatan angin udara luar sekitar 2,3 m/s dan untuk rata-rata udara dalam sekitar 1 m/s. Pada grafik kecepatan angin ruang luar yang tinggi menyebabkan udara dapat masuk kedalam bangunan melalui ventilasi sangat besar. Kecepatan angin ruang dalam dapat dirasakan pada sisi pinggir bangunan. Melihat ruang bangunan yang tebal aliran angin tidak dapat mencapai ke tengah ruang. Hal ini disebabkan tekanan udara yang masuk tidak bisa mencapai ke tengah ruang sehingga temperatur udara tengah ruang meningkat.

#### 4.3.2 Pengukuran Kelembapan Relatif Eksisting

Pengukuran kelembapan relatif dilakukan 2(dua) tempat yaitu, ruang luar dan ruang dalam. Menggunakan alat ukur temperatur basah untuk mengetahui kelembapan relatif kondisi eksisting. Pengukuran pada kedua area tersebut dilakukan untuk mengetahui berapa besar reduksi temperatur basah dari luar ke dalam bangunan. Kemudian dari hasil pengukuran diperoleh hasil rata-rata yang kemudian di sesuaikan terhadap standar kenyamanan dalam ruang. Pengukuran dilakukan selama 1(satu) hari dengan interval waktu (06.00, 09.00, 12.00, 15.00 dan 18.00).

Tabel 4.5 Pengukuran Kelembapan Relatif

Pengukuran Kecepatan Angin Jum'at, 02 Maret 2018					
Posisi	Waktu	Kelembapan Relatif Luar (%)	Kelembapan Relatif Dalam (%)	Kondisi	Keterangan
Terbuka 45	06.00	92	92	Di atas ambang Kelembapan udara (40-70%)	Tidak sesuai Standar SNI
	09.00	85	85		
	12.00	58,5	85,5		
	15.00	85	92,5		
	18.00	92	84,5		
<b>Rata-rata</b>		75,25	88,25		



Gambar 4.15 Grafik Pengukuran Kelembapan Relatif

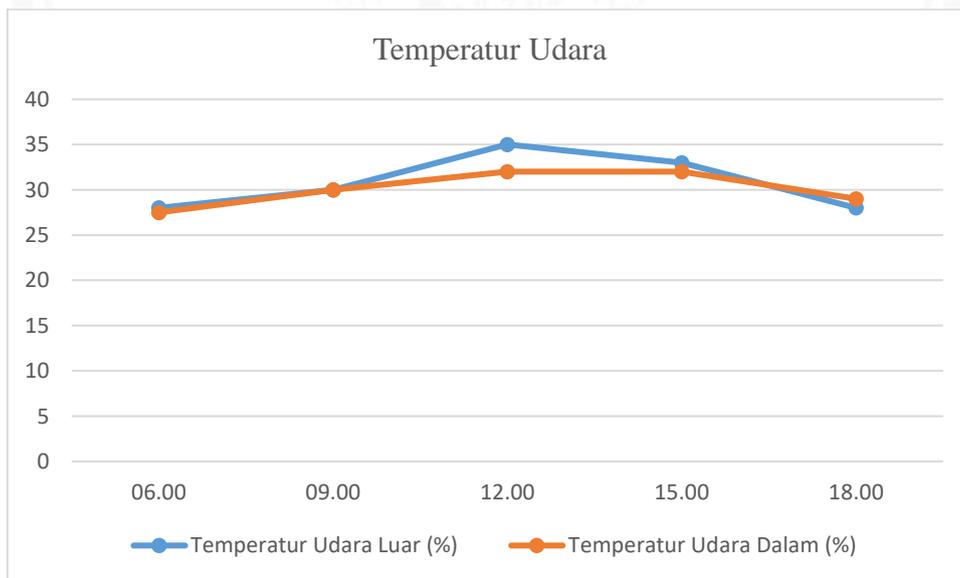
Pengukuran kelembapan udara dilakukan secara bersamaan antara kelembapan udara luar dan kelembapan udara dalam. Menggunakan alat ukur temperatur basah untuk memperoleh hasil data pengukuran eksisting. Terlihat pada tabel pengukuran kondisi eksisting rata-rata kelembapan udara luar sekitar 75% dan untuk rata-rata kelembapan udara dalam sekitar 80%. Kelembapan udara yang tinggi disebabkan oleh radiasi matahari yang tinggi sehingga temperatur udara naik dan rendahnya aliran udara ruang dalam. Sesuai dengan standar SNI 1993 yang menyatakan daerah kenyamanan termal pada bangunan yang dikondisikan untuk orang indonesia yaitu, 40-70%.

### 4.3.3 Pengukuran Temperatur Udara Eksisting

Pengukuran temperatur udara dilakukan 2(dua) tempat yaitu, ruang luar dan ruang dalam. Menggunakan alat ukur temperatur kering untuk mengetahui temperatur udara kondisi eksisting. Pengukuran pada kedua area tersebut dilakukan untuk mengetahui berapa besar pengaruh termal ruang luar dan ruang dalam. Kemudian dari hasil pengukuran diperoleh hasil rata-rata yang kemudian disesuaikan terhadap standar kenyamanan termal dalam ruang. Pengukuran dilakukan selama 1(satu) hari dengan interval waktu (06.00, 09.00, 12.00, 15.00 dan 18.00).

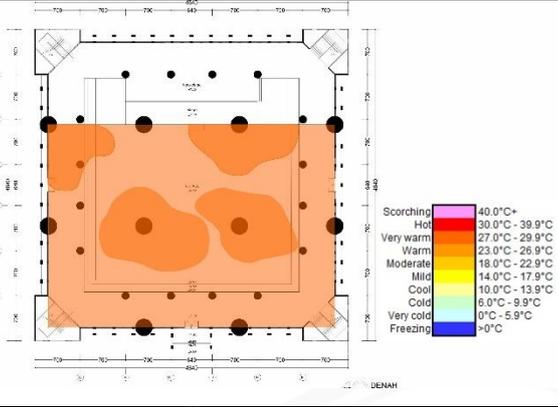
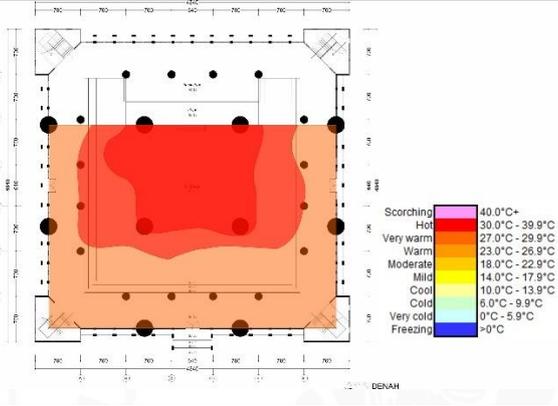
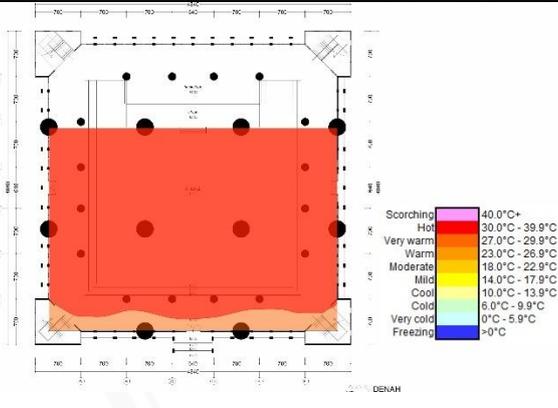
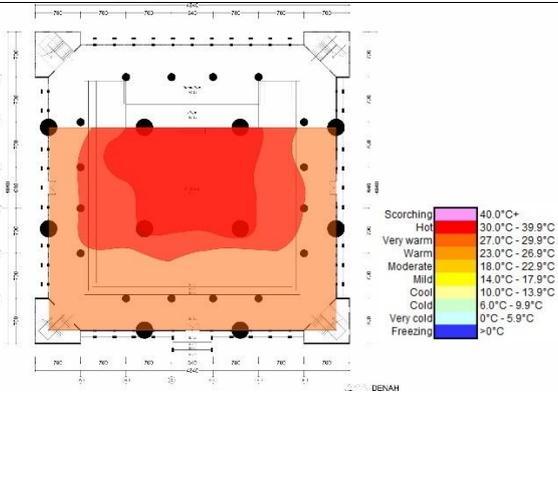
Tabel 4.6 Pengukuran Temperatur Udara

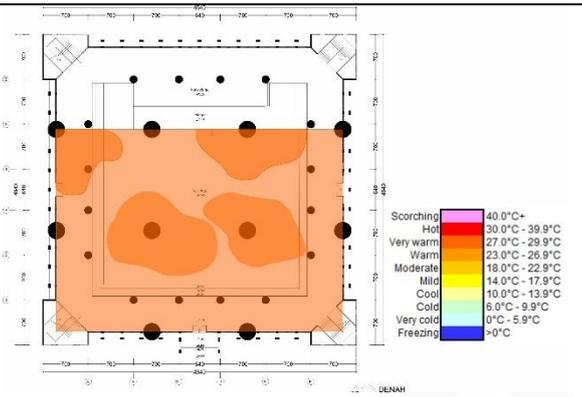
Pengukuran Kecepatan Angin Jum'at, 02 Maret 2018					
Posisi	Waktu	Temperatur Udara Luar (°C)	Temperatur Udara Dalam (°C)	Kondisi	Keterangan
Terbuka 45	06.00	28	27.75	Di atas ambang hangat nyaman (>27,1 C)	Tidak sesuai standart SNI
	09.00	30	30		
	12.00	35	32		
	15.00	33	32		
	18.00	28	29		
<b>Rata-rata</b>		31,5	29,8		



Gambar 4.16 Grafik Pengukuran Temperatur Udara

Tabel 4.7 Zoning Temperatur Hasil Pengukuran

Waktu	Zona Temperatur	Keterangan
06.00		Berdasarkan gambar di samping, pada kondisi ini, temperatur rata-rata 27,75°C. Tersebar pada seluruh titik ruang <i>hall</i> .
09.00		Berdasarkan gambar di samping, pada kondisi ini, temperatur rata-rata 30°C. Tersebar pada seluruh titik ruang <i>hall</i> , namun pada ruang tengah temperatur naik.
12.00		Berdasarkan gambar di samping, pada kondisi ini, temperatur rata-rata 32°C. Tersebar pada seluruh titik ruang <i>hall</i> .
15.00		Berdasarkan gambar di samping, pada kondisi ini, temperatur rata-rata 32,5°C. Tersebar pada seluruh titik ruang <i>hall</i> .

Waktu	Zona Temperatur	Keterangan
18.00		Berdasarkan gambar di samping, pada kondisi ini, temperatur rata-rata 29°C. Tersebar pada seluruh titik ruang <i>hall</i> .

Keterangan:

● : Titik pengukuran

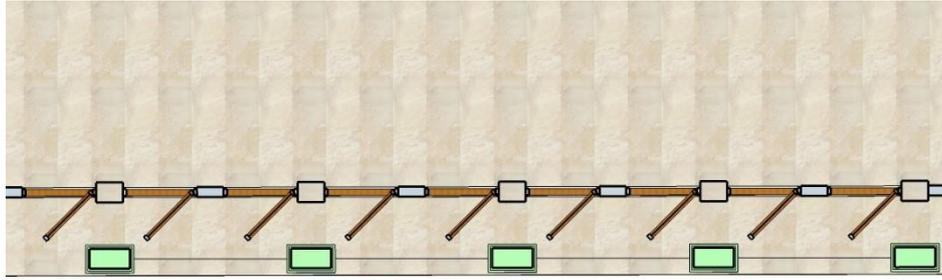
Pengukuran temperatur udara dalam ruang, nilai yang diperoleh pada saat pengukuran pukul (06.00) berkisar 27°C, pukul (09.00) berkisar 30°C, pukul (12.00) berkisar 32°C, pukul (15.00) berkisar 32°C dan pukul (18.00) berkisar 29°C. Selisih temperatur udara ruang luar dan dalam relatif kecil, yaitu rata-rata sebesar 1-2°C pada setiap waktu pengukuran. Sedangkan pada standar temperatur nyaman menurut SNI 03-6572-2001 antara 25°C – 27°C. Dari kelima waktu yang sudah dilakukan pengukuran, temperatur tertinggi terjadi pada pukul 12.00-15.00. Sedangkan untuk temperatur rendah terjadi pada pukul 06.00 dan 18.00.

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan, dapat diketahui rata-rata temperatur udara luar sekitar 31,5°C dan rata-rata temperatur udara dalam sekitar 29,8°C, selisih yang tidak terlalu signifikan berkisar 1,7°C. Sesuai dengan standar SNI 03-6572-2001 hasil data pengukuran lapangan diatas batas ambang hangat nyaman dengan temperatur 25 C-27°C. Temperatur udara yang tinggi dipengaruhi oleh sebagian besar kota Pamekasan dekat dengan daerah pesisir dan tingginya radiasi matahari. Berdasarkan wawancara yang telah dilakukan kepada pengguna gedung, setiap pengunjung yang mempunyai panas kalor dalam tubuh yang berbeda merasakan panas dalam ruang. Pada saat acara berlangsung dari siang sampai sore panas dalam ruang temperatur udara ruang dalam sangat terasa. Rendahnya aliran udara yang masuk sehingga dibantu dengan alat pendingin ruangan konvensional dengan tujuan untuk proses sirkulasi udara dalam ruang tetap berjalan.

Dari hasil pengukuran, data menunjukkan bahwa temperatur udara dalam *Islamic Center* tidak merata keseluruh ruangan. Pada bagian sisi pinggir ruangan temperatur cenderung rendah dan nyaman, namun berbeda untuk di tengah ruang yang cenderung temperaturnya tinggi karena disebabkan oleh sirkulasi udara yang tidak dapat mencapai ke tengah ruang. Melihat aktivitas yang berlangsung cukup padat dan pengguna gedung yang banyak perlu adanya pengoptimalan dalam kenyamanan termal pada gedung *Islamic Center* Pamekasan. Oleh karena itu, dibutuhkan perbaikan sistem ventilasi pada gedung sehingga temperatur udara ruang dalam zona nyaman dan pengguna ruang merasa nyaman beraktivitas di dalam ruangan tanpa menggunakan alat bantu mekanik.

#### **4.3.4 Simulasi Kondisi Termal**

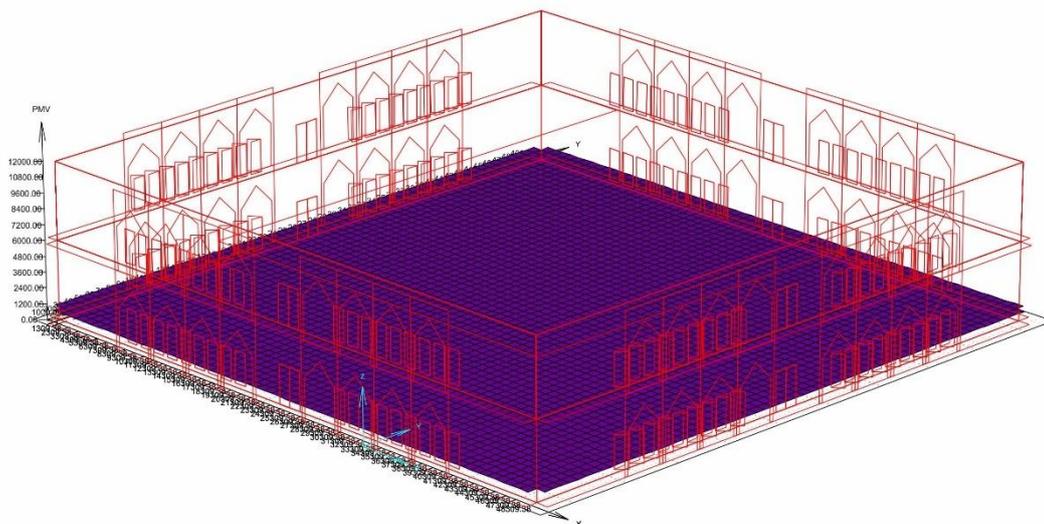
Simulasi kondisi termal eksisting memasukkan data yang disesuaikan pada saat melakukan pengukuran lapangan dan melalui dari beberapa sumber mengenai iklim kota Pamekasan di setiap bulannya. Kondisi termal dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, kecepatan angin, kelembapan dan temperatur udara. Dari faktor tersebut diperoleh data dari hasil pengukuran lapangan. Dari hasil data tersebut diharapkan disimulasikan dengan kondisi eksisting sehingga memperoleh data yang valid, kesesuaian antara pengukuran kondisi eksisting dan simulasi kondisi termal.



Gambar 4.17 3D Modeling Simulasi Kondisi Termal

Kondisi termal yang disimulasikan terletak pada ruang tengah bangunan yang merupakan fungsi utama yaitu ruang *hall*. Luas ruang *hall* sekitar 5632 m<sup>2</sup> dapat menampung sekitar kurang lebih 800 orang. Kapasitas bisa berubah sesuai dengan aktivitas atau acara yang berlangsung. Dengan kapasitas tersebut tidak diimbangi dengan jumlah bukaan ventilasi yang mampu dapat mengurangi panas dalam ruang. Pada saat melakukan simulasi, kondisi ventilasi terbuka sebesar 45 derajat sesuai pada saat melakukan pengukuran lapangan. Tujuannya adalah untuk mengetahui perbedaaan hasil pengukuran lapangan dan hasil simulasi yang selanjutnya akan dianalisis.

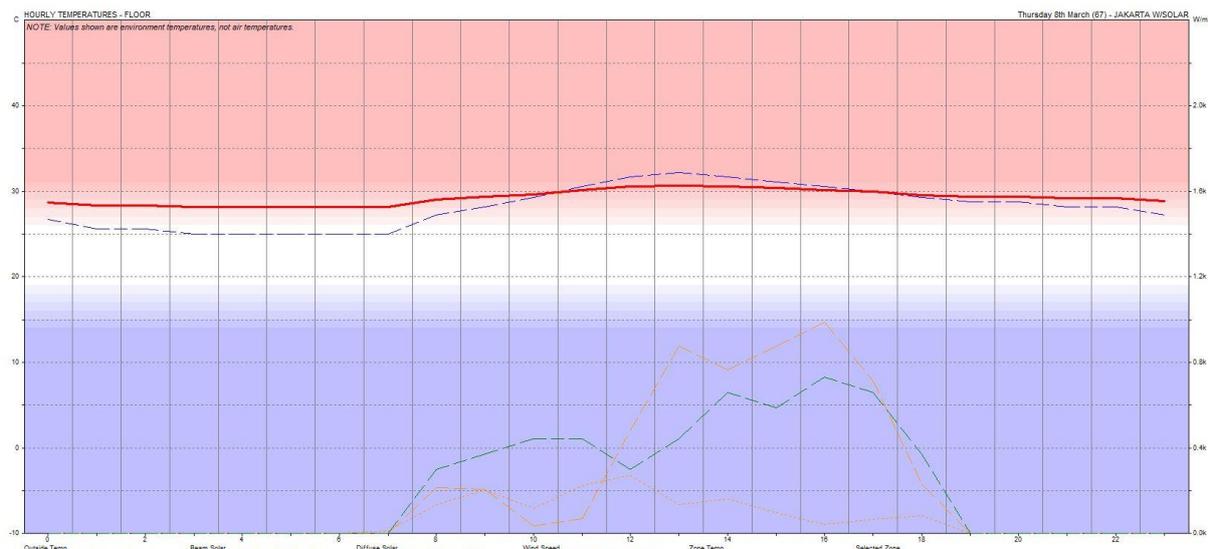
**Thermal Comfort**  
**Predicted Mean Vote**  
 Contour Range: 25.00 - 29.00 PMV  
 In Steps of 0.10 PMV  
 © ECOTECT v5



Average Value: 26.21 PMV  
 Above Clip Threshold: 100.0%  
 Visible Nodes: 4092

Gambar 4.18 Hasil Simulasi Kondisi Eksisting

Berikut hasil data simulasi kondisi termal:



Gambar 4.19 Grafik Kondisi eksisting

*HOURLY TEMPERATURES – Friday, 2nd March (67)*

*Zone: FLOOR*

*Avg. Temperature: 28.1 C (Ground 27.6 C)*

*Total Surface Area: 20272.000 m2 (176.0% flr area).*

*Total Exposed Area: 180.001 m2 (1.6% flr area).*

*Total North Window: 0.000 m2 (0.0% flr area).*

*Total Window Area: 180.001 m2 (1.6% flr area).*

*Total Conductance (AU): 918 W/°K*

*Total Admittance (AY): 110442 W/°K*

*Response Faktor: 20.31*

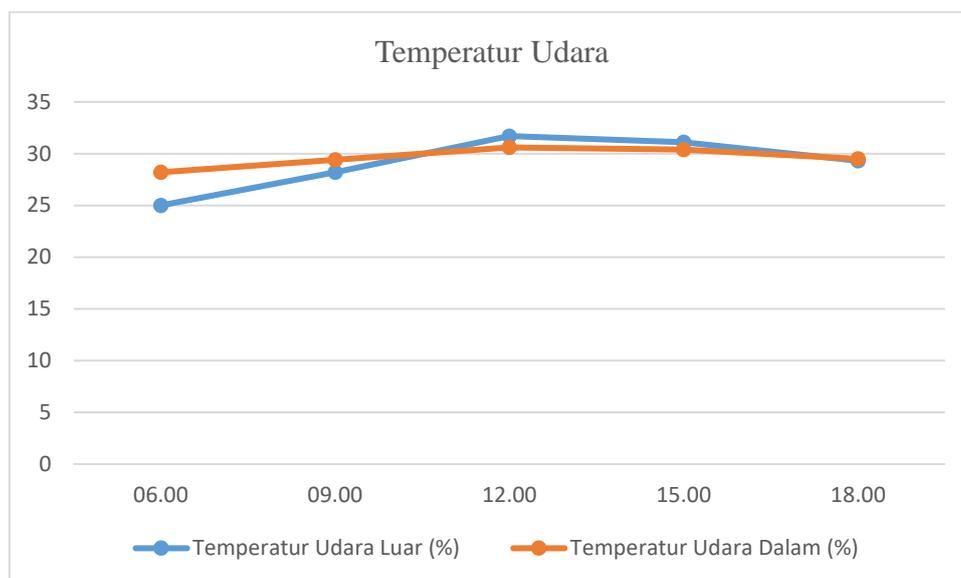
Tabel 4.8 Hasil Simulasi

HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP.DIF
	(C)	(C)	(C)
0	28.7	26.7	2.0
1	28.4	25.6	2.8
2	28.4	25.6	2.8
3	28.2	25.0	3.2
4	28.2	25.0	3.2
5	28.2	25.0	3.2
6	28.2	25.0	3.2
7	28.2	25.0	3.2
8	29.0	27.2	1.8

9	29.4	28.2	1.2
10	29.6	29.3	0.3
11	30.2	30.6	-0.4
12	30.6	31.7	-1.1
13	30.7	32.2	-1.5
14	30.6	31.7	-1.1
15	30.4	31.1	-0.7
16	30.2	30.6	-0.4
17	30.0	30.0	-0.0
18	29.5	29.3	0.2
19	29.4	28.8	0.6
20	29.4	28.8	0.6
21	29.2	28.2	1.0
22	29.2	28.2	1.0
23	28.9	27.2	1.7

Tabel 4.9 Tabel Hasil Simulasi Eksisting

Hasil Simulasi Jum'at, 02 Maret 2018					
Posisi	Waktu	Temperatur Udara Luar (C)	Temperatur Udara Dalam (C)	Kondisi	Keterangan
Terbuka 45	06.00	25	28,2	Di atas ambang kenyamanan termal (20°C- 26°C)	Tidak Sesuai SNI
	09.00	28,2	29,4		
	12.00	31,7	30,6		
	15.00	31,1	30,4		
	18.00	29,3	29,5		
<b>Rata-rata</b>		28,3	29,4		



Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Temperatur Ruang Luar dan Dalam

Berdasarkan grafik di atas, hasil simulasi menunjukkan selisih temperatur setiap waktu tidak terlalu besar. Menunjukkan temperatur udara dalam pada saat pukul 12.00 – 15.00 lebih besar dari pada temperatur udara luar. Pada tersebut sama seperti pada saat melakukan pengukuran lapangan. Rata-rata temperatur udara luar sekitar 28,3°C dan rata-rata temperatur udara dalam sekitar 29,4°C. Sesuai dengan standar SNI 03-6572-2001 kenyamanan suatu ruang berkisar 20°C - 26°C, pada hasil simulasi tidak sesuai dengan SNI dan diharapkan mampu dapat menurunkan termal dalam ruang melalui pendekatan rekomendasi desain bukaan ventilasi pada gedung *Islamic Center*.

#### 4.3.5 Perbandingan Hasil Pengukuran Lapangan dan Simulasi Kondisi Termal Eksisting

Perbandingan hasil pengukuran lapangan dan simulasi merupakan hasil dari korelasi antara pengukuran lapangan dan simulasi termal. Dari perbandingan tersebut bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pada ruang dalam atau titik yang sudah dilakukan pengukuran dan simulasi. Berikut tabel hasil data perbandingan:

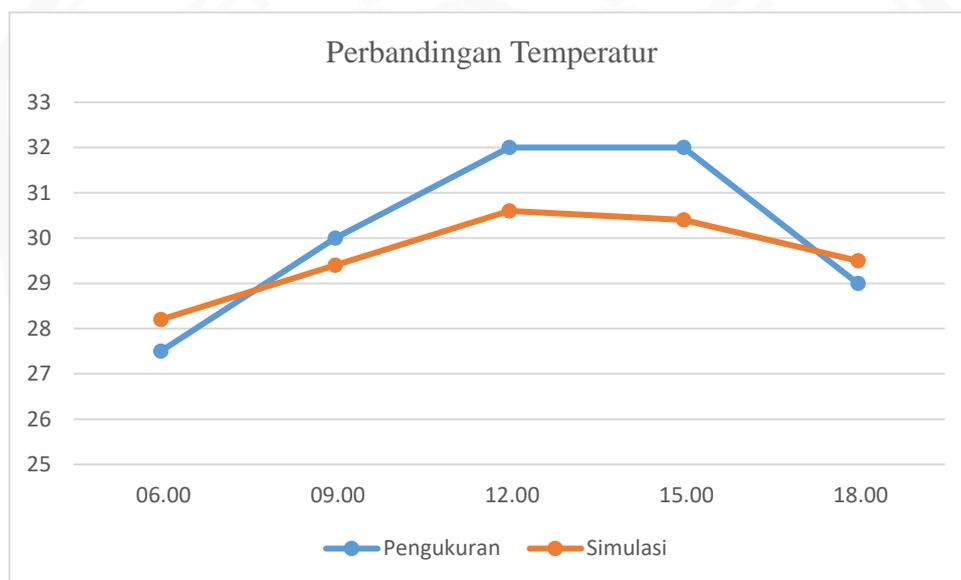
Tabel 4.10 Perbandingan Hasil Kondisi Lapangan dan Simulasi

Posisi	Waktu	Temperatur Udara dalam (°C)	
		Pengukuran	Simulasi
Ventilasi Terbuka 45 °	06.00	27,5	28,2
	09.00	30	29,4
	12.00	32	30,6
	15.00	32	30,4
	18.00	29	29,5
<b>Rata-rata</b>		<b>29,8</b>	<b>29,4</b>

Relatif Error : (Selisih Temperatur Udara) / (Simulasi Temperatur udara dalam) x 100%

$$: (0,4) / 29,4 \times 100\%$$

$$: 1,36 \%$$



Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Hasil Pengukuran dan Simulasi Temperatur Udara

#### A. Perbandingan 06.00

Pada saat pukul 06.00 wib hasil perbandingan antara pengukuran kondisi eksisting dan simulasi diperoleh hasil temperatur ruang luar 28°C dan 23,2°C, serta temperatur ruang dalam 27,5°C dan 37,1°C. Dari data tersebut terlihat pada saat pengukuran lapangan selisih temperatur suhu tidak terlalu besar hal ini mengidentifikasikan bahwa kondisi ruang *hall Islamic Center Pamekasan* “tidak sehat”, disebabkan kurangnya sirkulasi udara di dalam

ruangan dengan ditandai hampir tidak ada hembusan angin yang dirasakan dalam ruang, dan juga luasnya ruang yang menyebabkan sirkulasi udara tidak dapat mengalir sehingga temperatur udara dalam ruang naik. Dari data hasil simulasi menunjukkan hasil selisih yang signifikan, tingginya temperatur udara ruang dalam dari pada ruang luar sehingga memberi dampak besar terhadap ruang dalam dengan tingginya temperatur udara dalam ruang. pada kondisi tersebut tingkat kenyamanan termal dalam ruang menurun dan mengganggu segala aktivitas yang berlangsung.

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan dan hasil simulasi termal ruang dalam *hall Islamic Center* disimpulkan bahwa kenyamanan termal pada saat jam 06.00 wib ruang *hall Islamic Center* berada diluar zona nyaman optimum yaitu 19-26 C. Hal ini disebabkan karena temperatur udara dan kelembapan udara yang cukup tinggi, dan tidak optimalnya sirkulasi udara di dalam ruangan.

#### B. Perbandingan 09.00

Pada saat pukul 09.00 wib hasil perbandingan antara pengukuran kondisi eksisting dan simulasi diperoleh hasil temperatur ruang luar 30°C dan 27,2°C, serta temperatur ruang dalam 30°C dan 37,4°C. Dari data tersebut terlihat pada saat pengukuran lapangan menunjukkan hasil yang sama yaitu temperatur ruang luar dan dalam 30°C, disebabkan oleh radiasi matahari yang mulai naik dan kurangnya sirkulasi udara menyebabkan temperatur ruang dalam menjadi panas. Dari data hasil simulasi menunjukkan temperatur udara dalam lebih tinggi dari pada temperatur udara luar, sama seperti pada saat pukul 06.00 perbedaan yang signifikan sehingga dampaknya besar terhadap kenyamanan pengguna ruang.

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan dan hasil simulasi termal ruang dalam *hall Islamic Center* disimpulkan bahwa kenyamanan termal pada saat jam 09.00 wib ruang *hall Islamic Center* berada diluar zona nyaman optimum yaitu 19-26°C. Hal ini disebabkan karena radiasi matahari yang tinggi dan kurangnya sirkulasi udara dalam ruang sehingga menyebabkan temperatur udara dalam naik.

#### C. Perbandingan 12.00

Pada saat pukul 06.00 wib hasil perbandingan antara pengukuran kondisi eksisting dan simulasi diperoleh hasil temperatur ruang luar 35°C dan 32,2°C, serta temperatur ruang dalam 32°C dan 37,8°C. Dari data tersebut terlihat pada saat pengukuran lapangan temperatur udara yang naik diakibatkan oleh radiasi matahari dan kelembapan yang tinggi, hal ini

mengidentifikasi bahwa kondisi ruang *hall Islamic Center* tidak memenuhi standar kenyamanan termal ruang dalam. Dari data hasil simulasi menunjukkan temperatur udara lebih tinggi dari pada temperatur udara luar, hal ini mengidentifikasi bahwa tingginya temperatur yang jauh dari standar kenyamanan termal menyebabkan menurunnya tingkat kenyamanan dan dapat mengganggu aktifitas yang berlangsung.

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan dan hasil simulasi termal ruang dalam *hall Islamic Center* disimpulkan bahwa kenyamanan termal pada saat jam 12.00 wib ruang *hall Islamic Center* berada diluar zona nyaman optimum yaitu 19-26°C. Hal ini disebabkan karena radiasi matahari yang tinggi dan kurangnya sirkulasi udara dalam ruang sehingga menyebabkan temperatur udara dalam naik. Dari faktor tersebut dapat mengganggu segala aktifitas yang berlangsung dan dapat menurunkan tingkat kunjung.

#### D. Perbandingan 15.00

Pada saat pukul 06.00 wib hasil perbandingan antara pengukuran kondisi eksisting dan simulasi diperoleh hasil temperatur ruang luar 33°C dan 31,1°C, serta temperatur ruang dalam 32,5°C dan 37,7°C. Dari data tersebut terlihat pada saat pengukuran lapangan sama seperti pada saat pukul 06.00 selisih temperatur suhu tidak besar dan dipengaruhi oleh radiasi matahari yang tinggi, kelembapan, dan rendahnya sirkulasi udara dalam ruang. Dari data hasil simulasi menunjukkan temperatur udara dalam lebih tinggi dari pada temperatur udara luar. Hal ini mengidentifikasi temperatur yang tinggi menyebabkan termal dalam ruang meningkatkan dan menurunkan tingkat kenyamanan dalam ruang.

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan dan hasil simulasi termal ruang dalam *hall Islamic Center* disimpulkan bahwa kenyamanan termal pada saat jam 15.00 wib ruang *hall Islamic Center* berada dikuar zona nyaman optimum yaitu 19-26°C. Hal ini disebabkan kerana radiasi matahari yang tinggi dan kurangnya sirkulasi udara dalam ruang sehingga menyebabkan temperatur udara dalam naik. Dari faktor tersebut dapat mengganggu segala aktifitas yang berlangsung dan dapat menurunkan tingkat kunjung.

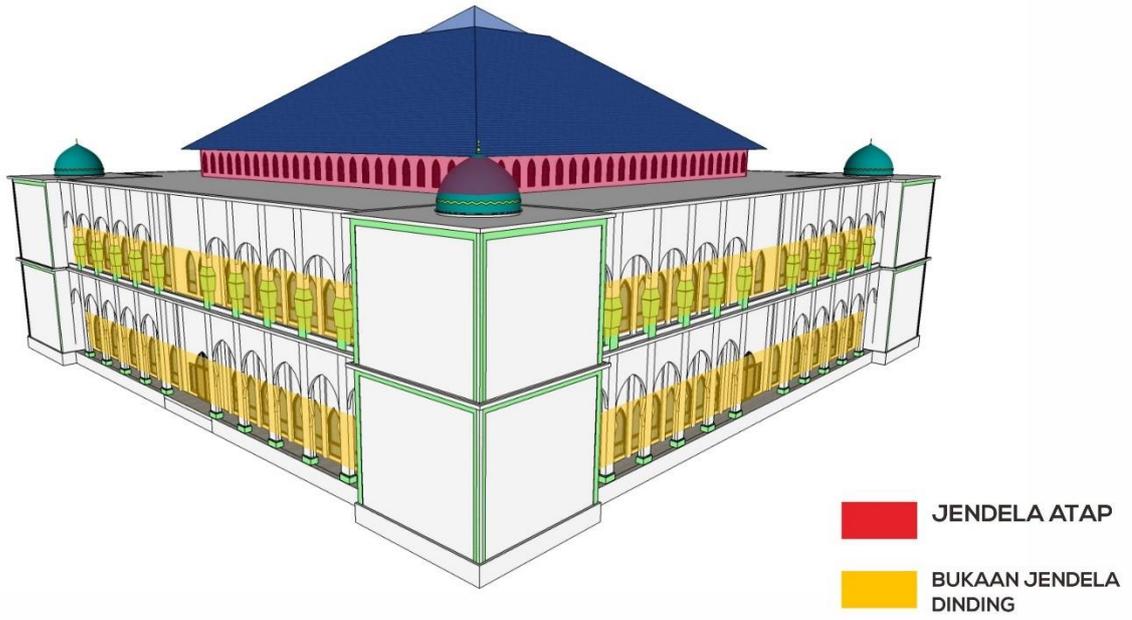
#### E. Perbandingan 18.00

Pada saat pukul 18.00 wib hasil perbandingan antara pengukuran kondisi eksisting dan simulasi diperoleh hasil temperatur ruang luar 28°C dan 28,8°C, serta temperatur ruang dalam 29°C dan 37,5°C.

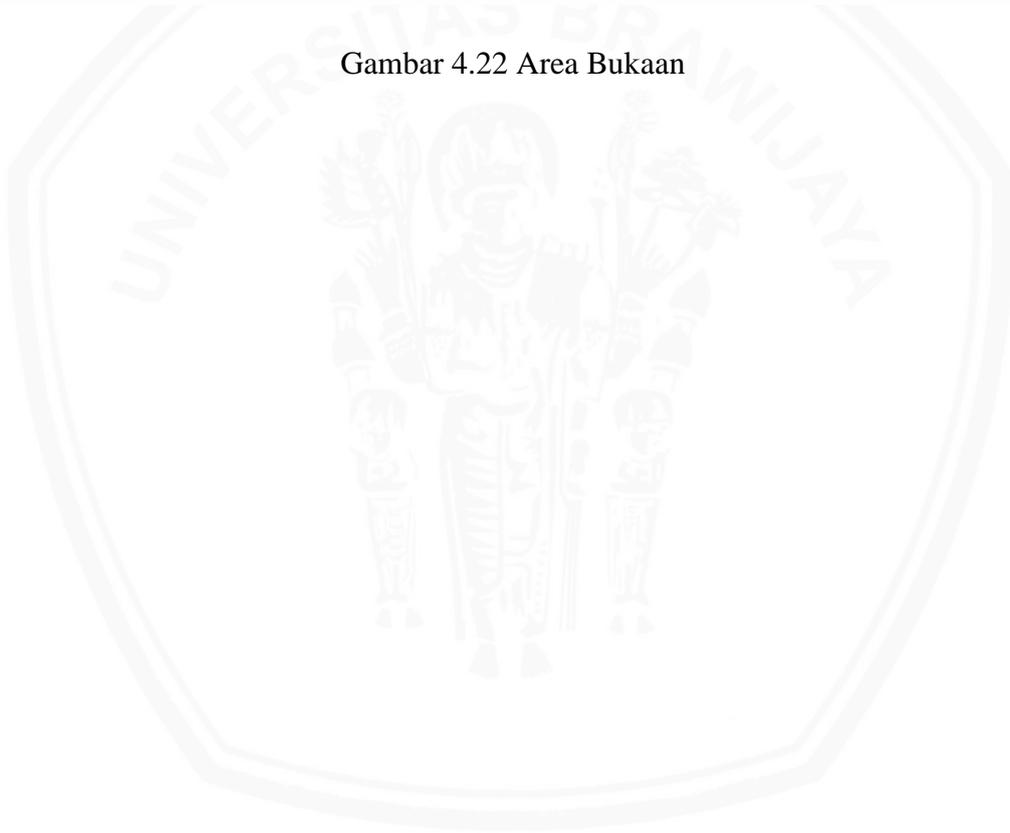
#### 4.4 Analisis Alternatif Rekomendasi Desain Rekayasa Desain Ventilasi Alami

Setelah data berhasil dikumpulkan dan diolah seluruhnya, maka tahap selanjutnya adalah tahap rekomendasi desain. Pada tahap rekomendasi desain ini, peneliti menganalisa dari setiap elemen tentang kenyamanan termal dalam ruang yang dijadikan riset pada penelitian ini. Dilakukan untuk mengetahui apakah kenyamanan termal dipertahankan atau ada rekomendasi desain dengan tujuan meningkatkan kenyamanan termal dalam ruang. Rekomendasi desain diharapkan mampu menjawab semua permasalahan tentang kenyamanan termal ruang dalam, melalui beberapa rekomendasi desain bukaan ventilasi di dinding dan jendela atap dapat menurunkan termal dalam ruang. Pada bukaan ventilasi terdapat dua rekomendasi desain, yaitu rekomendasi desain bukaan jendela pada dinding dan rekomendasi desain bukaan jendela pada atap bangunan. Rekomendasi desain bukaan dinding mengalami perubahan desain dari sebelumnya, dengan bukaan *pivot* dan besar derajat bukaan terbuka diharapkan mampu dapat meningkatkan aliran angin masuk ke dalam ruang. Pemilihan jendela *pivot* pada dasarnya mempertimbangkan pergerakan aliran angin sekitar objek studi, besarnya aliran angin yang masuk tergantung pada elemen bukaan yang terbuka. Denah bangunan yang simetris menyebabkan perbedaan aliran udara yang masuk, dengan memaksimalkan arah bukaan diharapkan nantinya meningkatkan aliran udara yang masuk dan dapat menurunkan temperatur udara dalam ruang. Pada rekomendasi jendela atap, juga mengalami perubahan desain. Jendela mati yang diterapkan tidak dapat memecahkan permasalahan yang ada. Udara yang datang tidak dikeluarkan sehingga temperatur udara dalam ruang menjadi panas, pada desain rekomendasi jendela atap, jendela *jalousi* menjadi pemilihan yang tepat untuk diterapkan ke objek studi. Jendela *jalousi* dengan perbedaan arah bukaan diharapkan mampu dapat mengeluarkan udara panas dalam ruang dan dapat memaksimalkan proses ventilasi alami (*stack effect*).

Dari kedua rekomendasi desain tersebut, menganalisis dari setiap elemen dan disimulasikan menggunakan *Ecotect Analysis 2011*. Hasil akhir dari analisis tersebut diharapkan mampu menurunkan temperatur dalam ruang dan meningkatkan kenyamanan termal dalam ruang.

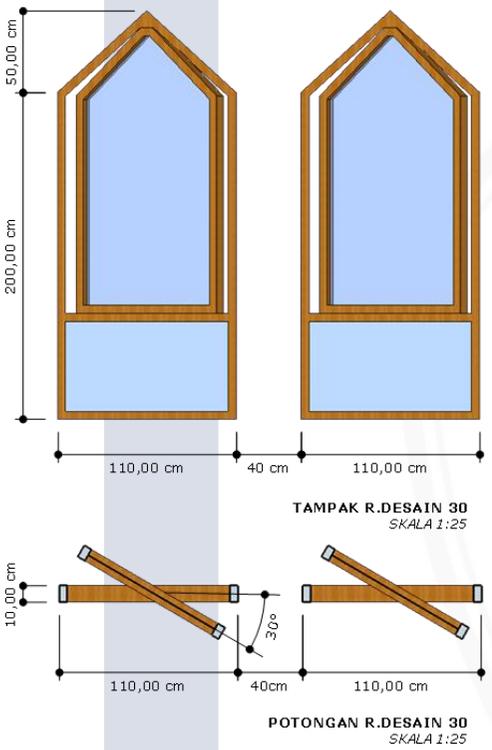
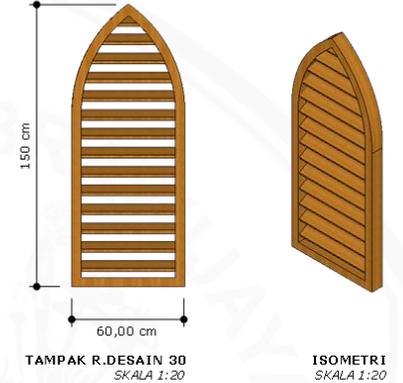


Gambar 4.22 Area Bukaan

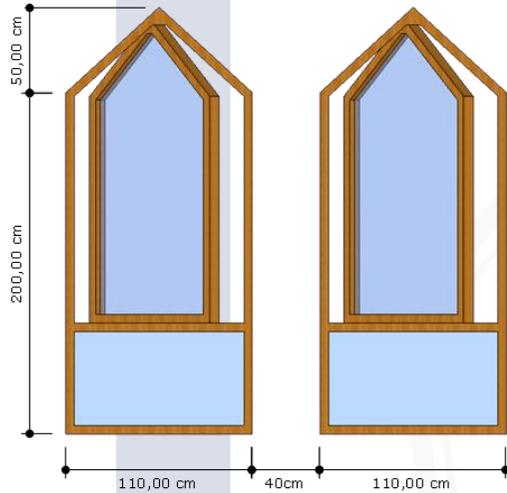




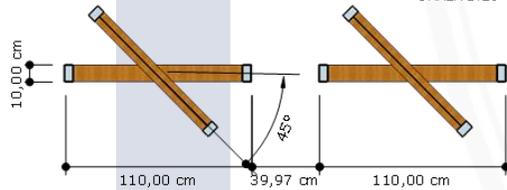
Tabel 4.11 Rekomendasi Desain Bukaannya

Jenis bukaan dinding		Jenis bukaan atap	
<p><b>Tipe 1</b></p>		<p><b>Tipe 1</b></p>	
 <p>Pada desain bukaan jendela ini, bukaan jendela terbuka sebesar 30 derajat. Kondisi seperti ini diharapkan mampu mengoptimalkan udara yang masuk dari sudut arah yang berbeda.</p>		 <p>Pada jenis desain bukaan jendela ini, bukaan jalousi terbuka sebesar 30 derajat. Kondisi seperti ini</p>	

Lanjutan Tabel 4.13

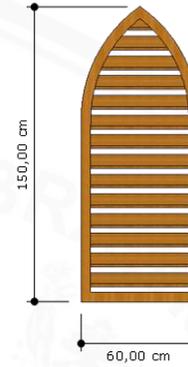


TAMPAK R.DESAIN 45  
SKALA 1:25



POTONGAN R.DESAIN 45  
SKALA 1:25

Pada desain bukaan jendela ini, bukaan jendela terbuka sebesar 45 derajat. Kondisi seperti ini diharapkan mampu mengoptimalkan udara yang masuk dari sudut arah yang berbeda.



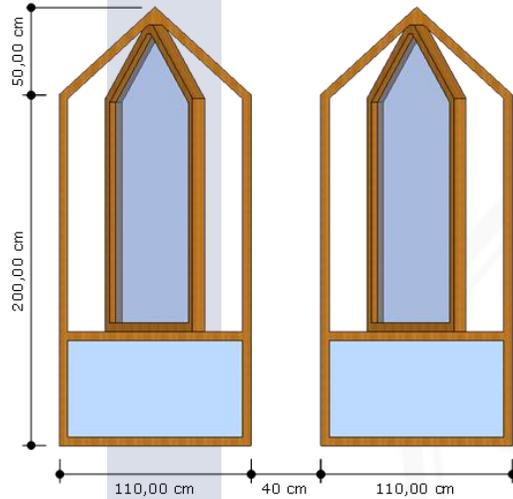
TAMPAK R.DESAIN 45  
SKALA 1:20



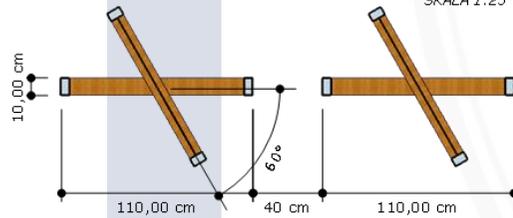
ISOMETRI  
SKALA 1:20

Pada jenis desain bukaan jendela ini, bukaan jalousi terbuka sebesar 45 derajat. Kondisi seperti ini

Lanjutan Tabel 4.13

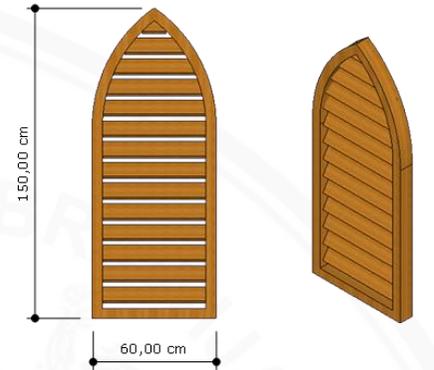


TAMPAK R.DESAIN 60  
SKALA 1:25



POTONGAN R.DESAIN 60  
SKALA 1:25

Pada desain bukaan jendela ini, bukaan jendela terbuka sebesar 60 derajat. Kondisi seperti ini diharapkan mampu mengoptimalkan udara yang masuk dari sudut arah yang berbeda.



TAMPAK R.DESAIN 60  
SKALA 1:20

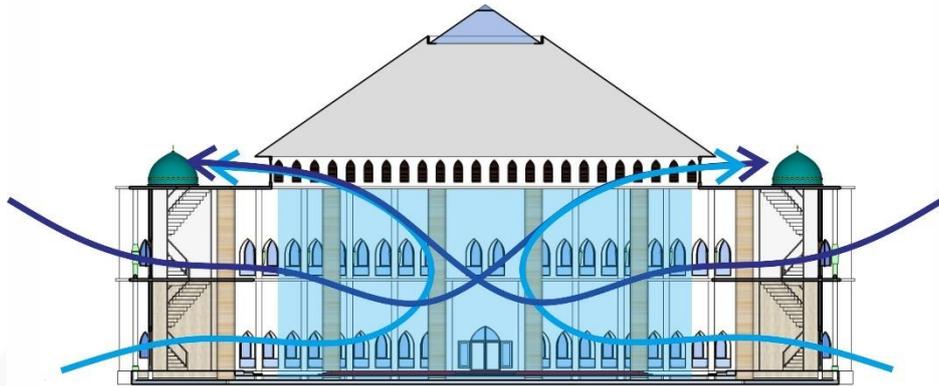
ISOMETRI  
SKALA 1:20

Pada jenis desain bukaan jendela ini, bukaan jalousi terbuka sebesar 60 derajat. Kondisi seperti ini

Lanjutan Tabel 4.13

<p>TAMPAK R.DESAIN 90 SKALA 1:25</p> <p>POTONGAN R.DESAIN 90 SKALA 1:25</p>	<p>Pada desain bukaan jendela ini, bukaan jendela terbuka sebesar 90 derajat. Kondisi seperti ini diharapkan mampu mengoptimalkan udara yang masuk dari sudut arah yang berbeda.</p>	
---	--	--

Pada dasarnya penerapan inlet dan outlet pada gedung *Islamic Center* ini mengacu pada prinsip *stack effect*. Inlet yang terletak di dinding yang merupakan bukaan ventilasi utama memasukkan udara berupa jendela pivot dengan beberapa arah buka yang akan mengalirkan udara dingin dari luar ke dalam bangunan. Sedangkan outlet berupa bukaan jalousi yang terletak pada bukaan ventilasi atap yang akan mengeluarkan panas dari dalam ke luar bangunan sehingga pendinginan ruang dapat tercapai.



Gambar 4.23 Penerapan *Stack Effect* Pada Bangunan

Tabel 4.12 Perbandingan Kondisi eksisting dan Rekomendasi desain

Elemen	Kondisi Eksisting	Rekomendasi
Ventilasi Atap	- Kondisi bukaan ventilasi yaitu ventilasi mati ( <i>fixed window</i> )	- Re-desain bukaan ventilasi menjadi bukaan atap jalousi - Bukaan jalousi mengalami perubahan volume bukaan
Ventilasi Dinding	- Bukaan ventilasi terbuka 45 derajat - Sistem ventilasi yaitu <i>casement window</i>	- Bukaan ventilasi mengalami perubahan volume bukaan - Sistem ventilasi yaitu <i>pivot window</i>

Penerapan elemen bukaan atap dan dinding dilakukan pada keempat sisi bangunan. Selain karena bentuk bangunan yang simetris, juga mempertimbangkan aktivitas yang terjadi pada gedung *Islamic Center*. Pada umumnya aktifitas yang dilakukan pengguna pada gedung *Islamic Center* cenderung dinamis (berpindah) sehingga dibutuhkan penerapan pada setiap sisinya untuk memenuhi pengguna akan pendinginan ruang.

#### 4.4.1 Vegetasi

Pada kondisi eksisting keberadaan vegetasi pada lokasi tapak kurang ideal. Vegetasi di dominasi oleh pohon palm dan vegetasi semak lainnya. Kurangnya vegetasi menyebabkan aliran udara yang masuk tidak dapat disaring sehingga aliran udara panas tetap masuk ke dalam bangunan. Dalam upaya menurunkan temperatur ruang dalam maka dibutuhkan beberapa penambahan vegetasi yang dapat memfiltrasi udara panas sebelum masuk ke dalam bangunan. Jenis vegetasi yang direkomendasikan yaitu memiliki dahan yang lebat, rekomendasi tersebut sangat ideal apabila diterapkan pada objek studi. Dengan temperatur udara yang tinggi dapat diturunkan melalui pergerakan aliran udara yang melewati vegetasi tersebut. Berikut rekomendasi penambahan vegetasi pada lokasi objek studi:



Gambar 4.24 Kelapa Sawit

Sumber: <http://www.agrowindo.com/peluang-usaha-budidaya-kelapa-sawit-dan-analisa-usahanya.html>



Gambar 4.25 Ketapang Kencana

Sumber: <http://bibitbunga.com/tanaman-ketapang-kencana-madagascar>



Gambar 4.26 Tanaman Perdu

Sumber: <https://pixabay.com/en/leaves-macro-nature-plant-shrub-1834877/>

### A. Posisi dan Peletakan

Vegetasi tersebar ke setiap sisi bangunan terlihat pada gambar berikut:



Gambar 4.27 Rekomendasi Desain Peletakan Vegetasi

Posisi dan peletakan vegetasi tersebar pada seluruh sisi bangunan, tujuannya adalah selain berguna sebagai area teduh/hijau juga bermanfaat sebagai penyaring udara/penyejukan evaporatif. Jenis vegetasi dengan volume yang besar dan kerapatan daun yang tinggi mampu dapat menyaring udara dengan baik, kerapatan daun berhubungan dengan luas bidang penahan aliran udara panas yang datang dan juga sebagai penahan rambatan suara. Dalam penanaman vegetasi harus merata sehingga kemampuannya dalam penyejukan pasif.

## B. Estetika



Gambar 4.28 Kondisi Eksisting Vegetasi



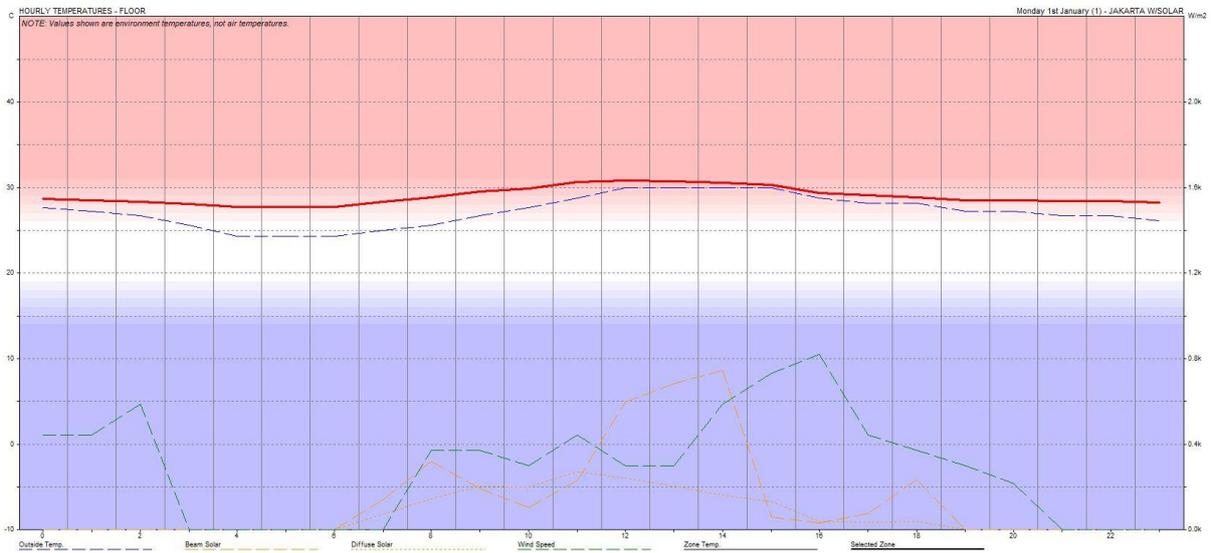
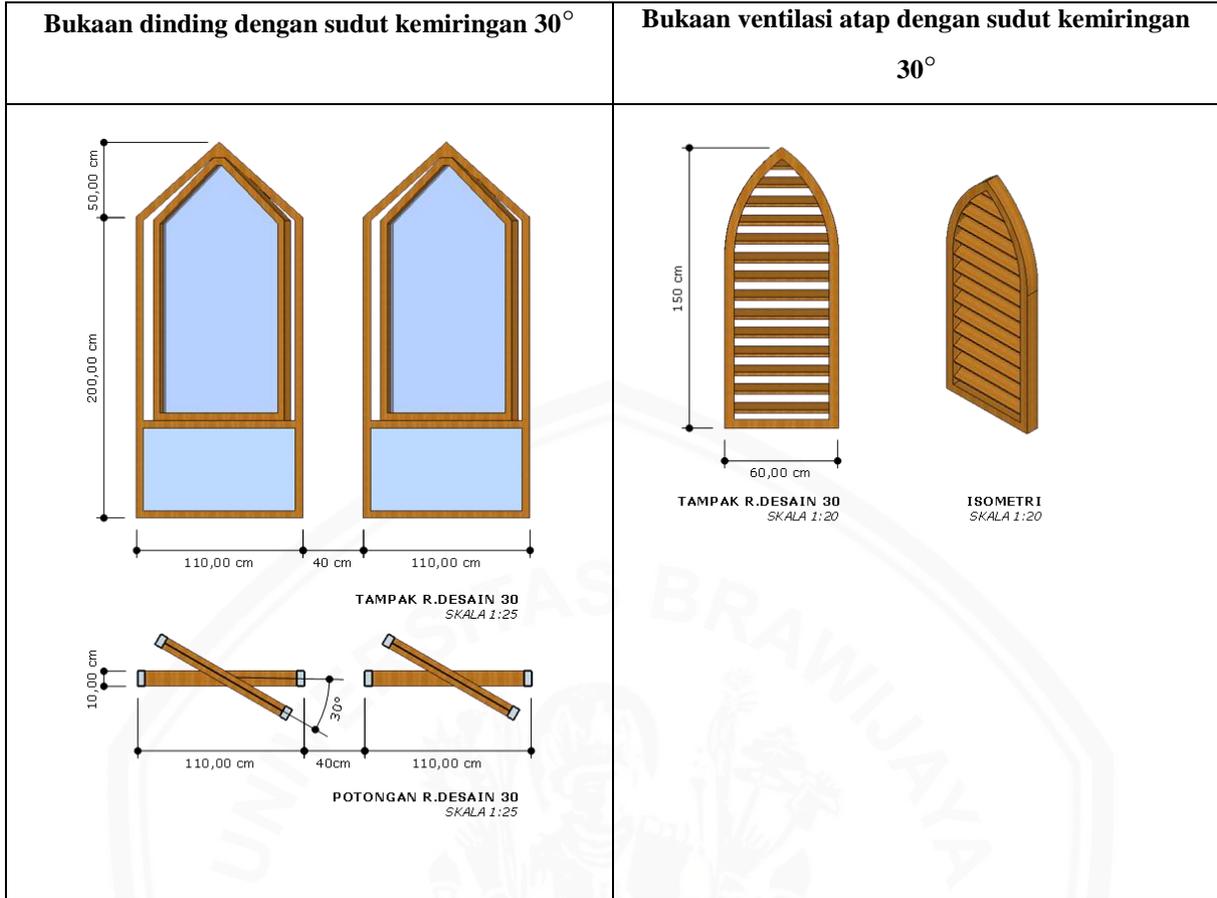
Gambar 4.29 Perpektif Peletakan Vegetasi

### 4.5 Analisis Hasil Simulasi Rekomendasi Desain

#### 4.5.1 Skenario 1

Pada skenario 1(satu) terdapat beberapa perubahan arah buka bukaan dengan sudut kemiringan bukaan ventilasi dinding sebesar 30 derajat dan dikombinasikan dengan bukaan atap dengan kemiringan 30°, 45°, 60°, dan 90°. Untuk bukaan ventilasi dinding dan ventilasi atap diterapkan pada seluruh sisi bangunan. Dari hasil kombinasi tersebut diharapkan mampu mengetahui temperatur udara dari setiap perbedaan sudut bukaan.

Tabel 4.13 Skenario 1A



Gambar 4.30 Grafik skenario 1A

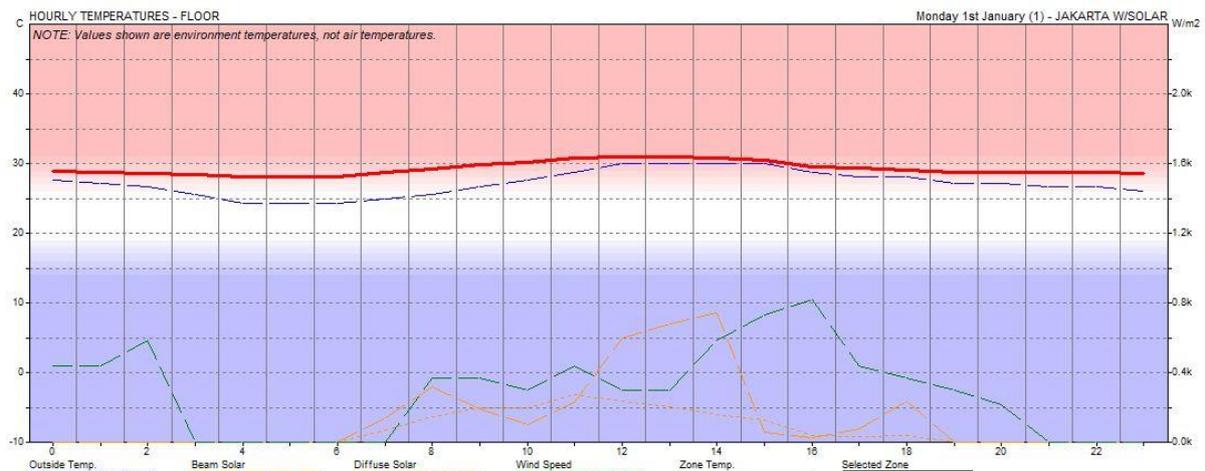
Tabel 4.14 Hasil Simulasi Skenario 1A

Waktu	Temperatur Udara Luar (°C)	Temperatur Udara Dalam (°C)
06.00	24.3	27.7
09.00	26.7	29.6
12.00	30	30.9
15.00	30	30.3
18.00	28.2	28.9
<b>Rata-rata</b>	<b>27,15</b>	<b>27,9</b>

Grafik hasil simulasi antara bukaan dinding ( $30^\circ$ ) dan bukaan atap ( $30^\circ$ ) menunjukkan bahwa temperatur udara dalam sedikit lebih turun dari kondisi eksisting. Pada simulasi eksisting temperatur rata-rata pada ke-empat sisi bukaan adalah  $29,8^\circ\text{C}$ . Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi desain temperatur rata-rata sebesar  $27,9^\circ\text{C}$ , dengan selisih temperatur sebesar  $1,9^\circ\text{C}$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kombinasi seperti ini dapat menurunkan sebesar  $1,9^\circ\text{C}$  dari simulasi eksisting. Berdasarkan SNI 03-657-2001 temperatur sebesar  $27,9^\circ\text{C}$  masih tergolong diatas ambang batas nyaman ( $>27,1^\circ\text{C}$ ).

Tabel 4.15 Skenario 1B

Bukaan dinding dengan sudut kemiringan $30^\circ$	Bukaan ventilasi atap dengan sudut kemiringan $45^\circ$
<p>TAMPAK R.DESAIN 30 SKALA 1:25</p> <p>POTONGAN R.DESAIN 30 SKALA 1:25</p>	<p>TAMPAK R.DESAIN 45 SKALA 1:20</p> <p>ISOMETRI SKALA 1:20</p>



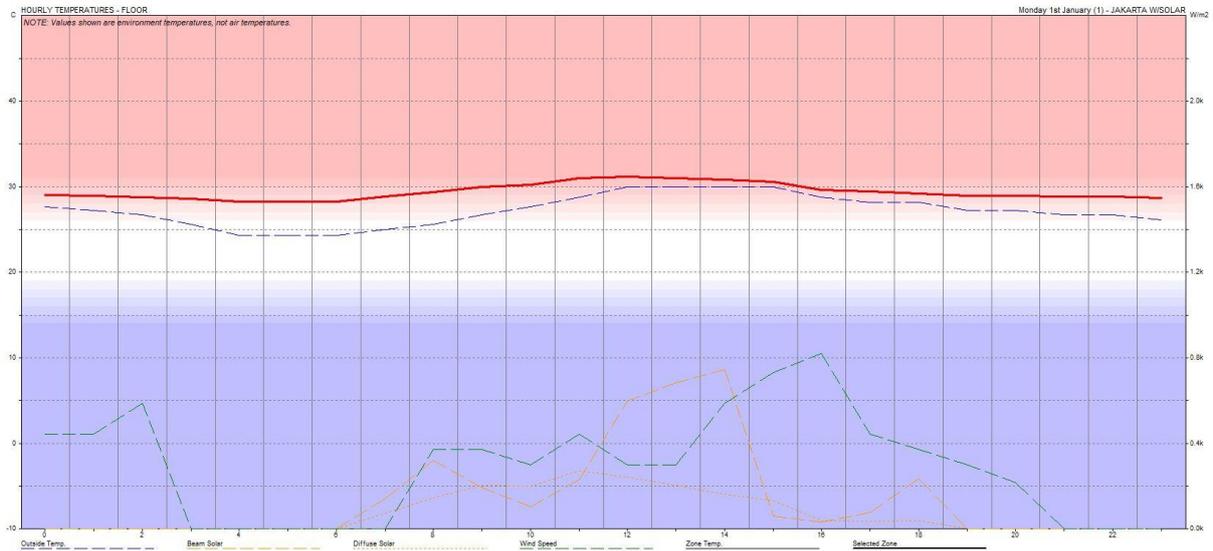
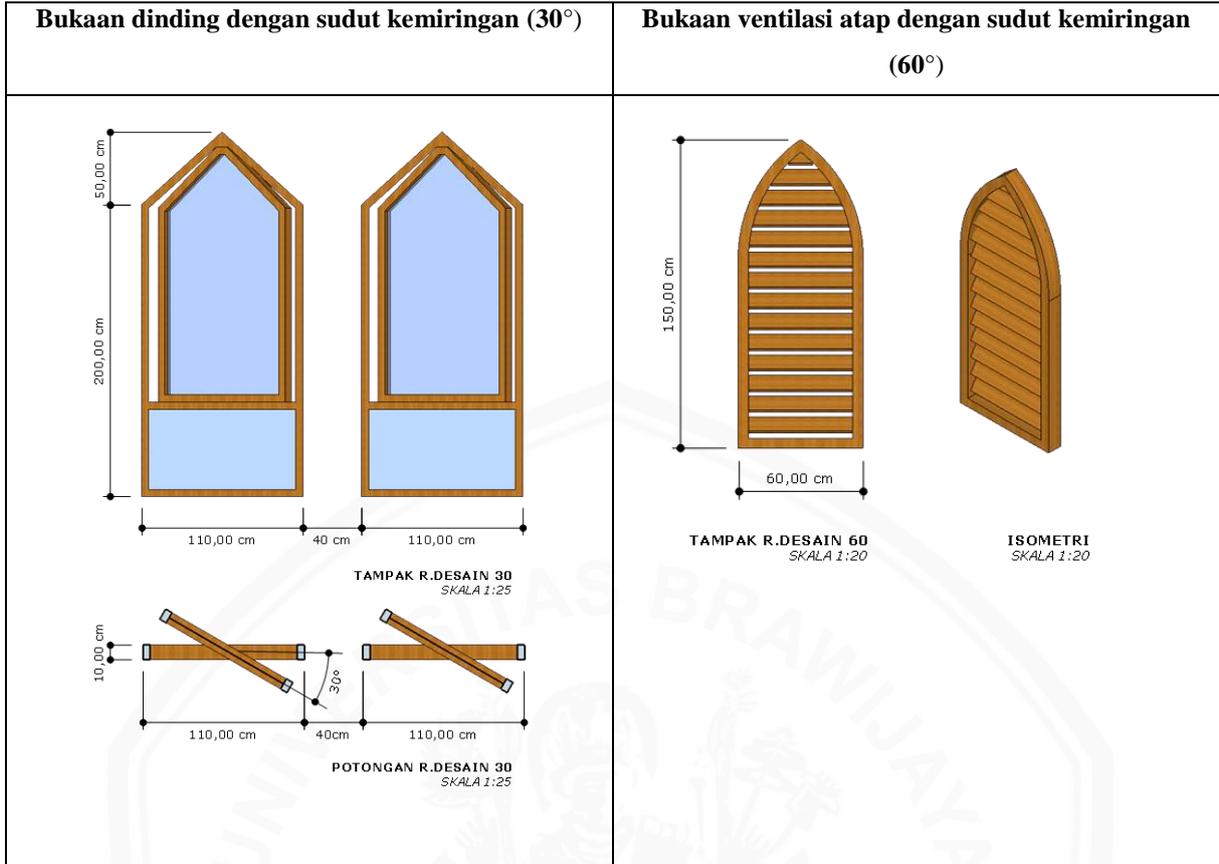
Gambar 4.31 Grafik skenario 2B

Tabel 4.16 Hasil Simulasi Skenario 1B

Waktu	Temperatur Udara Luar (°C)	Temperatur Udara Dalam (°C)
06.00	24.3	27.8
09.00	26.7	29.6
12.00	30	30.8
15.00	30	30.3
18.00	28.2	28.9
<b>Rata-rata</b>	27.15	27.9

Grafik hasil simulasi antara bukaan dinding ( $30^\circ$ ) dan bukaan atap ( $45^\circ$ ) menunjukkan bahwa temperatur udara dalam sedikit lebih turun dari kondisi eksisting. Pada simulasi eksisting temperatur rata-rata pada ke-empat sisi bukaan adalah  $29,8^\circ\text{C}$ . Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi desain temperatur rata-rata sebesar  $27,9^\circ\text{C}$ , dengan selisih temperatur sebesar  $0,9^\circ\text{C}$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kombinasi seperti ini dapat menurunkan sebesar  $0,9^\circ\text{C}$  dari simulasi eksisting. Berdasarkan SNI 03-657-2001 temperatur sebesar  $27,9^\circ\text{C}$  masih tergolong diatas ambang batas nyaman ( $>27,1^\circ\text{C}$ ).

Tabel 4.17 Skenario 1C



Gambar 4.32 Grafik skenario 1C

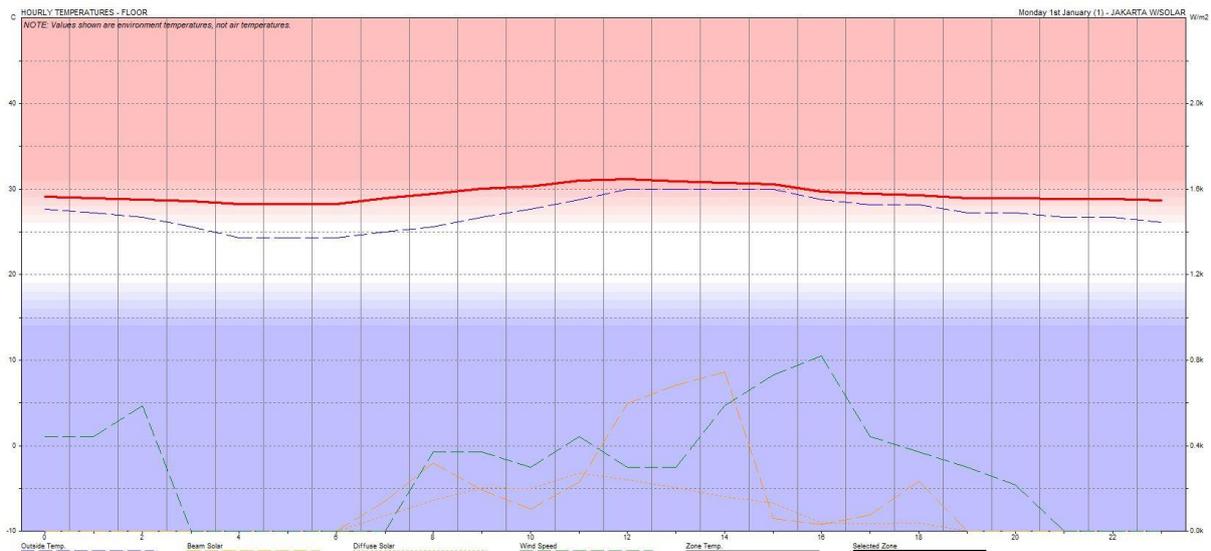
Tabel 4.18 Hasil Simulasi Skenario 1C

Waktu	Temperatur Udara Luar (°C)	Temperatur Udara Dalam (°C)
06.00	24.3	28.3
09.00	26.7	30
12.00	30	31.2
15.00	30	30.6
18.00	28.2	29.2
<b>Rata-rata</b>	<b>27.15</b>	<b>27.6</b>

Grafik hasil simulasi antara bukaan dinding ( $30^\circ$ ) dan bukaan atap ( $60^\circ$ ) menunjukkan bahwa temperatur udara dalam sedikit lebih turun dari kondisi eksisting. Pada simulasi eksisting temperatur rata-rata pada ke-empat sisi bukaan adalah  $29,8^\circ\text{C}$ . Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi desain temperatur rata-rata sebesar  $27,6^\circ\text{C}$ , dengan selisih temperatur sebesar  $2,2^\circ\text{C}$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kombinasi seperti ini dapat menurunkan sebesar  $2,2^\circ\text{C}$  dari simulasi eksisting. Berdasarkan SNI 03-657-2001 temperatur sebesar  $27,6^\circ\text{C}$  masih tergolong diatas ambang batas nyaman ( $>27,1^\circ\text{C}$ ).

Tabel 4.19 Skenario 1D

Bukaan dinding dengan sudut kemiringan ( $30^\circ$ )	Bukaan ventilasi atap dengan sudut kemiringan ( $^\wedge$ )
<p>TAMPAK R.DESAIN 30 SKALA 1:25</p> <p>POTONGAN R.DESAIN 30 SKALA 1:25</p>	



Gambar 4.33 Grafik skenario 1D

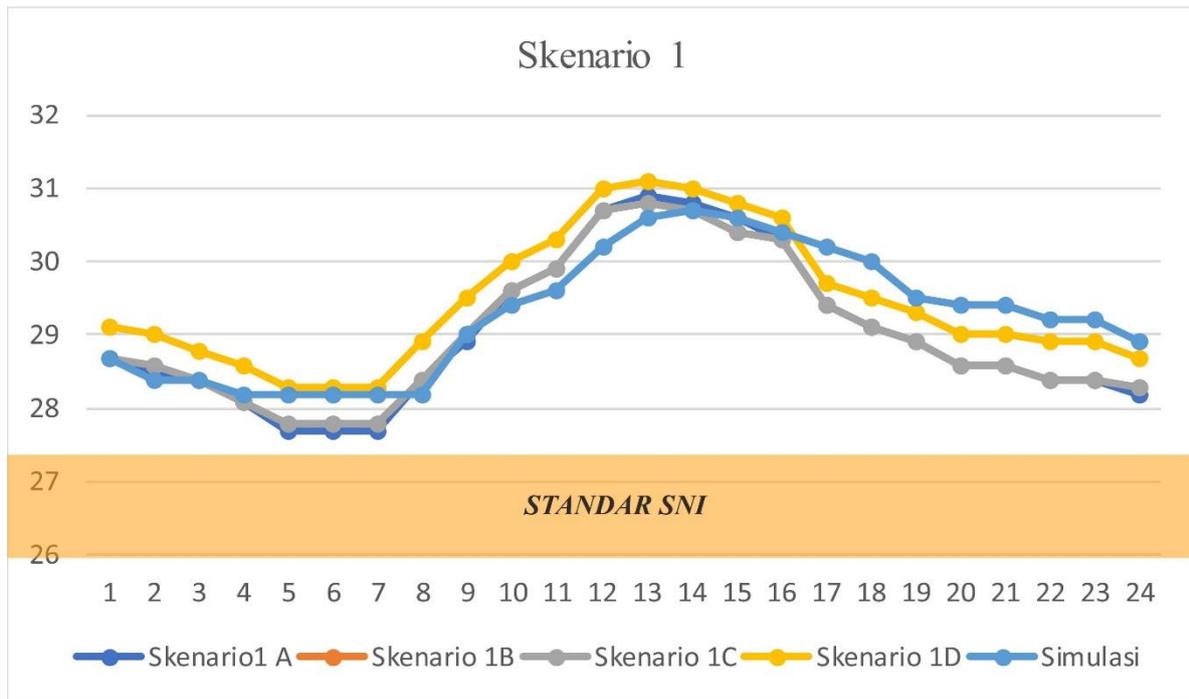
Tabel 4.20 Hasil simulasi skenario 1D

Waktu	Temperatur Udara Luar (°C)	Temperatur Udara Dalam (°C)
06.00	24.3	28.3
09.00	26.7	30
12.00	30	31.2
15.00	30	30.6
18.00	28.2	29.2
<b>Rata-rata</b>	27.5	27,6

Grafik hasil simulasi antara bukaan dinding (30) dan bukaan atap ( $\wedge^\circ$ ) menunjukkan bahwa temperatur udara dalam sedikit lebih turun dari kondisi eksisting. Pada simulasi eksisting temperatur rata-rata pada ke-empat sisi bukaan adalah  $29,8^\circ\text{C}$ . Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi desain temperatur rata-rata sebesar  $27,6^\circ\text{C}$ , dengan selisih temperatur sebesar  $2,2^\circ\text{C}$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kombinasi seperti ini dapat menurunkan sebesar  $2,2^\circ\text{C}$  dari simulasi eksisting. Berdasarkan SNI 03-657-2001 temperatur sebesar  $29,75^\circ\text{C}$  masih tergolong diatas ambang batas nyaman ( $>27,1^\circ\text{C}$ ).

Berdasarkan keempat kombinasi antara bukaan atap dan bukaan dinding, kombinasi yang paling baik adalah antara bukaan atap dengan sudut kemiringan 30 serta bukaan dinding

dengan kemiringan sudut 30. Kombinasi tersebut dapat menurunkan temperatur sebesar 1,9°C dari 29,8°C menjadi 27,9°C diambil dari hasil simulasi dengan 5(lima) sample waktu, jika dilihat dalam grafik hasil menunjukkan keempat kombinasi tidak jauh berbeda. Temperatur menunjukkan nilai yang stabil pada jam 05.00-07.00 WIB. Kemudian mengalami kenaikan pada jam 07.00-12.00 WIB. dan mengalami penurunan pada jam 14.00-18.00 WIB. Sedangkan temperatur paling tertinggi terjadi pada jam 13.00 WIB mencapai 30,9°C. Berikut merupakan grafik perbandingan ke empat kombinasi ang sudah disimulasikan.

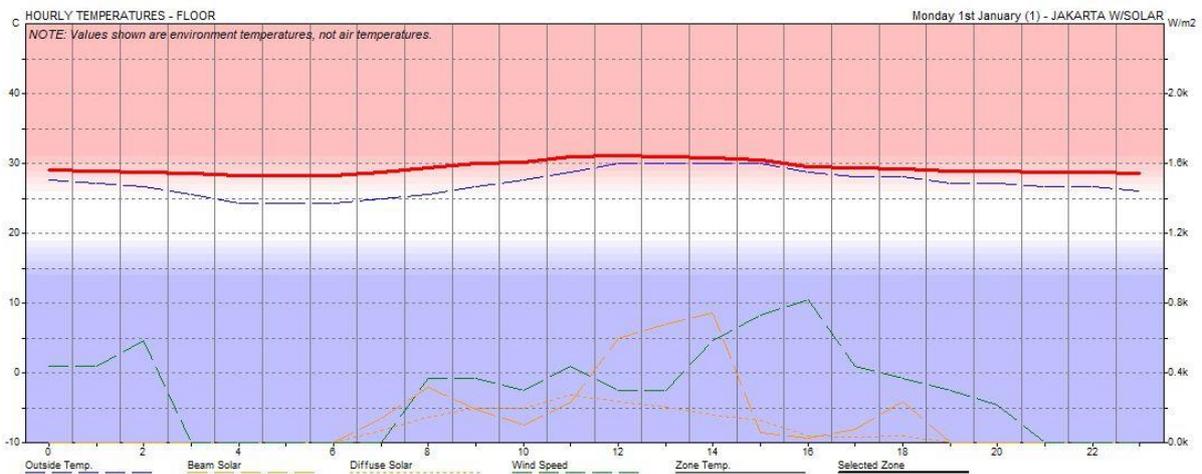
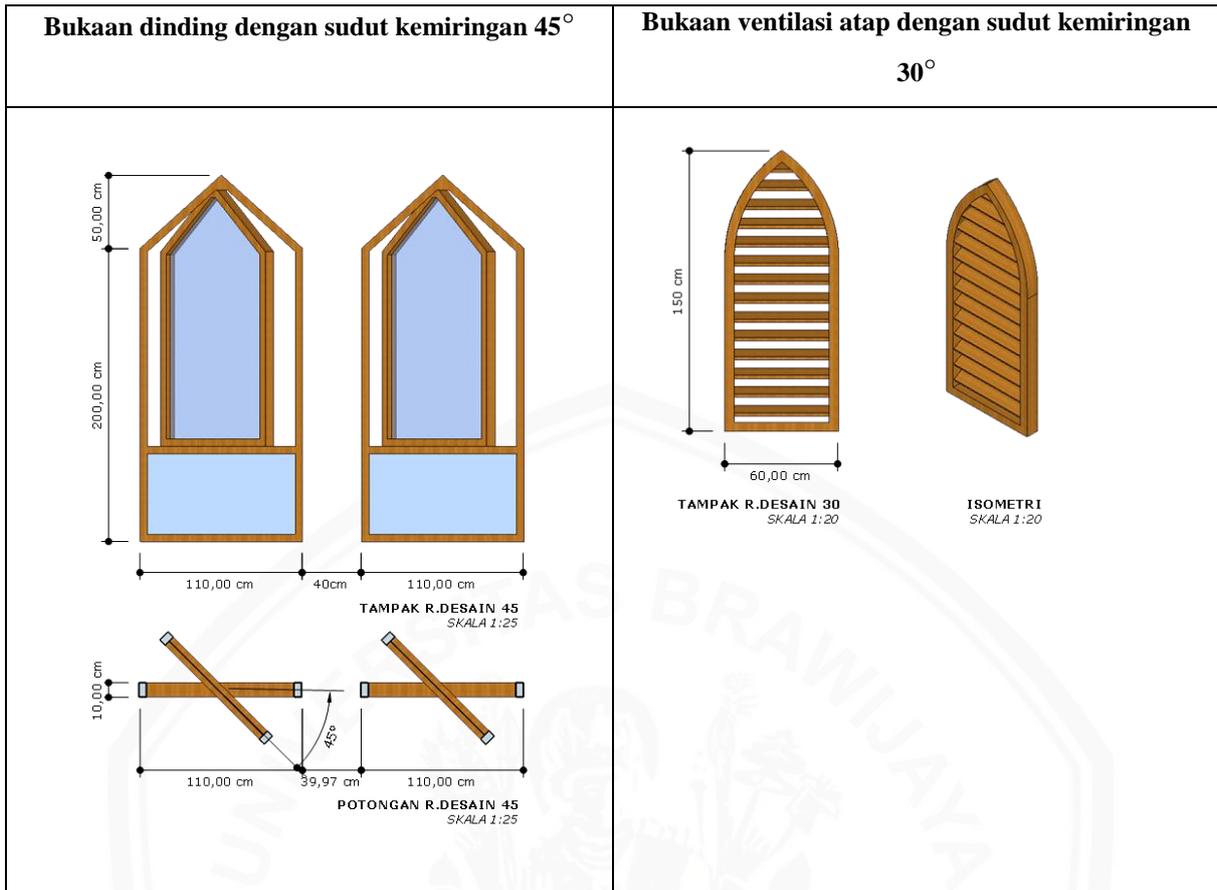


Gambar 4.34 Grafik hasil simulasi skenario 1

#### 4.5.2 Skenario 2

Pada skenario 1(satu) terdapat beberapa perubahan arah buka bukaan dengan sudut kemiringan bukaan ventilasi dinding sebesar 30 derajat dan dikombinasikan dengan bukaan atap dengan kemiringan 30°, 45°, 60°, dan ^°. Untuk bukaan ventilasi dinding dan ventilasi atap diterapkan pada seluruh sisi bangunan. Dari hasil kombinasi tersebut diharapkan mampu mengetahui temperatur udara dari setiap perbedaan sudut bukaan.

Tabel 4.21 Skenario 2A



Gambar 4.35 Grafik skenario 2A

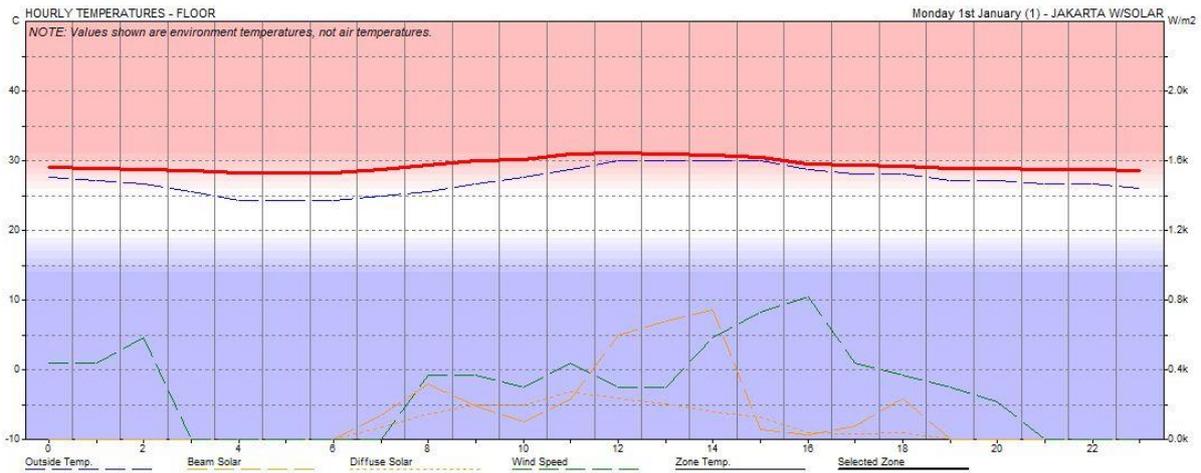
Tabel 4.22 Hasil simulasi skenario 2A

Waktu	Temperatur Udara Luar (°C)	Temperatur Udara Dalam (°C)
06.00	24.3	28.3
09.00	26.7	30
12.00	30	31.2
15.00	30	30.6
18.00	28.2	29.2
<b>Rata-rata</b>	<b>27.5</b>	<b>27.9</b>

Grafik hasil simulasi antara bukaan dinding (45) dan bukaan atap (45) menunjukkan bahwa temperatur udara dalam sedikit lebih turun dari kondisi eksisting. Pada simulasi eksisting temperatur rata-rata pada ke-empat sisi bukaan adalah 29,8°C. Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi desain temperatur rata-rata sebesar 27,9°C, dengan selisih temperatur sebesar 1,9°C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kombinasi seperti ini dapat menurunkan sebesar 1,9°C dari simulasi eksisting. Berdasarkan SNI 03-657-2001 temperatur sebesar 27,9°C masih tergolong diatas ambang batas nyaman (>27,1°C).

Tabel 4.23 Skenario 2B

Bukaan dinding dengan sudut kemiringan (45°)	Bukaan ventilasi atap dengan sudut kemiringan (45°)
<p>TAMPAK R.DESAIN 45 SKALA 1:25</p> <p>POTONGAN R.DESAIN 45 SKALA 1:25</p>	<p>TAMPAK R.DESAIN 45 SKALA 1:20</p> <p>ISOMETRI SKALA 1:20</p>



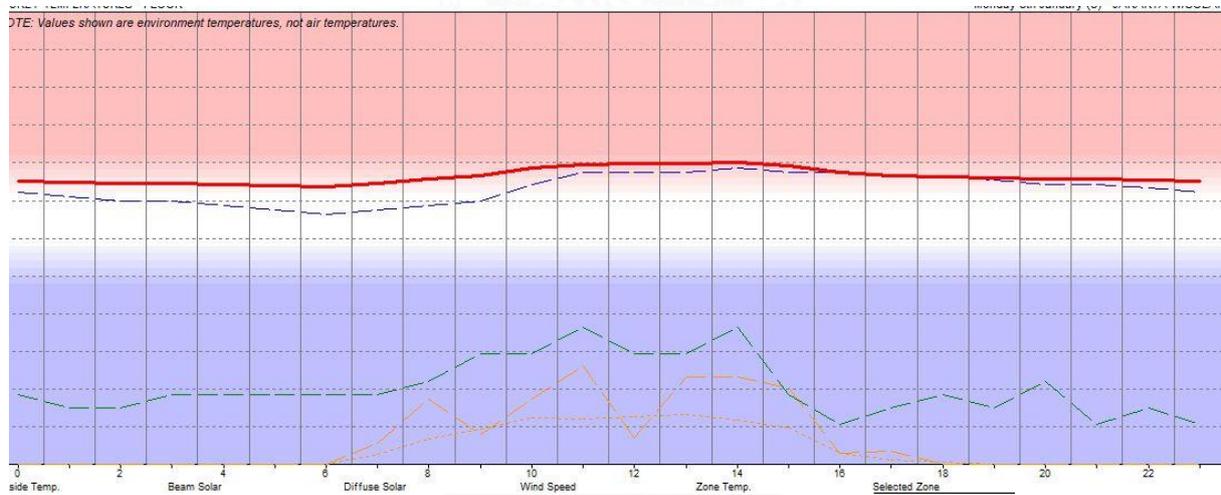
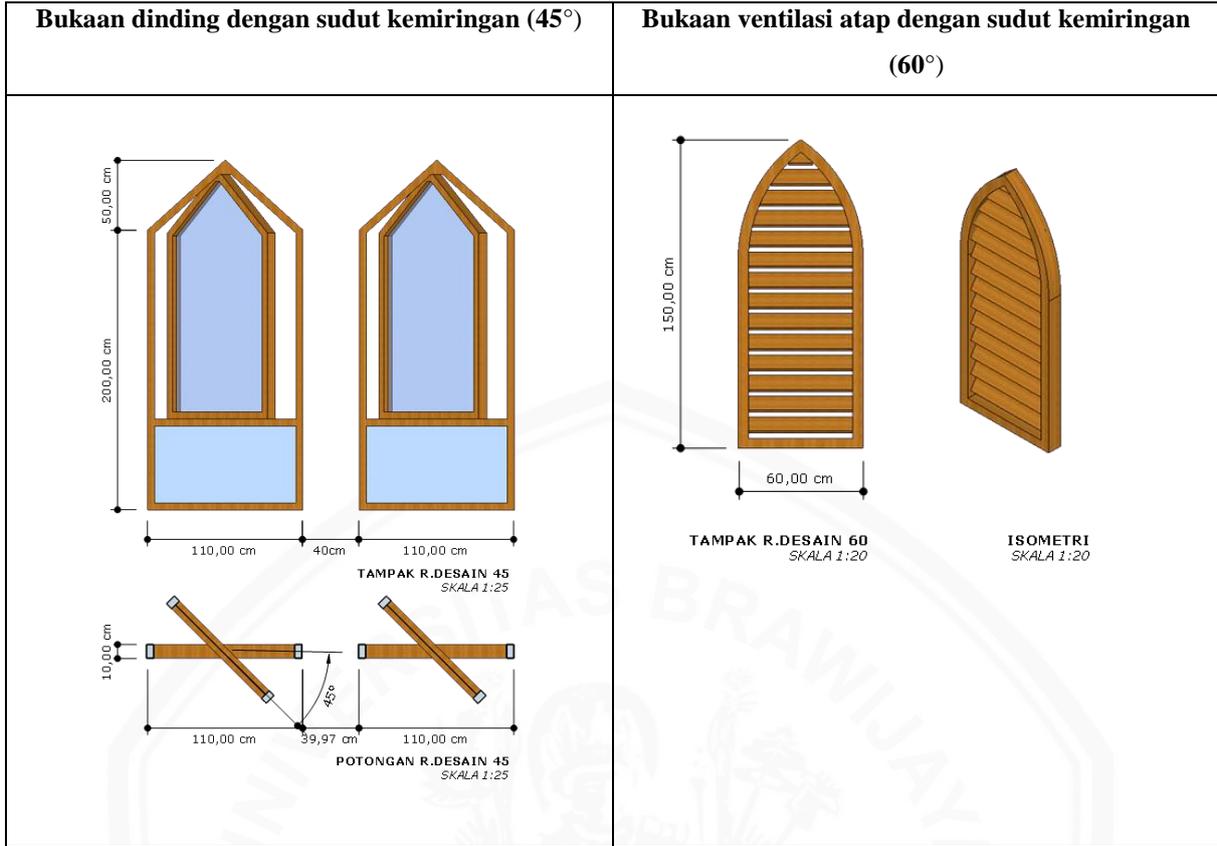
Gambar 4.36 Grafik skenario 2B

Tabel 4.24 Hasil Simulasi Skenario 2B

Waktu	Temperatur Udara Luar (°C)	Temperatur Udara Dalam (°C)
06.00	24.3	28.5
09.00	26.7	30.3
12.00	30	31.4
15.00	30	30.8
18.00	28.2	29.4
<b>Rata-rata</b>	27.15	27,9

Grafik hasil simulasi antara bukaan dinding ( $45^\circ$ ) dan bukaan atap ( $45^\circ$ ) menunjukkan bahwa temperatur udara dalam sedikit lebih turun dari kondisi eksisting. Pada simulasi eksisting temperatur rata-rata pada ke-empat sisi bukaan adalah  $29,8^\circ\text{C}$ . Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi desain temperatur rata-rata sebesar  $27,9^\circ\text{C}$ , dengan selisih temperatur sebesar  $1,9^\circ\text{C}$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kombinasi seperti ini dapat menurunkan sebesar  $1,9^\circ\text{C}$  dari simulasi eksisting. Berdasarkan SNI 03-657-2001 temperatur sebesar  $27,9^\circ\text{C}$  masih tergolong diatas ambang batas nyaman ( $>27,1^\circ\text{C}$ ).

Tabel 4.25 Skenario 2C



Gambar 4.37 Grafik skenario 2C

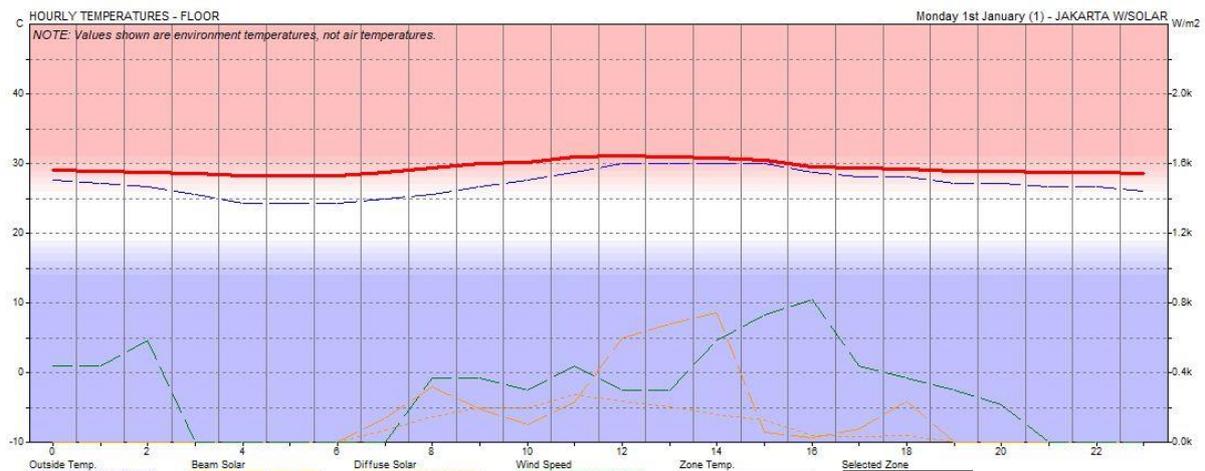
Tabel 4.26 Hasil simulasi skenario 2C

Waktu	Temperatur Udara Luar (°C)	Temperatur Udara Dalam (°C)
06.00	24.3	28.3
09.00	26.7	30
12.00	30	31.2
15.00	30	30.6
18.00	28.2	29.2
<b>Rata-rata</b>	<b>27.5</b>	<b>27,9</b>

Grafik hasil simulasi antara bukaan dinding ( $45^\circ$ ) dan bukaan atap ( $60^\circ$ ) menunjukkan bahwa temperatur udara dalam sedikit lebih turun dari kondisi eksisting. Pada simulasi eksisting temperatur rata-rata pada ke-empat sisi bukaan adalah  $29,8^\circ\text{C}$ . Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi desain temperatur rata-rata sebesar  $27,9^\circ\text{C}$ , dengan selisih temperatur sebesar  $1,9^\circ\text{C}$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kombinasi seperti ini dapat menurunkan sebesar  $1,9^\circ\text{C}$  dari simulasi eksisting. Berdasarkan SNI 03-657-2001 temperatur sebesar  $27,9^\circ\text{C}$  masih tergolong diatas ambang batas nyaman ( $>27,1^\circ\text{C}$ ).

Tabel 4.27 Skenario 2D

Bukaan dinding dengan sudut kemiringan ( $45^\circ$ )	Bukaan ventilasi atap dengan sudut kemiringan ( $60^\circ$ )
<p>TAMPAK R.DESAIN 45 SKALA 1:25</p> <p>POTONGAN R.DESAIN 45 SKALA 1:25</p>	



Gambar 4.38 Grafik skenario 2D

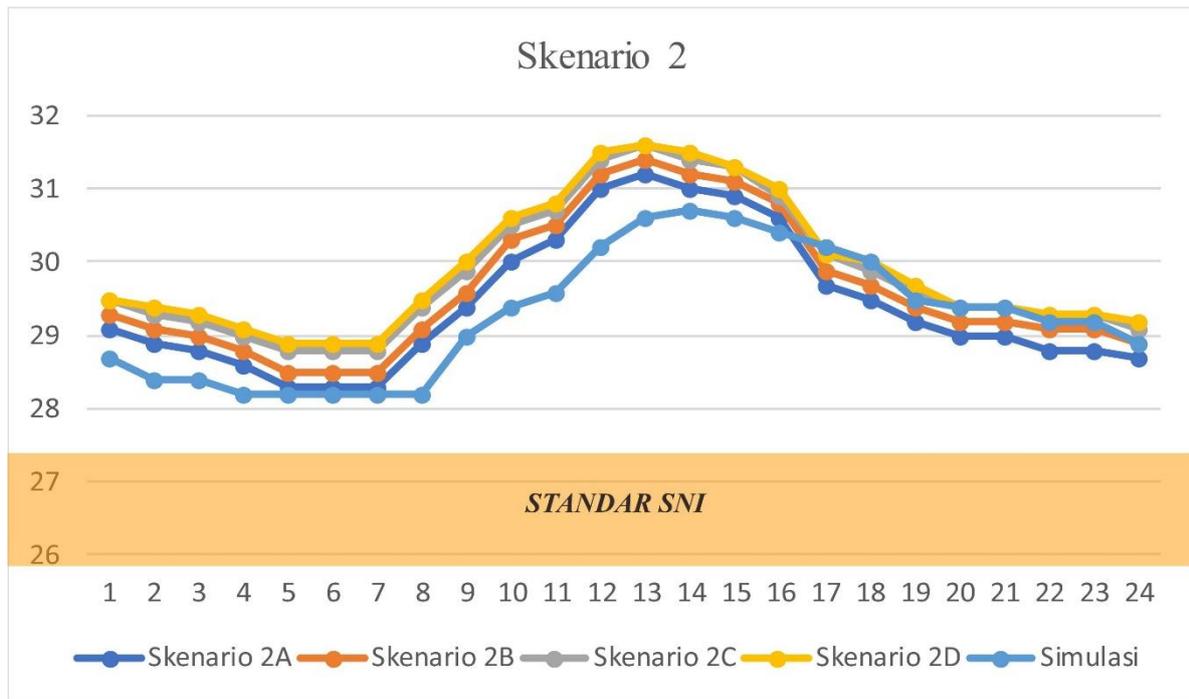
Tabel 4.28 Hasil simulasi skenario 2D

Waktu	Temperatur Udara Luar (°C)	Temperatur Udara Dalam (°C)
06.00	24.3	28.9
09.00	26.7	30.6
12.00	30	31.6
15.00	30	31
18.00	28.2	29.7
<b>Rata-rata</b>	27.15	27,9

Grafik hasil simulasi antara bukaan dinding ( $45^\circ$ ) dan bukaan atap ( $0^\circ$ ) menunjukkan bahwa temperatur udara dalam sedikit lebih turun dari kondisi eksisting. Pada simulasi eksisting temperatur rata-rata pada ke-empat sisi bukaan adalah  $29,8^\circ\text{C}$ . Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi desain temperatur rata-rata sebesar  $27,9^\circ\text{C}$ , dengan selisih temperatur sebesar  $1,9^\circ\text{C}$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kombinasi seperti ini dapat menurunkan sebesar  $1,9^\circ\text{C}$  dari simulasi eksisting. Berdasarkan SNI 03-657-2001 temperatur sebesar  $27,9^\circ\text{C}$  masih tergolong diatas ambang batas nyaman ( $>27,1^\circ\text{C}$ ).

Berdasarkan keempat kombinasi antara ukaan atap dan bukaan dinding, kombinasi yang paling baik adalah antara bukaan atap dengan sudut kemiringan 45 serta bukaan dinding dengan kemiringan sudut 30. Kombinasi tersebut dapat menurunkan temperatur sebesar  $1,9^\circ\text{C}$

dari 29,8°C menjadi 27,9°C diambil dari hasil simulasi dengan 5(lima) sample waktu, jika dilihat dalam grafik hasil menunjukkan keempat kombinasi tidak jauh berbeda. Temperatur menunjukkan nilai yang stabil pada jam 05.00 – 08.00 WIB. Kemudian mengalami kenaikan pada jam 08.00 – 13.00 WIB. dan mengalami penurunan pada jam 13.00 – 24.00 WIB. Sedangkan temperatur paling tertinggi terjadi pada jam 12.00 WIB mencapai 31,6°C. Berikut merupakan grafik perbandingan ke empat kombinasi yang sudah disimulasikan.

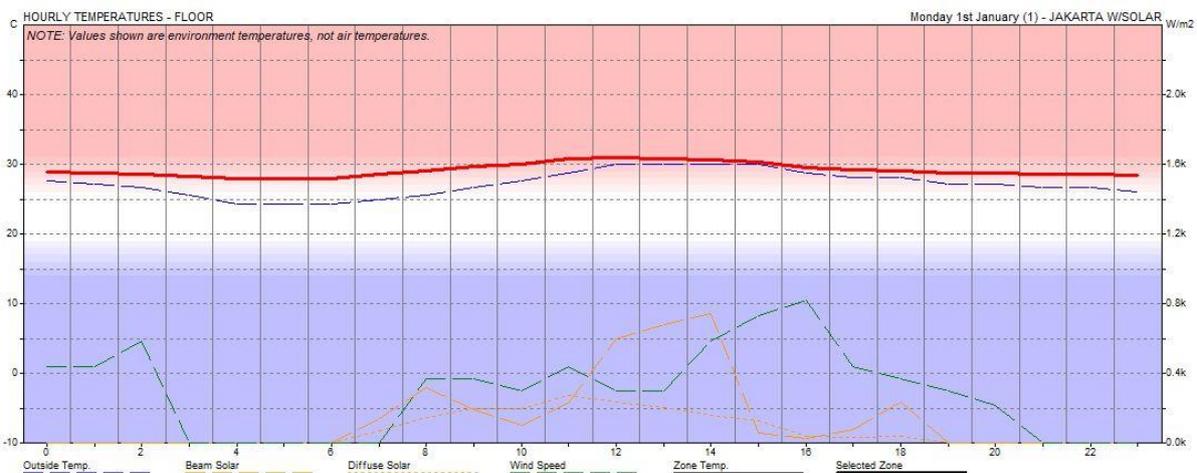
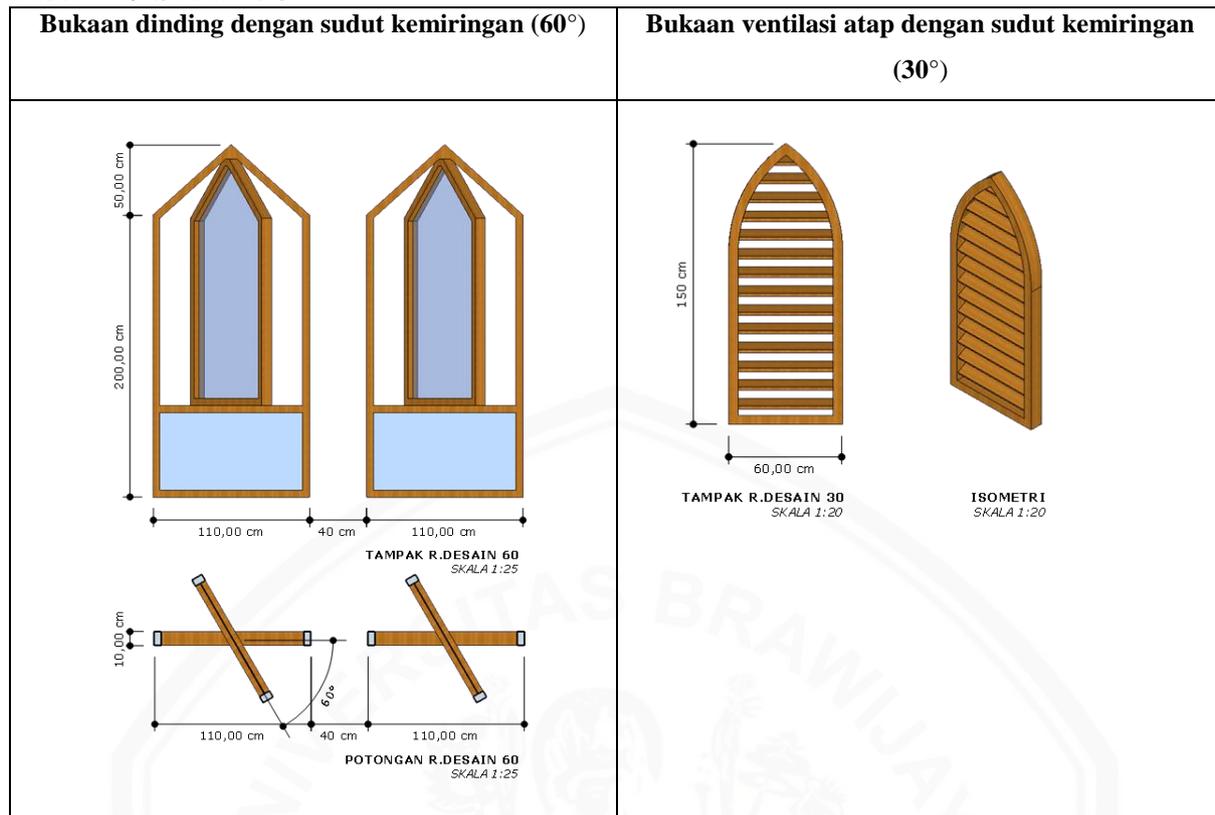


Gambar 4.39 Grafik hasil simulasi skenario 2

### 4.5.3 Skenario 3

Pada skenario 1(satu) terdapat beberapa perubahan arah buka bukaan dengan sudut kemiringan bukaan ventilasi dinding sebesar 30 derajat dan dikombinasikan dengan bukaan atap dengan kemiringan 30°, 45°, 60°, dan ^°. Untuk bukaan ventilasi dinding dan ventilasi atap diterapkan pada seluruh sisi bangunan. dari hasil kombinasi tersebut diharapkan mampu mengetahui temperatur udara dari setiap perbedaan sudut bukaan.

Tabel 4.29 Skenario 3A



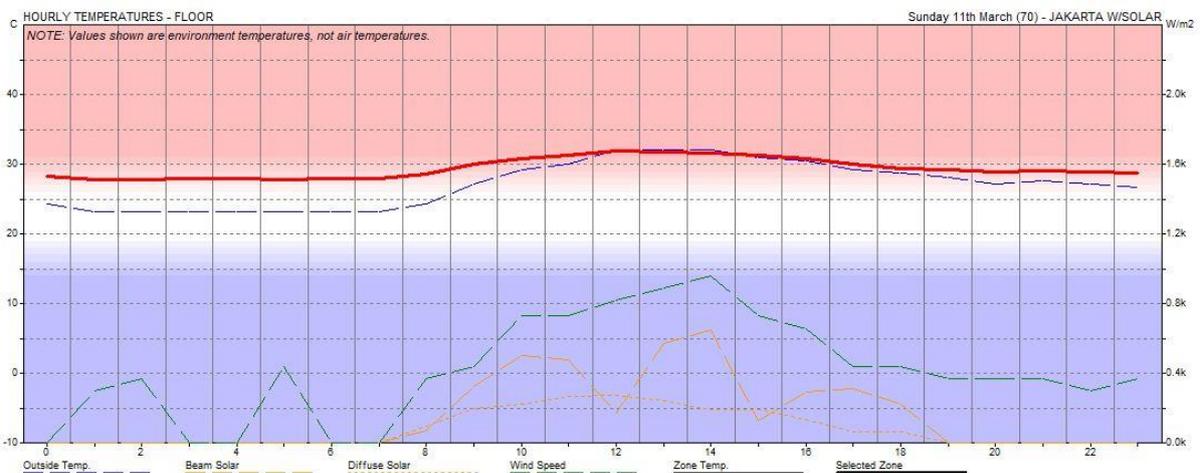
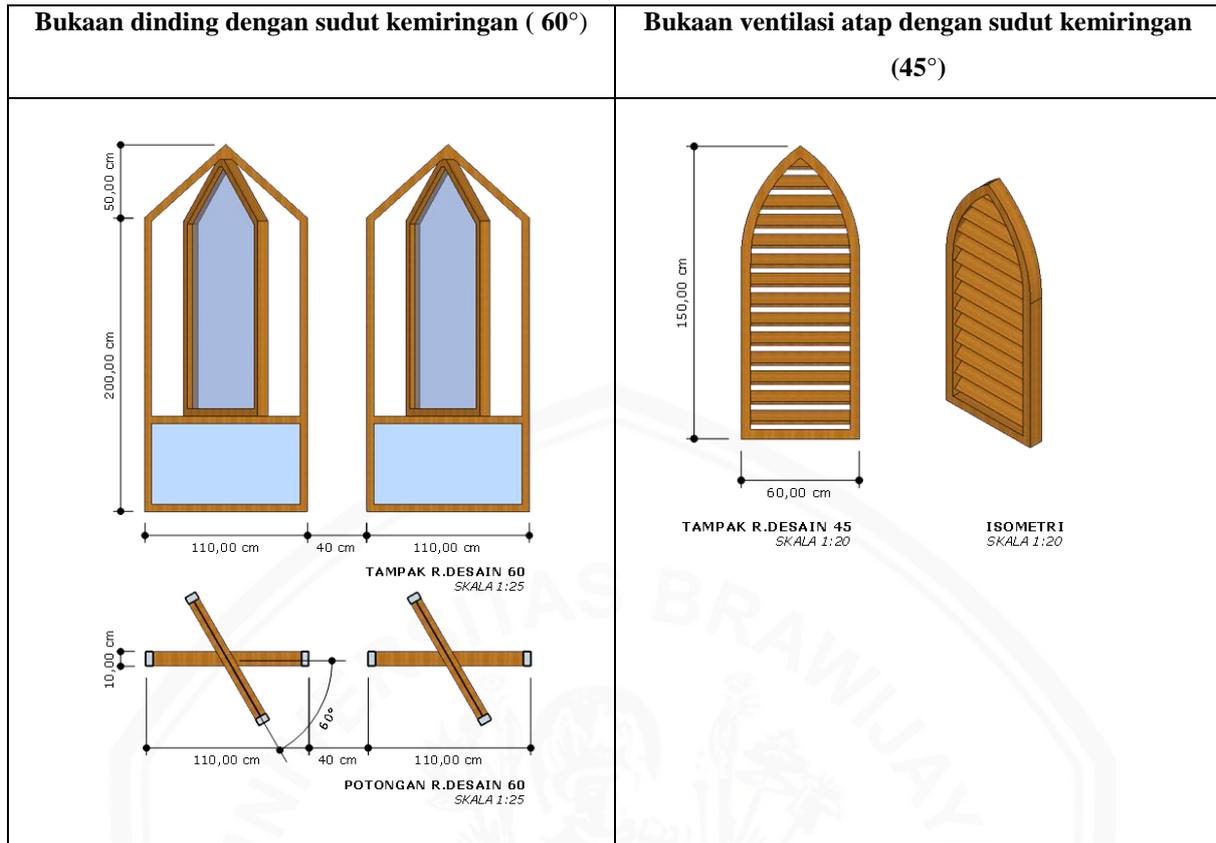
Gambar 4.40 Grafik skenario 3A

Tabel 4.30 Hasil simulasi skenario 3A

<b>Waktu</b>	<b>Temperatur Udara Luar (°C)</b>	<b>Temperatur Udara Dalam (°C)</b>
06.00	24.3	28
09.00	26.7	29.8
12.00	30	31
15.00	30	30.4
18.00	28.2	29.1
<b>Rata-rata</b>	27.15	27,9

Grafik hasil simulasi antara bukaan dinding ( $60^\circ$ ) dan bukaan atap ( $30^\circ$ ) menunjukkan bahwa temperatur udara dalam sedikit lebih turun dari kondisi eksisting. Pada simulasi eksisting temperatur rata-rata pada ke-empat sisi bukaan adalah  $29,8^\circ\text{C}$ . Sedangkang pada hasil simulasi rekomendasi desain temperatur rata-rata sebesar  $27,9^\circ\text{C}$ , dengan selisih temperatur sebesar  $1,9^\circ\text{C}$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kombinasi seperti ini dapat menurunkan sebesar  $1,9^\circ\text{C}$  dari simulasi eksisting. Berdasarkan SNI 03-657-2001 temperatur sebesar  $27,9^\circ\text{C}$  masih tergolong diatas ambang batas nyaman ( $>27,1^\circ\text{C}$ ).

Tabel 4.31 Skenario 3B



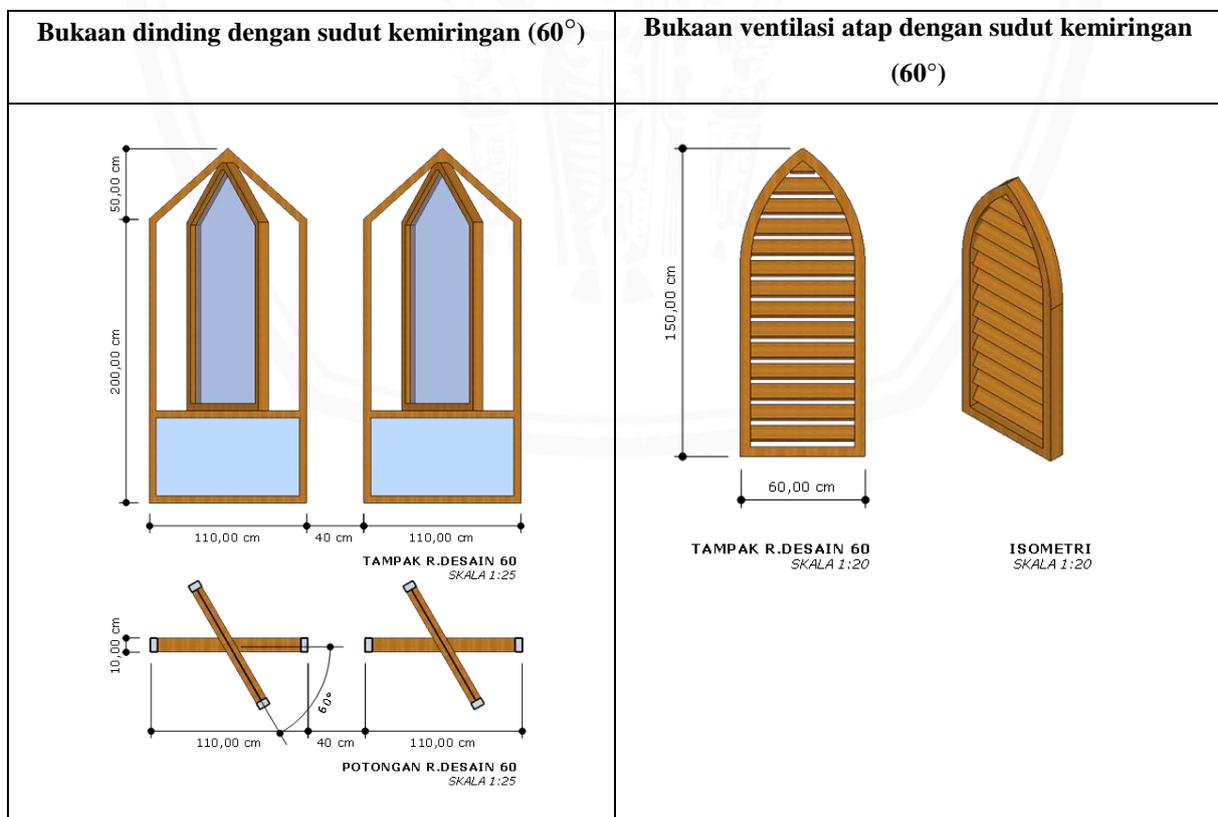
Gambar 4.41 Grafik skenario 3B

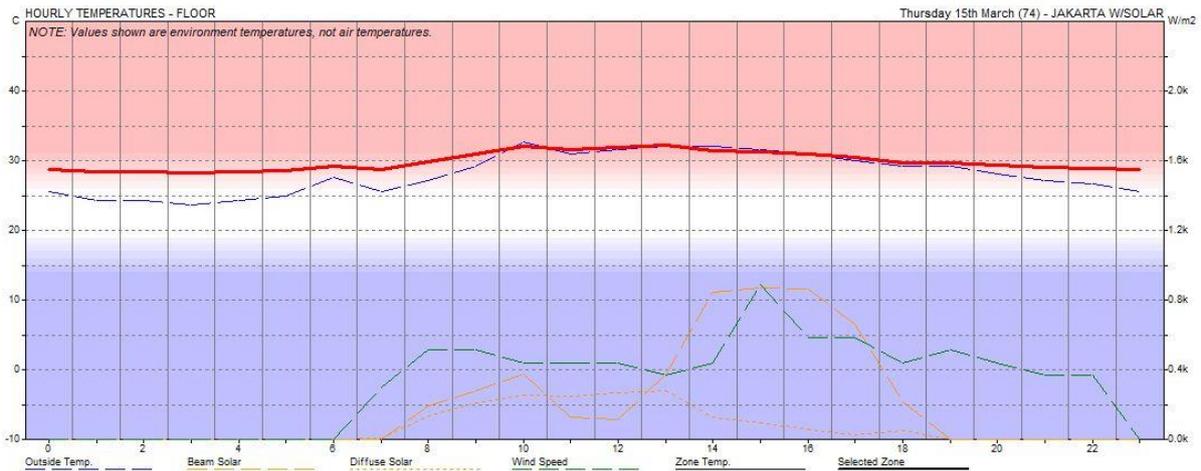
Tabel 4.32 Hasil simulasi skenario 3B

Waktu	Temperatur Udara Luar (°C)	Temperatur Udara Dalam (°C)
06.00	23.2	28
09.00	27.2	30.1
12.00	32.2	32
15.00	31.1	31.3
18.00	28.8	29.4
<b>Rata-rata</b>	27.7	28,1

Grafik hasil simulasi antara bukaan dinding ( $60^\circ$ ) dan bukaan atap ( $45^\circ$ ) menunjukkan bahwa temperatur udara dalam sedikit lebih naik dari kondisi eksisting. Pada simulasi eksisting temperatur rata-rata pada ke-empat sisi bukaan adalah  $29,8^\circ\text{C}$ . Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi desain temperatur rata-rata sebesar  $28,1^\circ\text{C}$ , dengan selisih temperatur sebesar  $1,7^\circ\text{C}$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kombinasi seperti ini dapat menurunkan sebesar  $1,7^\circ\text{C}$  dari simulasi eksisting. Berdasarkan SNI 03-657-2001 temperatur sebesar  $28,1^\circ\text{C}$  masih tergolong diatas ambang batas nyaman ( $>27,1^\circ\text{C}$ ).

Tabel 4.33 Skenario 3C





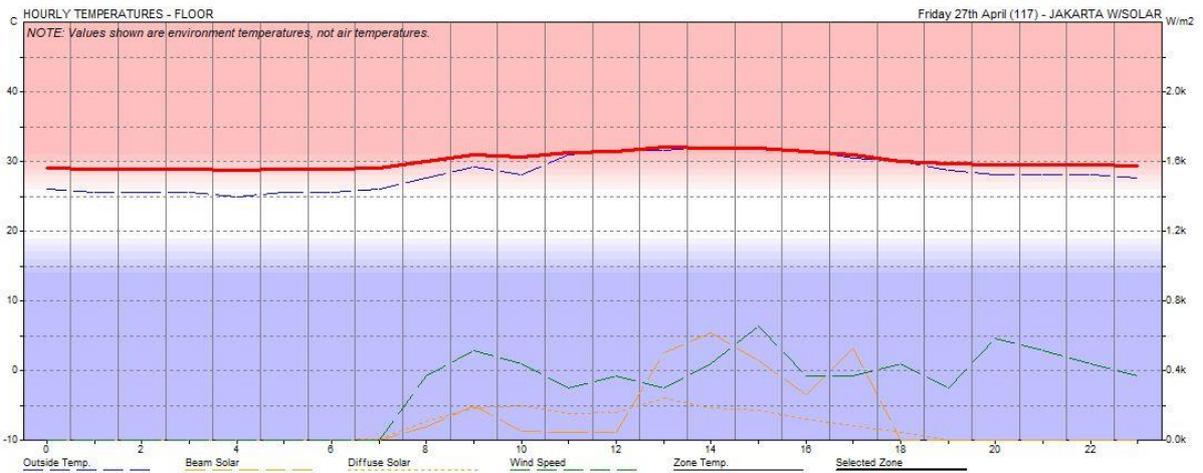
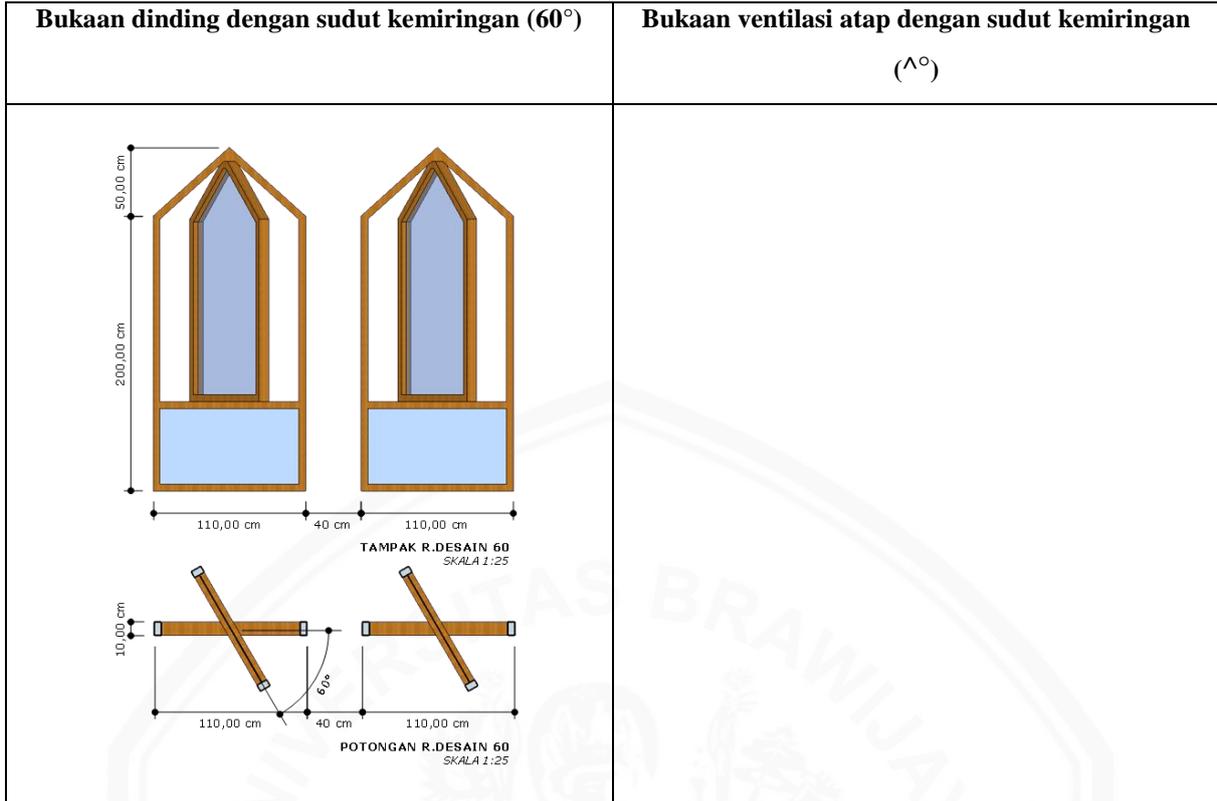
Gambar 4.42 Grafik skenario 3C

Tabel 4.34 Skenario 3C

Waktu	Temperatur Udara Luar (°C)	Temperatur Udara Dalam (°C)
06.00	27.7	29.3
09.00	29.3	31
12.00	31.7	32
15.00	31.7	31.4
18.00	29.3	29.8
<b>Rata-rata</b>	29.7	28.3

Grafik hasil simulasi antara bukaan dinding ( $60^\circ$ ) dan bukaan atap ( $60^\circ$ ) menunjukkan bahwa temperatur udara dalam sedikit lebih naik dari kondisi eksisting. Pada simulasi eksisting temperatur rata-rata pada ke-empat sisi bukaan adalah  $29,8^\circ\text{C}$ . Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi desain temperatur rata-rata sebesar  $28,3^\circ\text{C}$ , dengan selisih temperatur sebesar  $1,5^\circ\text{C}$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kombinasi seperti ini dapat menurunkan sebesar  $1,5^\circ\text{C}$  dari simulasi eksisting. Berdasarkan SNI 03-657-2001 temperatur sebesar  $28,3^\circ\text{C}$  masih tergolong diatas ambang batas nyaman ( $>27,1^\circ\text{C}$ ).

Tabel 4.35 Skenario 3D



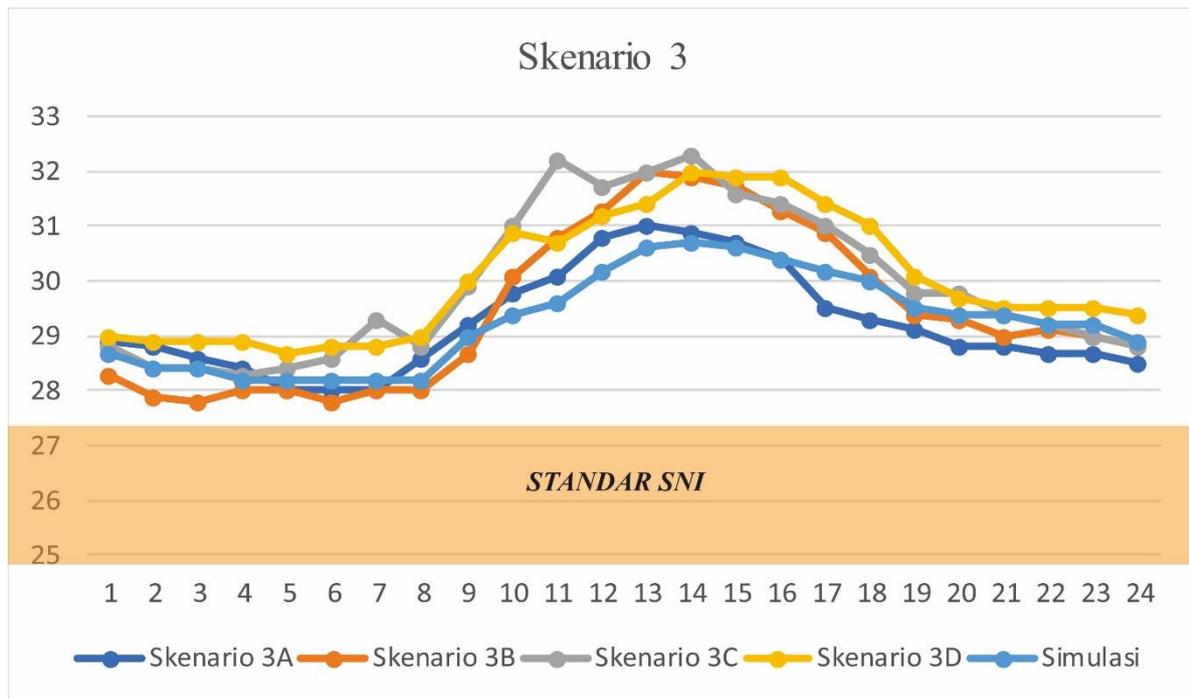
Gambar 4.43 Grafik skenario 3D

Tabel 4.36 Hasil simulasi skenario 3D

Waktu	Temperatur Udara Luar (°C)	Temperatur Udara Dalam (°C)
06.00	25.6	28.8
09.00	29.3	30.9
12.00	31.7	31.4
15.00	32.2	31.9
18.00	30	30.1
<b>Rata-rata</b>	28.9	28,4

Grafik hasil simulasi antara bukaan dinding ( $60^\circ$ ) dan bukaan atap ( $^\wedge$ ) menunjukkan bahwa temperatur udara dalam sedikit lebih naik dari kondisi eksisting. Pada simulasi eksisting temperatur rata-rata pada ke-empat sisi bukaan adalah  $29,8^\circ\text{C}$ . Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi desain temperatur rata-rata sebesar  $28,4^\circ\text{C}$ , dengan selisih temperatur sebesar  $1,4^\circ\text{C}$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kombinasi seperti ini dapat menurunkan sebesar  $1,4^\circ\text{C}$  dari simulasi eksisting. Berdasarkan SNI 03-657-2001 temperatur sebesar  $28,4^\circ\text{C}$  masih tergolong diatas ambang batas nyaman ( $>27,1^\circ\text{C}$ ).

Berdasarkan keempat kombinasi antara bukaan atap dan bukaan dinding, kombinasi yang paling baik adalah antara bukaan atap dengan sudut kemiringan  $60^\circ$  serta bukaan dinding dengan kemiringan sudut  $30^\circ$ . Kombinasi tersebut dapat menurunkan temperatur sebesar  $1,9^\circ\text{C}$  dari  $29,8^\circ\text{C}$  menjadi  $27,9^\circ\text{C}$  diambil dari hasil simulasi dengan 5 (lima) sample waktu, jika dilihat dalam grafik hasil menunjukkan keempat kombinasi tidak jauh berbeda. Temperatur menunjukkan nilai yang stabil pada jam 20.00 – 24.00 WIB. Kemudian mengalami kenaikan pada jam 07.00 – 12.00 WIB. dan mengalami penurunan pada jam 13.00 – 18.00 WIB. Sedangkan temperatur paling tertinggi terjadi pada jam 13.00 WIB mencapai  $32^\circ\text{C}$ . Berikut merupakan grafik perbandingan ke empat kombinasi yang sudah disimulasikan.

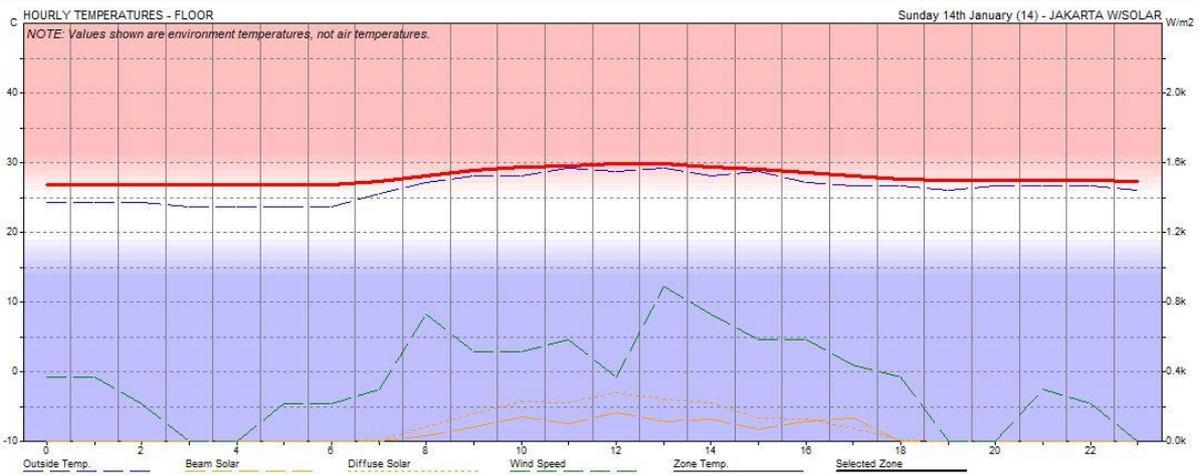
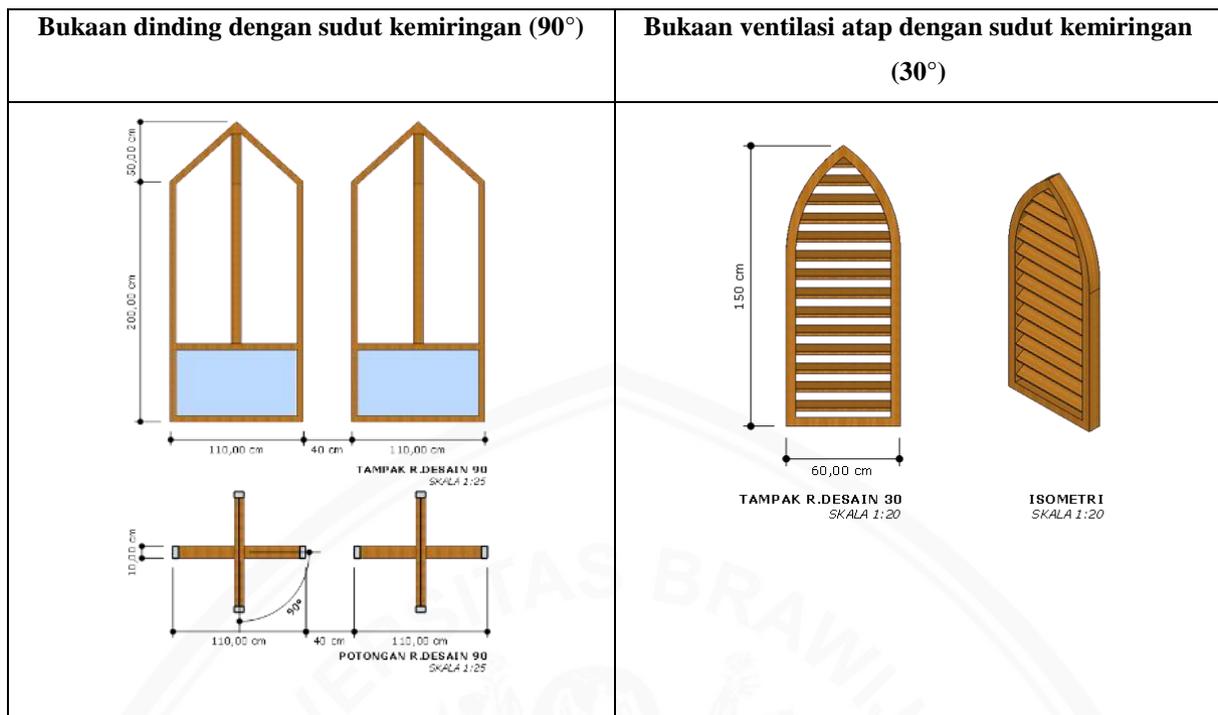


Gambar 4.44 Grafik hasil simulasi skenario 3

#### 4.5.4 Skenario 4

Pada skenario 1(satu) terdapat beberapa perubahan arah buka bukaan dengan sudut kemiringan bukaan ventilasi dinding sebesar 30 derajat dan dikombinasikan dengan bukaan atap dengan kemiringan 30°, 45°, 60°, dan ^°. Untuk bukaan ventilasi dinding dan ventilasi atap diterapkan pada seluruh sisi bangunan. Dari hasil kombinasi tersebut diharapkan mampu mengetahui temperatur udara dari setiap perbedaan sudut bukaan.

Tabel 4.37 Skenario 4A



Gambar 4.45 Grafik skenario 4A

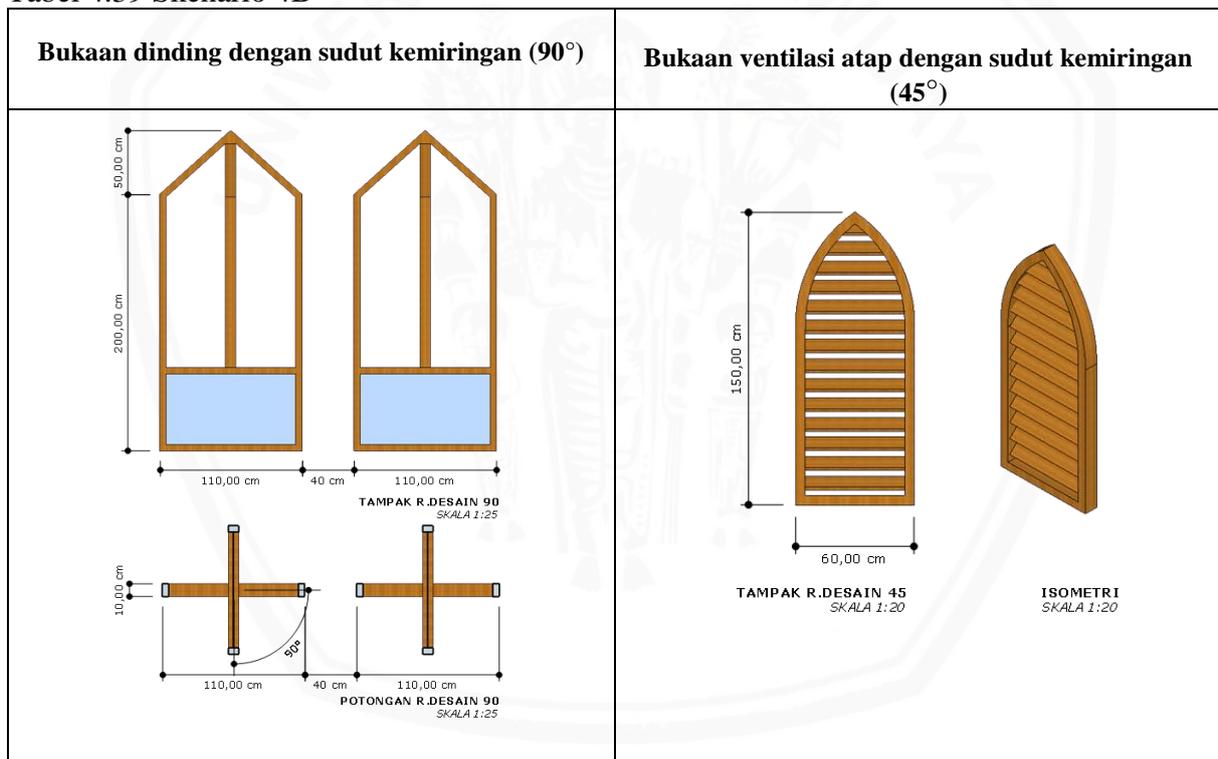
Tabel 4.38 Hasil simulasi skenario 4A

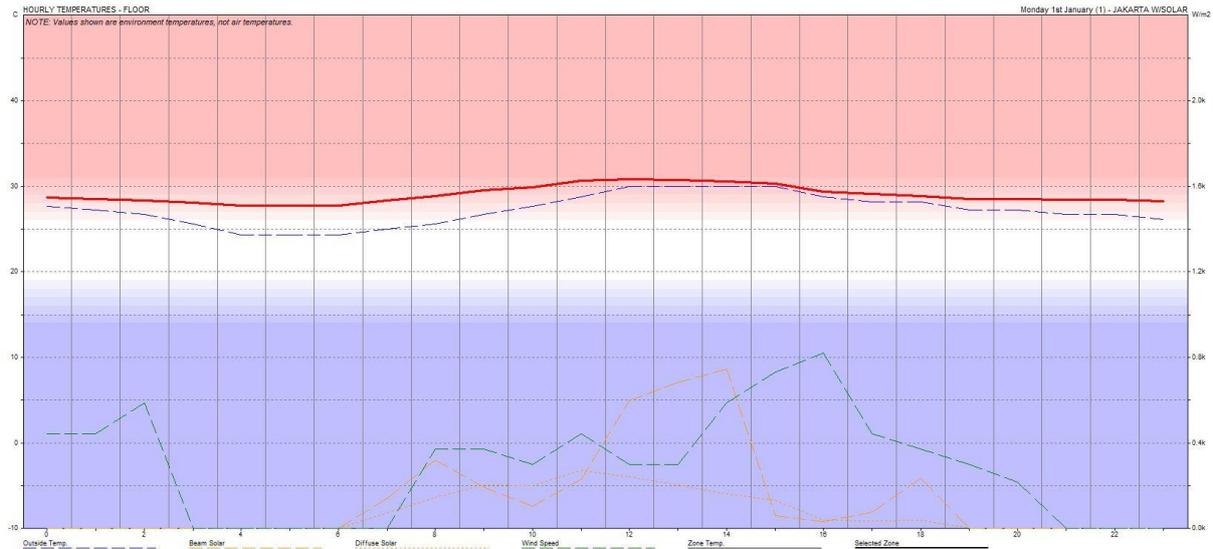
Waktu	Temperatur Udara Luar (°C)	Temperatur Udara Dalam (°C)
06.00	24.3	27.1
09.00	28.2	29.3
12.00	29.3	30.1
15.00	29.3	29.7
18.00	28.2	28.2

Waktu	Temperatur Udara Luar (°C)	Temperatur Udara Dalam (°C)
<b>Rata-rata</b>	26.8	26,5

Grafik hasil simulasi antara bukaan dinding ( $90^\circ$ ) dan bukaan atap ( $30^\circ$ ) menunjukkan bahwa temperatur udara dalam sedikit menurun dari kondisi eksisting. Pada simulasi eksisting temperatur rata-rata pada ke-empat sisi bukaan adalah  $29,8^\circ\text{C}$ . Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi desain temperatur rata-rata sebesar  $26,5^\circ\text{C}$ , dengan selisih temperatur sebesar  $3,3^\circ\text{C}$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kombinasi seperti ini dapat menurunkan sebesar  $3,3^\circ\text{C}$  dari simulasi eksisting. Berdasarkan SNI 03-657-2001 temperatur sebesar  $26,5^\circ\text{C}$  masih tergolong diatas ambang batas nyaman ( $>27,1^\circ\text{C}$ ).

Tabel 4.39 Skenario 4B





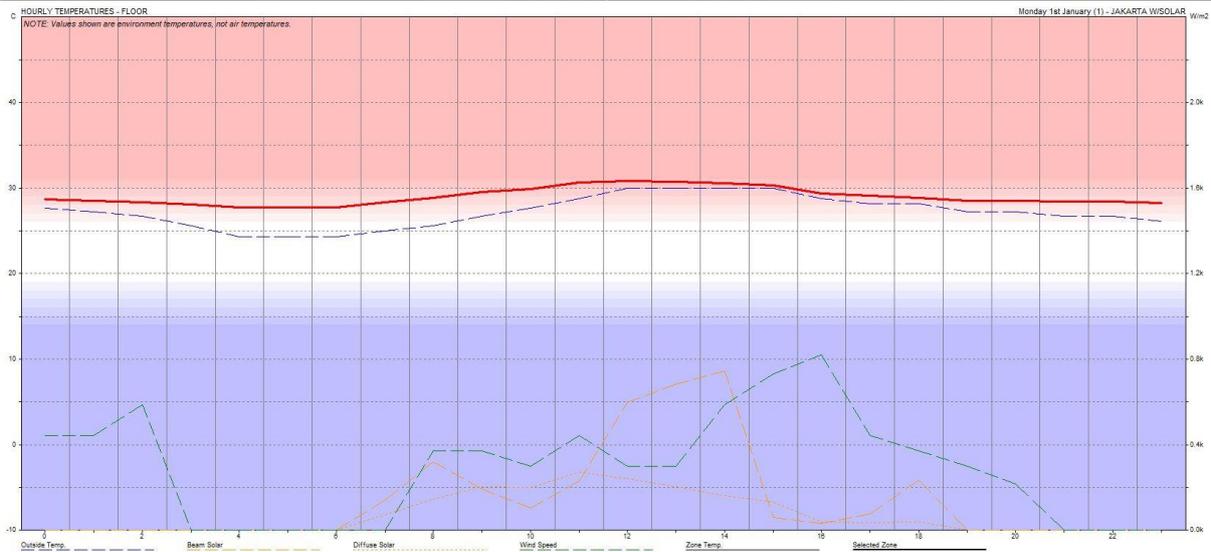
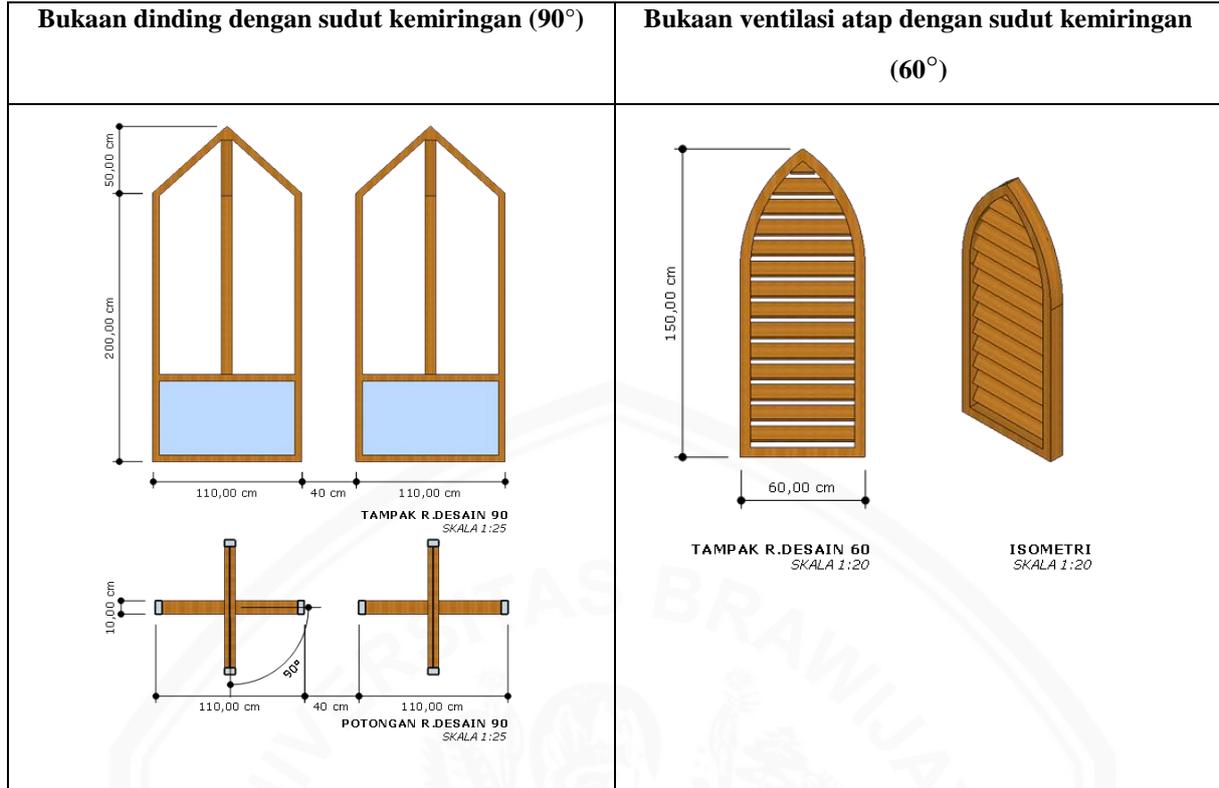
Gambar 4.46 Grafik Skenario 4B

Tabel 4.40 Hasil simulasi skenario 4B

Waktu	Temperatur Udara Luar (°C)	Temperatur Udara Dalam (°C)
06.00	23.2	28
09.00	27.2	30.1
12.00	32.2	32
15.00	31.1	31.3
18.00	28.8	29.4
<b>Rata-rata</b>	27.7	26,7

Grafik hasil simulasi antara bukaan dinding (90°) dan bukaan atap (45°) menunjukkan bahwa temperatur udara dalam naik dari kondisi eksisting. Pada simulasi eksisting temperatur rata-rata pada ke-empat sisi bukaan adalah 29,8°C. Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi desain temperatur rata-rata sebesar 26,7°C, dengan selisih temperatur sebesar 3,1° C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kombinasi seperti ini dapat menurunkan sebesar 3,1°C dari simulasi eksisting. Berdasarkan SNI 03-657-2001 temperatur sebesar 26,7°C masih tergolong diatas ambang batas nyaman (>27,1°C).

Tabel 4.41 Skenario 4C



Gambar 4.47 Grafik skenario 4C

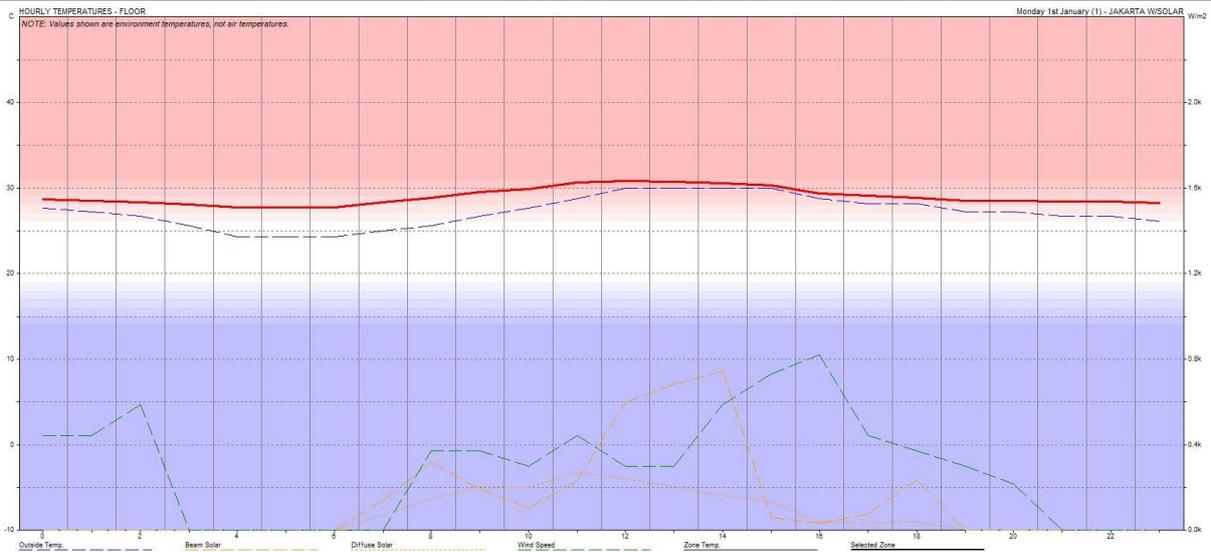
Tabel 4.42 Hasil simulasi skenario 4C

<b>Waktu</b>	<b>Temperatur Udara Luar (°C)</b>	<b>Temperatur Udara Dalam (°C)</b>
06.00	24.3	27.5
09.00	28.8	29.9
12.00	32.7	31.3
15.00	31.7	30.5
18.00	28.2	28.6
<b>Rata-rata</b>	28.5	27,6

Grafik hasil simulasi antara bukaan dinding ( $90^\circ$ ) dan bukaan atap ( $60^\circ$ ) menunjukkan bahwa temperatur udara dalam naik dari kondisi eksisting. Pada simulasi eksisting temperatur rata-rata pada ke-empat sisi bukaan adalah  $29,8^\circ\text{C}$ . Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi desain temperatur rata-rata sebesar  $27,6^\circ\text{C}$ , dengan selisih temperatur sebesar  $2,2^\circ\text{C}$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kombinasi seperti ini dapat menurunkan sebesar  $2,2^\circ\text{C}$  dari simulasi eksisting. Berdasarkan SNI 03-657-2001 temperatur sebesar  $27,6^\circ\text{C}$  masih tergolong diatas ambang batas nyaman ( $>27,1^\circ\text{C}$ ).

Tabel 4.43 Skenario 4D

Bukaan dinding dengan sudut kemiringan (90°)	Bukaan ventilasi atap dengan sudut kemiringan (^)
<p>TAMPAK R.DESAIN 90 SKALA 1:25</p> <p>POTONGAN R.DESAIN 90 SKALA 1:25</p>	



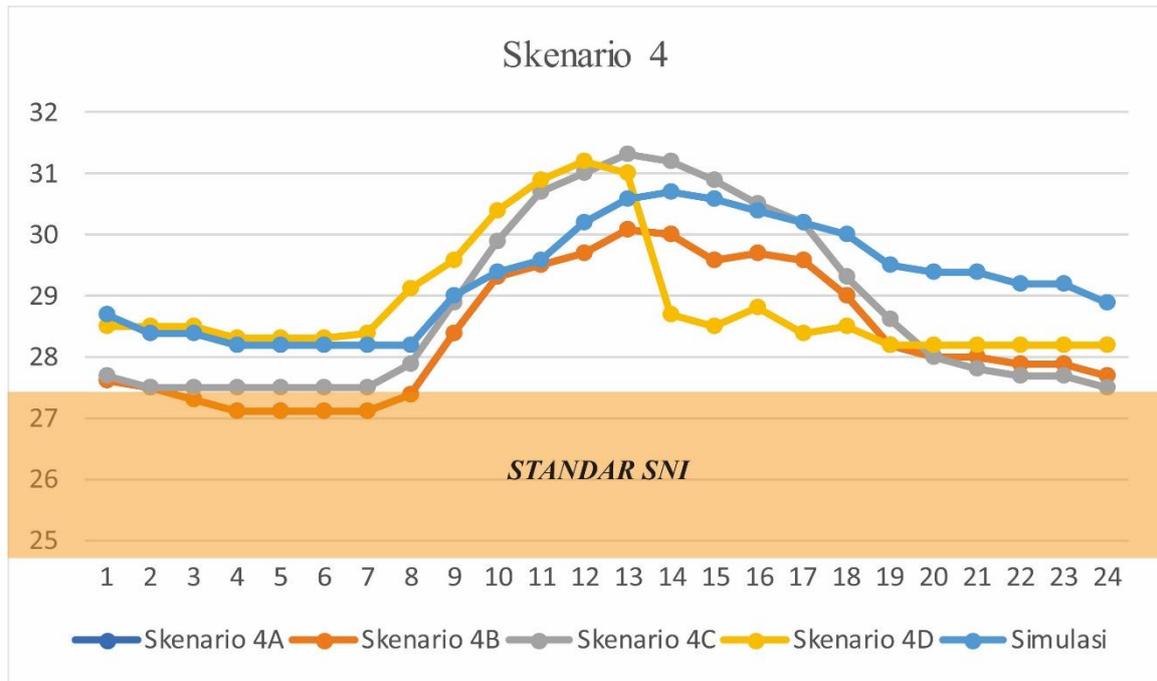
Gambar 4.48 Grafik skenario 4D

Tabel 4.44 Hasil simulasi skenario 4D

Waktu	Temperatur Udara Luar (°C)	Temperatur Udara Dalam (°C)
06.00	26.1	28.4
09.00	29.3	30.4
12.00	29.3	31
15.00	26.1	28.8
18.00	25.6	28.2
<b>Rata-rata</b>	27.7	27.4

Grafik hasil simulasi antara bukaan dinding ( $90^\circ$ ) dan bukaan atap ( $^\wedge$ ) menunjukkan bahwa temperatur udara dalam naik dari kondisi eksisting. Pada simulasi eksisting temperatur rata-rata pada ke-empat sisi bukaan adalah  $29,8^\circ\text{C}$ . Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi desain temperatur rata-rata sebesar  $27,4^\circ\text{C}$ , dengan selisih temperatur sebesar  $2,4^\circ\text{C}$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kombinasi seperti ini dapat menurunkan sebesar  $2,4^\circ\text{C}$  dari simulasi eksisting. Berdasarkan SNI 03-657-2001 temperatur sebesar  $27,4^\circ\text{C}$  masih tergolong diatas ambang batas nyaman ( $>27,1^\circ\text{C}$ ).

Berdasarkan keempat kombinasi antara bukaan atap dan bukaan dinding, kombinasi yang paling baik adalah antara bukaan atap dengan sudut kemiringan  $90^\circ$  serta bukaan dinding dengan kemiringan sudut  $45^\circ$ . Kombinasi tersebut dapat menurunkan temperatur sebesar  $3,1^\circ\text{C}$  dari  $29,8^\circ\text{C}$  menjadi  $26,7^\circ\text{C}$  diambil dari hasil simulasi dengan 5(lima) sample waktu, jika dilihat dalam grafik hasil menunjukkan keempat kombinasi tidak jauh berbeda. Temperatur menunjukkan nilai yang stabil pada jam 04.00 – 07.00 WIB. Kemudian mengalami kenaikan pada jam 08.00 – 13.00 WIB. Dan mengalami penurunan pada jam 13.00 – 14.00 WIB. Sedangkan temperatur paling tertinggi terjadi pada jam 11.00 WIB mencapai  $31,2^\circ\text{C}$ . Berikut merupakan grafik perbandingan ke empat kombinasi yang sudah disimulasikan.

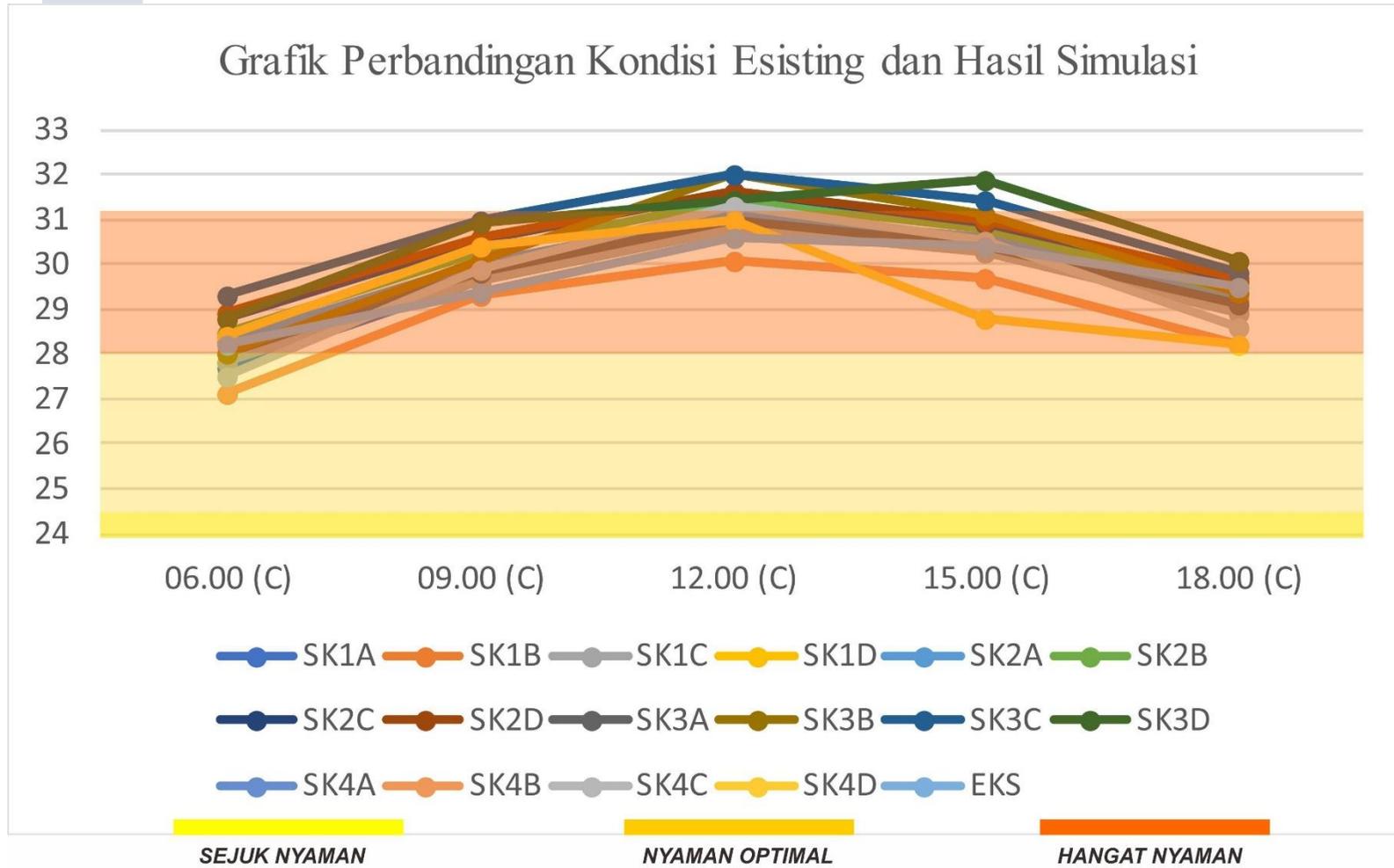


Gambar 4.49 Grafik hasil simulasi skenario 4

### 4.5.5 Tabulasi Hasil Rekomendasi Desain

Tabel 4.45 Perbandingan temperatur sebelum dan sesudah rekomendasi

Skenario	Sebelum						Sesudah						Penurunan Temperatur	Keterangan	
	06.00 (°C)	09.00 (°C)	12.00 (°C)	15.00 (°C)	18.00 (°C)	Rata-rata	06.00 (°C)	09.00 (°C)	12.00 (°C)	15.00 (°C)	18.00 (°C)	Rata-rata			
1	A	28,2	29,4	30,6	30,4	29,5	29,4	27,7	29,6	30,9	30,3	28,9	27,9	1,5	
	B							27,8	29,6	30,8	30,3	28,9	27,9	1,5	
	C							27,8	29,6	30,8	30,3	28,9	27,6	1,8	
	D							28,3	30	31,1	30,6	29,3	27,6	1,8	
2	A							28,3	30	31,1	30,6	29,2	27,9	1,5	
	B							28,5	30,3	31,4	30,8	29,4	27,9	1,5	
	C							28,8	30,5	31,6	30,9	29,6	27,9	1,5	
	D							28,9	30,6	31,6	31	29,7	27,9	1,5	
3	A							28	29,8	31	30,4	29,1	27,9	1,5	
	B							28	30,1	32	31,1	29,4	28,1	1,3	
	C							29,3	31	32	31,4	29,8	28,3	1,1	
	D							28,8	30,9	31,4	31,9	30,1	28,4	1	
4	A							27,1	29,3	30,1	29,7	28,2	26,5	2,9	
	B							27,1	29,3	30,1	29,7	28,2	26,7	2,7	
	C							27,5	29,9	31,3	30,5	28,6	27,6	1,8	
	D							28,4	30,4	31	28,8	28,2	27,4	2	



Gambar 4.50 Grafik perbandingan kondisi eksisting dan hasil simulasi