

**REKAYASA DESAIN SELUBUNG BANGUNAN UNTUK
MENURUNKAN TEMPERATUR UDARA DALAM RUANG PADA
BANGUNAN GOR OTISTA JAKARTA**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**NENOBI ZAHRA
NIM. 125060507111026**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

REKAYASA DESAIN SELUBUNG BANGUNAN UNTUK MENURUNKAN TEMPERATUR UDARA DALAM RUANG PADA BANGUNAN GOR OTISTA JAKARTA

SKRIPSI

PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



NENOBI ZAHRA
NIM. 125060507111026

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 11 Januari 2018

Mengetahui,
Ketua Program Studi Sarjana Aritektural



Ir. Heru Sufianto, M.Arch.St., Ph.D.
NIP. 19650218 199002 1 001

Dosen Pembimbing



Wasiska Iyati, ST., MT.
NIK. 201304 870504 2 001

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur penjiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku pada Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 pasal 25 ayat 2 dan pasal 70.

Malang, 14 Januari 2018



Nenobi Zahra

NIM. 125060507111026



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 036 /UN10.F07.15/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

NENOBI ZAHRA

Dengan Judul Skripsi :

REKAYASA DESAIN SELUBUNG BANGUNAN UNTUK MENURUNKAN TEMPERATUR UDARA DALAM RUANG PADA BANGUNAN GOR OTISTA JAKARTA

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 15 Januari 2018



Ketua Jurusan Arsitektur

Dr. Eng. Herry Santosa, ST, MT
NIP. 19730525 200003 1 004

Ketua Program Studi S1 Arsitektur

Ir. Heru Sufianto, M.Arch, St, Ph.D
NIP. 19650218 199002 1 001




KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN ARSITEKTUR

Jl. Mayjend Haryono No. 167 MALANG 65145 Indonesia
Telp. : +62-341-567486 ; Fax : +62-341-567486
<http://arsitektur.ub.ac.id> E-mail : arsfub@ub.ac.id

**LEMBAR HASIL
DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI**

Nama : Nenobi Zahra
NIM : 125060507111026
Judul Skripsi : Rekayasa Desain Selubung Bangunan Untuk Menurunkan
Temperatur Udara Dalam Ruang Pada Bangunan GOR Otista
Dosen Pembimbing : Wasiska Iyati, ST., MT.
Periode Skripsi : Semester Ganjil 2017-2018
Alamat Email : nenobi.zahra@gmail.com

Tanggal	Deteksi Plagiasi ke-	Plagiasi yang terdeteksi (%)	Ttd Petugas Plagiasi
15 Januari 2018	1	10%	
	2		
	3		

Malang, 15 Januari 2018

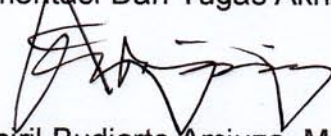
Mengetahui,

Dosen Pembimbing



Wasiska Iyati., ST., MT.
NIP. 2013048705042001

Kepala Laboratorium
Dokumentasi Dan Tugas Akhir



Ir. Chairil Budiarto Amiuza, MSA
NIP.19531231 198403 1 009

Keterangan:

1. Batas maksimal plagiasi yang terdeteksi adalah sebesar 20%
2. Hasil lembar deteksi plagiasi skripsi dilampirkan bagian belakang setelah surat Pernyataan Orisinalitas

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji dan syukur kepada Allah SWT. atas rahmat-Nya sehingga skripsi ini dapat saya selesaikan dengan baik. Pada persembahan skripsi ini saya tujukan kepada orang-orang yang telah memberikan saya dukungan dan do'a dalam pengerjaan skripsi ini.

Keluarga,

Mama dan papa yang selalu mendukung apapun keputusan saya serta selalu memberikan dukungan dan do'a tiada henti kepada saya dalam penyelesaian skripsi ini. Adek yang selalu menghibur dan memberikan motivasi kepada saya. Terima kasih juga untuk keluarga besar Sudiyadi yang selalu memberikan motivasi dan dukungan tanpa henti kepada saya.

Bandung Squad,

Maula, Indi, Widya, Dee, Grace, Kiki, dan Fani yang juga telah memberi saya motivasi serta setia menemani saya selama proses pengerjaan skripsi ini baik saat suka dan duka.

Staff GOR Otisa,

yang telah membantu saya dalam memberikan kebutuhan data mengenai bangunan GOR Otista sehingga mempermudah saya dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Teman-teman angkatan 2012,

dan teman-teman seperjuangan dari Jurusan Arsitektur. Terima kasih atas dukungan dan ucapan penyemangat selama menempuh perkuliahan di Jurusan Arsitektur.

Keluarga dan teman-teman yang lain,

yang selalu mengingatkan saya dan memberikan motivasi kepada saya dalam pengerjaan skripsi ini.

Terima kasih atas semuanya.

RINGKASAN

Nenobi Zahra, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2018, *Rekayasa Desain Selubung Bangunan untuk Menurunkan Temperatur Udara dalam Ruang pada Bangunan GOR Otista*, Dosen Pembimbing: Wasiska Iyati.

Olahraga merupakan salah satu aktivitas yang sedang berkembang di Jakarta. Salah satu bangunan yang berfungsi untuk mewadahi aktivitas tersebut adalah GOR Otista yang terletak di Jakarta Timur. GOR Otista juga mewadahi berbagai macam aktivitas sehingga perlu diperhatikan kondisi temperatur udara dalam ruangnya mengingat kondisi iklim Kota Jakarta adalah iklim tropis lembab. Permasalahan yang muncul mengenai kondisi termal pada GOR Otista ini adalah temperatur udara dalam ruang yang tinggi dan aliran udara yang tidak maksimal. Bukaan-bukaan pada bangunan GOR Otista berupa jendela mati sehingga hanya difungsikan sebagai pencahayaan alami saja. Sehingga diperlukannya rekayasa desain selubung bangunan di GOR Otista sebagai upaya untuk menurunkan temperatur udara dalam ruang pada bangunan. Fokus utama pada penelitian ini adalah bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap yang merupakan elemen selubung bangunan.

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif evaluatif dan menggunakan metode deskriptif kuantitatif pada analisis kondisi eksisting GOR Otista dan eksperimental dengan simulasi menggunakan *software Ecotect Analysis 2011* pada analisis simulasi kondisi eksisting GOR Otista dan simulasi rekomendasi rekayasa desain selubung bangunan. Penelitian ini dibagi menjadi 4 tahap yaitu identifikasi masalah, pengumpulan data, analisis data, dan sintesis. *Output* dari simulasi yang menggunakan *software Ecotect Analysis 2011* berupa grafik temperatur udara dalam ruang yang dibandingkan dengan standar temperatur udara dalam ruang di Indonesia yaitu SNI 03-6572-2001. Terdapat 2-3 alternatif rekomendasi pada setiap elemen selubung bangunan yang diteliti. Alternatif tersebut dikombinasikan dan menjadi 12 rekomendasi kombinasi.

Kedua belas rekomendasi kombinasi tersebut disimulasikan dengan *output* berupa temperatur udara dalam ruang GOR Otista. Grafik temperatur tersebut sebagai penentu dalam pemilihan rekayasa desain. Pemilihan rekomendasi berdasarkan temperatur yang mempunyai penurunan temperatur udara dalam ruang tertinggi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa model selubung bangunan dengan bukaan ventilasi tipe *vertically pivoted, shading device* dengan lebar 90 cm, dan bukaan atap dengan lebar kisi 15 cm dapat menurunkan temperatur sebesar 2,8°C. Terdapat alternatif baru yaitu menambahkan dimensi bukaan atap untuk melihat penurunan temperatur udara dalam ruangnya dan setelah disimulasikan, penambahan dimensi bukaan atap pada GOR Otista mampu menurunkan temperatur udara dalam ruang hingga 3,0°C.

Kata kunci: temperatur udara dalam ruang, selubung bangunan, gedung olahraga

SUMMARY

Nenobi Zahra, Department of architecture, Faculty of engineering, University of Brawijaya, January 2018, *Engineering Design of Building's Sheath to Lower The Air Temperature in The Room at The Building of Otista Sports Hall*, Supervisor: Wasiska Iyati.

Sports is one of the activities that are developed in Jakarta. One of the buildings which serve to embody those activities is Otista Sports Hall that located in East Jakarta. Otista Sports Hall also hosts range of activities so it required to pay attention of the condition of the air temperature in its room because the climatic conditions of the city of Jakarta is a humid tropical climate. The problems that have emerged about the condition of a thermal on Otista Sports Hall is the air temperature in the room is high and the air flow is not maximum. Openings in the Otista Sports Hall are windows that can't be opened so the only function of them is natural lighting. So it's necessary to make engineering design of sheath the building in Otista Soprts Hall as an attempt to lower the temperature of the air in the room of this building. The main focus in this research are the openings of ventilation, shading devices, and roof openings which is the element of building's sheath.

This research is descriptive and evaluative research using quantitative descriptive method on analysis of existing conditions of GOR Otista and experimental simulation using software Ecotect Analysis 2011 on simulation analysis of Otista Sports Hall existing condition and simulated the engineering design recommendations of the building's sheath. This research is divided into 4 stages i.e. identification problems, data collection, data analysis and synthesis. The output of the simulation software using Ecotect Analysis 2011 are the graph of temperature of air in the room compared with the standard air temperature in the room in Indonesia that is SNI 03-6572-2001. There are 2-3 alternative recommendations on each element of building's sheath that are examined. The alternative is combined and became the 12 recommendations of the combination.

Twelve recommendations that combination simulated with an output in the form of air temperature in room of Otista Sports Hall. The temperature graph as a determinant in the selection of engineering design. The selection of the recommendations based on the temperature that has the highest decreased air temperature in room. Simulation results show that the model buildings with ventilation openings with vertically pivoted type, shading device with a width of 90 cm, and roof openings with a width of 15 cm grid can lower the temperature 2.8 ° c. There is a new alternative that is adding dimensions of roof openings to see a decrease in the temperature of the air in the room and after simulated, the addition of the dimension of the roof openings on GOR Otista is capable of lowering the temperature of air in spaces up to 3.0 ° c.

Keywords: air temperature, sheath of building, sports hall

PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah menganugrahkan nikmat, rahmat, dan hidayah sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Rekayasa Desain Selubung Bangunan untuk Menurunkan Temperatur Udara dalam Ruang pada Bangunan GOR Otista” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik. Selama berlangsungnya penelitian, penyusunan sampai pada tahap penyelesaian skripsi ini, penulis menyadari bahwa hal tersebut tak lepas dari dukungan serta bantuan berbagai pihak.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Yth. Ibu Wasiska Iyati., ST., MT. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan motivasi dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi ini,
2. Yth. Bapak Ir. Jusuf Thojib, MSA selaku Dosen Penguji I dan Bapak Ir. Heru Sufianto, M.Arch.St., Ph.D. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun dalam proses melengkapi skripsi ini,
3. Para pimpinan dan staff GOR Otista yang telah membantu saya selama proses pengerjaan skripsi,

Meski demikian, penulis merasa masih banyak kesalahan dalam skripsi ini. Oleh sebab itu penulis sangat terbuka untuk menerima kritik dan saran yang membangun untuk dijadikan perbaikan ke depan. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk kita semua.

Malang, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Pembatasan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	5
1.8 Kerangka Pemikiran	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Gelanggang Olahraga.....	8
2.1.1 Definisi gelanggang olahraga	8
2.1.2 Klasifikasi jenis olahraga pada gelanggang olahraga.....	8
2.1.3 Fasilitas olahraga pada gelanggang olahraga.....	9
2.2 Tinjauan Iklim Tropis Lembab	9
2.2.1 Iklim Tropis Lembab.....	9
2.2.2 Karakteristik Iklim Tropis Lembab.....	10
2.3 Tinjauan Kenyamanan Termal	10
2.3.1 Definisi Kenyamanan Termal	10
2.3.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal	11
2.3.3 Standar Kenyamanan Termal.....	13
2.4 Selubung Bangunan	14
2.5 Desain Pengendalian Termal pada Daerah Tropis Lembab	15
2.6 Tinjauan Penelitian Terdahulu	23
2.7 Kerangka Teori.....	27
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Metode Umum dan Tahapan Penelitian	28
3.1.1 Metode umum penelitian	28
3.1.2 Tahapan Operasional Penelitian.....	29
3.2 Lokus dan Fokus Penelitian	30
3.3 Variabel Penelitian.....	31
3.4 Jenis Data dan Metode Pengumpulan Data.....	33
3.4.1 Jenis data	32
3.4.2 Metode pengumpulan data	34

3.5	Tahap Analisis Data	36
3.5.1	Analisis visual GOR Otista	36
3.5.2	Analisis pengukuran lapangan GOR Otista	37
3.5.3	Analisis data pengukuran kondisi eksisting GOR Otista	37
3.5.4	Verifikasi data hasil pengukuran lapangan dan simulasi digital	38
3.6	Tahapan Sintesis	38
3.6.1	Tahap analisis penentuan alternatif rekomendasi desain	38
3.6.2	Tahap simulasi rekomendasi desain.....	39
3.6.3	Analisis data hasil simulasi	39
3.6.4	Penarikan kesimpulan	40
3.7	Instrumen Penelitian	40
3.8	Diagram Alur Penelitian	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1	Tinjauan Umum GOR Otista Jakarta	42
4.2	Analisis Visual GOR Otista.....	45
4.3	Analisis Pengukuran Kondisi Eksisting GOR Otista	49
4.4	Simulasi Pengukuran Temperatur pada GOR Otista.....	60
4.5	Perbandingan Hasil Pengukuran dan Simulasi	62
4.6	Rekomendasi Desain	63
4.6.1	Rekomendasi bukaan ventilasi	63
4.6.2	Rekomendasi <i>shading device</i>	66
4.6.3	Rekomendasi bukaan atap	70
4.6.4	Simulasi rekomendasi desain	74
BAB V PENUTUP		103
5.1	Kesimpulan	103
5.2	Saran	104

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Jenis dan Karakteristik Kegiatan pada gelanggang Olahraga.....	8
Tabel 2.2	Batas Kenyamanan Beberapa Daerah di Dunia	13
Tabel 2.3	Temperatur Nyaman Menurut SNI 03-6572-2001	14
Tabel 2.4	Jenis Bukaian Jendela	19
Tabel 2.5	<i>Shading coefficient</i> untuk berbagai jenis material kaca	20
Tabel 2.6	<i>U-Value</i> dan penurunan temperatur material kaca	21
Tabel 2.7	Jenis <i>Shading Device</i>	22
Tabel 2.8	Tinjauan Penelitian Terdahulu	23
Tabel 3.1	Variabel penelitian	32
Tabel 3.2	Tabel Pengukuran Temperatur Ruang GOR Otista.....	37
Tabel 4.1	Jenis aktivitas di GOR Otista	45
Tabel 4.2	Temperatur Udara Rata-Rata Tiap Zona	51
Tabel 4.3	Kelembaban Rata-Rata Tiap Zona	52
Tabel 4.4	Temperatur Udara GOR Otista pada Simulasi dengan <i>software Ecotect Analysis 2011</i>	61
Tabel 4.5	Validasi Perbandingan Data Penelitian	62
Tabel 4.6	Rekomendasi Bukaian Ventilasi	65
Tabel 4.7	Rincian SBV pada Sisi Utara Gedung Olahraga Otista	67
Tabel 4.8	Rincian SBV pada Sisi Selatan Gedung Olahraga Otista	67
Tabel 4.9	Rekomendasi Pembayangan Matahari	68
Tabel 4.10	Rekomendasi Bentuk Bukaian Atap	72
Tabel 4.11	Rekomendasi Kombinasi 1 (V1 S1 A1)	74
Tabel 4.12	Rekomendasi Kombinasi 2 (V1 S1 A2)	76
Tabel 4.13	Rekomendasi Kombinasi 3 (V1 S2 A1)	78
Tabel 4.14	Rekomendasi Kombinasi 4 (V1 S2 A2)	80
Tabel 4.15	Rekomendasi Kombinasi 5 (V2 S1 A1)	82
Tabel 4.16	Rekomendasi Kombinasi 6 (V2 S1 A2)	84
Tabel 4.17	Rekomendasi Kombinasi 7 (V2 S2 A1)	86
Tabel 4.18	Rekomendasi Kombinasi 8 (V2 S2 A2)	88
Tabel 4.19	Rekomendasi Kombinasi 9 (V3 S1 A1)	90
Tabel 4.20	Rekomendasi Kombinasi 10 (V3 S1 A2)	92
Tabel 4.21	Rekomendasi Kombinasi 11 (V3 S2 A1)	94
Tabel 4.22	Rekomendasi Kombinasi 12 (V3 S2 A2)	96
Tabel 4.23	Perbandingan Ilustrasi Bangunan Kondisi Eksisting dengan Kondisi Menggunakan Rekomendasi Kombinasi 3	102
Tabel 4.24	Perbandingan Selubung Bangunan Kondisi Eksisting dengan Rekomendasi Kombinasi 3	104

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 1.1	Diagram kerangka pemikiran	7
Gambar 2.1	Aliran udara dengan <i>stack effect</i> dalam bangunan	16
Gambar 2.2	<i>Stack effect</i> mengeluarkan udara panas apabila temperatur <i>indoor</i> lebih baik dibandingkan temperature <i>outdoor</i> diantara bukaan vertikal	16
Gambar 2.3	Arah angin tegak lurus dengan bukaan (<i>inlet</i>)	17
Gambar 2.4	Arah angin miring 45° dengan bukaan (<i>inlet</i>)	17
Gambar 2.5	Dinding dan vegetasi dapat digunakan untuk mengubah arah angin	17
Gambar 2.6	Ventilasi silang yang ideal	18
Gambar 2.7	Tipe arah bukaan ventilasi	18
Gambar 2.8	Diagram kerangka teori	27
Gambar 3.1	Lokasi GOR Otista	31
Gambar 3.2	Ruang Olahraga GOR Otista	31
Gambar 3.3	Pintu Masuk GOR Otista	31
Gambar 3.4	Titik ukur temperatur udara pada gedung olahraga Otista	35
Gambar 3.5	Kondisi ruang dalam Gedung Olahraga Otista	36
Gambar 3.6	Kondisi tribun Gedung Olahraga Otista	36
Gambar 3.7	Diagram alur simulasi <i>ecotect analysis</i> pada tahap sintesis	39
Gambar 3.8	Diagram alur penelitian	41
Gambar 4.1	Posisi bangunan pada peta Kota Malang	43
Gambar 4.2	Pintu akses Gelanggang Remaja Jakarta Timur	43
Gambar 4.3	Pintu masuk GOR Otista	43
Gambar 4.4	Denah lantai 1 bangunan	44
Gambar 4.5	Tampak selatan GOR Otista	45
Gambar 4.6	Interior ruang olahraga GOR Otista	46
Gambar 4.7	Bukaan jendela ruang olahraga GOR Otista	46
Gambar 4.8	Tritisan jendela ruang olahraga GOR Otista	46
Gambar 4.9	Ilustrasi aliran udara pada kawasan sekitar GOR Otista	47
Gambar 4.10	Ilustrasi aliran udara pada kondisi eksisting GOR Otista	47
Gambar 4.11	Tribun GOR Otista sisi utara	48
Gambar 4.12	Tribun GOR Otista sisi selatan	48
Gambar 4.13	Zonasi ruang pada penelitian dan lokasi titik ukur	49
Gambar 4.14	<i>Wet and Dry Thermometer</i> yang digunakan pada pengukuran temperatur di lapangan	50
Gambar 4.15	Grafik temperatur udara dalam ruang rata-rata pada pukul 08.00 – 15.00.....	50
Gambar 4.16	Kelembaban rata-rata pada pukul 08.00 - 15.00	52
Gambar 4.17	Kontur temperatur udara dalam ruang GOR Otista pada pukul 09.00 ..	53
Gambar 4.18	Kontur temperatur udara dalam ruang GOR Otista pada pukul 10.00...	54
Gambar 4.19	Kontur temperatur udara dalam ruang GOR Otista pada pukul 11.00 ..	55
Gambar 4.20	Kontur temperatur udara dalam ruang GOR Otista pada pukul 12.00 ..	56

Gambar 4.21	Kontur temperatur udara dalam ruang GOR Otista pada pukul 13.00 ..	57
Gambar 4.22	Kontur temperatur udara dalam ruang GOR Otista pada pukul 14.00 ..	58
Gambar 4.23	Kontur temperatur udara dalam ruang GOR Otista pada pukul 15.00 ..	59
Gambar 4.24	Ilustrasi aliran udara pada GOR Otista	60
Gambar 4.25	Grafik temperatur udara GOR Otista pada simulasi dengan <i>software Ecotect Analysis 2011</i>	61
Gambar 4.26	Penggunaan jenis kaca <i>double glass low e</i> pada bangunan	64
Gambar 4.27	Rekomendasi bentukan atap dan bentuk bukaan atap GOR Otista	70
Gambar 4.28	Penerapan <i>stack effect</i> pada bangunan	71
Gambar 4.29	Ilustrasi aliran udara pada bangunan dengan <i>stack effect</i>	71
Gambar 4.30	Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 1 GOR Otista	76
Gambar 4.31	Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 2 GOR Otista	78
Gambar 4.32	Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 3 GOR Otista	80
Gambar 4.33	Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 4 GOR Otista	82
Gambar 4.34	Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 5 GOR Otista	84
Gambar 4.35	Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 6 GOR Otista	86
Gambar 4.36	Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 7 GOR Otista	88
Gambar 4.37	Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 8 GOR Otista	90
Gambar 4.38	Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 9 GOR Otista	92
Gambar 4.39	Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 10 GOR Otista	94
Gambar 4.40	Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 11 GOR Otista	96
Gambar 4.41	Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 12 GOR Otista	98
Gambar 4.42	Grafik temperatur udara dalam ruang rekomendasi 1-12 dan simulasi eksisting	99
Gambar 4.43	Grafik temperatur udara dalam ruang rekomendasi 3 dan eksisting	99
Gambar 4.44	Penambahan dimensi bukaan atap sebagai <i>outlet</i> bangunan	100
Gambar 4.45	Bukaan atap (a) sisi selatan (b) sisi utara	100
Gambar 4.46	Grafik hasil simulasi setelah menambahkan alternatif dimensi bukaan atap	100
Gambar 4.47	Grafik temperatur udara dalam ruang rekomendasi 3, alternatif dimensi bukaan atap dan eksisting	101

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Jakarta merupakan ibukota Indonesia yang terletak di bagian barat Pulau Jawa. Luas kota Jakarta yaitu sekitar 661,52 km² dengan penduduk berjumlah 10.187.595 jiwa. Kota Jakarta merupakan ibukota dari Indonesia sehingga kota ini menjadi sangat berkembang dalam beberapa bidang, salah satunya pada bidang olahraga. Sejak masa pemerintahan Ir. Soekarno sampai saat ini, Jakarta sudah cukup sering menjadi tempat pelaksanaan acara olahraga berskala internasional. Beberapa diantaranya yaitu menjadi tuan rumah Asian Games pada tahun 1962, Piala Asia pada tahun 2007 dan beberapa kali menjadi tuan rumah pesta olahraga bangsa-bangsa Asia Tenggara atau yang biasa disebut Sea Games.

Penduduk kota Jakarta yang cukup banyak cukup memadati beberapa wilayah kota Jakarta, dominasi penduduk yang menetap di Jakarta mempunyai beberapa tujuan salah satunya aktivitas olahraga yang sedang berkembang di Jakarta ini. Beberapa macam olahraga yang diminati diantaranya yaitu sepak bola, bulu tangkis, bola voli dan bola basket. Pemerintah menyediakan fasilitas olahraga bagi masyarakatnya yang gemar olahraga di beberapa daerah sehingga tersebar merata di beberapa wilayah kota Jakarta. Salah satu tempat olahraga yang sering digunakan untuk beraktivitas yaitu GOR Otista yang berlokasi di Jakarta Timur. Gedung olahraga ini banyak dipakai untuk berbagai aktivitas tidak hanya untuk olahraga saja namun juga dipakai untuk acara-acara siswa/i sekolah dan beberapa seminar dengan lingkup provinsi. Karena berfungsi untuk berbagai aktivitas maka kondisi temperatur udara dalam ruang pada bangunan ini perlu diperhatikan.

Salah satu faktor yang berpengaruh dalam kenyamanan ruang yaitu temperatur ruang, terutama pada saat terdapat aktivitas. Menurut Olgyay (1963), faktor yang mempengaruhi produktivitas dan kualitas kesehatan manusia salah satunya yaitu kondisi iklim lingkungan. Kondisi iklim ini saling mempunyai kaitan dengan temperatur udara, aliran udara, angin, dan kelembaban. Ketika kondisi iklim tersebut dapat sesuai dengan kebutuhan fisik manusia saat melakukan aktivitas maka tingkat produktivitasnya juga dapat maksimal. Permasalahan yang muncul mengenai kondisi termal pada gedung olahraga khususnya GOR Otista ini yaitu aliran udara di dalam bangunan tidak maksimal sehingga terdapat udara panas pada bangunan dan bukaan yang terdapat pada GOR Otista ini berupa

jendela yang berfungsi sebagai pencahayaan bangunan yang merupakan jendela mati dan tidak menggunakan AC. Pada penilitan ini, akan dibahas mengenai pengaruh selubung bangunan dengan fokus bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap terhadap kondisi temperatur udara dalam bangunan GOR Otista untuk mengetahui kondisi temperatur ruang eksisting bangunan yang tinggi dan rekayasa desain selubung bangunan untuk mengoptimalkan penurunan temperatur udara dalam ruang pada bangunan. Dalam mengatasi penurunan temperatur udara dalam ruang pada penelitian ini jenis penghawaan alami akan dipakai untuk memaksimalkan penurunan temperatur udara dalam ruang pada bangunan.

Selubung bangunan yang tepat untuk dipakai dalam bangunan ini menyesuaikan dengan kondisi iklim lingkungan yang terdapat di tiap daerah. Menurut *Ministry of Energy, Utilites and Climate* (2013), Kota Jakarta memiliki kondisi iklim tropis panas dengan suhu rata-rata per tahun 27°C dan suhu maksimal yang pernah dicapai yaitu 40°C terutama pada musim kemarau. Kelembaban rata-rata kota Jakarta yaitu 74,4% dan rata-rata kecepatan angin 2,2 m/s – 2,5 m/s. Suhu kota Jakarta yang cukup tinggi ini memungkinkan kondisi temperatur udara dalam ruang pada GOR Otista juga meningkat, sehingga diperlukannya penurunan temperatur ruang karena berfungsi untuk pemakaian banyaknya aktivitas dan temperatur ruang pada GOR Otista yang cukup tinggi. Terutama pada GOR Otista ini dipergunakan dalam perlombaan tingkat provinsi dan terdapat fasilitas tribun untuk para penonton sehingga kapasitas pengguna lebih banyak. Salah satu upaya untuk mencapai penurunan temperatur udara dalam ruang pada bangunan yaitu dengan mempertimbangkan selubung bangunan berupa bentukan atap yang digunakan karena atap adalah elemen bangunan yang permukaannya langsung terpapar sinar matahari. Atap bangunan berbentuk perisai dengan bahan atap *alderon* untuk penahan beban yang lebih kuat.

Selubung bangunan lain yang perlu diperhatikan untuk pengendalian termal pada GOR Otista yaitu bukaan pada dinding. Bukaan pada dinding berada di sisi atas bangunan yang berdekatan dengan atap bangunan. Bukaan ini berupa jendela mati yang hanya berfungsi untuk memasukan cahaya ke dalam bangunan. Bukaan yang lain berupa pintu dan jendela pada sisi bawah bangunan untuk akses keluar-masuk pengguna. Bukaan-bukaan ini dominan berfungsi untuk pencahayaan alami namun masih sedikitnya ventilasi untuk aliran udara pada bangunan. Dalam mengatasi hal tersebut, beberapa konsep yang dapat digunakan yaitu desain pasif pada bangunan dengan memanfaatkan orientasi bangunan sesuai arah pergerakan matahari dan aliran udara, selain itu juga dengan mendesain ulang selubung bangunan yang ada pada eksisting. Selubung bangunan yang difokuskan dalam penelitian

ini yaitu berupa bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap yang berpengaruh dalam peneduh bangunan dan juga dapat menurunkan temperatur ruang di dalam GOR Otista. Bangunan yang menjadi fokus dalam pengendalian termal ini yaitu GOR Otista Jakarta yang digunakan untuk berbagai aktivitas masyarakat sekitar GOR Otista. Orientasi bangunan memanjang ke utara-selatan yang merupakan orientasi ideal bangunan untuk menghindari penyinaran radiasi matahari yang berlebihan dan juga penggunaan selubung bangunan untuk sistem penghawaan yang lebih baik. Dengan penggunaan selubung bangunan yang efektif dan efisien, penurunan temperatur ruang pada GOR Otista dapat tercapai.

Metode yang akan digunakan pada penelitian ini terdapat dua macam yaitu deskriptif kuantitatif dan quasi eksperimental dengan bersumber dari data primer dan sekunder. Data primer berupa pengukuran temperatur udara dalam ruang secara langsung di lapangan dan simulasi menggunakan *software* pada bangunan GOR Otista. Sedangkan data sekunder berupa jurnal-jurnal penelitian yang terkait, studi literatur serta standar temperatur ruang di Indonesia. *Software* yang digunakan untuk simulasi kondisi temperatur ruang pada bangunan eksisting dan rekomendasi selubung yaitu *Ecotect Analysis*. Pada penelitian ini akan lebih difokuskan pada rekayasa desain selubung bangunan yang *outputnya* merupakan grafik temperatur udara dalam ruang untuk mengetahui kondisi termal bangunan setelah menambahkan rekomendasi selubung ke bangunan.

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan mampu melengkapi penelitian terdahulu mengenai kinerja selubung bangunan pada bangunan khususnya gedung olahraga yang juga berfungsi untuk berbagai aktivitas sehingga nantinya dapat bermanfaat untuk meningkatkan performa bangunan. Hasil akhir dari penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu evaluasi dan rekomendasi. Tahap evaluasi memaparkan mengenai hasil pengukuran temperatur udara dalam ruang pada kondisi eksisting GOR Otista. Tahap selanjutnya yaitu tahap rekomendasi yaitu memberikan solusi perpaduan antara bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap yang paling memberikan penurunan temperatur udara dalam ruang di GOR Otista. Rekayasa desain inilah yang nantinya dapat digunakan sebagai acuan untuk pertimbangan perancangan gedung olahraga ataupun gedung serbaguna yang sesuai dengan kebutuhan kondisi termal yang dibutuhkan.

1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah yang ada terdapat pada latar belakang yaitu :

1. Kondisi dimensi bukaan pada GOR Otista yang belum optimal dalam menurunkan temperatur udara dalam ruang pada bangunan.

2. Bukaan pada GOR Otista hanya berfungsi sebagai pencahayaan alami sehingga aliran udara tidak dapat masuk ke dalam bangunan
3. Pada bukaan pencahayaan di GOR Otista tidak terdapat *shading device* sehingga tidak ada elemen yang dapat mencegah panas masuk ke dalam bangunan.

1.3 Rumusan Masalah

Bagaimana rekayasa desain selubung bangunan sebagai upaya untuk menurunkan temperatur udara dalam ruang pada bangunan GOR Otista di Jakarta?

1.4 Pembatasan Masalah

Agar pembahasan dalam penulisan ini tidak terlalu meluas, diperlukannya pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Rekayasa desain selubung bangunan GOR Otista dengan fokus yang diambil yaitu menurunkan temperatur udara dalam ruang pada bangunan.
2. Lokus studi yang diambil berada di Jakarta dengan iklim yang dianalisis adalah iklim tropis lembab.
3. Elemen yang dikaji berupa selubung bangunan pada GOR Otista dengan fokus bukaan ventilasi, *shading device* pada dinding dan atap.
4. Objek studi yang akan dievaluasi yaitu GOR Otista di Jakarta Timur.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian studi pada GOR Otista Jakarta ini yaitu mewujudkan rekayasa desain selubung bangunan di GOR Otista Jakarta sebagai upaya untuk menurunkan temperatur udara dalam ruang pada bangunan.

1.6 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi berbagai pihak, yaitu

1. Bagi masyarakat, manfaat dari penelitian ini yaitu untuk memberi pengetahuan baru dan pemahaman mengenai penerapan selubung bangunan yang dapat menurunkan temperatur udara dalam ruang pada bangunan gedung olahraga di Kota Jakarta.
2. Bagi akademisi, manfaat dari penelitian ini yaitu diharapkan mampu menjadi studi penunjang mengenai penerapan bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap pada bangunan baru yang sesuai dengan kebutuhan untuk

menurunkan temperatur ruang dan dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya.

3. Bagi pemerintah, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan atau dasar dalam praktek merancang objek arsitektur khususnya selubung bangunan olahraga di Indonesia.

1.7 Sistematika Pembahasan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini, menjelaskan latar belakang dilakukannya studi penelitian ini, yaitu memberikan wawasan baru mengenai rekayasa desain selubung bangunan sebagai upaya untuk meningkatkan performa bangunan pada GOR Otista yang diteliti berdasarkan pengukuran langsung di lapangan dan simulasi rekomendasi rekayasa desain untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan kebutuhan temperatur udara dalam ruang pada bangunan. Identifikasi masalah dijelaskan pada bab ini untuk menentukan fokus permasalahan pada studi ini. Batasan masalah pada studi ini dijelaskan agar pembahasan masalah tidak melebar keluar dari fokus utama. Kemudian akan diperoleh rumusan masalah, tujuan, dan manfaat dari studi penelitian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini, menjelaskan teori-teori terkait dengan permasalahan yang telah diungkapkan pada latar belakang berupa: pengertian gedung olahraga, ciri-ciri iklim tropis lembab berdasarkan lokasi yang sudah dipilih, kenyamanan termal, jenis bukaan, sistem ventilasi, sistem bukaan pada bangunan, *shading device* pada bangunan, dan metode simulasi eksperimental. Teori-teori digunakan sebagai acuan untuk membahas permasalahan lebih dalam serta acuan untuk penyelesaian masalah berdasarkan kriteria yang berlaku.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini, menjelaskan metode yang digunakan dalam memberikan solusi permasalahan. Metode merupakan langkah kerja mulai dari awal penelitian hingga hasil akhir yang dicapai yaitu penerapan selubung bangunan untuk menurunkan temperatur udara dalam ruang pada GOR Otista. Metode yang digunakan yaitu deskriptif kuantitatif dan quasi eksperimental. Metode ini diawali dengan pengumpulan data, analisa, dan sintesa.

BAB IV ANALISIS DATA

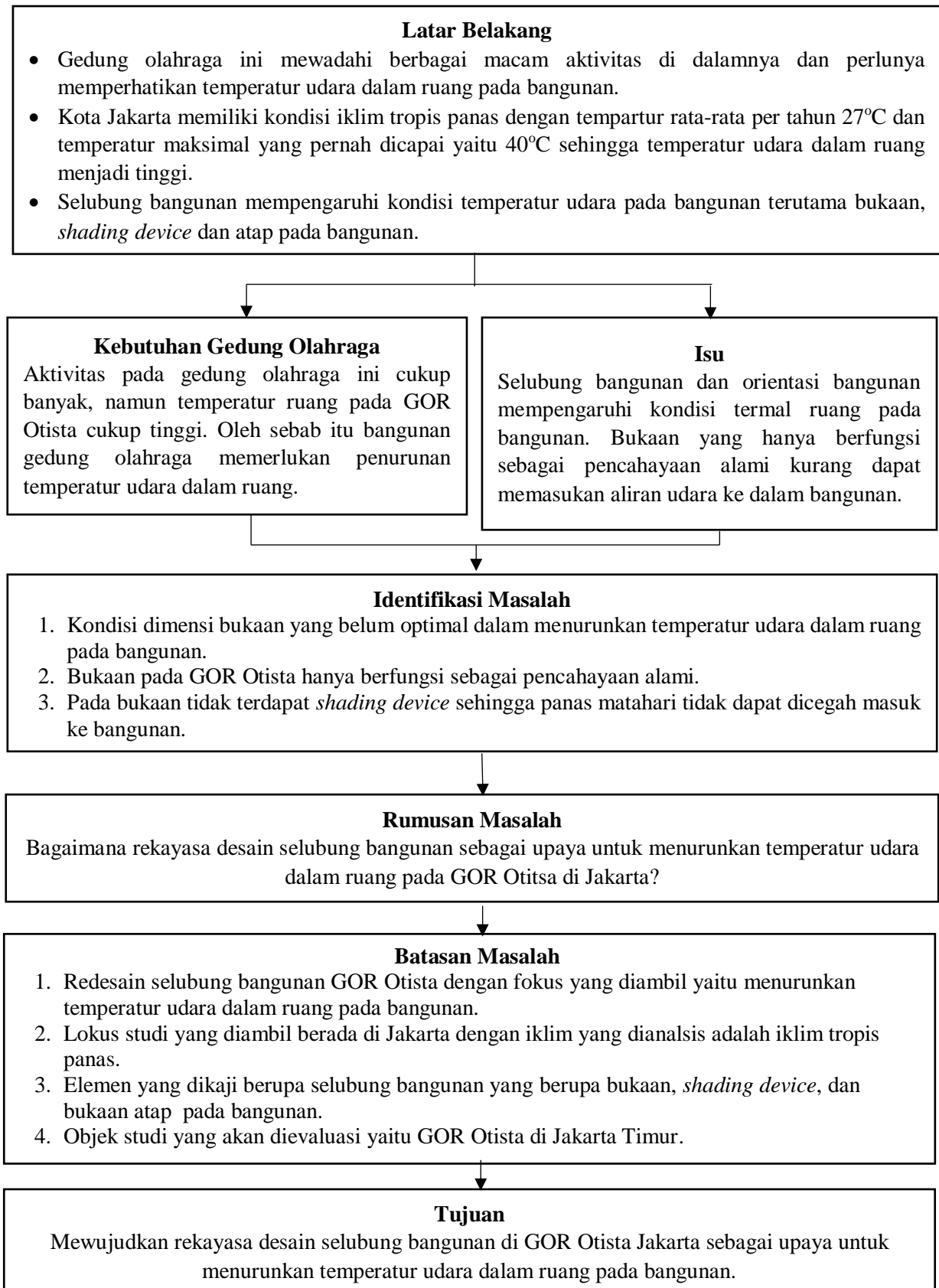
Pada bab ini, menjelaskan tentang evaluasi selubung bangunan eksisting GOR Otista untuk menurunkan temperatur ruang. Evaluasi berupa analisa kondisi eksisting bangunan berdasarkan parameter yang terdapat pada tinjauan teori. Hasil analisa tersebut berupa beberapa rekomendasi rekayasa desain selubung bangunan yang diteliti yaitu bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap yang berfungsi untuk menurunkan temperatur ruang pada GOR Otista.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini, menjelaskan kesimpulan dan saran yang didapatkan berdasarkan hasil dan pembahasan yang dikaitkan dengan latar belakang, rumusan masalah, dan tujuan dari penelitian. Kesimpulan dan saran penelitian berupa rekayasa desain selubung yang terdiri dari bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap yang dapat menurunkan temperatur ruang pada GOR Otista.

1.8 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran pada penyusunan pendahuluan dari penelitian ini yaitu:



Gambar 1.1 Diagram kerangka pemikiran

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelanggang Olahraga

2.1.1 Definisi gelanggang olahraga

Definisi Gelanggang adalah ruang/lapangan tempat menyabung ayam, bertinju, berpacu (kuda), olahraga dan sebagainya. Gelanggang juga berarti arena, atau lingkaran menurut Kamus Umum Bahasa Indonesia. Kata *Sport* berasal dari Bahasa Perancis ‘*desporter*’ yang bermakna membuang lelah. Menurut International Council of Sport and Physical Education, olahraga merupakan suatu aktivitas jasmani dan rohani yang di dalamnya terdapat permainan dan sebuah perjuangan melawan diri sendiri dan orang lain. Pengertian Gelanggang Olahraga yaitu arena atau tempat untuk menampung kegiatan jasmani dan rohani yang bertujuan untuk menyehatkan badan serta pikiran.

2.1.2 Klasifikasi jenis olahraga pada gelanggang olahraga

Pada gedung olahraga terdapat beberapa kegiatan yang dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis kegiatannya. Kegiatan-kegiatan yang biasa dilakukan pada Gelanggang Olahraga adalah olahraga, olahraga rekreasi, dan kegiatan kesejahteraan.

Tabel 2.1 Jenis dan Karakteristik Kegiatan pada Gelanggang Olahraga

No	Jenis Olahraga	Definisi
1	Olahraga Pendidikan	Pendidikan jasmani dan olahraga yang dilaksanakan dalam bagian pendidikan untuk memperoleh pengetahuan, kepribadian, kesehatan, dan kebugaran jasmani.
2	Olahraga Rekreasi	Olahraga yang dilakukan dengan kegembiraan dan kemampuan tumbuh dan berkembang sesuai dengan nilai budaya masyarakat untuk kesehatan, kebugaran, dan kegembiraan.
3	Olahraga Prestasi	Membina dan mengembangkan olahragawan secara terencana melalui kompetisi untuk mencapai prestasi dengan dukungan ilmu.

Sumber: Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia, 2005

2.1.3 Fasilitas olahraga pada gelanggang olahraga

Jenis olahraga dibagi dalam dua kelompok kegiatan (John, 1981), yakni:

1. Aktivitas luar ruangan, yaitu aktivitas olahraga yang dilakukan di luar ruang dan udara yang terbuka.
2. Aktivitas dalam ruangan, yaitu aktivitas olahraga yang dilakukan di ruangan tertutup yang terpisah atau ruangan tertutup khusus.

2.2 Tinjauan Iklim Tropis Lembab

Pada penelitian ini tinjauan mengenai iklim tropis lembab diperlukan untuk membantu memahami kondisi iklim Indonesia khususnya Kota Jakarta yang memiliki iklim tropis lembab. Tinjauan iklim tropis lembab ini berisi mengenai elemen-elemen yang memberikan pengaruh ke iklim tropis lembab.

2.2.1 Iklim Tropis Lembab

Menurut KBBI (2002) definisi tropis merupakan daerah yang memiliki iklim panas. Pengertian lain mengenai iklim tropis lembab menurut Lippsmeier (1994) yaitu tropis berasal dari kata "*Tropikos*" yang memiliki arti garis balik yang merupakan lintang 23°27' utara dan selatan. Tropis juga dapat diartikan sebagai daerah yang berlokasi diantara garis isotherm 20 °C di bumi bagian utara dan selatan. Iklim tropis lembab merupakan suatu kondisi pada suatu daerah tropika basah yang berlokasi di antara 15° garis LU dan 15° garis LS. Daerah iklim tropis lembab ditandai dengan kelembaban udara yang relatif tinggi, berkisar antara 75-90% curah hujan yang tinggi serta temperatur udara yang rata-rata tahunan berkisar 23 °C di sebelah bumi utara dan selatan.

Dari beberapa sumber yang telah disebutkan, pengertian iklim tropis lembab pada dasarnya memiliki beberapa batasan yang dilihat segi geografis, berada disepanjang garis khatulistiwa. Menurut Lippsmeier (1997) hal ini dikarenakan letaknya berada di sepanjang garis khatulistiwa, sehingga temperatur paling rendahnya yaitu 20 °C, langitnya cerah namun menyilaukan, terdapat banyak bukaan pada rumah tinggal untuk sirkulasi udara, teras luas, serta plafon yang tinggi merupakan ciri khas bangunan yang daerahnya terletak di garis khatulistiwa.

2.2.2 Karakteristik Iklim Tropis Lembab

Iklim tropis lembab memiliki karakteristik iklim tersendiri dan berpengaruh pada masalah umum mengenai bangunan yang dihadapi (Lippsmeier, 1994). Berikut merupakan karakteristik atau ciri-ciri iklim tropis lembab:

1. Gambaran lansekap berada di dataran rendah dan merupakan daerah hutan hujan.
2. Permukaan tanah: lansekap hijau. Jenis tanah biasanya merah atau coklat.
3. Vegetasinya lebat, sangat beragam, jumlahnya banyak dan tumbuh sepanjang tahun.
4. Perbedaan antar kedua musim kecil. Bulan terpanas memiliki panas yang bersifat lembab hingga panas, sedangkan bulan terdingin memiliki panas yang bersifat sedang dan lembab hingga basah.
5. Kondisi langitnya berawan dan berkabut sepanjang tahun.
6. Presipitasi: curah hujan tahunan 500 – 1250 mm. Selama musim kering, intensitas hujan sedikit hingga tidak ada. Selama musim hujan, intensitas hujan tinggi namun tetap berbeda-beda setiap daerah.
7. Kelembaban: kelembaban absolut (tekanan uap) cukup tinggi hingga 15 mm selama musim kering dan mencapai 20 mm pada musim hujan. Kelembaban relatif berkisar 20% – 85% yang bergantung dengan musim.
8. Gerakan udara: angin kuat dan konstan. Di daerah hutan rimba lebih lambat, bertambah cepat bila turun hujan. Biasanya terdapat satu atau dua arah angin utama.

2.3 Tinjauan Kenyamanan Termal

Tinjauan kenyamanan termal pada penelitian ini adalah untuk pemahaman mengenai kenyamanan termal yang sesuai dengan standar, sehingga ketika bangunan tersebut mengalami perubahan fisik tidak akan mempengaruhi kenyamanan termal pada ruang-ruang di dalamnya.

2.3.1 Definisi Kenyamanan Termal

Menurut ASHRAE (1992), kenyamanan termal (*thermal comfort*) adalah keadaan kondisi pikiran manusia yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan sekitarnya. Tubuh manusia dapat merasakan kenyamanan termal ini apabila adanya keseimbangan termal di mana panas yang dihasilkan tubuh setara dengan pelepasan dan perolehan panas

pada tubuh. Pada survey mengenai kenyamanan termal preferensi atau kondisi masing-masing individu dijadikan tolak ukur, namun terdapat perbedaan reaksi terhadap kenyamanan termal dan sensasi termal yang dirasakan. Sensasi termal merupakan pengaruh fenomena psikologi sedangkan kenyamanan termal lebih bersifat subjektif dan sukar dijelaskan, namun keduanya berasal dari permasalahan adaptasi terhadap lingkungan masing-masing (Oseland, 1993). Terdapat definisi lain mengenai kenyamanan termal yang sejenis yaitu kenyamanan termal merupakan kondisi pikiran manusia yang menunjukkan kepuasan dengan lingkungan termal (Nugroho, 2011). Selain itu menurut Karyono (2001), kenyamanan yang terkait dengan bangunan dapat didefinisikan sebagai suatu kondisi yang dapat memberikan perasaan nyaman dan menyenangkan bagi penghuninya. Kenyamanan termal merupakan keadaan alam yang dapat mempengaruhi kondisi manusia dan kondisi ini dapat dikendalikan oleh arsitektur (Synder, 1989). Berdasarkan beberapa pendapat mengenai kenyamanan termal tersebut, dapat disimpulkan bahwa kenyamanan termal merupakan kondisi manusia yang terdapat perasaan puas dan menyenangkan terhadap lingkungan termal di sekitarnya.

2.3.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal menurut Fanger (1982) berkaitan dengan tingkat metabolisme manusia yang dipengaruhi kegiatan, temperatur udara, kelembaban, intensitas cahaya, arah datang cahaya, kecepatan angin, dan insulasi pakaian. Sedangkan menurut Humphreys dan Nicol (2002), terdapat dua kelompok variabel yang dapat memberikan pengaruh untuk kenyamanan termal, yaitu variabel fisiologis atau pribadi manusia itu sendiri yang meliputi metabolisme tubuh, pakaian yang dikenakan, dan aktivitas yang dilakukan, dan yang kedua adalah variabel iklim yang meliputi temperatur udara, kecepatan angin, kelembaban, dan radiasi.

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kenyamanan termal menurut Auliciems dan Szokolay (2007), yaitu temperatur udara, kelembaban udara, temperatur radiant, kecepatan udara, insulasi pakaian, dan aktivitas manusia. Berikut penjelasan masing-masing faktor tersebut:

1. Temperatur udara

Temperatur udara adalah salah satu faktor yang dominan dalam menentukan kenyamanan termal. Satuan temperatur yang umum digunakan adalah Celcius, Fahrenheit, Reamur, dan Kelvin. Apabila temperatur tubuh manusia mencapai sekitar 37% maka kondisi tubuh manusia tersebut masuk dalam kategori

nyaman. Namun temperatur udara mempunyai perbedaan pada setiap daerah dikarenakan adanya faktor-faktor, seperti ketinggian suatu daerah, arah datang sinar matahari, aliran angin, arus laut, kondisi awan, dan kurun waktu penyinaran. Menurut Latifah (2015), semakin panas udara maka tubuh manusia akan memperoleh panas. Apabila keseimbangan termal tubuh terganggu maka tubuh akan merasakan ketidaknyamanan termal.

2. Temperatur radiant

Temperatur radiant merupakan panas yang berasal dari radiasi objek yang mengeluarkan panas, salah satu temperatur radiant yaitu radiasi matahari. Terdapat beberapa faktor perolehan radiasi panas matahari yang berpengaruh pada peningkatan temperatur udara yaitu jenis material permukaan, sudut jatuh sinar matahari, lokasi di bumi terkait pola lintasan matahari (*sunpath*), dan orientasi bangunan dan bukaan (Latifah, 2015).

3. Kelembaban udara

Nilai kelembaban udara merupakan tolak ukur kandungan uap air yang berada di udara, sedangkan kelembaban relatif adalah rasio antara jumlah uap air di udara dengan jumlah maksimum uap air dapat ditampung di udara pada temperatur tertentu. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kelembaban udara yaitu radiasi matahari, tekanan udara, ketinggian tempat, angin, kerapatan udara, serta suhu. Menurut Latifah (2015), semakin lembab udara maka uapan keringat akan semakin sukar sehingga pelepasan panas dari tubuh akan terhambat juga.

4. Kecepatan udara

Kecepatan udara merupakan kecepatan aliran udara yang bergerak secara mendatar atau horizontal pada ketinggian dua di atas tanah. Pergerakan udara terjadi bermula dari zona yang mempunyai suhu lebih dingin atau tekanan lebih tinggi menuju zona yang mempunyai suhu lebih panas atau tekanan lebih rendah (Latifah, 2015). Adapun faktor faktor yang mempengaruhi kecepatan angin, antara lain berupa gradien barometris, lokasi, tinggi lokasi, dan waktu (Resmi, 2010).

5. Insulasi pakaian

Jenis dan bahan pakaian yang dikenakan juga dapat mempengaruhi kenyamanan termal. Salah satu cara manusia untuk dapat beradaptasi dengan keadaan termal di lingkungan sekitarnya adalah dengan cara berpakaian. Misalnya, mengenakan

pakaian tipis di musim panas dan pakaian tebal di musim dingin. Pakaian juga dapat mengurangi pelepasan panas tubuh. Penghuni ruang dapat beradaptasi terhadap kondisi termal dengan menyesuaikan jenis pakaian dengan kondisi iklim yang ada, menurut penelitian Henry dan Nyuk (2004).

6. Aktivitas yang dilakukan manusia akan meningkatkan metabolisme tubuhnya. Semakin tinggi intensitas aktivitas yang dilakukan, maka semakin besar pula peningkatan metabolisme yang terjadi di dalam tubuh, sehingga makin besar energy dan panas yang dikeluarkan.

2.3.3 Standar Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal pada bangunan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya yaitu temperatur udara, kelembaban udara, temperatur radiant, kecepatan udara, insulasi pakaian, dan aktivitas manusia menurut Auliciems dan Szokolay (2007). Selain faktor kenyamanan termal terdapat juga standar kenyamanan termal pada setiap daerah. Menurut Lippsmeier (1994) terdapat batas suhu udara nyaman yang berbeda di tiap negara yang diteliti. Berikut adalah suhu udara di berbagai negara yang diteliti.

Tabel 2.2 Batas Kenyamanan Beberapa Daerah di Dunia

No	Tempat	Batas Kenyamanan
1	Amerika Serikat (30°LU)	20,5°C – 24,5°C
2	Calcutta (22°LU)	20°C – 24,5°C
3	Singapura	25°C – 27°C
4	Jakarta	20°C – 26°C

Sumber: Lippsmeier, 1994

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Lippseimer, batas-batas kenyamanan manusia untuk daerah khatulistiwa adalah 19 °C – 26 °C. Daya tahan dan kemampuan kerja manusia sudah mulai berkurang pada temperatur 26 °C – 30 °C. Produktifitas kerja manusia akan meningkat pada suhu yang nyaman (Idealistina, 1991). Sedangkan Badan Standardisasi Nasional (2001) membagi suhu nyaman untuk penduduk Indonesia atas tiga bagian berikut:

Tabel 2.3 Temperatur Nyaman Menurut SNI 03-6572-2001

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

Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 2001

Terdapat beberapa macam cara untuk mendukung pengendalian termal pada bangunan menurut Basaria Talarosha (2004), antara lain orientasi bangunan (memanjang pada sisi barat-timur, bukaan utara – selatan) sehingga sisi terpanjang bangunan tidak terkena cahaya secara langsung, memasang pelindung matahari (*shading device*), ataupun menggunakan vegetasi sebagai pelindung dari cahaya matahari. Cara lain yang dapat digunakan yaitu dengan menggunakan ventilasi atau bukaan udara pada bangunan untuk memasukkan aliran udara ke dalam bangunan. Aliran udara ini bergantung dengan kecepatan angin lingkungan sekitar bangunan. Namun banyak juga pendapat yang menyatakan bahwa aliran udara yang dapat masuk ke dalam bangunan tidak hanya bergantung pada kecepatan angin saja, namun juga pada elemen-elemen arsitektur seperti bukaan pada bangunan. Jenis, ukuran, dan posisi lubang jendela pada sisi atas dan bawah bangunan dapat meningkatkan efek ventilasi silang di dalam ruang sehingga penggantian udara panas di dalam ruang dan peningkatan kelembaban udara dapat dihindari (Setiawan, 2002; Lechner, 2007).

2.4 Selubung Bangunan

Sebuah bangunan memiliki beberapa elemen pembentuk bangunan, salah satunya yaitu selubung bangunan. Selubung bangunan berperan penting sebagai pelindung bangunan, baik itu pelindung dari matahari ataupun pelindung hujan. Elemen yang masuk ke dalam selubung bangunan diantaranya yaitu dinding, jendela, ventilasi, dinding, atap, dan lain-lainnya. Selubung bangunan ini juga cukup penting berperan dalam mempengaruhi temperatur ruang di dalam bangunan. Material yang dipakai pada tiap elemen pun juga dapat mempengaruhi temperatur. Pada bukaan yang paling mempengaruhi temperatur ruang yaitu orientasi, tata letak bukaan, dan ukuran bukaan. *International Finance Corporation* (2011) tentang bangunan gedung hijau menyebutkan bahwa selubung bangunan merupakan elemen

bangunan yang menyelubungi bangunan gedung, yaitu dinding dan atap transparan atau yang tidak transparan dimana sebagian besar energi termal berpindah melalui elemen tersebut. Karena perpindahan energi termal yang besar pada selubung bangunan, mempengaruhi kondisi temperatur udara dalam ruang sehingga perlunya analisis khusus dalam konsep selubung bangunan.

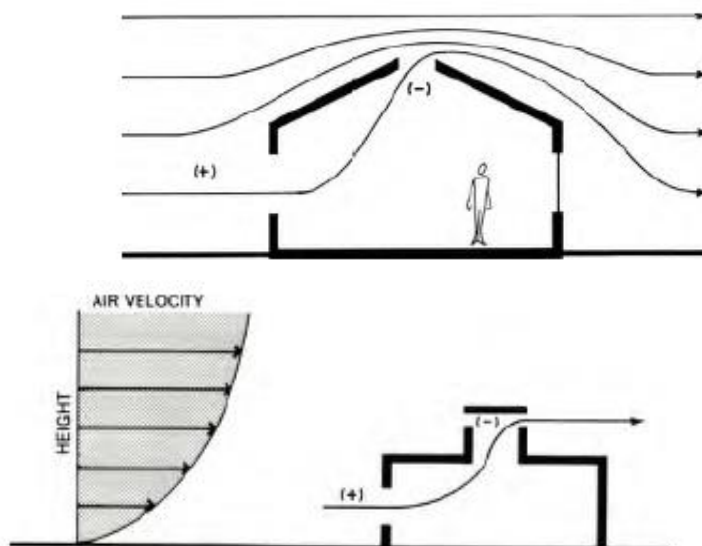
2.5 Desain Pengendalian Termal Pada Daerah Tropis Lembab

Pengendalian termal bangunan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara pasif dan aktif. Rancangan pasif pada bangunan dapat berupa pencahayaan alami dan penghawaan alami. Karena penelitian ini memfokuskan pada pengendalian termal bangunan maka strategi desain yang dipakai yaitu lebih cenderung ke penghawaan alami. Rancangan pasif ini lebih mengandalkan kemampuan arsitek untuk membuat rancangan bangunan dengan sendirinya mampu mengantisipasi permasalahan iklim luar. Perancangan pasif di wilayah tropis lembab seperti Indonesia umumnya dilakukan untuk mengupayakan bagaimana pemanasan bangunan karena temperatur udara yang tinggi dapat dicegah. Strategi perancangan bangunan secara pasif di Indonesia bisa dijumpai terutama pada bangunan lama karya Silaban: Masjid Istiqlal dan Bank Indonesia; karya Sujudi: Kedutaan Prancis di Jakarta dan Gedung Departemen Pendidikan Nasional Pusat; serta sebagian besar bangunan kolonial karya arsitek-arsitek Belanda. Meskipun demikian, beberapa bangunan modern di Jakarta juga tampak diselesaikan dengan konsep perancangan pasif, seperti halnya Gedung S Widjojo dan Wisma Dharmala Sakti, keduanya terletak di Jalan Jenderal Sudirman, Jakarta. Penurunan temperatur udara dalam ruang dapat dicapai salah satunya dengan mengkonsepkan selubung bangunan. Selubung bangunan sendiri terdiri utamanya terdiri dari bukaan, *shading device*, atap, dinding, dan material, namun pada penelitian ini difokuskan pada bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap

Desain pasif pada bangunan terdapat beberapa macam dengan menggunakan aliran udara dari luar ke dalam gedung. Berikut ini merupakan beberapa strategi desain pasif yang berpengaruh dalam penurunan temperatur udara pada bangunan:

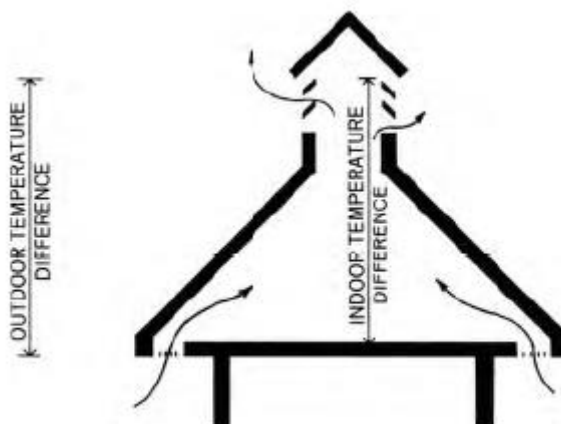
1. Stack Effect

Stack effect merupakan salah satu sistem penghawaan alami yang cocok digunakan di daerah iklim tropis. Sistem ini dilakukan dengan membuat bukaan di bagian atap, karena pada bagian atap udara bertekanan negatif sehingga udara di dalam ruang yang panas akan mengalir ke bagian atas. (Lechner, 2007).



Gambar 2.1 Aliran udara dengan *stack effect* dalam bangunan
Sumber: Lechner, 2007

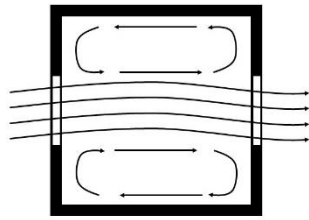
Stack effect dengan cerobong atau biasa disebut sistem solar chimney dapat diaplikasikan pada gedung olahraga. Pengaplikasian solar chimney dengan *evaporative cooling tower* pada gedung olahraga merupakan energy yang baik dan dapat dipastikan kenyamanan termal akan tercapai. Aliran udara dalam bangunan berbanding lurus dengan ketinggian solar chimney. Semakin tinggi *tower* maka kecepatan aliran udara akan semakin tinggi (Silva, 2005).



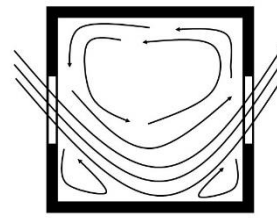
Gambar 2.2 Stack effect mengeluarkan udara panas apabila temperatur *indoor* lebih baik dibandingkan temperature *outdoor*
Sumber: Lechner, 2007

2. Bukaan Pada Dinding Untuk Peningkatan Aliran Udara

Saat orientasi jendela antar *inlet* (lubang masuk) dan *outlet* (lubang keluar) saling berhadapan dan arah datang angin tegak lurus terhadap jendela maka hal ini akan memberikan pengaruh aliran udara yang signifikan dalam ruang. Saat arah datang angin memiliki sudut miring terhadap bidang *inlet*, maka akan terjadi pergolakan berupa gerakan udara memutar dalam ruang hal ini akan meningkatkan aliran udara di sepanjang sisi dan sudut ruang (Boutet, 1987).

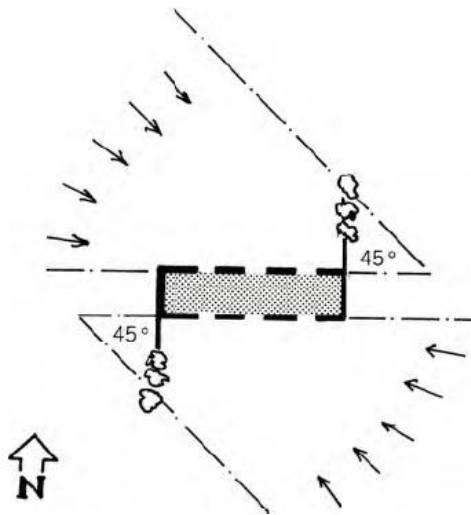


Gambar 2.3 Arah angin tegak lurus dengan bukaan (inlet)
Sumber: Boutet, 1987



Gambar 2.4 Arah angin miring 45 dengan bukaan (inlet)
Sumber: Boutet, 1987

Penataan dinding dan vegetasi juga dapat membantu untuk mendapatkan aliran udara sesuai yang dibutuhkan dalam pengendalian termal bangunan khususnya penurunan temperatur ruang.

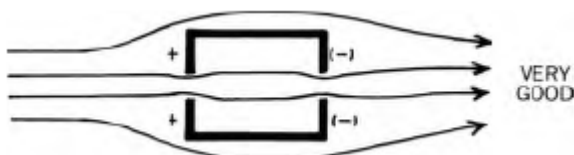


Gambar 2.5 Dinding dan vegetasi dapat digunakan untuk mengubah arah angin
Sumber: Lechner, 2007

3. Penempatan Bukaannya Untuk Menggerakkan Udara

Perletakan *inlet* dan *outlet* merupakan salah satu cara untuk mengoptimalkan udara di luar bangunan masuk ke dalam bangunan. Dalam proses pergerakan

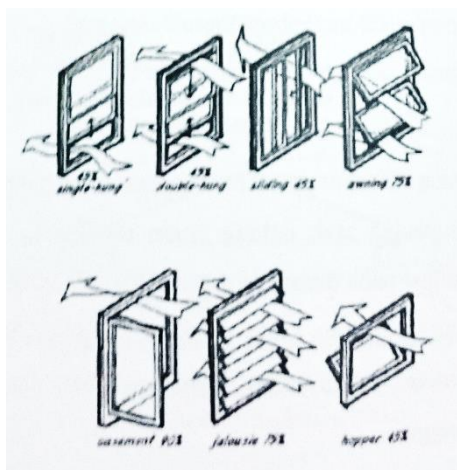
udara, yang paling berpengaruh adalah inlet dan *shading device* yang merupakan tempat dari udara masuk ke dalam bangunan, untuk *outlet* pengaruhnya lebih sedikit. Untuk memaksimalkan penggunaan ventilasi yaitu dengan menempatkan inlet pada sisi atas dan dengan luas outlet yang sama atau lebih besar dan sejajar untuk menciptakan ventilasi silang agar aliran udara dapat mengalir masuk ke bangunan.



Gambar 2.6 Ventilasi silang yang ideal
Sumber: Lechner, 2007

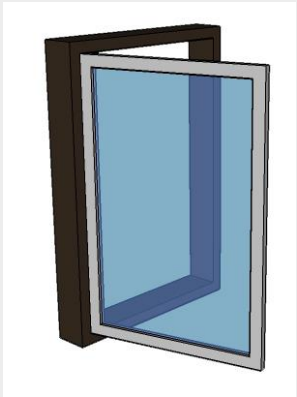
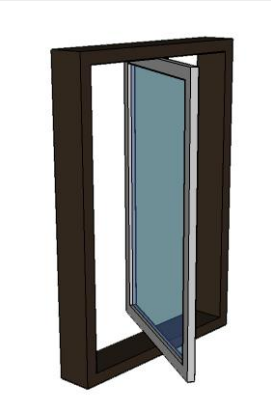

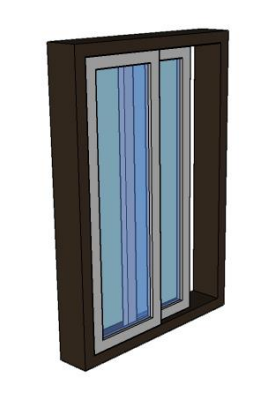

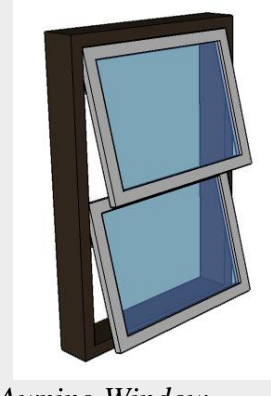


4. Bukaan Ventilasi

Pada daerah iklim tropis lembab, pada umumnya bangunan didesain dengan sistem penghawaan alami dengan memaksimalkan aliran udara. Selain sistem ventilasi silang, tipe bukaan jendela juga dapat mempengaruhi arah aliran udara yang datang sehingga sirkulasi udara dapat berjalan dengan lancar. Berikut adalah jenis arah bukaan jendela yang dapat digunakan untuk pertimbangan pemilihan jenis bukaan ventilasi pada bangunan.



Gambar 2.7 Tipe arah bukaan ventilasi
Sumber: Mediastika, 2005

Tabel 2.4 Jenis Bukaannya Jendela

Jenis Jendela	Keterangan	Jenis Jendela	Keterangan
 <p data-bbox="204 640 469 674"><i>Casement Side-hung</i></p>	<p data-bbox="549 232 788 517">Jenis jendela dengan engsel di samping, dapat dibuka 100% sehingga aliran angin dapat masuk secara maksimal.</p>	 <p data-bbox="820 640 1027 674"><i>Horizontal Pivot</i></p>	<p data-bbox="1118 232 1347 663">Jenis jendela dengan engsel di tengah dan daun jendela dibuka secara horizontal ke arah luar sehingga aliran udara dapat masuk secara optimal dari sisi di antara daun jendela.</p>
 <p data-bbox="204 1099 469 1133"><i>Casement Top-hung</i></p>	<p data-bbox="549 692 788 976">Jenis bukaan dengan engsel pada bagian atas. Dapat dibuka ke arah luar. Bukaan dapat diatur sesuai kebutuhan pengguna.</p>	 <p data-bbox="820 1099 1027 1133"><i>Sliding Window</i></p>	<p data-bbox="1118 692 1347 1055">Jenis bukaan yang dibuka dengan digeser secara horizontal. Terdiri dari dua daun jendela. Satu dari dua daun jendela merupakan jendela mati.</p>
 <p data-bbox="204 1547 469 1581"><i>Casement Bottom-hung</i></p>	<p data-bbox="549 1140 788 1503">Jenis bukaan dengan engsel pada bagian bawah. Membukanya dengan ke arah luar. Bukaan dapat diatur sesuai kebutuhan pengguna.</p>	 <p data-bbox="820 1547 1027 1581"><i>Awning Window</i></p>	<p data-bbox="1118 1140 1347 1424">Jenis bukaan dengan dua daun jendela dan dibuka ke arah luar. Bukaan jendela dapat diatur sesuai kebutuhan.</p>
 <p data-bbox="204 1995 389 2029"><i>Vertical Pivot</i></p>	<p data-bbox="549 1588 788 1973">Jenis jendela dengan engsel di tengah dan daun jendela dibuka secara vertikal ke arah luar sehingga aliran udara dapat masuk secara optimal dari sisi atas maupun sisi bawah.</p>	 <p data-bbox="820 1995 1091 2029"><i>Single Hung Window</i></p>	<p data-bbox="1118 1588 1347 1939">Jenis bukaan yang dibuka dengan digeser secara vertikal. Terdiri dari dua daun jendela. Satu dari dua daun jendela merupakan jendela mati.</p>

Pemilihan jendela yang tepat untuk sebuah bangunan diperlukan agar fungsinya dapat bekerja dengan efektif dan efisien. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan jendela untuk bangunan adalah sebagai berikut (Amin, 2010).

- a. Ukuran dan dimensi yang dapat menunjang fungsi dan kebutuhan ruang.
- b. Kuat dan kokoh untuk dipergunakan.
- c. Penggunaan material yang selaras dengan ruang.
- d. Sesuai dengan tampilan gaya atau bangunan.
- e. Indah dipandang.
- f. Aman dan nyaman dipergunakan sesuai fungsi pada setiap ruang yang akan dinaungi

Pada bukaan ventilasi, panas matahari dapat masuk ke dalam bangunan melalui proses konduksi dan radiasi matahari yang ditransmisikan melalui kaca. Radiasi matahari yang memancar mengandung sinar ultra violet (6%), cahaya tampak (48%) dan sinar infra merah yang membawa panas. Besar radiasi matahari yang ditransmisikan dipengaruhi salah satunya oleh jenis kaca yang digunakan. Terdapat 3 jenis kaca yang dibagi berdasarkan besaran *shading coefficient* yang semakin besar angka koefisien serapan kalor maka semakin besar panas yang diserap seperti pada tabel 2.6 (Egan, 1972).

Tabel 2.5 *Shading coefficient* untuk berbagai jenis material kaca

No	Penggunaan Kaca			<i>Shading Coefficient</i>
	Jenis Kaca	Warna	Tebal	
1	Kaca Bening	-	¼ inci	0,95
		-	3/8 inci	0,90
2	<i>Heat Absorbing Glass</i>	Abu – abu, bronze,	3/16 inci	0,75
		atau <i>green tinted</i>	½ inci	0,50
3	<i>Revlective glass</i>	<i>Dark gray metallized</i>	-	0,35 s/d 0,20
		<i>Light gray metallized</i>	-	0,60 s/d 0,35

Sumber: Egan, 1972

Pada studi penelitian Nurwidyaningrum (2015), disebutkan bahwa penggantian material kaca pada *skylight* bangunan dengan jenis kaca *double glass low-e* dapat menurunkan temperatur hingga 4 °C dengan menggunakan simulasi *Ecotect*

Analysis 2011. Perbandingan material yang dianalisis yaitu *single glass* dan *double glass low-e*. Berikut perbandingan simulasi material kaca pada studi penelitian Nurwidyaningrum (2015) dan perbandingan *U-Value* tiap jenis kaca.

Tabel 2.6 *U-value* dan penurunan temperatur material kaca

No	Material	U Value (W/m ² K)	Penurunan Temperatur
1	<i>Single glass</i>	6	2,08 °C
2	<i>Double glass low-e</i>	2,41	4,55 °C

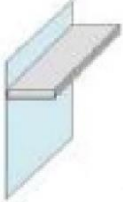
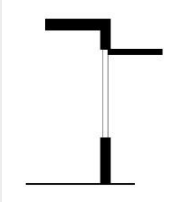

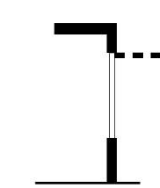

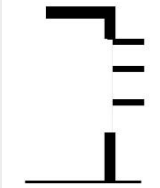






Sumber: Nurwidyaningrum, 2015

Pada studi penelitian Kurniansyah (2016), jenis kaca *double glass low-e* digunakan pada *double skin façade* bangunan untuk memasukkan cahaya matahari dan menangkal radiasi panas. Jenis kaca ini dipilih karena jenis kacanya yang lebih unggul apabila dibandingkan dengan jenis kaca yang lain. Pada penelitian ini pemilihan material dengan jenis kaca *double glass low-e* berperan penting untuk penurunan konsumsi energi bangunan dengan sistem *double glass low-e* yang dapat merefleksifkan panas matahari yang diserap oleh *low-e* dan dikeluarkan lagi dari bangunan. Pada jenis kaca *double glass low-e* memiliki nilai *U-Value* yang kecil dimana semakin kecil nilai *U-Value* tersebut maka akan semakin besar tingkat penangkalan dan penurunan temperatur udara di dalam bangunan.

5. *Shading Device* (Pembayangan Matahari)

Shading device / pembayang matahari merupakan salah satu elemen yang tidak dapat terpisahkan pada bangunan (Handayani, 2010), khususnya berkaitan dengan temperatur udara. *Shading device* / pembayang matahari dibutuhkan untuk mereduksi panas dan silau yang masuk ke dalam bangunan melalui bukaan di selubung bangunan. Silau matahari membawa panas yang memungkinkan temperatur ruang pada bangunan menjadi tinggi. Untuk menentukan lebar *shading device* dibutuhkan SBV (Sudut Bayang Vertikal) pada bangunan. Lebar dari *shading device* harus melebihi sudut jatuhnya matahari pada bangunan (Szokolay, 2004). Berikut merupakan beberapa jenis *shading device* yang dapat digunakan untuk pertimbangan pemilihan jenis *shading device* pada bangunan.

Tabel 2.7 Jenis *Shading Device*

Jenis <i>Shading Device</i>	Section View	Ideal Orientation	View Restriction
 <p><i>Horizontal Single Blade</i></p>	 <p>Tampak potongan</p>	Selatan	◆ ◆ ◆ ◆
 <p><i>Outrigger System</i></p>	 <p>Tampak potongan</p>	Selatan	◆ ◆ ◆ ◆
 <p><i>Horizontal Multiple Blades</i></p>	 <p>Tampak potongan</p>	Selatan	◆ ◆ ◆
 <p><i>Vertical Fin</i></p>	 <p>Tampak atas</p>	Barat / Timur	◆ ◆
 <p><i>Slanted Vertical Fin</i></p>	 <p>Tampak atas</p>	Barat / Timur	◆ ◆
 <p><i>Eggcrate</i></p>	 <p>Tampak atas</p>	Barat / Timur	◆

Sumber: Lechner, 2009

2.6 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Tabel 2.8 Tinjauan Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian, (Peneliti, Tahun)	Variabel yang diteliti		Metode Penelitian	Hasil	Keterkaitan Dengan Penelitian
		Variabel Bebas	Variabel Terikat			
1	Kenyamanan Termal Pada Bangunan Bentang Lebar (Syahrozi, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> - Orientasi bangunan - Ventilasi silang - Jenis atap - Dinding dan volume ruang - Vegetasi 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatur ruang - Pergerakan udara - Kelembaban 	Deskriptif	<ul style="list-style-type: none"> - Menambahkan bukaan atap pada bangunan untuk melepaskan udara panas dan penggunaan kipas <i>cydone</i> tenaga angin untuk mempercepat pergantian udara panas. - Membuat plafon untuk ruang udara pada atap. - Menggunakan <i>blower</i> untuk menyedot udara panas yang terjebak di dalam bangunan. - Bouven jendela kaca diubah menjadi jendela kaca mati tanpa panil yang lebih lebar untuk tetap dapat memasukkan cahaya langit masuk ke dalam ruangan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Penambahan bukaan atap pada atap GOR Otista. - Penggunaan bukaan ventilasi tetap menggunakan kaca untuk memasukkan cahaya langit ke dalam bangunan.
2	Kajian Pengaruh Penerapan Arsitektur Tropis Terhadap Kenyamanan Termal Pada Bangunan Publik Menggunakan Software <i>Ecotect</i> (Diana Susilowati dan Feri Wahyudi, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> - Orientasi bangunan - Material bangunan - Pemakaian konsumsi energi 	<ul style="list-style-type: none"> - Kenyamanan thermal 	Kualitatif dan kuantitatif	<ul style="list-style-type: none"> - Bangunan dikelilingi daerah penghijauan sehingga dapat mengurangi/mereduksi panas secara alami. - Penggunaan batu andesit pada dinding yang sifatnya dingin untuk mendinginkan bangunan. - Menggunakan software <i>Ecotect</i> untuk mendapatkan temperatur udara pada kondisi eksisting. 	<ul style="list-style-type: none"> - Penggunaan software <i>Ecotect Analysis 2011</i> untuk simulasi temperatur udara pada bangunan eksisting dan rekomendasi rekayasa desain selubung

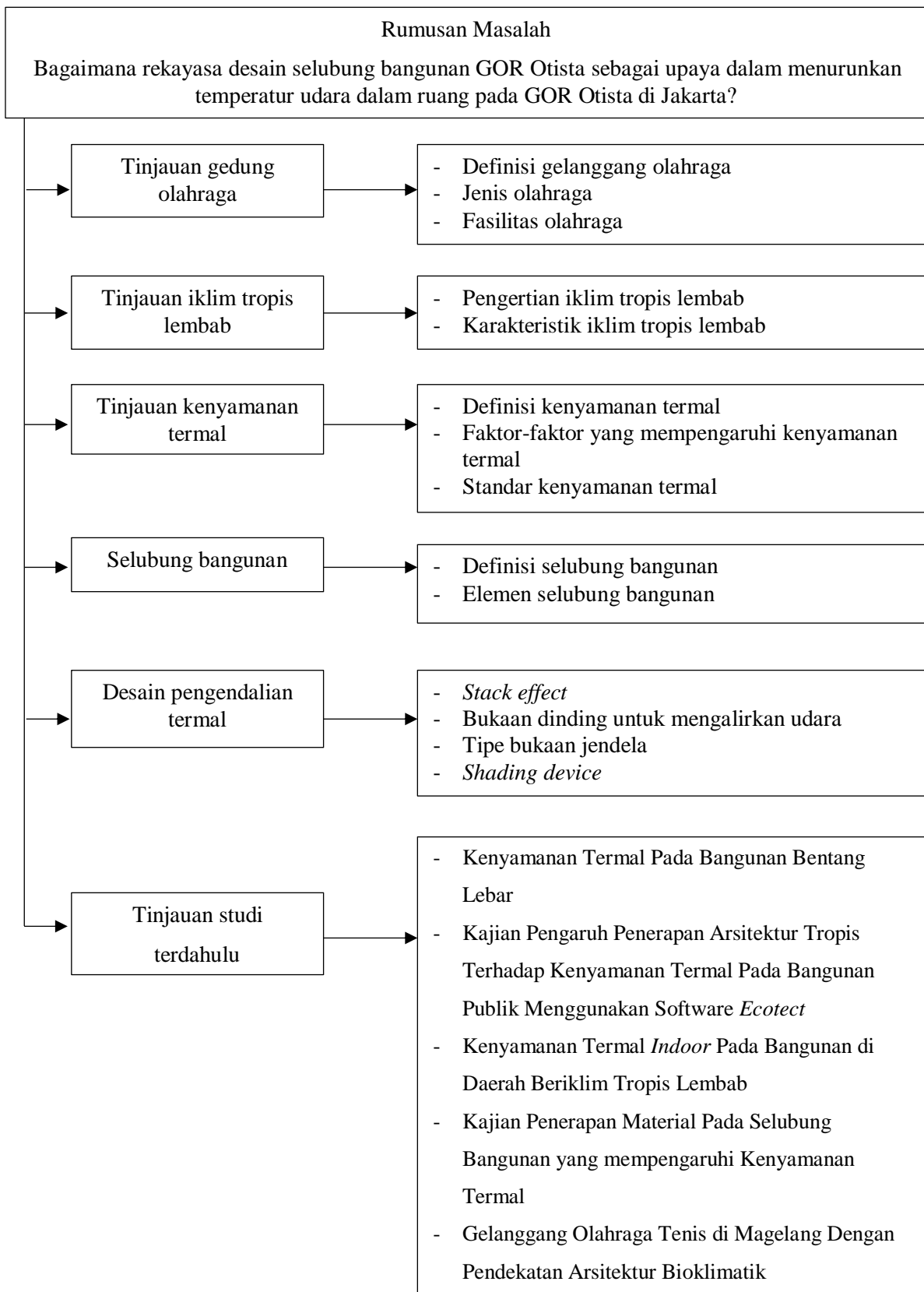
No	Judul Penelitian, (Peneliti, Tahun)	Variabel yang diteliti		Metode Penelitian	Hasil	Keterkaitan Dengan Penelitian
		Variabel Bebas	Variabel Terikat			
					- Dari <i>software ecotect</i> dapat terlihat pemakaian energi listrik sangat tinggi pada bangunan.	
3	Kenyamanan Termal <i>Indoor</i> Pada Bangunan di Daerah Beriklim Tropis Lembab (Eddy Imam Santoso, 2012)	- Alat yang digunakan - Sistem penghawaan terkait kenyamanan termal <i>indoor</i> - Lokasi penelitian	- Penelitian yang terkait dengan kenyamanan termal ruang dalam (2001)	Deskriptif	- Bangunan di daerah iklim tropis lembab mengalami kesulitan untuk memenuhi standar yang diisyaratkan sesuai zona kenyamanan ASHRAE - Untuk mencapai kenyamanan termal, perlu dilakukan kontrol atau tindakan adaptif dari penghuni diantaranya dengan mengatur sistem ventilasi, mengatur sirkulasi udara secara mekanik, memberikan tirai pada bagian bangunan yang langsung terkena radiasi matahari dan membuat desain perangkat <i>shading device</i> untuk meminimalkan panas radiasi. - Suhu udara di luar zona kenyamanan dapat diterima oleh penghuni di daerah tropis lembab dan hal ini menunjukkan bahwa standar ASHRAE 55 tidak mutlak berlaku di daerah beriklim tropis lembab, sehingga perlu diusulkan standar khusus untuk daerah iklim beriklim tropis lembab.	- Menggunakan SNI 03-6572-2001 sebagai tolak ukur temperatur udara dalam bangunan pada GOR Otista yang berlokasi di Jakarta. - Perumusan tipe ventilasi pada bangunan. - Penggunaan <i>shading device</i> pada rekomendasi rekayasa desain selubung.
4	Kajian Penerapan Material pada Selubung Bangunan yang Mempengaruhi	- Suhu udara - Kelembaban udara - Kecepatan angin	- Penerapan material selubung bangunan	Kualitatif dan kuantitatif	- Setiap variabel bebas dianalisis terkait dengan kenyamanan termal pada bangunan. - Analisis dilakukan secara kualitatif dan dibagi menjadi beberapa macam faktor	- Variabel bebas yang dipilih hanya yang terkait dengan elemen selubung bangunan yang berpengaruh untuk menurunkan temperatur bangunan.

No	Judul Penelitian, (Peneliti, Tahun)	Variabel yang diteliti		Metode Penelitian	Hasil	Keterkaitan Dengan Penelitian
		Variabel Bebas	Variabel Terikat			
	Kenyamanan Termal dan Visual (Naga Artha Prakoso, Alexius Kapitan Lamahala, dan Gea Sentanu, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> - Sistem pengkondisian udara - Material selubung bangunan - Jenis warna selubung bangunan - Bukaannya jendela - Sistem pencahayaan 			<ul style="list-style-type: none"> - Faktor eksternal terdiri dari analisis suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin. Hasil analisis menunjukkan faktor eksternal adalah cukup baik dalam mendukung terwujudnya kenyamanan termal - Faktor internal terdiri dari sistem pengkondisian udara. Hasil analisis menunjukkan faktor internal pada ruang dalam perpustakaan adalah baik dalam mendukung terwujudnya kenyamanan termal. - Penerapan elemen transparan pada selubung bangunan juga dianalisis yaitu sistem pencahayaan bangunan. Sistem pencahayaan bangunan ikut dihitung baik pencahayaan alami dan buatan. - Dari analisis yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa bangunan Perpustakaan Pusat UI sudah baik karena memenuhi sebagian besar kriteria yang dikeluarkan oleh Greenship. 	<ul style="list-style-type: none"> - Analisis visual bangunan dilakukan secara kualitatif dengan mendeskripsikan kondisi bukaan ventilasi, <i>shading device</i>, dan bukaan atap pada kondisi eksisting.
5	Gelanggang Olahraga Tennis di Magelang Dengan Pendekatan Arsitektur Bioklimatik (Nadyaviani Selo Abi, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> - Bukaannya ventilasi - Material bangunan - Warna pada ruang - Orientasi bangunan - <i>Shading device</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Pencahayaan bangunan - Suhu dan kenyamanan termal 	Kualitatif	<ul style="list-style-type: none"> - Pendekatan bangunan menggunakan pendekatan arsitektur bioklimatik untuk menanggapi iklim secara pasif dengan bukaan ventilasi, material, warna bangunan, orientasi, <i>shading device</i>, dan vegetasi. - Perwujudan bangunan memperhatikan penghawaan serta pencahayaan yang 	<ul style="list-style-type: none"> - Membuat bukaan atas pada GOR Otista untuk sirkulasi udara. - Orientasi bukaan pada sisi utara dan selatan agar tidak silau dan tidak terpapar sinar matahari secara langsung untuk menghindari panas

No	Judul Penelitian, (Peneliti, Tahun)	Variabel yang diteliti		Metode Penelitian	Hasil	Keterkaitan Dengan Penelitian
		Variabel Bebas	Variabel Terikat			
		- Vegetasi			<ul style="list-style-type: none"> optimal dengan pendukung vegetasi dan material bangunan - Membuat bukaan atas yang lebar pada stadion tesni untuk sirkulasi udara dan memasukkan cahaya dan terdapat kisi-kisi di bawah untuk mengalirkan udara di bagian bawah tribun - Selain kisi-kisi untuk memasukkan cahaya, stadion tenis ini juga memiliki <i>skylight</i> pada atap bangunan. - Orientasi bangunan menghadap ke utara agar pandangan mata tidak silau - Vegetasi diletakkan di samping lapangan untuk menetralkan angin dan meredap cahaya langsung matahari 	<ul style="list-style-type: none"> matahari masuk ke bangunan. - Penggunaan <i>shading device</i> pada bukaan untuk mencegah panas matahari.

Tinjauan penelitian terdahulu yang disebutkan di atas, memiliki keterkaitan dikarenakan fokus dan variabel penelitian yang sejenis. Pada penelitian Syahrozi (2013), mengenai kenyamanan termal pada bangunan bentang lebar menjabarkan hasil dari penelitiannya untuk menambahkan bukaan atap pada bangunan untuk melepaskan udara panas pada bangunan, sedangkan pada penelitian Abi (2012) juga menjabarkan penelitiannya yang membuat bukaan atas pada bangunan untuk sirkulasi udara pada bangunan. Kedua penilitan ini juga tetap menggunakan bukaan (Syahrozi, 2013) dan *skylight* (Abi, 2012) untuk memasukkan cahaya matahari ke dalam bangunan. Pada penelitian Abi (2012) terkait juga dengan penelitian Susilowati (2014) dan Prakoso (2014) yang mengaitkan jenis material dalam rangka menurunkan temperatur udara pada bangunan. Pada penelitian Santoso (2012) mengenai kebutuhan pemilihan sistem ventilasi, aliran udara, dan *shading device* pada iklim tropis lembab terkait dengan penelitian Syahrozi (2013), Abi (2012), Susilowati (2014), dan Prakoso (2014) dalam hal penggunaan bukaan ventilasi pada bangunan dalam upaya menurunkan temperatur udara dalam ruang pada bangunan.

2.6 Kerangka Teori



Gambar 2.8 Diagram kerangka teori

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Umum dan Tahapan Penelitian

Pembahasan mengenai metode umum yang digunakan dalam penelitian ini yaitu membuat rekayasa desain selubung bangunan untuk menurunkan temperatur udara dalam ruang pada bangunan GOR Otista Jakarta untuk membantu menemukan tahapan penelitian yang digunakan. Berikut adalah metode umum penelitian dan tahapan penelitian.

3.1.1 Metode Umum Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif evaluatif dengan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan mensimulasikan kondisi eksisting GOR Otista dengan *output* temperatur udara dalam ruang dan mensimulasikan setiap rekomendasi kombinasi rekayasa desain selubung bangunan pada GOR Otista. Penelitian deskriptif menjelaskan gambaran kondisi eksisting bangunan dengan fokus bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap pada upaya penurunan temperatur udara dalam ruang pada objek studi yaitu GOR Otista. Penelitian eksperimental yaitu melakukan simulasi pada kondisi eksisting GOR Otista dan juga setiap rekomendasi rekayasa desain selubung bangunan yang telah didapat dengan melakukan rekomendasi kombinasi dari elemen selubung bangunan yang difokuskan. Metode pembahasan yang digunakan adalah metode berpikir secara deduktif (analisis) - induktif (sintesis) yaitu menjabarkan bahasan umum menuju bahasan khusus atau menghubungkan antara kondisi eksisting selubung bangunan pada fokus bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap dengan teori mengenai pengendalian termal untuk menurunkan temperatur udara dalam ruang yang terkait kemudian ditarik kesimpulan dari masalah yang ada tentang karakter selubung bangunan yang dapat menghasilkan kinerja pengendalian termal untuk menurunkan temperatur udara yang baik. Penelitian dilakukan pada kisaran bulan Juni - September tahun 2017 dengan melakukan observasi lapangan, dokumentasi, analisis kondisi eksisting, simulasi, dan studi pustaka.

3.1.2 Tahapan Operasional Penelitian

Untuk melakukan penelitian dibutuhkan tahapan-tahapan yang harus dilakukan yaitu sebagai berikut.

1. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah diperlukan untuk menentukan permasalahan mengenai selubung bangunan dengan fokus bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap pada kondisi eksisting GOR Otista. Identifikasi masalah didapatkan dari latar belakang yang diambil pada penelitian ini yaitu temperatur udara di dalam bangunan yang tinggi. Identifikasi masalah ini adalah bentuk, luas, orientasi dari bukaan ventilasi, bukaan atap, dan penggunaan *shading device* yang mempengaruhi temperatur udara dalam ruang dan elemen selubung tersebut belum optimal dalam menurunkan temperatur udara di dalam GOR Otista. Selain itu kondisi temperatur udara dalam ruang pada GOR ini juga dipengaruhi oleh kondisi temperatur lingkungan sekitar.

2. Pengumpulan data

Pada proses pengumpulan data, data yang dikumpulkan adalah data-data yang terkait dengan inti permasalahan yaitu luas bangunan GOR Otista, luas dan dimensi bukaan ventilasi, jenis atap dan temperatur udara dalam ruang. Data tersebut bersifat primer yang diperoleh langsung melalui observasi lapangan, wawancara, pengukuran temperatur udara secara langsung dan dokumentasi bangunan GOR Otista. Selain itu, terdapat juga data sekunder yang diperoleh melalui studi pustaka mengenai selubung bangunan yang berpengaruh dalam pengendalian termal untuk menurunkan temperatur udara bangunan terutama pada iklim tropis lembab dan ambang batas temperatur udara dalam ruang pada daerah iklim tropis lembab. Kedua data tersebut diolah dan dianalisis sampai pada tahap sintesis.

3. Analisis data

Data primer dan sekunder yang diperoleh dianalisis dengan cara membandingkan kondisi eksisting selubung bangunan pada GOR Otista dengan teori mengenai selubung bangunan yang berpengaruh untuk menurunkan temperatur udara dalam ruang yang didapat dari studi pustaka. Jenis analisis data terdapat 3 jenis yaitu analisis visual, analisis pengukuran lapangan, dan analisis simulasi pengukuran.

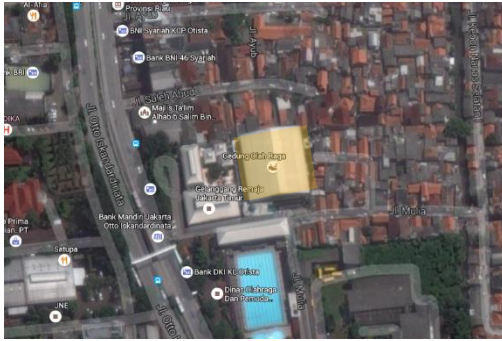
Analisis visual berupa analisis secara visual kondisi eksisting GOR Otista yang difokuskan pada bukaan ventilasi, *shading device*, dan jenis atap. Analisis pengukuran lapangan berupa analisis temperatur udara dalam ruang di GOR Otista yang didapat dari survei langsung di lapangan. Analisis simulasi pengukuran berupa analisis temperatur udara yang didapat dari simulasi dengan *software Ecotect Analysis* pada kondisi eksisting GOR Otista. Hasil analisis data tersebut berupa efektifitas kinerja selubung bangunan terhadap kondisi temperatur udara dalam ruang pada gedung olahraga.

4. Sintesis

Tahap selanjutnya yaitu sintesis. Sintesis merupakan solusi dari pemecahan masalah yang ada pada eksisting GOR Otista dan kemudian diolah menjadi konsep desain selubung bangunan khususnya pada GOR Otista. Sintesis penelitian ini berupa rekomendasi desain selubung bangunan yang dapat meningkatkan kinerja selubung bangunan untuk menurunkan temperatur udara dalam ruang secara optimal.

3.2 Lokus dan Fokus Penelitian

Objek penelitian ini adalah Gedung Olahraga Otista Jakarta Timur. Lokasi objek berada di Jalan Otista Raya No 121 Jakarta Timur, DKI Jakarta. Kota Jakarta terletak di ketinggian rata-rata 7 meter di atas permukaan laut dan memiliki iklim tropis lembab. Curah hujan rata-rata tiap tahunnya dapat mencapai 350 milimeter. Kota Jakarta berada di equator bagian selatan sehingga matahari lebih condong ke arah utara. GOR Otista terletak pada titik koordinat 6°14'05" LS dan 106°52'07" BT dengan orientasi tapak GOR Otista menghadap sisi timur-barat. GOR Otista terletak di Gelanggang Remaja Jakarta Timur (GRJT) yang merupakan kawasan olahraga milik pemerintah di Jakarta Timur.



Gambar 3.1 Lokasi GOR Otista
 Sumber: <https://www.google.co.id/maps/@-6.2346906,106.8680705,19.25z?hl=id>



Gambar 3.2 Ruang Olahraga GOR Otista



Gambar 3.3 Pintu Masuk GOR Otista

Fokus penelitian ini yaitu menurunkan temperatur udara dalam ruang pada GOR Otista yang berpengaruh pada bangunan yang berada di iklim tropis lembab. Unsur yang diangkat pada penelitian ini adalah selubung bangunan pada GOR Otista dengan fokus pada bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap. Selubung pada bangunan yaitu merupakan kulit terluar bangunan dengan fungsi untuk melindungi bangunan dari panas dan hujan terutama pada kondisi iklim kota Jakarta yang hanya memiliki 2 musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Elemen selubung yang akan diteliti yaitu bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap. Bukaan ventilasi, *shading device* dan bukaan atap pada GOR Otista tersebut akan diteliti berupa bentuk, ukuran, dan orientasinya terhadap bangunan.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan sesuatu yang ditetapkan oleh peneliti dalam bentuk apapun untuk dipelajari sehingga mendapatkan informasi mengenai hal tersebut (Sugiono, 2010). Variabel yang diamati pada penelitian ini meliputi 2 variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap. Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah temperatur udara dalam ruang pada bangunan GOR Otista.

Tabel 3.1 Variabel penelitian

Variabel Bebas			Variabel Terikat
Bukaan	Ventilasi	Dimensi	Temperatur ruang udara dalam ruang pada bangunan GOR Otista
		Bentuk	
		Posisi terhadap bangunan	
		Orientasi	
		Material Kaca	
	<i>Shading Device</i>	Dimensi	
		Bentuk	
Penutup	Atap	Posisi terhadap bangunan	
		Bentuk	
		Dimensi bukaan	
		Orientasi	

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa variabel bebas dan variabel terikat yang diteliti terdapat 3 variabel bebas dan 1 variabel terikat. Selain dua variabel tersebut terdapat variabel kontrol yang digunakan untuk mengontrol variabel bebas dan terikat. Namun variabel kontrol tidak dipengaruhi oleh variabel bebas dan terikat namun hanya mengendalikan dan memperkuat hasil kedua variabel tersebut. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah simulasi dengan menggunakan *software Ecotect Analysis* dan studi kepustakaan yang terkait dengan selubung bangunan dengan fokus bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap dan pengendalian termal untuk menurunkan temperatur udara dalam bangunan. Variabel bebas, terikat dan variabel kontrol ini digunakan untuk acuan dalam membuat rekomendasi kombinasi desain dari elemen selubung bangunan pada GOR Otista. Langkah-langkah dalam melakukan rumusan rekomendasi desain yaitu:

1. Membuat alternatif rekomendasi mengenai perubahan, penambahan, orientasi, material dan posisi bukaan ventilasi.
2. Membuat alternatif rekomendasi mengenai ukuran, dimensi, dan 3 tipe bukaan ventilasi.
3. Membuat alternatif rekomendasi mengenai 2 jenis ukuran dan posisi *shading device*.
4. Membuat alternatif rekomendasi mengenai 2 jenis ukuran, dimensi, dan tipe bukaan atap.

Langkah-langkah tersebut dilakukan secara berurutan, setelah melakukan 4 langkah tersebut setiap rekomendasi dikombinasikan antara bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap dan mendapatkan 13 rekomendasi kombinasi. Dari ketiga belas rekomendasi

kombinasi tersebut dilakukan simulasi pada setiap rekomendasi kombinasi sehingga dapat terlihat rekomendasi yang paling efektif dalam menurunkan temperatur udara dalam ruang.

3.4 Jenis Data dan Metode Pengumpulan Data

3.4.1 Jenis data

Jenis data yang digunakan berdasarkan metode penelitian deskriptif kuantitatif adalah sebagai berikut.

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh melalui survei lapangan atau pengamatan langsung. Data primer yang didapatkan yaitu data fisik bangunan GOR Otista. Data-data yang didapatkan berupa:

- a. Orientasi dan luas bangunan GOR Otista
- b. Kondisi bangunan sekitar GOR Otista
- c. Kondisi selubung bangunan GOR Otista dengan fokus utama bukaan ventilasi, *shading device*, dan jenis atap.
- d. Hasil pengukuran temperatur pada ruangan dan tapak dengan titik pengukuran pada hall dan tribun GOR Otista.
- e. Hasil pengukuran bukaan ventilasi, *shading device*, dan tipe atap.

Data penelitian ini diperoleh dengan instrumen penelitian berupa denah bangunan GOR Otista sebagai acuan titik pengukuran temperatur udara dalam ruang pada bangunan, kamera untuk mendokumentasikan kondisi eksisting selubung bangunan dan kondisi di sekitar bangunan, 5 *wet and dry thermometer* untuk mengukur temperatur udara dalam ruang, dan alat ukur meteran untuk menghitung ukuran bukaan pada GOR Otista.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari tinjauan pustaka dan beberapa studi terdahulu yang berkaitan dengan pengendalian termal untuk menurunkan temperatur bangunan melalui selubung bangunan dan gedung olahraga. Tinjauan pustaka dapat berupa buku, jurnal, makalah dan standar-standar seperti SNI dan peraturan pemerintah. Buku yang dipakai untuk membantu dalam penelitian ini diantaranya yaitu *Heating, Cooling, Lighting: Metode Desain untuk Arsitektur* oleh

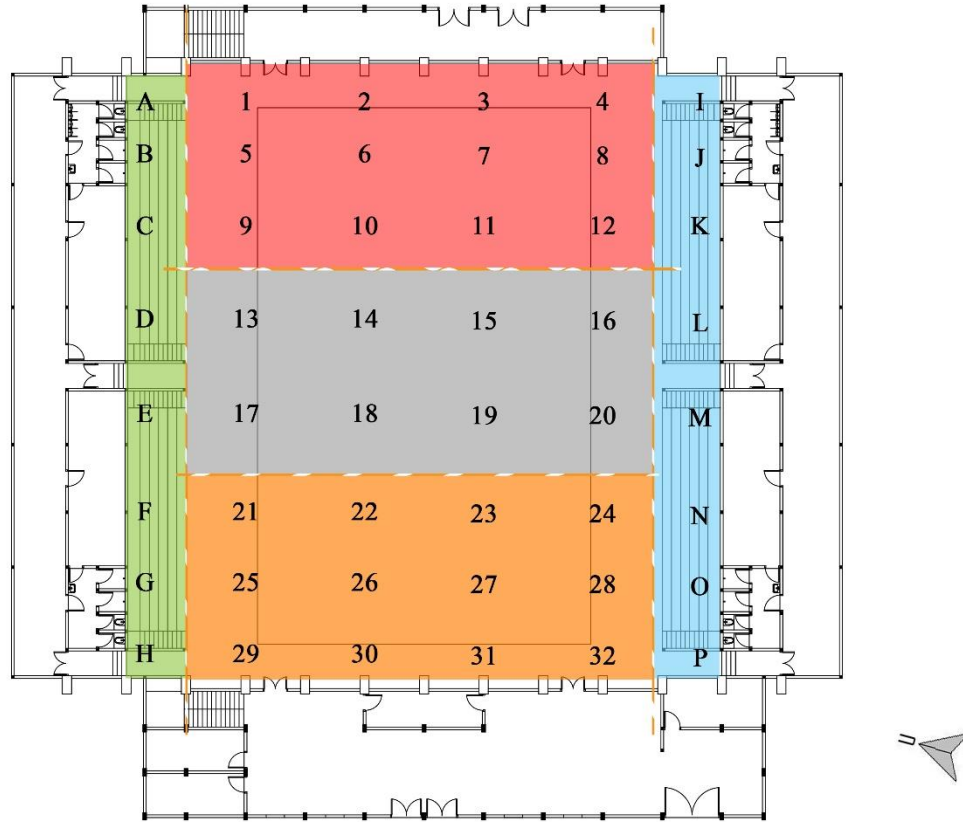
Lechner, Bangunan Tropis oleh Lippsmeier, *Controlling air movement: A manual for architects and builders* oleh Boutet, dan lain-lainnya. Sedangkan jurnal atau studi terdahulu yang membantu untuk penelitian ini yaitu Kajian Pengaruh Penerapan Arsitektur Tropis Terhadap Kenyamanan Termal Pada Bangunan Pulik Menggunakan Software Ecotech Studi Kasus: Perpustakaan Universitas Indonesia oleh Diana Susilowati, Feri Wahyudi dan Kenyamanan Termal Pada Bangunan Bentang Lebar (Studi Kasus Aula Palangka, Universitas Palangka Raya) oleh Syahrozi, dan lain-lainnya. Data sekunder juga berupa data geografis lingkungan dan gambar kerja bangunan seperti gambar denah GOR Otista yang didapat dari instansi.

3.4.2 Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam mengumpulkan data adalah dengan metode survey secara langsung yang terbagi menjadi dua jenis yaitu survey data primer dan survey data sekunder. Data primer berupa pengamatan secara langsung pada GOR Otista dengan fokus elemen yang diamat yaitu selubung bangunan. Data primer didapatkan dengan melakukan pengukuran langsung terkait variabel yang dibutuhkan yaitu dimensi, orientasi, dan tipe bukaan ventilasi, *shading device*, dan tipe atap bangunan. Sedangkan data sekunder didapatkan dari studi kepustakaan melalui buku, makalah, dan penelitian terdahulu yang terkait. Tahapan pengumpulan data primer dan sekunder berupa:

1. Pengukuran Kondisi Eksisting

Data primer didapatkan dengan melakukan pengukuran dan pengamatan pada orientasi, dimensi, dan tipe bukaan ventilasi, *shading device*, dan tipe atap yang merupakan fokus dan variabel bebas pada penelitian ini. Selain data mengenai selubung bangunan, data primer yang juga didapat yaitu temperatur udara dalam ruang pada GOR Otista dan temperatur lingkungan untuk menunjukkan temperatur pada kondisi eksisting GOR Otista.



Gambar 3.4 Titik ukur temperatur udara pada gedung olahraga

Pengukuran temperatur ini menggunakan titik ukur pada ruangan dengan membagi menjadi 5 zona. Terdapat 32 titik ukur pada zona hall dan 16 titik ukur pada zona tribun untuk mewakili besaran temperatur yang ada di zona tersebut. Pembagian zona pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui zona yang memiliki temperatur udara tertinggi berada di sisi utara, barat, selatan, atau timur. Titik ukur temperatur lingkungan berjarak 1-2 m dari sisi luar bangunan dan titik ukur temperatur pada ruangan berada di ketinggian 1 meter pada hall dan ketinggian 50 cm pada tribun. Pengukuran temperatur ruang pada bangunan eksisting dilakukan pada waktu aktif gedung olahraga Otista ini yaitu pada pukul 08.00-15.00. Pengukuran dilakukan pada tiap 1 jam sekali. Alat ukur temperatur yang digunakan yaitu *wet and dry thermometer*.

2. Studi Kepustakaan

Data sekunder diperoleh dari kepustakaan dan instansi yang berkaitan dengan objek penelitian GOR Otista. Pengumpulan data sekunder diperoleh dari studi kepustakaan melalui buku, makalah, jurnal, dan lainnya yang berkaitan dengan

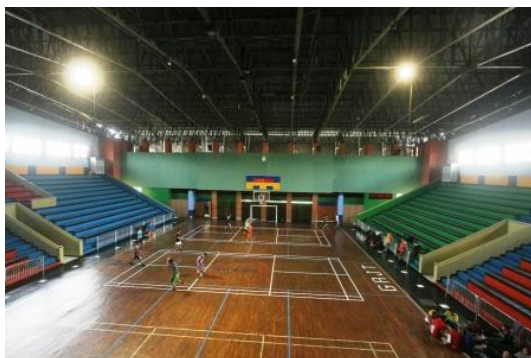
selubung bangunan yang berpengaruh dalam penurunan temperatur udara dalam ruang. Survey data sekunder juga diperoleh dari informasi melalui internet yang juga berkaitan dengan selubung bangunan dengan fokus bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap dan bangunan gedung olahraga sehingga diperoleh data-data sekunder sebagai bahan penunjang analisa terhadap GOR Otista.

3.5 Tahap Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis deskriptif kuantitatif yaitu merupakan serangkaian kegiatan analisis data terkait GOR Otista yang diwujudkan dalam narasi dan simulasi objek melalui *software Ecotect Analysis 2011*. Pada analisis simulasi GOR Otista melalui *software Ecotect Analysis 2011* ini menggunakan metode eksperimental. Terdapat tiga metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut.

3.5.1 Analisis visual GOR Otista

Analisis visual yaitu GOR Otista diamati secara visual dan dianalisis elemen-elemen fisiknya. Analisis visual yang difokuskan yaitu bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap dan dikaitkan dengan teori terkait selubung bangunan pada tinjauan pustaka seperti tipe bukaan ventilasi, tipe *shading device*, dan tipe bukaan atap sehingga ditarik kesimpulan mengenai kinerja selubung bangunan pada gedung olahraga GOR Otista yang menentukan kondisi temperatur udara dalam ruang pada kondisi eksisting. Analisis dilakukan dengan menggunakan bantuan berupa alat dokumentasi seperti foto, sketsa, tabel, dan gambar kerja bangunan.



Gambar 3.5 Kondisi ruang dalam Gedung Olahraga Otista



Gambar 3.6 Kondisi tribun Gedung Olahraga Otista

3.5.2 Analisis pengukuran lapangan GOR Otista

Analisis pengukuran yaitu mengukur temperatur udara dalam ruang pada GOR Otista dan temperatur lingkungan menggunakan alat ukur *wet and dry thermometer*. Pengukuran dilakukan menggunakan sampel waktu yang merupakan jam efektif pada gedung olahraga sebagai berikut. Sampel waktu tersebut yaitu tiap 1 jam pada jam aktif dari gedung olahraga Otista yaitu pukul 08.00-15.00, dimulai pukul 08.00, 09.00 dan seterusnya. Pertimbangan pemilihan waktu pengukuran berdasarkan jam aktivitas olahraga yang ada di ruang utama pada GOR Otista. Pengukuran temperatur ini memerlukan titik ukur pada ruangan dengan jarak antar titik ukur 6,5m x 3 m.

Tabel 3.2 Tabel Pengukuran Temperatur udara pada GOR Otista

Pukul	Titik Ukur	Hasil Pengukuran	
		Temperatur Udara dalam Ruang (°C)	Kelembaban (%)
08.00	1		
08.01	2		
08.02	3		
08.03	4		

Pengukuran yang diperlukan yaitu temperatur udara dalam ruang dan kelembaban pada bangunan GOR Otista. Variabel yang diteliti yaitu bentuk, luas (panjang dan lebar), dan orientasi bukaan ventilasi, *shading device* dan atap yang termasuk dalam selubung pada bangunan.

3.5.3 Analisis data pengukuran kondisi eksisting GOR Otista

Analisis data pengukuran kondisi eksisting yaitu data yang telah didapatkan dari pengukuran langsung berupa temperatur udara dalam lingkungan dianalisis berdasarkan tinjauan pustaka yang telah didapat seperti orientasi, dimensi, dan tipe bukaan ventilasi, dimensi dan tipe *shading device*, dan dimensi bukaan atap. Analisis ini lebih dikaitkan pada teori-teori mendasar mengenai pengendalian termal untuk menurunkan temperatur udara pada bangunan dan juga

mengacu pada SNI 03-6572-2001 mengenai tata cara perancangan sistem bukaan ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung yang terdapat standar temperatur udara dalam ruang pada bangunan khususnya yang berlokasi di Indonesia.

3.5.4 Verifikasi data hasil pengukuran lapangan dan simulasi digital

Setelah melakukan analisis terhadap data pengukuran langsung GOR Otista berupa temperatur udara dalam ruang. Tahap selanjutnya yaitu melakukan analisis pada simulasi digital yang disesuaikan dengan kondisi eksisting GOR Otista. Analisis simulasi yaitu analisis kondisi temperatur udara dalam bangunan yang didasarkan atas simulasi perlakuan bangunan terhadap temperatur bangunan menggunakan media software komputer. Software yang dipilih yaitu *software Ecotect Analysis 2011*. Setelah mendapatkan hasil temperatur udara dalam ruang dari simulasi digital, dilakukan verifikasi data hasil pengukuran lapangan dan simulasi digital tersebut. Perbandingan antara pengukuran langsung dengan simulasi diharuskan memiliki *relative error* maksimal 10% karena pengukuran lapangan dapat dikatakan valid apabila tidak melewati 10%.

3.6 Tahapan Sintesis

Setelah melakukan tahapan analisis yang terdapat 4 tahap, tahapan selanjutnya yaitu tahapan sintesis. Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan rekomendasi desain selubung bangunan yang berpengaruh dalam menurunkan temperatur bangunan GOR Otista. Tahap ini menggunakan metode simulasi eksperimental dengan *software Ecotect Analysis 2011*.

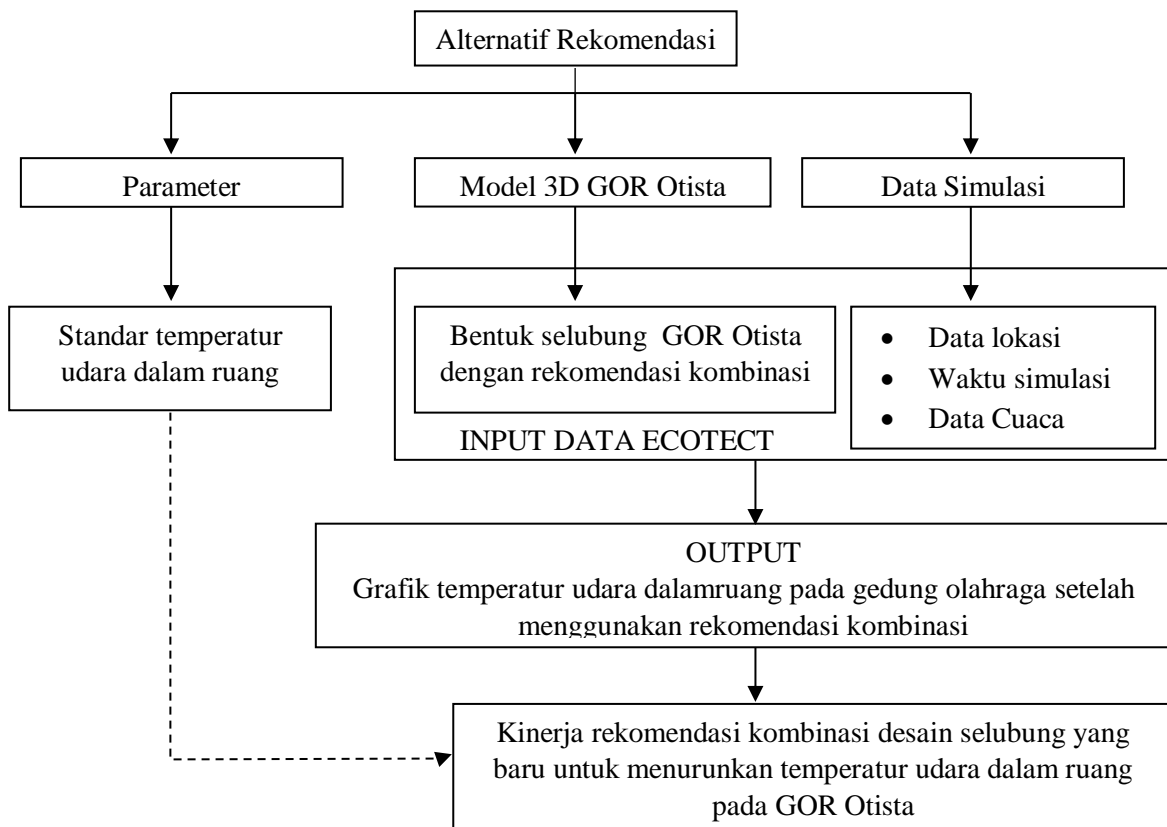
3.6.1 Tahap analisis penentuan alternatif rekomendasi desain

Setelah melakukan berbagai analisis dari data kondisi eksisting yang didapatkan kemudian diketahui permasalahan pada kondisi eksisting yang memunculkan beberapa alternatif rekomendasi desain. Alternatif rekomendasi desain ini berdasarkan elemen selubung yang diteliti secara kualitatif. Elemen selubung tersebut yang difokuskan pada penelitian ini yaitu bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap. Pada setiap elemen selubung terdapat 2-3 alternatif rekomendasi desain, pada bukaan ventilasi terdapat 3 alternatif yang dibedakan dengan tipe bukaan ventilasinya, pada *shading device* terdapat 2 alternatif yang dibedakan dengan panjang dari *shading deviceny*, dan pada bukaan atap terdapat 2 alternatif yang

dibedakan dengan panjang dari kisi-kisi dari bukaan atapnya. Dari alternatif rekomendasi tiap elemen selubung ini kemudian dikombinasikan setiap alternatifnya sehingga mendapatkan 12 rekomendasi kombinasi yang kemudian akan disimulasikan menggunakan *software Ecotect Analysis* dan dilihat rekomendasi kombinasi yang memiliki efektifitas untuk menurunkan temperatur udara yang paling tinggi.

3.6.2 Tahap simulasi rekomendasi desain

Alternatif rekomendasi desain yang telah didapatkan akan disimulasikan. Simulasi ini bertujuan untuk melakukan pembuktian alternatif rekomendasi desain yang paling efektif dalam mengendalikan termal gedung olahraga GOR Otista.



Gambar 3.7 Diagram alur simulasi *Ecotect Analysis* 2011 pada tahap sintesis

3.6.3 Analisis data hasil simulasi

Data hasil simulasi rekomendasi kombinasi desain selubung bangunan GOR Otista kemudian dianalisis kembali untuk dikonfirmasi dengan kinerja rekomendasi kombinasi yang paling efektif dalam menurunkan temperatur udara dalam ruang pada GOR Otista. Analisis

ini melihat perubahan temperatur udara dalam ruang yang didapat setelah menggunakan rekomendasi kombinasi dan dibandingkan dengan data temperatur udara pada kondisi eksisting GOR Otista. Temperatur udara dalam ruang dikategorikan menjadi 3 jenis yaitu pagi hari (08.00 – 10.00), siang hari (11.00-13.00), dan sore hari (14.00 – 15.00) untuk melihat titik jam yang mengalami kenaikan dan penurunan temperatur udara dalam ruang pada GOR Otista.

3.6.4 Penarikan kesimpulan

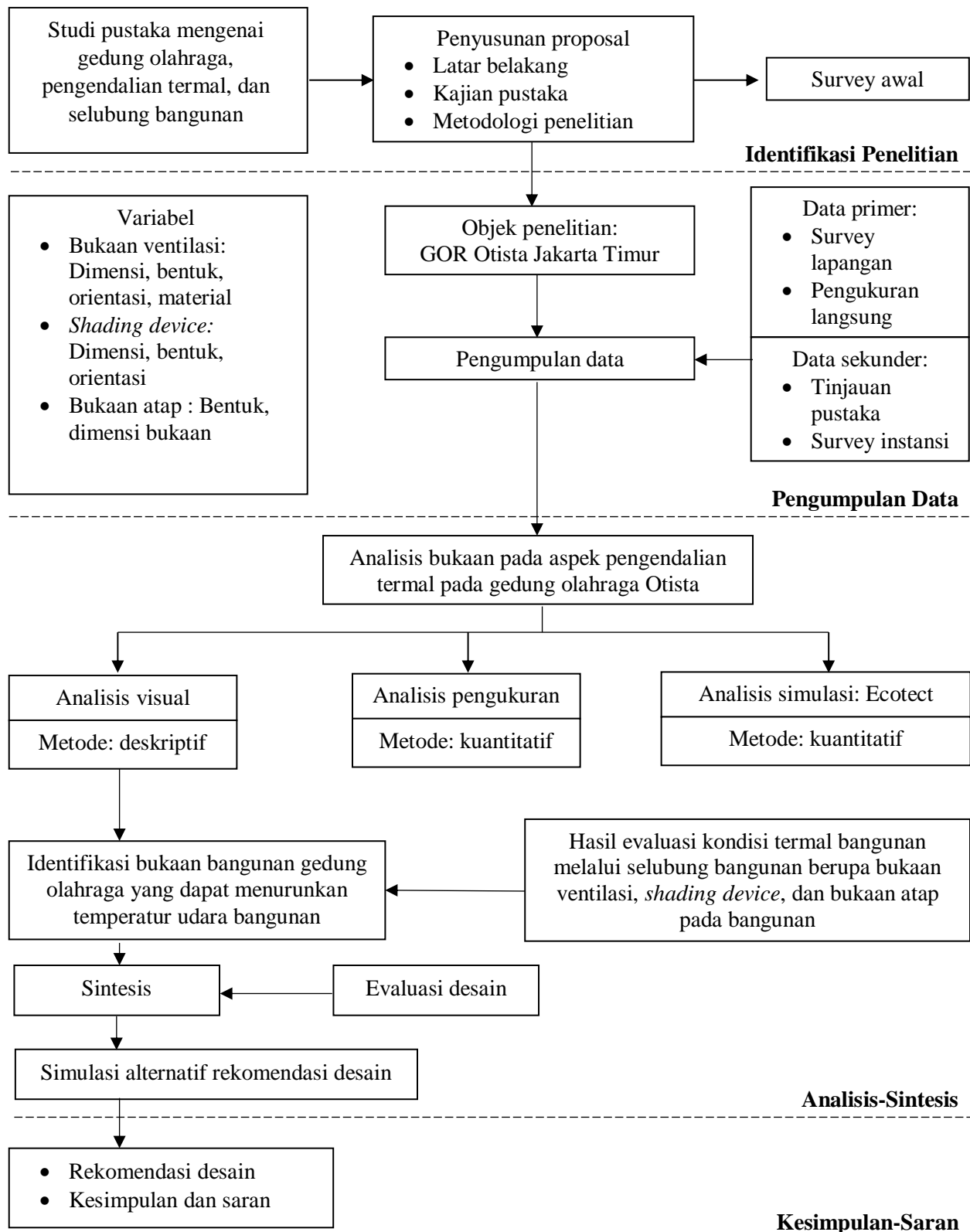
Penarikan kesimpulan terhadap rekomendasi kombinasi desain selubung bangunan didapat dari hasil analisis terhadap data hasil simulasi dari rekomendasi kombinasi desain selubung bangunan. Dari hasil analisis terlihat rekomendasi kombinasi desain bukaan yang paling efektif dan paling tinggi dalam menurunkan temperature udara dalam ruang pada GOR Otista.

3.7 Instrumen Penelitian

Untuk mempermudah pengumpulan dan analisis data secara relevan, maka pada penelitian ini diperlukan adanya instrumen penelitian yang mendukung. Alat-alat yang digunakan sebagai berikut.

1. Kamera untuk mendokumentasikan kondisi fisik bangunan GOR Otista seperti bentuk bukaan ventilasi, tipe *shading device*, dan bentuk atap.
2. Alat tulis untuk mencatat hasil dan proses penelitian dalam pengukuran temperatur udara di lapangan pada GOR Otista.
3. Software simulasi *Ecotect Analysis 2011*, sebagai alat analisis simulasi temperatur udara dalam bangunan yang digunakan untuk mensimulasikan kondisi eksisting bangunan sebagai perbandingan dengan pengukuran lapangan pada kondisi eksisting GOR Otista dan juga digunakan untuk mensimulasikan rekomendasi kombinasi desain selubung bangunan GOR Otista.

3.8 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.8 Diagram alur penelitian

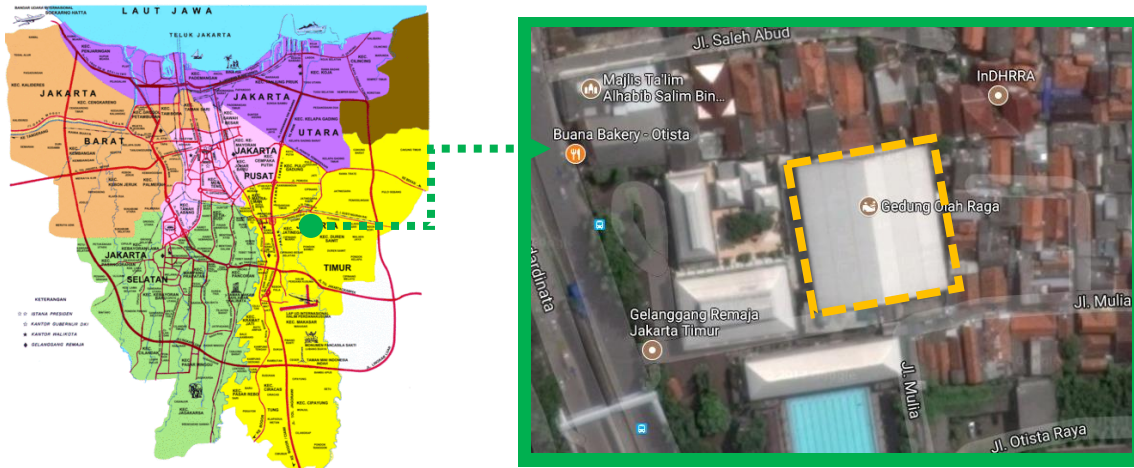
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembahasan ini dilakukan analisis pada objek bangunan GOR Otista Jakarta mengenai lingkup ruang dalam, ruang luar, serta elemen-elemen pendukungnya. Analisis tersebut dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting yang mempengaruhi permasalahan yang ada pada GOR Otista Jakarta. Setelah tahap analisis, tahap selanjutnya yaitu melakukan sintesis berupa alternatif-alternatif rekomendasi selubung kemudian ditentukan salah satu yang dirasa memiliki hasil yang lebih baik menjadi rekomendasi desain selubung bangunan untuk GOR Otista Jakarta.

4.1 Tinjauan Umum GOR Otista Jakarta

GOR Otista terletak di Gelanggang Remaja Jakarta Timur (GRJT) yang merupakan kawasan olahraga milik pemerintah di Jakarta Timur. GOR Otista merupakan sebuah gedung olahraga yang biasa digunakan untuk perlombaan olahraga secara resmi dari kecamatan hingga provinsi dan GOR Otista ini juga merupakan fasilitas olahraga yang awalnya memang diperuntukkan kepada masyarakat sekitar. Selain olahraga, bangunan ini juga sering digunakan untuk acara seminar dan latihan bagi para siswa/i sekolah. Gedung olahraga ini pada dasarnya merupakan lapangan multi fungsi yang dapat digunakan untuk beberapa olahraga diantaranya yaitu basket, bulu tangkis, voli, dan futsal. GOR Otista berada di Jalan Raya Otista Raya No. 121, Jakarta Timur. Kota Jakarta merupakan ibukota negara dan kota terbesar di Indonesia. Jakarta terletak di dataran rendah pada ketinggian rata-rata 8 meter di atas permukaan laut dan memiliki suhu udara yang panas dan kering. Suhu rata-rata di Kota Jakarta yaitu 25 °C – 38 °C dengan kelembaban rata-rata 75% - 85%. Kota Jakarta memiliki 5 kota administratif yang terdiri dari Kota Administrasi Jakarta Barat, Kota Administrasi Jakarta Pusat, Kota Administrasi Jakarta Selatan, Kota Administrasi Jakarta Timur, dan Kota Administrasi Jakarta Utara dan memiliki 1 kabupaten administratif yaitu Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu. GOR Otista berada di Kota Administrasi Jakarta Timur yang merupakan Kota Jakarta bagian timur seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Posisi bangunan pada peta Kota Malang

Sumber: maps.google.com/@-6.2347055,106.8679217,785m/data=!3m1!1e3?hl=id

GOR Otista terletak pada titik koordinat $6^{\circ}14'05''$ LS dan $106^{\circ}52'07''$ BT. Orientasi tapak GOR Otista menghadap sisi timur-barat dengan pintu masuk utama menghadap ke arah timur. GOR Otista terletak di dalam kompleks Gelanggang Remaja Jakarta Timur (GRJT) yang di dalamnya terdapat beberapa tempat pelatihan olahraga. Pada sisi selatan terdapat kolam renang dan masjid Al-Falah, pada sisi timur terdapat auditorium, plaza GOR, dan kantor pengurus Gelanggang Remaja Jakarta Timur (GRJT) dan pada sisi barat dan utara terdapat pemukiman seperti pada Gambar 4.1. Jarak bangunan sekitar dengan GOR Otista cukup dekat namun tinggi rata-rata bangunan hanya berkisar 1-2 lantai. Bangunan ini memiliki bukaan maksimum di sisi utara dan selatan.



Gambar 4.2 Pintuk akses Gelanggang Remaja Jakarta Timur

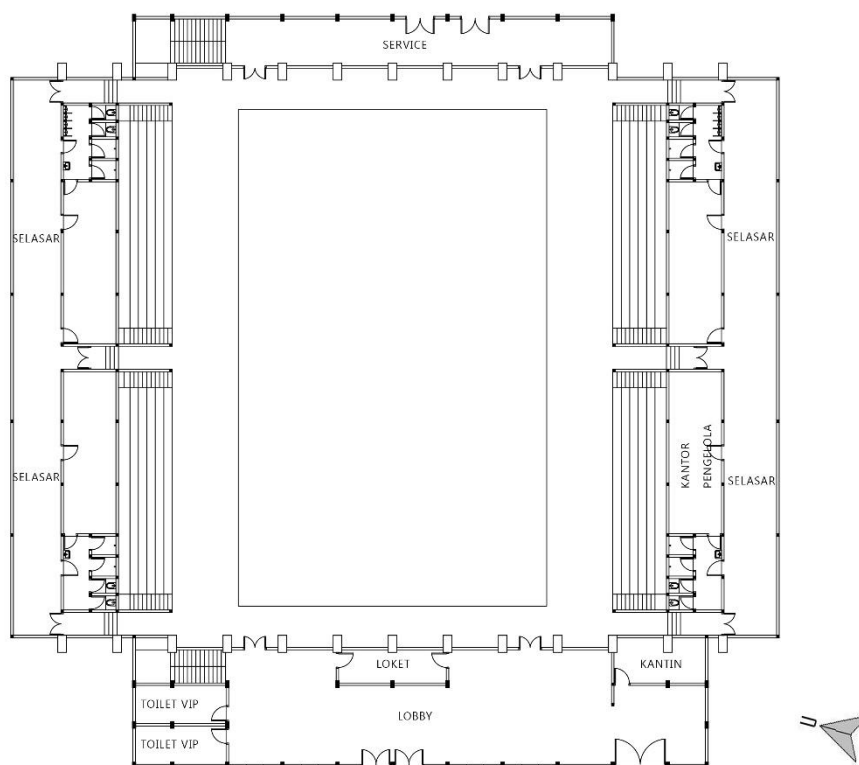
Sumber: maps.google.com/@-6.2352207,106.8679203,3a,75y,59.39h,78.15v/data=!3m6!1e1!3m4!1s4mPoOM3qClL2ZRdm-81ZA!2e0!7i13312!8i6656?hl=id



Gambar 4.3 Pintuk masuk GOR Otista

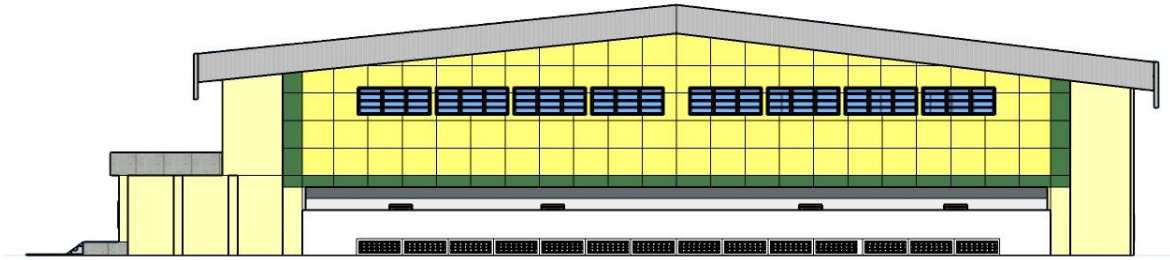
Bangunan terdiri dari 2 lantai dengan tribun yang tersusun di atas ruangan. Lantai pertama bangunan terdiri dari lapangan olahraga, ruang kantor, kamar ganti atlet, dan gudang. Sedangkan lantai kedua hanya terdapat gudang sebagai tempat penyimpanan barang

saja. Material pada lantai yang digunakan yaitu vinyl pada bagian lapangan dan kayu pada tribun. Material lantai yang digunakan pada selasar GOR Otista menggunakan keramik berwarna abu-abu. Warna yang dipakai dalam bangunan ini cukup beragam pada interiornya diantaranya yaitu hijau, merah, kuning, biru, dan cokelat. Sedangkan penggunaan warna pada eksterior lebih didominasi oleh warna putih. Selasar pada lantai 1 memiliki luas 193,23 m² yang digunakan untuk pemanasan bagi para atlit yang akan melakukan pertandingan. Selasar bangunan berada di sisi utara dan selatan bangunan.



Gambar 4.4 Denah lantai 1 bangunan

Tribun utara dan tribun selatan terbagi menjadi dua area. Tribun ini berkapasitas kurang lebih 1.500 penonton. Pintu masuk dan keluar berada di sisi timur dan barat dengan jumlah 4 pintu. Keempat pintu tersebut memiliki jenis, ukuran, dan material yang sama. Bentuk bangunan GOR Otista menggunakan bentuk dasar persegi panjang. Bentuk atap bangunan yaitu pelana dan material atap yang digunakan yaitu *aledron*. Bangunan dibangun diatas tanah dengan kontur rata. Bangunan ini memiliki desain bukaan yang tipikal seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Tampak selatan GOR Otista

Berdasarkan jenis kegiatan yang ada di GOR Otista, penelitian yang akan difokuskan yaitu pada ruang olahraga yang terdiri dari lapangan olahraga dan tribun penonton karena kegiatan yang dominan pada GOR Otista berada di ruang olahraga dan juga selubung bangunan yaitu bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap untuk mengendalikan termal dengan menurunkan temperatur ruang.

4.2 Analisis Visual GOR Otista

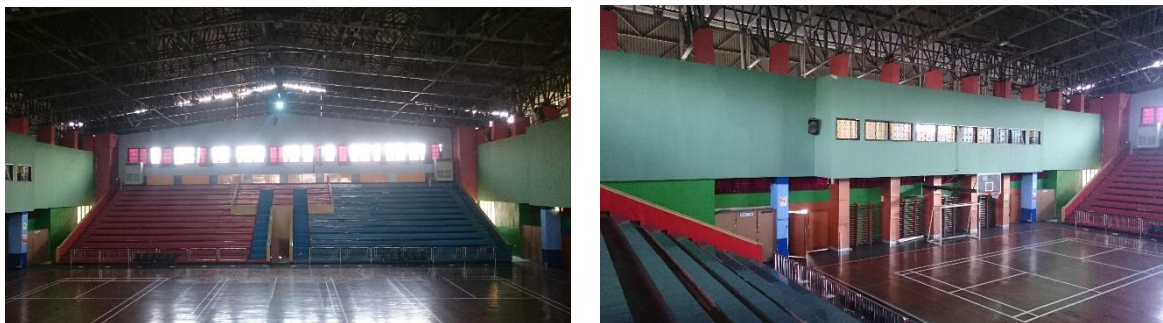
Analisis visual pada penelitian ini merupakan analisis mengenai kondisi GOR Otista Jakarta, meliputi kondisi selubung bangunan berupa bukaan ventilasi dan atap pada bangunan dan aktivitas penghuni bangunan. GOR Otista merupakan gedung olahraga yang serba guna sehingga dapat dipergunakan untuk memwadahi beberapa aktivitas dengan jumlah pengguna bangunan yang cukup banyak. Terdapat 2 jenis aktivitas yang biasa diwadahi. Berikut merupakan aktivitas yang diwadahi di GOR Otista ini.

Tabel 4.1 Jenis aktivitas di GOR Otista

No	Aktivitas	
1	Kegiatan Olahraga	Latihan rutin
		Pertandingan
2	Edukasi	Seminar
		Pelatihan
		Lomba anak-anak

Aktivitas edukasi biasa dilakukan pada pagi hari pukul 08.00 – 12.00, sedangkan aktivitas olahraga biasa dilakukan pada siang hari pukul 12.00 – 15.00. Namun jadwal ini tak menentu sehingga penyelenggaraan tiap aktivitas ini saling menyesuaikan jadwal sesuai kebutuhannya masing-masing. Kegiatan edukasi tidak menggunakan seluruh ruangan sehingga area yang dipakai hanya area hall saja.

Selain menganalisis aktivitas, analisis visual juga membahas mengenai kondisi eksisting selubung bangunan GOR Otista. Ruang olahraga pada GOR Otista terdapat bukaan berupa jendela dengan menghadap sisi utara dan selatan yang letaknya bersebelahan dengan tribun penonton. Ruang ini mewadahi kegiatan segala kegiatan terutama olahraga dengan jam aktif dari pukul 08.00 – 15.00. Ruangan memiliki bentuk persegi panjang dengan panjang 39,15 m, lebar 32,9 m, dan tinggi 8,2 m, seperti pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Interior ruang olahraga GOR Otista

Bukaan jendela pada ruang olahraga merupakan jendela mati yang tidak dapat dibuka sehingga udara panas tidak dapat mengalir keluar. Jenis jendela ini memiliki fungsi untuk mengalirkan cahaya ke dalam ruangan saja. Pada ruang olahraga terdapat 16 set jendela dengan setiap 1 set terdapat 4 unit jendela mati dan semua unit memiliki ukuran yang sama. Jendela ini menggunakan kusen dengan material kayu dan jenis kaca *clear* dengan ketebalan kaca 5mm seperti pada Gambar 4.7. Sisi utara dan sisi selatan memiliki jenis dan ukuran bukaan jendela yang sama.

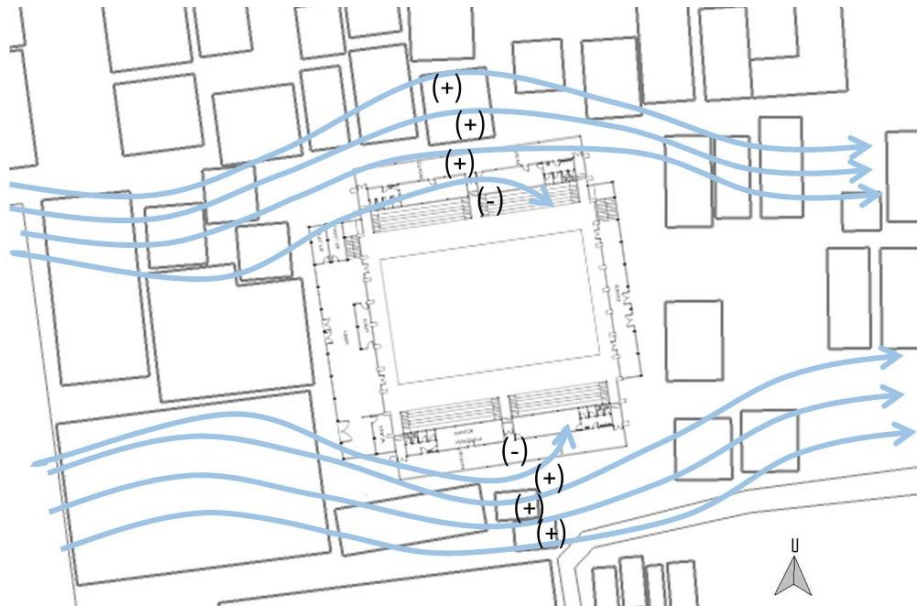


Gambar 4.7 Bukaan jendela ruang olahraga GOR Otista

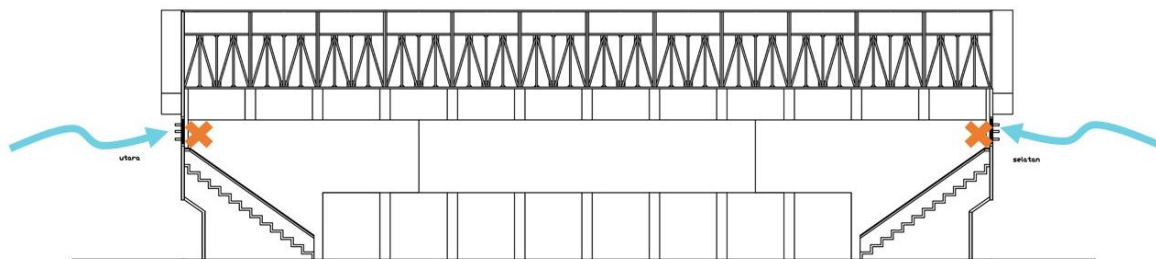


Gambar 4.8 Tritisan jendela ruang olahraga GOR Otista

Arah aliran udara pada lingkungan sekitar bangunan GOR Otista mengarah dari barat ke timur. Karena terdapat bangunan di sisi selatan dan utara GOR Otista, aliran udara melewati selah antara bangunan sehingga aliran udara mengalir ke arah bukaan GOR Otista yang terletak di sisi selatan dan utara bangunan.



Gambar 4.9 Ilustrasi aliran udara pada kawasan sekitar GOR Otista

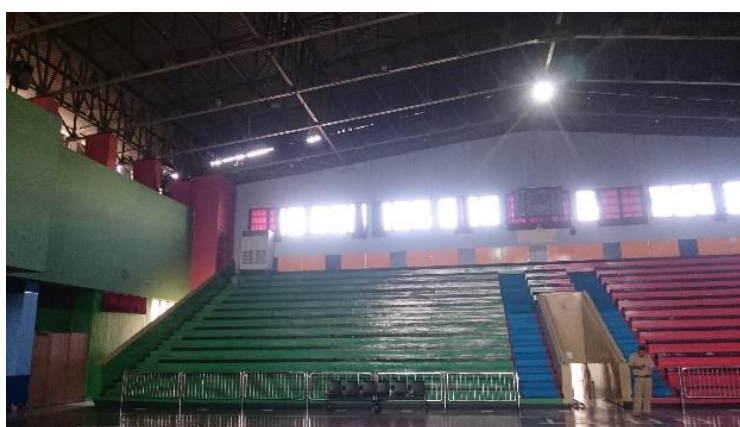


Gambar 4.10 Ilustrasi aliran udara pada kondisi eksisting GOR Otista

Aliran udara pada kawasan sekitar GOR Otista memungkinkan aliran udara masuk ke dalam bangunan dikarenakan kondisi udara yang semakin berdekatan dengan letak bukaan bermuatan negatif dan dapat diarahkan oleh bukaan ventilasi. Namun pada kondisi eksisting bangunan GOR Otista, aliran udara tidak dapat masuk ke dalam bangunan dikarenakan jendela pada kondisi eksisting merupakan jendela mati sehingga tidak terjadi pengaliran udara ke dalam bangunan. Pada eksterior bangunan terdapat *shading device* sebagai teritisan atau pembayangan matahari dengan tipe *horizontal shading device*. Panjang *shading device* 0,3 meter dengan jumlah 3 buah pada setiap daun jendela yang disusun secara vertikal seperti pada Gambar 4.8. Tritisan jendela ruang olahraga GOR Otista. Ketiga *shading*

device memiliki tebal 0,1 meter dengan arah orientasi ke sisi utara dan selatan bangunan. Interior ruang olahraga terlihat seperti pada Gambar 4.6.

Pada ruang olahraga terdapat lapangan olahraga yang dapat digunakan untuk olahraga basket, voli, bulu tangkis, dan futsal sehingga terdapat beberapa garis lapangan untuk tiap jenis olahraga. Selain lapangan terdapat tribun untuk para penonton pertandingan dengan kapasitas kurang lebih 1500 orang dan tribun ini memakai material kayu. Tinggi tiap tingkatan tribun pada ruang olahraga yaitu 35 centimeter dan tinggi tangga pada tribun yaitu 18 centimeter.



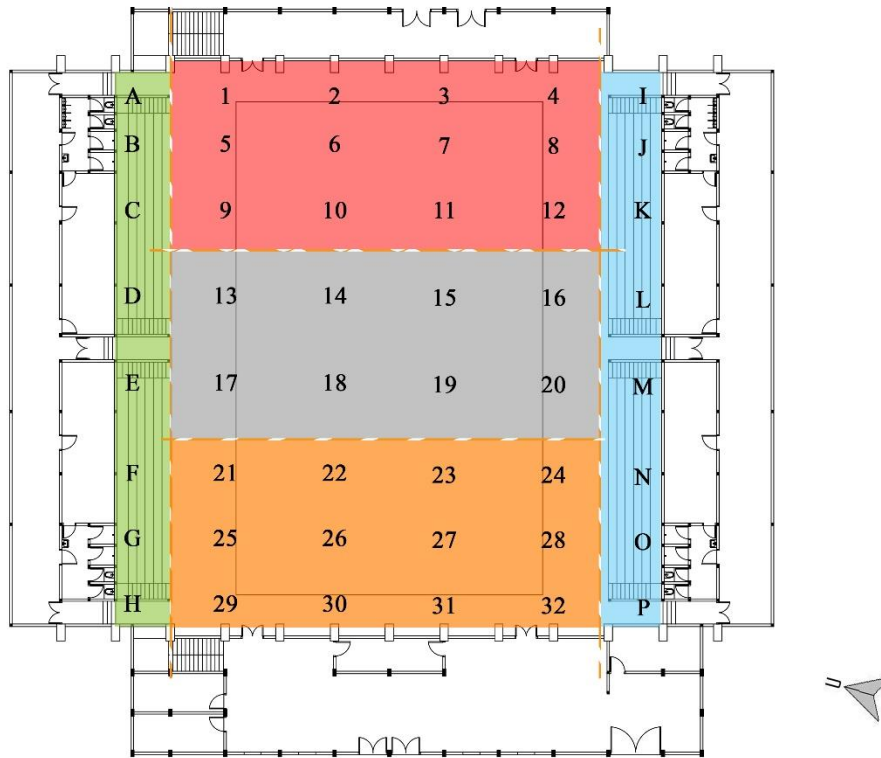
Gambar 4.11 Tribun GOR Otista sisi utara



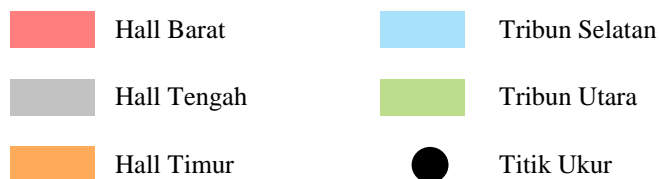
Gambar 4.12 Tribun GOR Otista sisi selatan

4.3 Analisis Pengukuran Kondisi Eksisting GOR Otista

Hall pada GOR Otista memiliki luas 1283,18 m². Pengukuran suhu pada ruang olahraga GOR Otista ini dibagi menjadi 5 area yaitu tribun utara, tribun selatan, hall timur, hall tengah, dan hall barat. Dalam tiap area terdapat beberapa titik ukur yang telah ditentukan seperti pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Zonasi ruang pada penelitian dan lokasi titik ukur

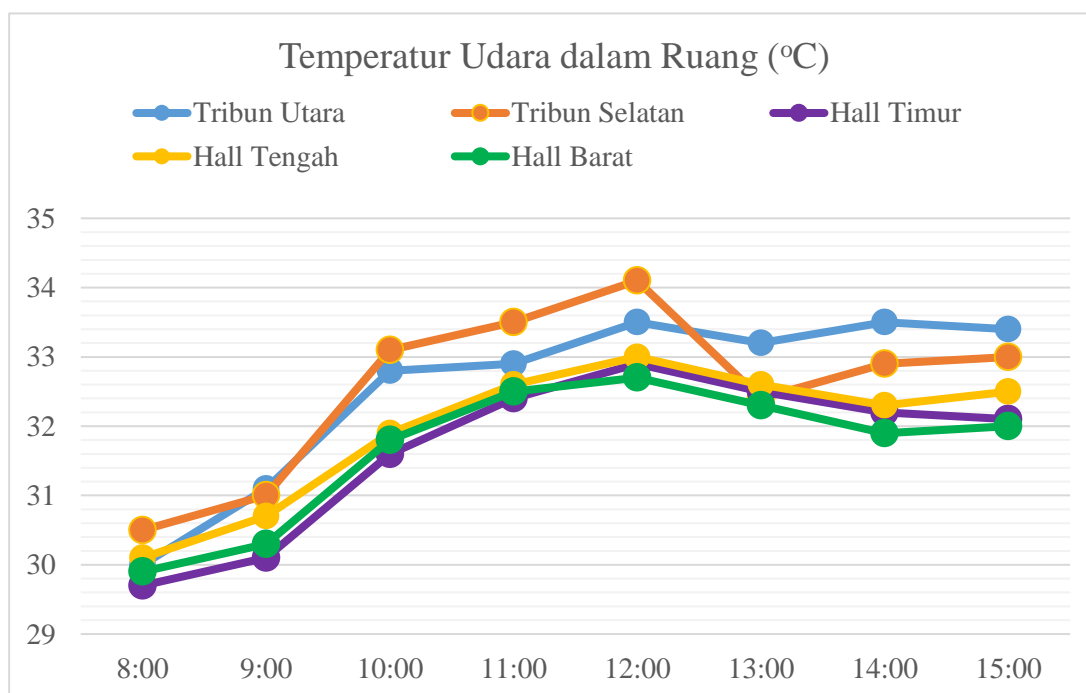


Pengukuran dilakukan dengan memposisikan Termometer di ketinggian 120 cm dari lantai pada hall dan ketinggian 50 cm dari lantai tribun sesuai aktifitas yang dilakukan di hall dan tribun. Termometer yang dipakai berjumlah 5 buah termometer. Termometer yang digunakan yaitu *Wet and Dry Thermometer*. Dari termometer ini dapat diketahui temperatur kering dan basah pada ruangan yang kemudian dapat dihitung kelembabannya.



Gambar 4.14 *Wet and Dry Thermometer* yang digunakan pada pengukuran temperatur di lapangan

Sebelum melakukan pengukuran suhu eksisting, terlebih dahulu disiapkan alat-alat yang akan digunakan. Selain termometer, alat tulis dan kamera sebagai media pendukung juga disiapkan sebelum melakukan pengukuran langsung. Setelah persiapan telah dilakukan, pengukuran langsung dimulai pada pukul 08.00 dan dilanjutkan pada jam berikutnya dengan kurun waktu setiap 1 jam. Pengukuran dilakukan dalam 2 hari dari pukul 08.00 – 15.00. Hasil pengukuran temperatur udara pada GOR Otista seperti pada Gambar 4.13.

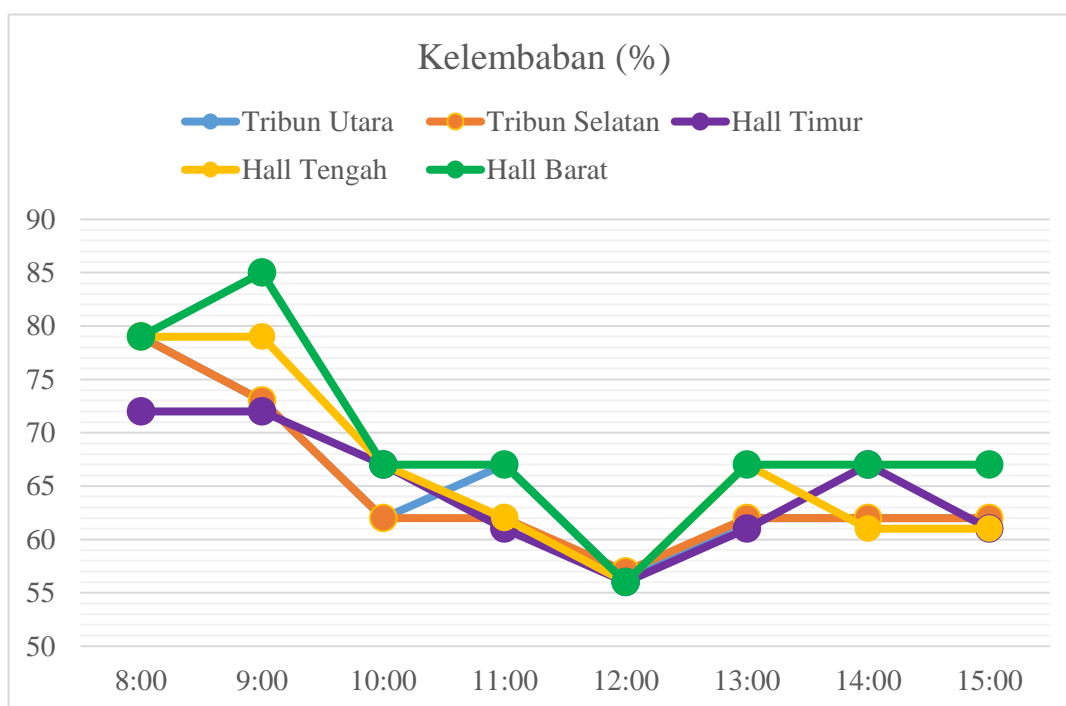


Gambar 4.15 Grafik temperatur udara dalam ruang rata-rata pada pukul 08.00 – 15.00

Tabel 4.2 Temperatur udara dalam ruang rata-rata tiap zona

Pukul	Tribun Utara (°C)	Tribun Selatan (°C)	Hall Timur (°C)	Hall Tengah (°C)	Hall Barat (°C)
08.00	30,0	30,5	29,7	30,1	29,9
09.00	31,1	31,0	30,1	30,7	30,3
10.00	32,8	33,1	31,6	31,9	31,8
11.00	32,9	33,5	32,4	32,6	32,5
12.00	33,5	34,1	32,9	33,0	32,7
13.00	33,2	32,4	32,5	32,6	32,3
14.00	33,5	32,9	32,2	32,3	31,9
15.00	33,4	33,0	32,1	32,5	32,0

Pada gambar 4.13 Grafik temperatur udara rata-rata yang digambarkan merupakan rata-rata temperatur udara dari beberapa titik ukur yang ada di setiap area (Tribun utara, tribun selatan, hall timur, hall tengah, dan hall barat). Berdasarkan hasil pengukuran, terlihat bahwa peningkatan temperatur yang tinggi berada di pukul 10.00 yang kemudian mengalami peningkatan terus menerus hingga pukul 12.00. Pada pukul 13.00 temperatur udara mulai mengalami penurunan namun tidak jauh hingga pukul 15.00. Area hall dan tribun berada dalam kategori tidak nyaman karena terlalu panas temperature udaranya. Standar kenyamanan termal untuk daerah khatulistiwa berdasarkan Lippsmeier (1997) yaitu 19 °C – 26 °C. Sedangkan standar temperatur lingkungan di Indonesia yang termasuk dalam kategori hangat nyaman berdasarkan SNI 03-6572-2001 yaitu 25,8 °C – 27,1 °C dengan ambang batas 31 °C. Area dengan temperatur tertinggi yaitu tribun selatan pada pukul 12.00 dengan temperatur udara 34,1 °C sedangkan area dengan temperatur terendah yaitu hall barat pada pukul 08.00 dengan temperatur 29,9 °C.



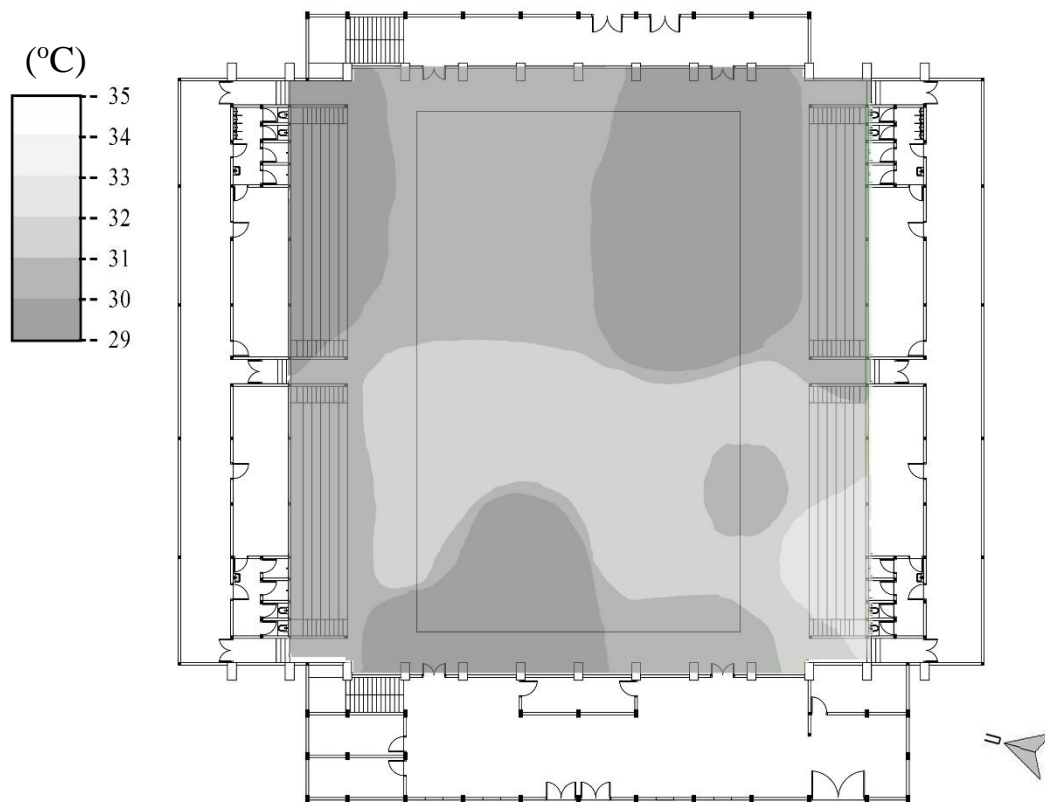
Gambar 4.16 Kelembaban rata-rata pada pukul 08.00 - 15.00

Tabel 4.3 Kelembaban rata-rata tiap zona

Pukul	Tribun Utara (%)	Tribun Selatan (%)	Hall Timur (%)	Hall Tengah (%)	Hall Barat (%)
08.00	79	79	72	79	79
09.00	73	73	72	79	85
10.00	62	62	67	67	67
11.00	67	62	61	62	67
12.00	56	57	56	56	56
13.00	62	62	61	67	67
14.00	62	62	67	61	67
15.00	62	62	61	61	67

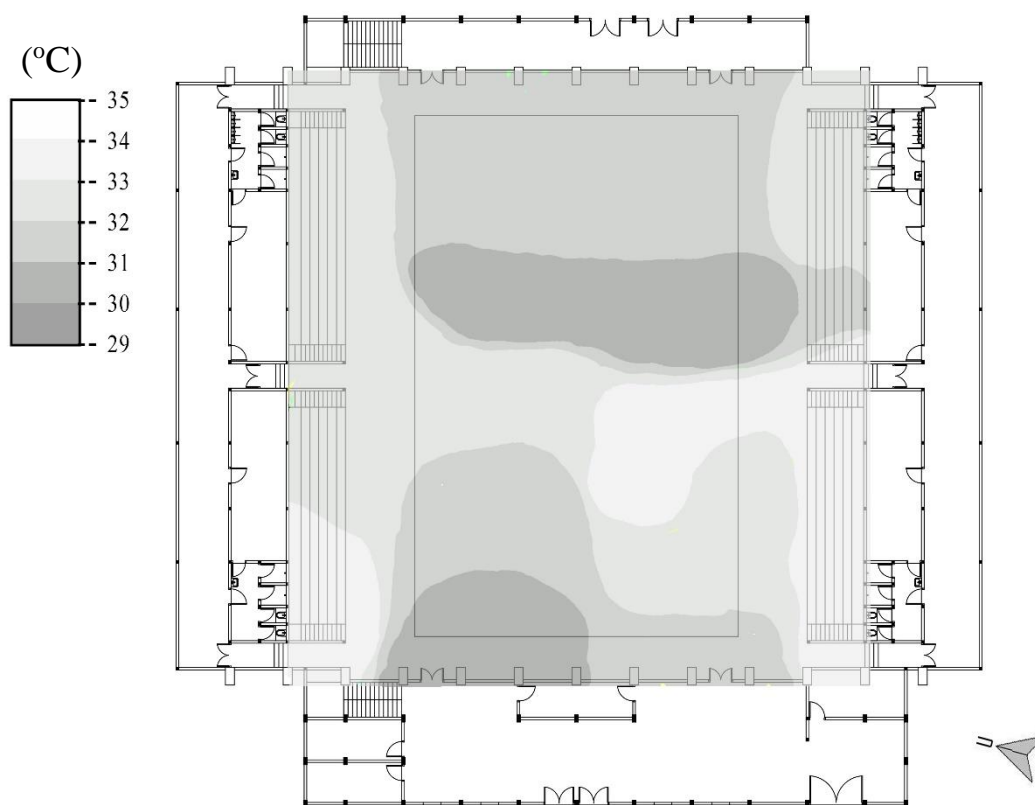
Kelembaban pada ruang olahraga di GOR Otista berkisar 56% - 85%. Area dengan kelembaban tertinggi yaitu hall barat pada pukul 09.00 dengan kadar kelembaban 85%. Berdasarkan hasil tersebut terlihat bangunan mempunyai temperatur udara rata-rata yang tinggi sehingga suhu pada GOR Otista termasuk dalam kategori kurang nyaman. Kontur

temperatur udara pada hall dan tribun GOR Otista terlihat pada Gambar 4.15. Dapat terlihat kontur temperatur udara pada GOR Otista pada tiap jamnya



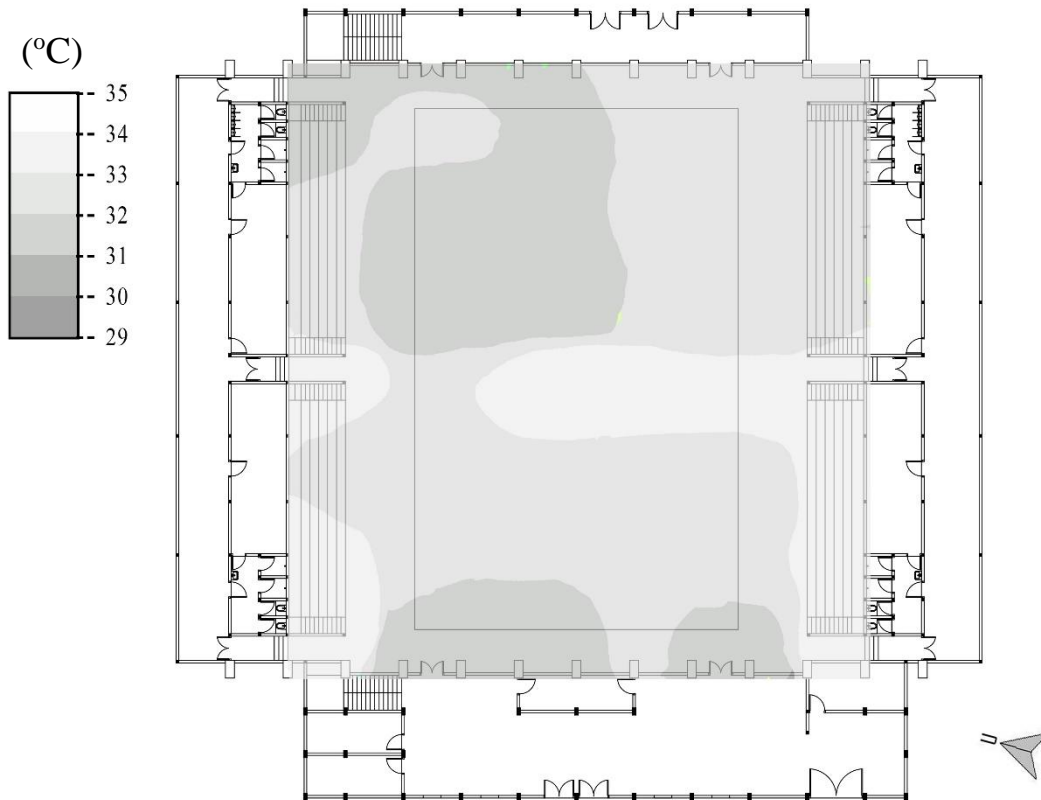
Gambar 4.17 Kontur temperatur udara dalam ruang GOR Otista pada pukul 09.00

Pada pukul 09.00 terlihat bahwa temperatur udara dalam ruang pada GOR Otista ini didominasi oleh kisaran $30^{\circ}\text{C} - 31^{\circ}\text{C}$. Pada sisi selatan bangunan terdapat sisi yang mencapai temperatur 32°C yaitu pada tribun sisi selatan. Pada sisi barat bangunan temperatur ruangan berkisar $29^{\circ}\text{C} - 31^{\circ}\text{C}$ sedangkan pada sisi tengah bangunan temperatur udara ruangan berkisar $31^{\circ}\text{C} - 32^{\circ}\text{C}$ yang merupakan temperatur tertinggi dibandingkan dengan sisi lain. Pada tribun sisi utara temperaturnya berkisar $29^{\circ}\text{C} - 31^{\circ}\text{C}$. Temperatur pada sisi timur dan selatan cenderung memiliki temperatur yang lebih tinggi dibandingkan temperatur pada sisi utara dan barat.



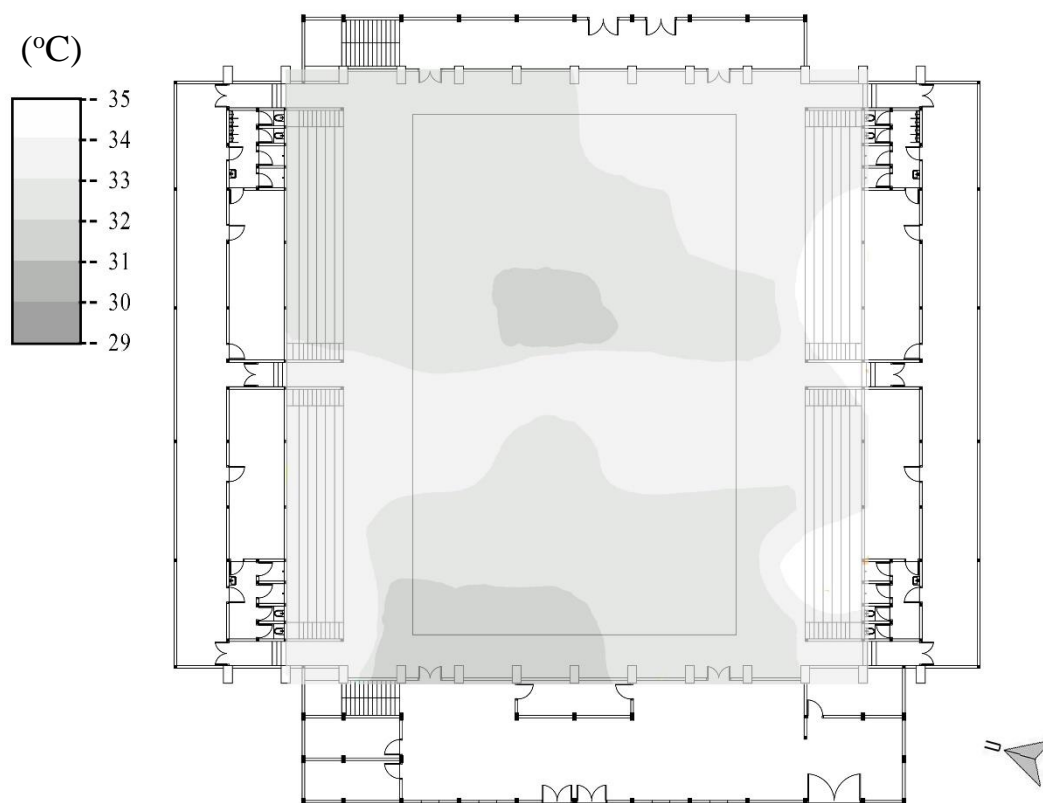
Gambar 4.18 Kontur temperatur udara dalam ruang GOR Otista pada pukul 10.00

Pada pukul 10.00 temperatur udara dalam ruang pada GOR Otista mulai meningkat sampai 34 °C dengan temperatur terendah yaitu 30 °C. temperatur udara dalam ruang yang paling tinggi berada di sisi tribun bagian selatan dan sisi timur. Pada hall barat temperaturnya berkisar dari 30 °C - 32 °C dengan temperatur yang lebih tinggi berada di area yang dekat dengan ruang luar. Pada pukul 10.00 tribun selatan memiliki temperatur yang paling tinggi dengan suhu rata-rata 33,8 °C dan temperatur pada tribun utara, tribun selatan dan hall tengah cukup tinggi yaitu berkisar 32 °C - 34 °C. Peningkatan yang cukup tinggi yaitu pada pukul 10.00 yang temperaturnya naik sampai 3 °C.



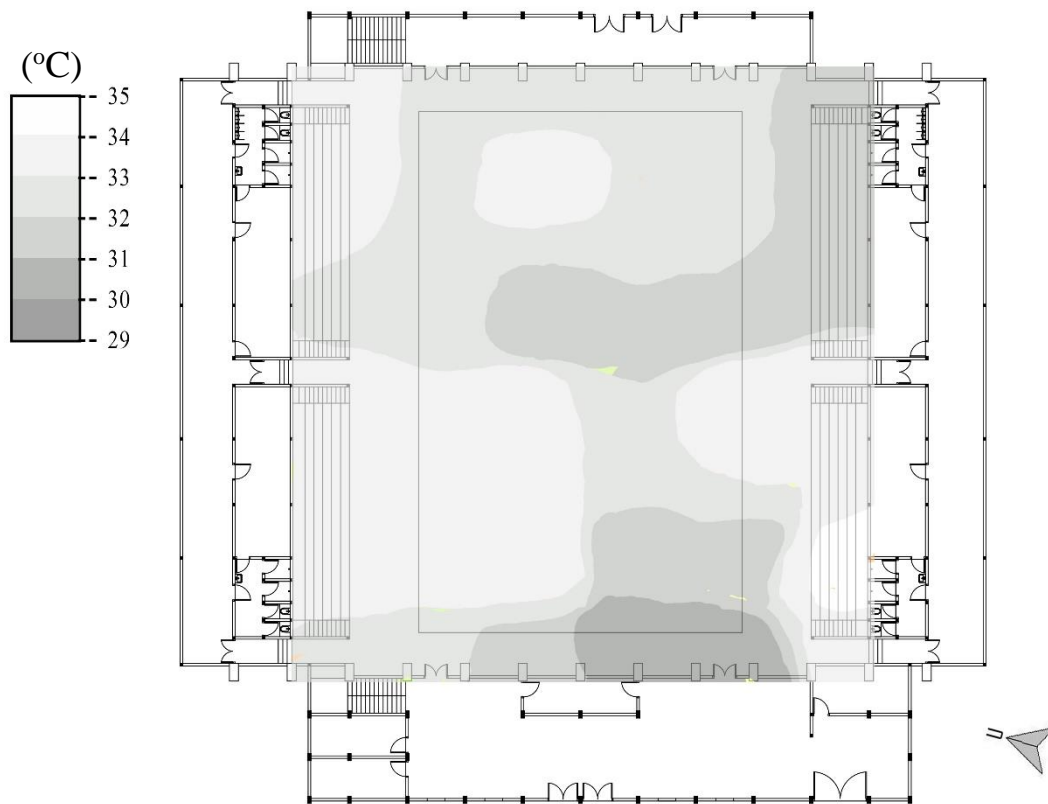
Gambar 4.19 Kontur temperatur udara dalam ruang GOR Otista pada pukul 11.00

Pada pukul 11.00 temperatur udara dalam ruang rata-rata pada GOR Otista semakin meningkat dengan kisaran temperatur udara dalam ruang yaitu 31 °C - 34 °C. Temperatur yang paling tinggi berada di sisi tribun selatan, tribun utara, dan hall tengah, sedangkan temperatur terendah berada di sisi hall barat. Tribun pada sisi atas merupakan area yang berhubungan langsung dengan area luar sehingga memungkinkan area ini mempunyai temperatur yang lebih tinggi dibandingkan pada zona hallnya. Pada pukul 11.00 tribun selatan memiliki temperatur yang paling tinggi dengan temperatur rata-rata 33,7 °C dan temperatur pada tribun utara, tribun selatan dan hall tengah cukup tinggi yaitu berkisar 32 °C - 34 °C.



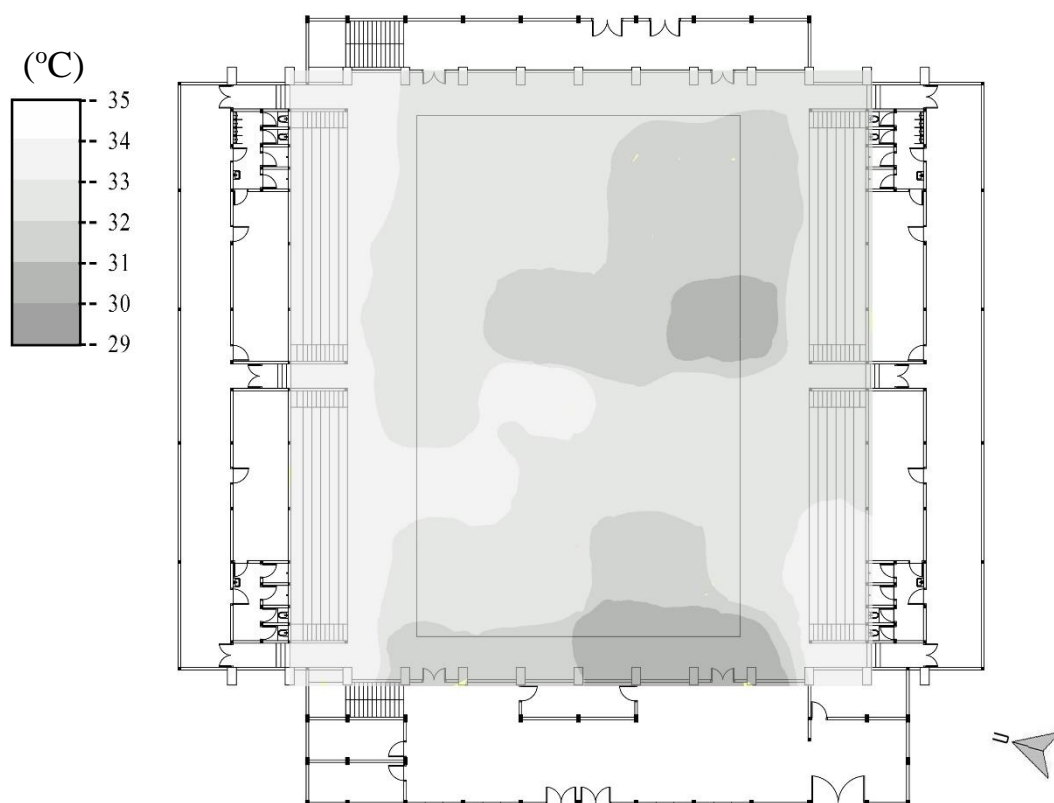
Gambar 4.20 Kontur temperatur udara dalam ruang GOR Otista pada pukul 12.00

Pada pukul 12.00 temperatur udara dalam ruangan semakin meningkat terutama pada hall tengah, hall barat, dan tribun selatan dengan temperaur rata-rata hall tengah yaitu 33 °C. Area dengan temperatur tertinggi berada di sisi tribun selatan dengan rata-rata temperaturnya yaitu 34,1 °C. Kisaran temperatur pada pukul 12.00 yaitu 31 °C - 35 °C dengan temperatur udara terendah berada di hall timur yang berdekatan dengan pintu masuk utama hall GOR Otista. Temperatur udara terendah berada di sisi barat dengan rata-rata temperaturnya yaitu 32,7 °C.



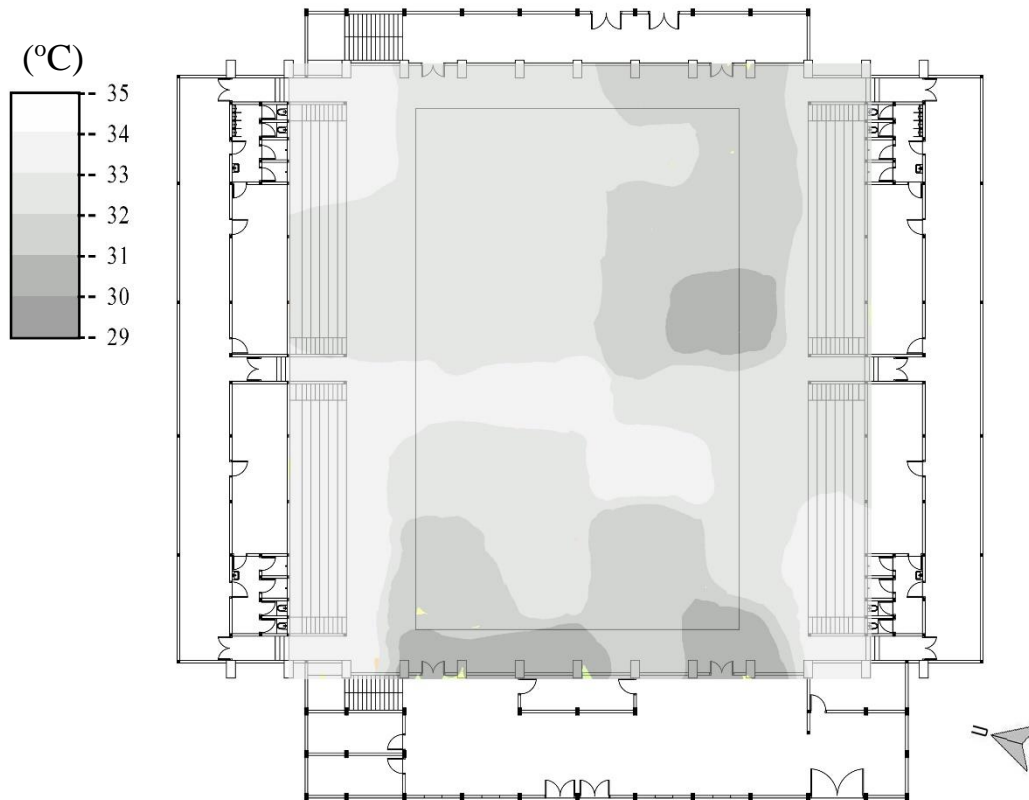
Gambar 4.21 Kontur temperatur udara dalam ruang GOR Otista pada pukul 13.00

Pada pukul 13.00 temperatur udara dalam ruangan mengalami sedikit penurunan terutama pada tribun selatan dengan temperatur udara rata-rata yaitu 32,4 °C. Area dengan temperatur tertinggi berada di sisi tribun utara dengan rata-rata temperatur 33,2 °C dan hall tengah dengan rata-rata temperatur 32,6 °C. Kisaran temperatur udara pada pukul 13.00 yaitu 30 °C - 35 °C dengan temperatur udara terendah berada di hall timur yang berdekatan dengan pintu masuk utama hall GOR Otista.



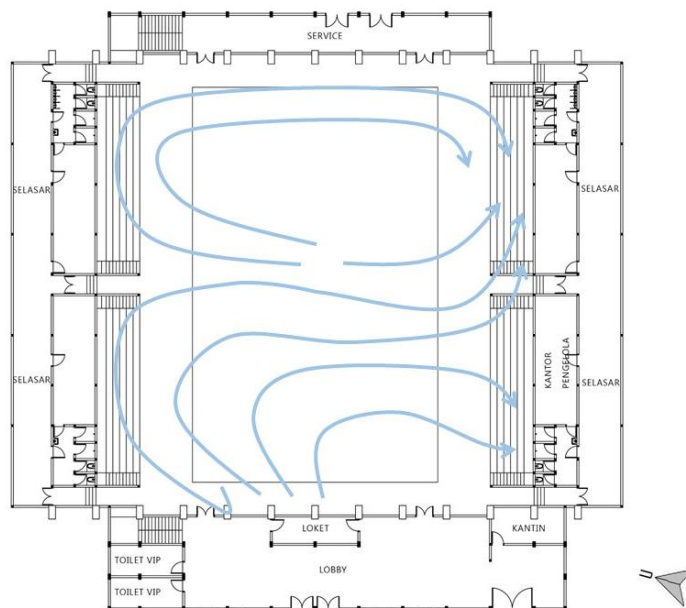
Gambar 4.22 Kontur temperatur udara dalam ruang GOR Otista pada pukul 14.00

Pada pukul 14.00 temperatur udara dalam ruangan mengalami penurunan pada tribun selatan, hall tengah, hall barat, dan hall timur dan kenaikan pada tribun utara. Temperatur rata-rata pada tribun utara yaitu 33,5 °C. Area dengan temperatur terendah berada di sisi hall timur dengan rata-rata temperatur 32,2 °C dan hall tengah dengan rata-rata temperatur 32,2 °C. Kisaran temperatur udara pada pukul 14.00 yaitu 30 °C - 34 °C dengan temperatur terendah tetap berada di hall timur yang berdekatan dengan pintu masuk utama hall GOR Otista.



Gambar 4.23 Kontur temperatur udara dalam ruang GOR Otista pada pukul 15.00

Pada pukul 15.00 temperatur udara dalam ruangan tidak terlalu banyak mengalami perubahan hanya terdapat sedikit penurunan pada sisi hall timur yang rata-rata temperaturnya menjadi 32,1 °C dan sedikit kenaikan pada hall barat yang rata-rata temperaturnya menjadi 32,0 °C. Kisaran temperatur pada pukul 15.00 yaitu 30 °C - 34 °C dengan temperatur terendah tetap berada di hall timur yang berdekatan dengan pintu masuk utama hall GOR Otista. Dari 9 kontur temperatur udara pada kondisi eksisting GOR Otista, terlihat ketidak merataan temperatur udara terutama pada sisi tribun yang rata-rata temperatur udaranya relatif tinggi. Sisi hall barat merupakan zona yang temperatur udaranya paling rendah sepanjang hari dikarenakan posisinya yang berada di barat sehingga tidak terpapar matahari secara langsung. Dari kontur temperatur udara dalam ruang pada bangunan, dapat diilustrasikan aliran udara pada ruang dari temperatur rendah ke temperatur yang lebih tinggi seperti pada Gambar 4.24. Aliran udara dalam ruang mengalir dari hall barat dan hall timur ke arah utara kemudian berbelok lagi menuju ke selatan yang merupakan zona tribun. Zona hall barat dan hall timur memiliki rata-rata temperatur yang paling rendah sehingga perpindahan aliran udaranya berasal dari timur dan barat.



Gambar 4.24 Ilustrasi aliran udara pada GOR Otista

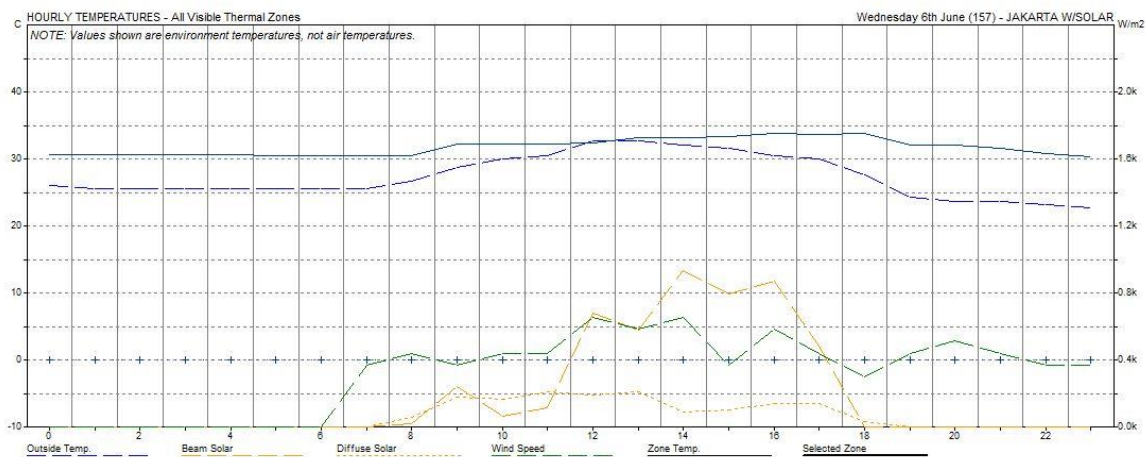
Salah satu faktor yang menyebabkan area hall dan tribun menjadi kurang nyaman karena temperatur udara dalam ruang yang terlalu tinggi yaitu bentuk dan luas bukaan jendela, bentuk dinding dan bentuk atap yang kurang tepat dan juga tidak terdapat *shading device* pada bukaan jendela. Orientasi bangunan ini sudah baik karena memanjang pada sisi barat-timur dan bukaan pada sisi utara dan selatan, namun pada area utara dan selatan ini cenderung masih memiliki temperature udara yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena setiap bukaan jendela di sisi selatan dan utara GOR Otista ini tidak terdapat *shading device* yang dapat mengurangi paparan panas matahari yang masuk ke bangunan. Bukaan jendela pada ruangan juga tidak dalam posisi terbuka sehingga memungkinkan udara panas menjadi tertahan di dalam bangunan. Selain bukaan pada bangunan, hal lain yang dapat mempengaruhi suhu pada GOR Otista ini yaitu bentuk atap yang tidak terdapat bukaan sehingga udara panas tidak dapat mengalir ke luar bangunan.

4.4 Simulasi Pengukuran Temperatur pada GOR Otista

Simulasi merupakan pengukuran pencahayaan dalam bangunan dengan cara digital dan menggunakan *software* khusus. Fungsi dan penggunaan simulasi ini sebagai tahap keakuratan hasil dari suatu penelitian pada lapangan. Simulasi pengukuran temperatur pada bangunan ini menggunakan *software Ecotect Analysis 2011*. Data cuaca pada kota Jakarta dan orientasi bangunan dibutuhkan untuk mengetahui temperatur lingkungan sekitar GOR

Otista. Bukaan pada bangunan dan bentuk interior bangunan juga mempengaruhi temperatur pada bangunan.

Simulasi yang dilakukan yaitu mereplika bangunan pada *software* digital. Pemasangan bukaan pada sisi utara dan selatan mengikuti kondisi eksisting bangunan saat melakukan pengukuran pada lapangan. Kemudian memasukan data cuaca kota Jakarta pada *software* untuk menyesuaikan dengan kondisi lapangan. Penentuan waktu simulasi disesuaikan dengan waktu penelitian yaitu pada tanggal 6 Juni 2017 pukul 08.00 – 15.00 WIB. Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, temperatur yang paling tinggi berada pada pukul 13.00 sebesar 33,5 °C dan mulai meningkat tinggi pada pukul 09.00 kemudian pada pukul 14.00 mulai kembali menurun namun perbedaannya tidak terlalu jauh. Berikut merupakan hasil simulasi temperatur udara dalam ruang bangunan pada ruang olahraga.



Gambar 4.25 Grafik temperatur udara dalam ruang GOR Otista pada simulasi dengan *software Ecotect Analysis 2011*

Tabel 4.4 Temperatur Udara dalam Ruang GOR Otista pada Simulasi dengan *Software Ecotect Analysis 2011*

Pukul	Temperatur (°C)
08.00	30,5
09.00	32,2
10.00	32,2
11.00	32,5
12.00	32,7
13.00	33,5
14.00	33,2
15.00	33,5

Standar temperatur lingkungan di Indonesia menurut SNI 03-6572-2001 sebesar 25,8 °C – 27,1 °C dengan ambang batas 31 °C. Hasil simulasi menunjukkan temperatur udara dalam ruang bangunan berkisar antara 30,5 °C – 33,5 °C, sehingga dapat disimpulkan bahwa temperatur bangunan masih terlalu tinggi untuk temperatur udara dalam ruang di Indonesia.

4.5 Perbandingan Hasil Pengukuran dan Simulasi

Tahap selanjutnya ialah membandingkan antara hasil pengukuran lapangan dengan hasil simulasi. Pada tahap ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan hasil dari penelitian lapangan dengan rumus sebagai berikut:

$$Relative\ Error = \frac{Pengukuran\ Lapangan - Simulasi}{Simulasi} \times 100\%$$

Besaran *relative error* yang ditentukan ialah maksimal 10% dari perbandingan antara hasil penelitian dengan simulasi. Berikut merupakan perbandingan antara hasil penelitian lapangan dengan simulasi.

Tabel 4.5 Validasi Perbandingan Data Penelitian

Pukul	Temperatur		Selisih Perbandingan	<i>Relative Error</i>
	Lapangan	Simulasi		
08.00	30,1 °C	30,5 °C	0,4	1,3 %
09.00	30,6 °C	32,2 °C	1,6	4,9 %
10.00	32,2 °C	32,2 °C	0	0 %
11.00	32,7 °C	32,5 °C	0,2	0,6 %
12.00	33,2 °C	32,7 °C	0,5	1,5 %
13.00	32,6 °C	33,5 °C	0,9	2,7 %
14.00	32,5 °C	33,2 °C	0,7	2,1 %
15.00	32,6 °C	33,5 °C	0,9	2,7 %

Berdasarkan hasil validasi tersebut, temperatur pada penelitian lapangan dengan hasil simulasi memiliki keakuratan sebesar 0% - 4,9% dengan rata-rata sebesar 1,9 %. Sehingga

dapat disimpulkan bahwa data antara penelitian lapangan dengan simulasi memiliki kesamaan dikarenakan nilai yang dihasilkan pada kedua data tidak berbeda jauh. Data yang didapatkan dari hasil penelitian lapangan dapat dikatakan valid.

4.6 Rekomendasi Desain

Berdasarkan hasil kesimpulan analisis pengukuran dan simulasi kondisi eksisting bangunan, ruang olahraga ini membutuhkan rekomendasi desain dikarenakan temperatur udara di dalam bangunan masih terlalu tinggi untuk temperatur udara ruangan di Indonesia. Ruang olahraga GOR Otista memiliki temperatur udara pada ruangan terlalu tinggi dan penyebarannya pada ruangan tidak merata. Temperatur udara yang tinggi didominasi pada area tribun utara dan tribun selatan. Rekomendasi desain dilakukan dengan menganalisis setiap alternatif rekomendasi dan melakukan simulasi alternatif rekomendasi menggunakan *software Ecotect Analysis 2011*. Simulasi dilakukan dengan menambahkan elemen selubung bangunan berupa bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap. Melalui tahap simulasi, hasil akhir akan didapatkan desain selubung bangunan yang baik dan sesuai untuk meningkatkan pengendalian termal bangunan dengan menurunkan temperatur udara pada GOR Otista.

Rekomendasi desain selubung bangunan dilakukan melalui simulasi variabel bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap. Dari setiap variabel tersebut terdapat beberapa jenis dan dimensi dari bukaan ventilasi dan pembayangan matahari untuk bangunan yang kemudian dianalisis tiap jenis dan dimensinya. Berikut adalah hasil rekomendasi desain selubung pada ruang yang diteliti.

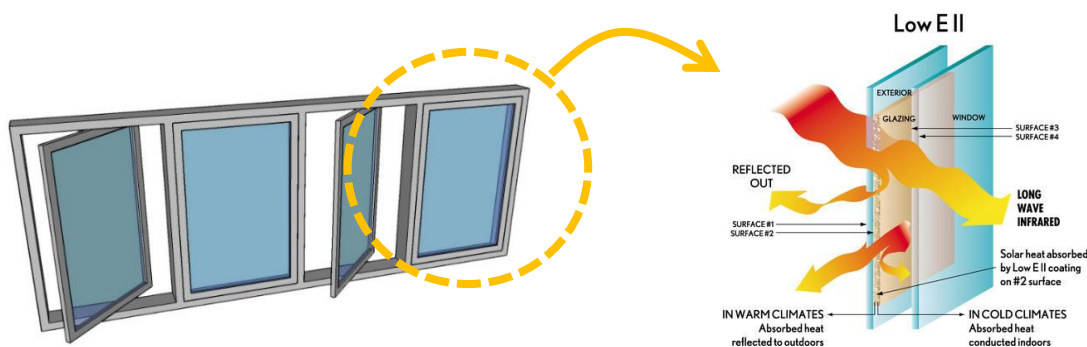
4.6.1. Rekomendasi Bukaan Ventilasi

Berdasarkan hasil analisis temperatur ruangan melalui pengukuran langsung di lapangan dan simulasi, terlihat bahwa ruang olahraga pada GOR Otista memiliki temperatur yang cukup tinggi hingga mencapai 34 °C. Temperatur udara rata-rata pada kondisi eksisting pada zona hall yaitu 31,8 °C. SNI 03-6572-2001 menyebutkan standar temperatur ruang untuk Indonesia sebesar 25,8 °C – 27,1 °C dengan ambang batas 31 °C. Oleh karena itu rekomendasi desain bukaan ventilasi bertujuan untuk menurunkan temperatur udara GOR Otista hingga mendekati ambang batas 31 °C dibandingkan dengan temperatur pada kondisi

eksisting. Alternatif rekomendasi bukaan didapatkan melalui analisis jenis bukaan ventilasi yang dapat mengalirkan udara paling maksimal, arah udara pada sekitar bangunan, dan aktivitas yang ada di sekitar bukaan ventilasi.

Beberapa jenis bukaan ventilasi dicoba untuk digunakan pada bangunan GOR Otista sebagai 3 alternatif rekomendasi desain bukaan ventilasi. Penggunaan bukaan ventilasi pada dinding sebagai penambah aliran udara pada ruangan untuk menurunkan temperatur udara merupakan salah satu strategi yang banyak dipakai pada beberapa bangunan. Kondisi eksisting Gedung Olahraga Otista menggunakan jenis bukaan jendela yang merupakan jendela mati yang jenis kacanya tidak dapat dibuka sehingga tidak ada aliran udara yang masuk maupun keluar.

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan dan simulasi, bukaan ventilasi pada bangunan ini menjadikan temperatur bangunan menjadi tinggi. Orientasi bukaan ventilasi pada bangunan ini sudah benar dengan arah bukaan ventilasi yaitu utara dan selatan namun temperatur bangunan tetap tinggi. Sehingga rekomendasi yang tepat ialah dengan merancang bukaan ventilasi dengan bukaan yang dapat dibuka dan ditutup dengan rasio bukaan sesuai kebutuhan dan material tetap dengan kaca transparan sehingga cahaya matahari dapat masuk ke bangunan. Namun pada material kaca ini diganti dengan menggunakan jenis kaca *double glass low-e*, pemilihan ini berdasarkan studi penelitian terdahulu yang menilai bahwa jenis kaca tersebut lebih baik dalam menangkal panas matahari. Ketiga alternatif rekomendasi ventilasi ini simulasinya langsung menggunakan jenis kaca *double glass low e*.

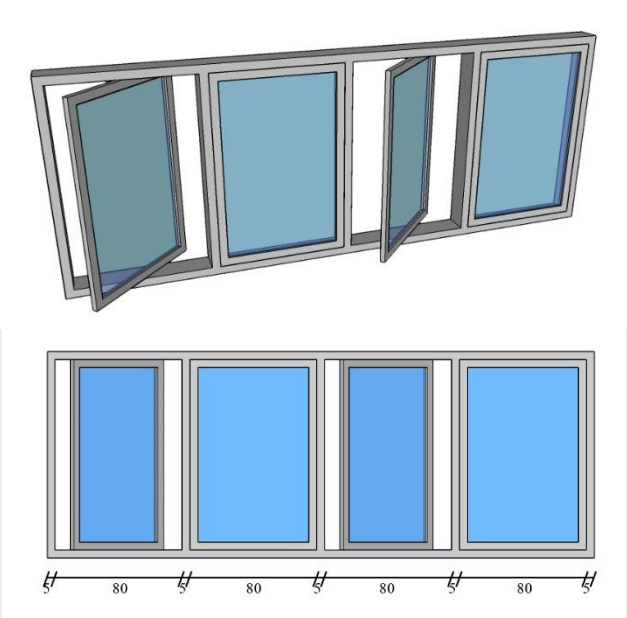
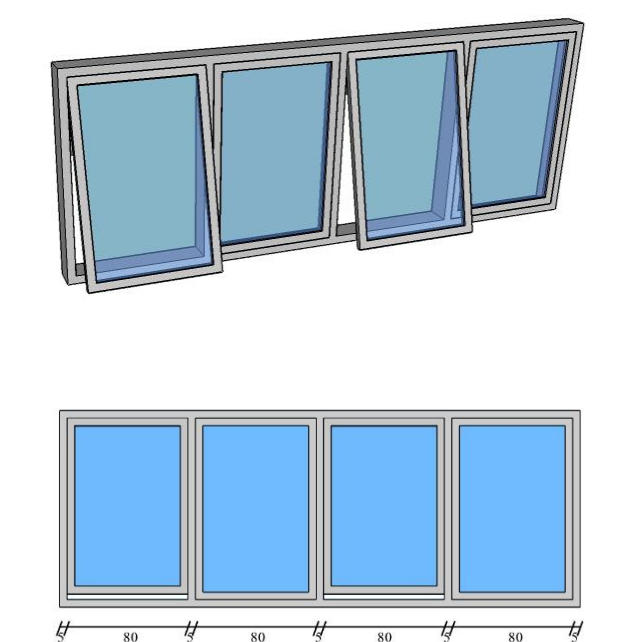


Gambar 4.26 Penggunaan jenis kaca *double glass low e* pada bangunan

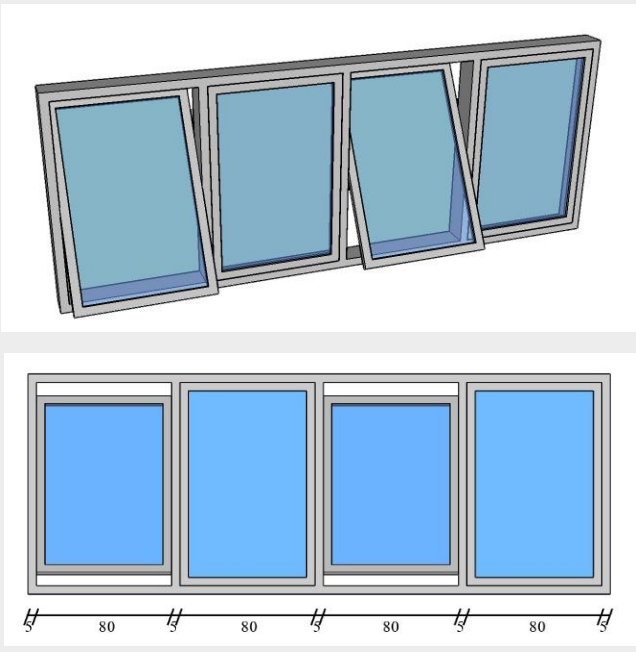
Sumber: <http://www.greenbuildingadvisor.com/blogs/dept/energy-solutions/window-performance-2-magic-low-e-coatings>

Sistem pencegahan radiasi panas matahari pada *double glass low e* ini yaitu panas akan diserap oleh *low e* dan pada cuaca panas panas yang diserap akan dibalikkan ke luar bangunan. Namun dengan material transparan ini cahaya matahari akan tetap masuk ke dalam bangunan. Berikut tabel ulasan bukaan pada tiap alternatif rekomendasi.

Tabel 4.6 Rekomendasi Bukaannya Ventilasi

	Ilustrasi Bukaannya Ventilasi	Keterangan
Rekomendasi 1 (V1)		<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan jenis bukaan <i>vertically pivoted</i>. • Bukaan ini memiliki rasio 75% dari luasan bukaannya untuk memasukkan aliran udara ke dalam bangunan. • Pivot vertikal ini juga dapat mengarahkan aliran udara yang masuk dan keluar. • Panjang bukaan mengikuti ukuran alternatif <i>shading device</i>.
Rekomendasi 2 (V2)		<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan jenis bukaan <i>casement top-hung</i>. • Bukaan ini tetap sama memiliki rasio 75% dari luasan bukaan untuk memasukkan aliran udara ke dalam bangunan. • Bukaan jenis ini dipertimbangkan karena peletakkannya berada 4,00 meter dari lantai 1 sehingga aliran udara dapat masuk lebih mudah. • Panjang bukaan mengikuti ukuran alternatif <i>shading device</i>.

Rekomendasi (V3)



- Menggunakan jenis bukaan *horizontally pivoted*.
- Bukaan ini tetap sama memiliki rasio 75% dari luasan bukaan untuk memasukkan aliran udara ke dalam bangunan.
- Bukaan jenis ini dipertimbangkan karena peletakkannya berada 4,00 meter dari lantai 1 sehingga aliran udara dapat masuk lebih mudah.
- Panjang bukaan mengikuti ukuran alternatif *shading device*.

4.6.2 Rekomendasi *Shading Device*

Bukaan ventilasi pada bangunan diperlukan untuk memasukkan cahaya matahari ke dalam bangunan. Namun selain cahaya bangunan, panas matahari juga dapat masuk ke bangunan dan temperature bangunan menjadi tinggi. Pada Gedung Olahraga Otista sudah terdapat *shading device* pada jendela dengan jenis *horizontal multiple blades*. Namun jenis *shading device* ini digunakan pada bangunan dikarenakan jendela pada bangunan eksisting merupakan jendela mati sehingga jendela pada bangunan eksisting hanya berfungsi memasukkan cahaya matahari saja. *Shading device* terdapat 2 macam yaitu pada dinding dan atap. Jenis *shading device* dinding yang dapat digunakan terdapat 2 jenis yaitu *horizontal single blade* dan *horizontal multiple blades*. Kedua jenis ini dipilih karena jenis *shading device* ini ideal untuk bukaan yang orientasinya menghadap ke selatan dan utara.

Untuk menentukan panjang dari *shading device* membutuhkan penentuan sudut bayang vertikal (SBV). Menggunakan *sunpath diagram* sebagai alat pengukur sudut SBV dengan menentukan arah bukaan pada tanggal 22 Juni, 22 Maret dan 22 Desember sebagai perwakilan waktu pergerakan matahari selama 1 tahun. Pemilihan waktu pada pukul 10.00

WIB, 12.00 WIB, dan 15.00 WIB yang merupakan waktu pencahayaan matahari secara maksimal. Sisi bukaan yang diukur yaitu pada sisi utara dan selatan karena kedua sisi tersebut merupakan sisi terbaik untuk merancang bukaan pada bangunan dan bukaan tersebut membutuhkan *shading device* agar silau yang membawa panas matahari tidak masuk ke dalam bangunan. Berikut merupakan data rincian mengenai SBV pada sisi utara dan selatan Gedung Olahraga Otista.

Tabel 4.7 Rincian SBV pada Sisi Utara Gedung Olahraga Otista

PUKUL	22 Juni	22 Maret	22 Desember
09.00	60°	-	-
12.00	62°	84°	-
16.00	38°	69°	-

Tabel 4.8 Rincian SBV pada Sisi Selatan Gedung Olahraga Otista

PUKUL	22 Juni	22 Maret	22 Desember
09.00	-	88°	58°
12.00	-	-	72°
16.00	-	-	65°

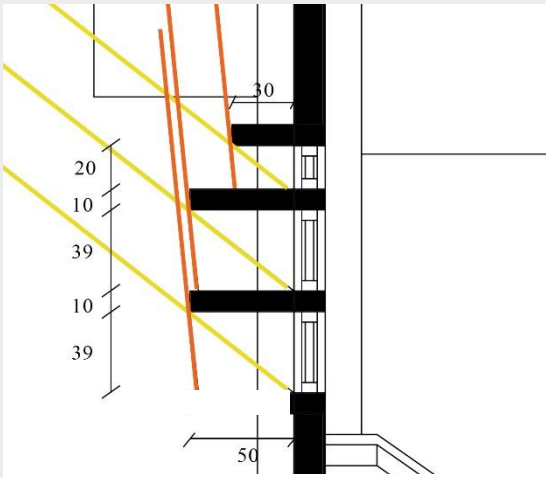
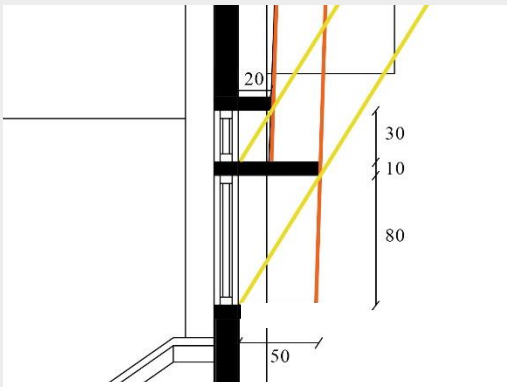
Tabel menunjukkan sudut angka yang berbeda pada bukaan sisi utara dan selatan pada Gedung Olahraga Otista. Berdasarkan hasil sudut yang berbeda dapat disimpulkan bahwa setiap bukaan yang ada pada kedua sisi bangunan membutuhkan perlakuan yang berbeda. Hal ini diperlukan agar radiasi matahari tidak masuk ke dalam bangunan sehingga kondisi temperatur udara di dalam ruangan tidak tinggi. Acuan yang dipakai yaitu berdasarkan data pergerakan matahari dengan jumlah SBV terbesar dan terkecil pada bukaan dikedua sisi bangunan. Berikut merupakan rekomendasi *shading device* yang disesuaikan dengan sudut SBV pada sisi utara dan selatan bangunan.

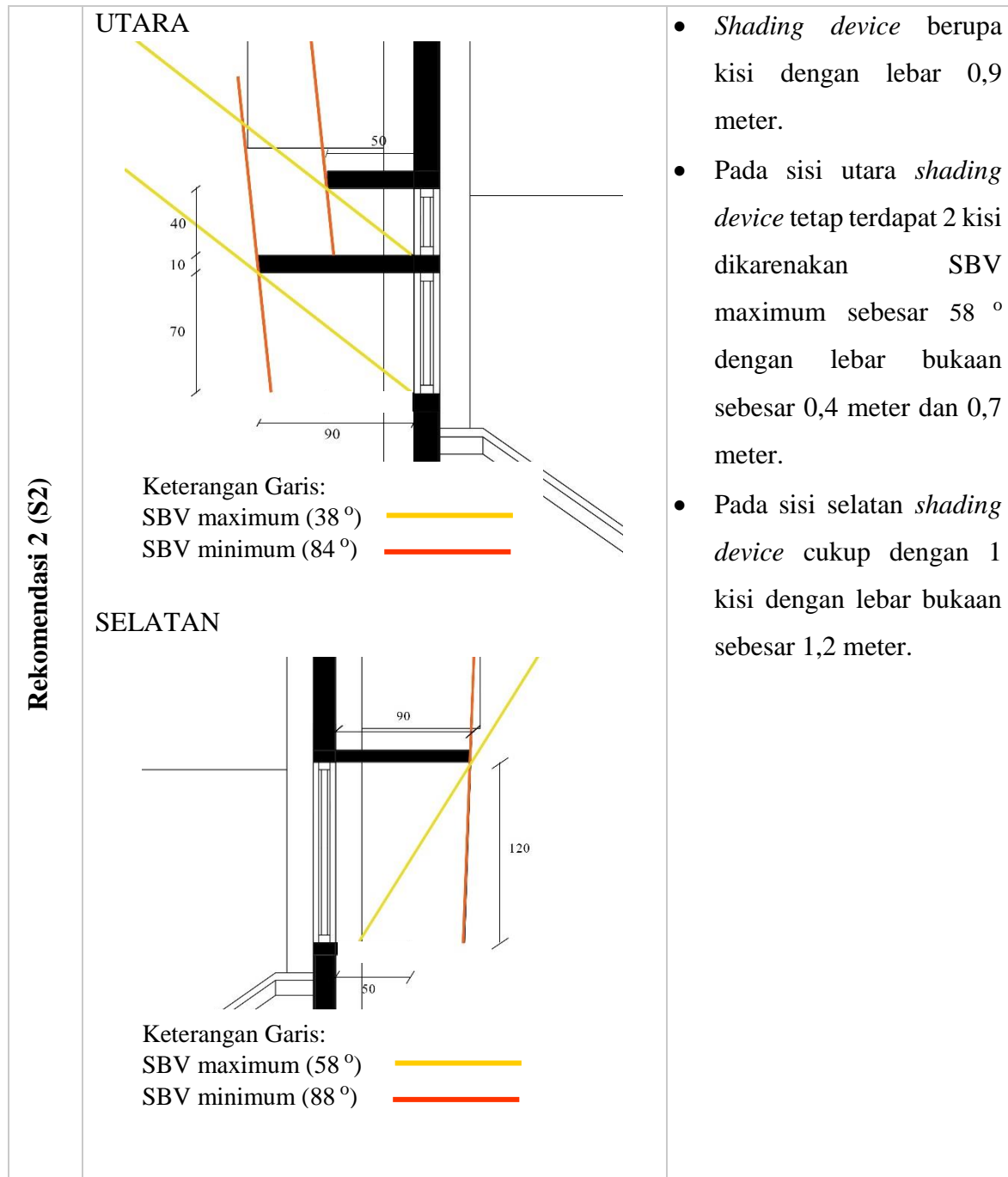
Dari beberapa jenis *shading device* yang ada kemudian dicoba untuk digunakan pada Gedung Olahraga Otista dengan memasukkan 2 jenis *shading device* untuk 2 alternatif rekomendasi desain *shading device*. Penggunaan *shading device* pada dinding sebagai penghalang panas matahari masuk ke dalam bangunan untuk menurunkan suhu merupakan salah satu cara yang banyak dipakai pada beberapa bangunan terutama bangunan olahraga.

Modifikasi *shading device* pada dinding juga disesuaikan dengan standar kebutuhan standar temperatur pada bangunan.

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan dan simulasi, *shading device* pada bangunan ini tetap tidak memberikan pengaruh kepada bangunan sehingga temperatur bangunan tetap dalam kondisi temperatur yang tinggi. Orientasi bukaan ventilasi pada bangunan ini didominasi pada sisi utara-selatan sehingga peletakkan *shading device* ini menyesuaikan bukaan ventilasi yang ingin dilindungi dari panas matahari. Berikut tabel ulasan bukaan ditiap alternatif rekomendasi.

Tabel 4.9 Rekomendasi Pembayangan Matahari

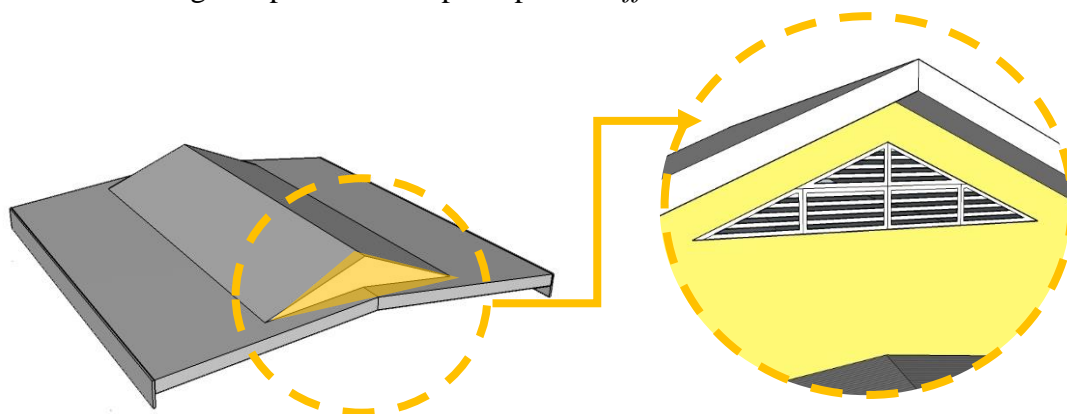
Illustrasi Pembayangan Matahari		Keterangan
Rekomendasi 1 (S1)	<p>UTARA</p>  <p>Keterangan Garis: SBV maximum (38°) ———— SBV minimum (84°) ————</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ukuran pembayangan matahari selebar 0,5 meter. • Bentuk <i>shading device</i> berupa kisi-kisi. • Pemakaian <i>shading device</i> pada sisi utara dan selatan dengan lebar bukaan yaitu 0,39 meter dan 0,2 meter pada sisi utara sedangkan 0,8 meter dan 0,3 meter pada sisi selatan.
	<p>SELATAN</p>  <p>Keterangan Garis: SBV maximum (58°) ———— SBV minimum (88°) ————</p>	



Dari ketiga rekomendasi tersebut akan dilakukan simulasi dengan menggabungkan rekomendasi dari bukaan ventilasi dan bukaan atap sehingga terdapat beberapa kemungkinan rekomendasi desain selubung dan dapat terlihat rekomendasi yang dapat menurunkan suhu lebih efektif.

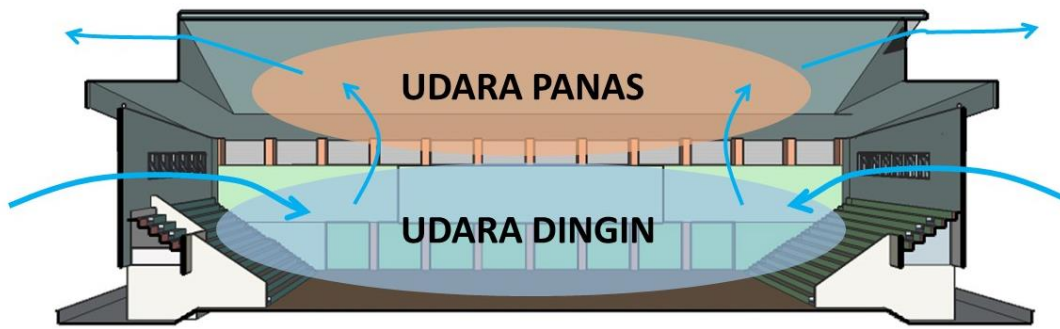
4.6.3 Rekomendasi Bukaannya Atap

Kondisi eksisting atap pada bangunan memakai jenis atap pelana dengan material seng. Alternatif rekomendasi bukaan desain atap pada GOR Otista yaitu dengan memberi bukaan pada sisi atap sehingga aliran udara yang masuk ke bangunan dapat dikeluarkan melalui atap. Sistem ini mengacu pada prinsip *stack effect*. Inlet yang merupakan bukaan ventilasi yang berada di sisi utara dan selatan akan mengalirkan udara dingin dari luar ke dalam bangunan (Boutet, 1987). Sedangkan outlet berupa bukaan yang ada di atap akan mengeluarkan udara panas dari dalam ke luar bangunan. Berikut bentuk atap yang direkomendasikan agar dapat memakai prinsip *stack effect*.

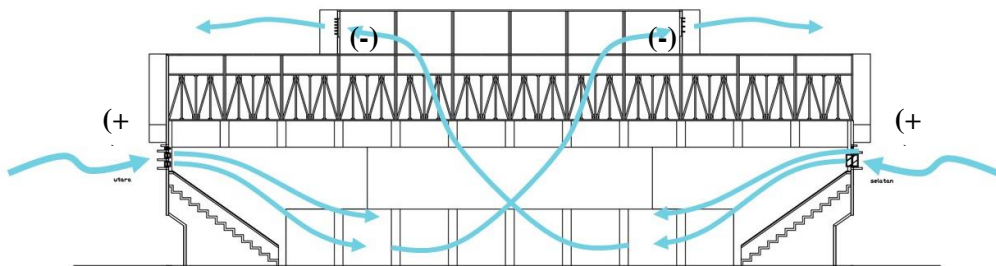


Gambar 4.27 Rekomendasi bentukan atap dan bentuk bukaan atap GOR Otista

Pada daerah berwarna kuning merupakan posisi bukaan pada atap. Selain bentuk atap, terdapat bentuk bukaan atap untuk mendukung prinsip *stack effect* pada bangunan. Pada tiap rekomendasi bukaan, orientasi bukaan ditentukan menghadap ke utara dan selatan. Fungsi dari bukaan pada atap yaitu untuk mengeluarkan udara panas yang ada di dalam bangunan. Udara dingin bersifat lebih padat dibandingkan udara panas sehingga udara dingin yang ada di sisi bawah akan membawa udara panas ke atap dan bukaan atap inilah yang akan mengeluarkan udara panas tersebut seperti pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Penerapan *stack effect* pada bangunan

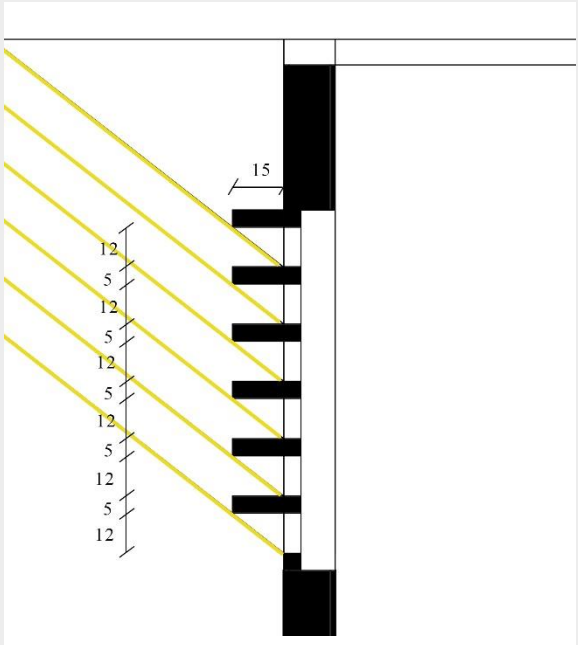
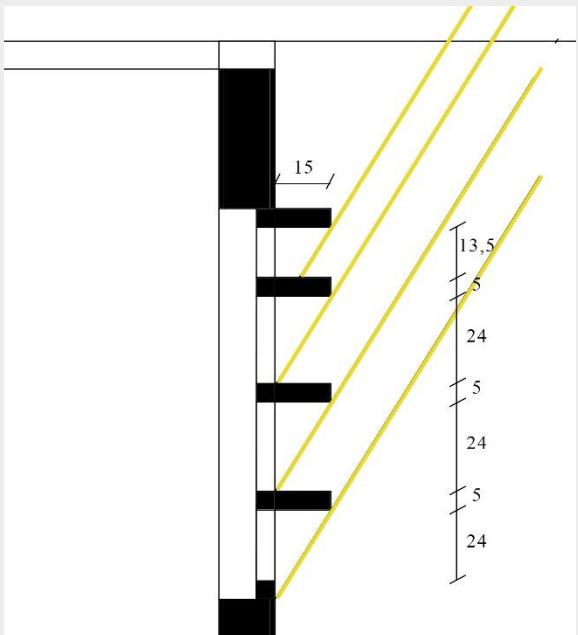


Gambar 4.29 Ilustrasi aliran udara pada bangunan dengan *stack effect*

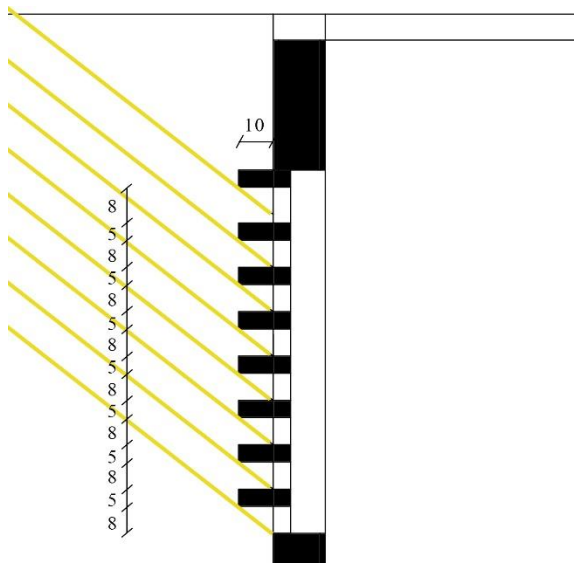
Sistem *stack effect* yang diterapkan ke dalam bangunan yaitu dengan mengfungsikan bukaan ventilasi pada dinding sebagai inlet dan aliran udara dingin akan masuk ke dalam bangunan. Karena masuknya aliran udara dingin maka udara panas yang ada di dalam bangunan mulai naik sehingga akan keluar melalui outlet berupa bukaan pada atap. Pada kondisi eksisting, atap dari gedung olahraga ini berbentuk perisai tanpa adanya bukaan atap atau ventilasi atap. Hal ini menyebabkan kondisi ruang yang mempunyai temperatur udara dalam ruang tinggi yang berkisar 29°C - 34°C . Untuk mendukung sistem *stack effect* pada bangunan ini ditambahkan bukaan berupa kisi-kisi sebagai outlet.

Berikut merupakan ulasan alternative rekomendasi desain bukaan atap pada GOR Otista. Rekomendasi desain bukaan ini dibedakan dengan jarak antar kisi-kisi yang ditentukan dari SBV bangunan. Hal ini diperhitungkan agar silau yang membawa panas matahari tetap tidak dapat masuk ke bangunan.

Tabel 4.10 Rekomendasi Bukaannya Atap

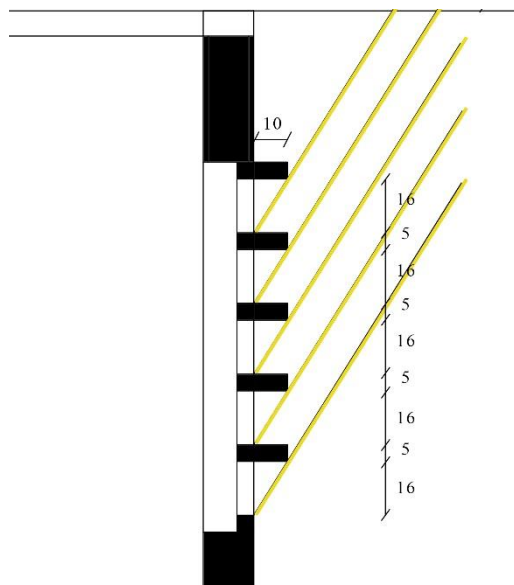
Rekomendasi 1 (A1)	Ilustrasi Bentuk Bukaannya Atap	Keterangan
	<div data-bbox="327 324 906 1108"> <p>UTARA</p>  <p>Keterangan Garis: SBV maximum (38 °)</p> </div> <div data-bbox="327 1164 906 1948"> <p>SELATAN</p>  <p>Keterangan Garis: SBV maximum (58 °)</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> • Bentuk bukaan atap berupa lubang udara yang terbentuk menjadi kisi-kisi. • Jarak antar kisi dan lebar dari kisi-kisi ini ditentukan dari SBV maximum bangunan sehingga terdapat jarak antar kisi untuuk memasukkan udara namun panas matahari tidak ikut masuk. • Lebar bukaan pada sisi utara yaitu 12 cm dan lebar kisi-kisi yaitu 15 cm. • Lebar bukaan pada sisi selatan yaitu 24 cm dan lebar kisi-kisi yaitu 15 cm.

UTARA



Keterangan Garis:
SBV maximum (58°)

SELATAN



Keterangan Garis:
SBV maximum (58°)

- Bentuk bukaan atap berupa lubang udara yang terbentuk menjadi kisi-kisi.
- Jarak antar kisi dan lebar dari kisi-kisi ini ditentukan dari SBV maximum bangunan sehingga terdapat jarak antar kisi untuk memasukkan udara namun panas matahari tidak ikut masuk.
- Lebar bukaan pada sisi utara yaitu 8 cm dan lebar kisi-kisi yaitu 10 cm.
- Lebar bukaan pada sisi selatan yaitu 16 cm dan lebar kisi-kisi yaitu 10 cm.

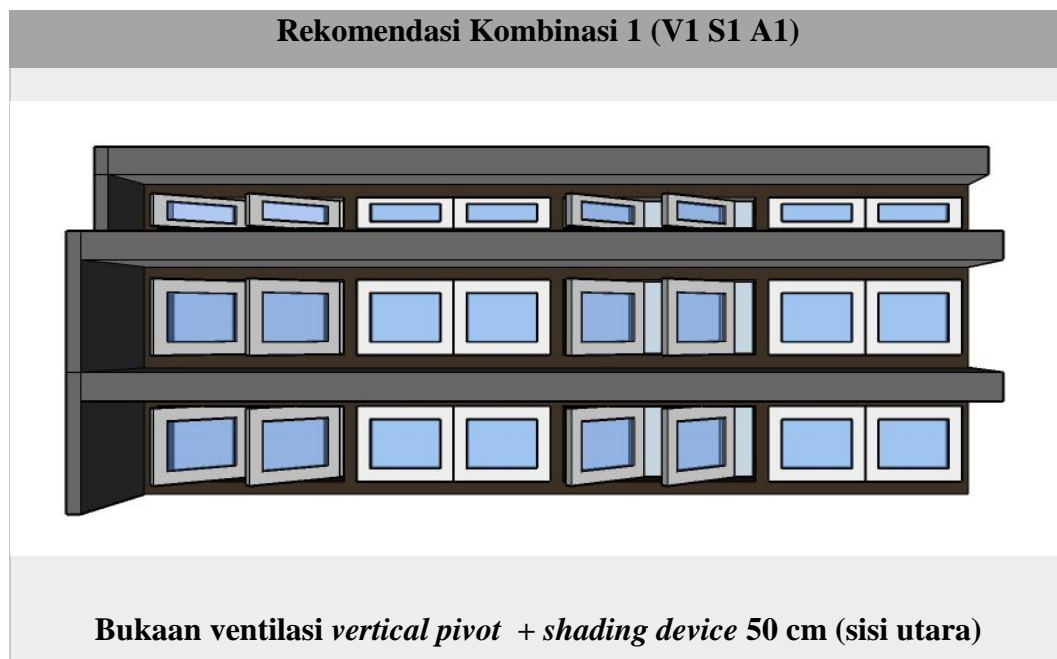
4.6.4 Simulasi Rekomendasi Desain

Setelah mendapatkan beberapa rekomendasi pada bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap, tahap selanjutnya yaitu melakukan simulasi pada kombinasi dari ketiga rekomendasi desain. Tahap simulasi rekomendasi menentukan temperatur ruangan pada bangunan dengan menggunakan *software* Ecotect Analysis. Waktu simulasi dilakukan dalam kurun waktu 24 jam, namun waktu yang akan dilihat yaitu pukul 08.00 – 15.00 mengikuti jam aktif dari GOR Otista. Berikut merupakan hasil simulasi rekomendasi desain yang telah dilakukan dalam penelitian.

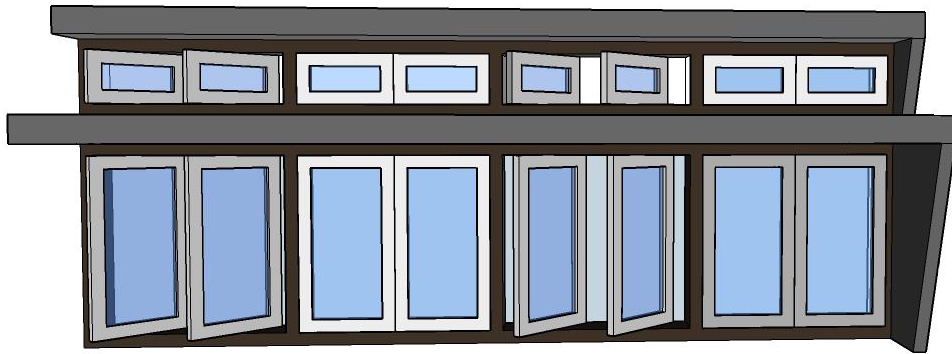
1. Simulasi Rekomendasi Kombinasi 1 (V1 S1 A1)

Model rekomendasi ini menggunakan kombinasi bukaan ventilasi menggunakan tipe *vertical pivot*, *shading device* menggunakan lebar 50 cm kisi-kisi dengan jarak 40 cm pada sisi selatan dan 80 cm pada sisi utara, dan bukaan atap dengan lebar 15 cm dengan jarak kisi-kisi 12 cm pada sisi utara dan 24 cm pada sisi selatan.

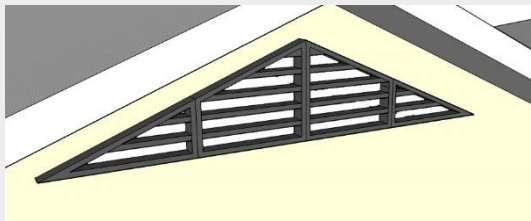
Tabel 4.11 Rekomendasi Kombinasi 1 (V1 S1 A1)



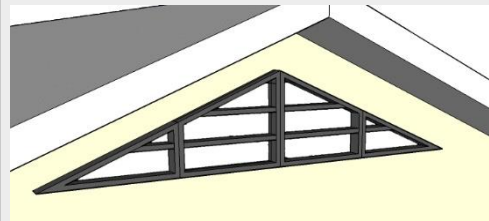
Rekomendasi Kombinasi 1 (V1 S1 A1)



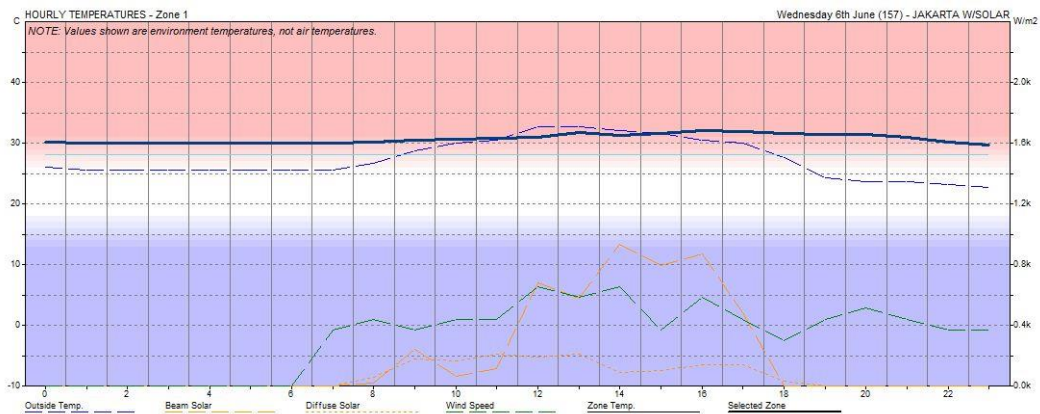
Bukaan ventilasi *vertical pivot* + *shading device* 50 cm (sisi selatan)



Bukaan atap lebar 15 cm (sisi utara)



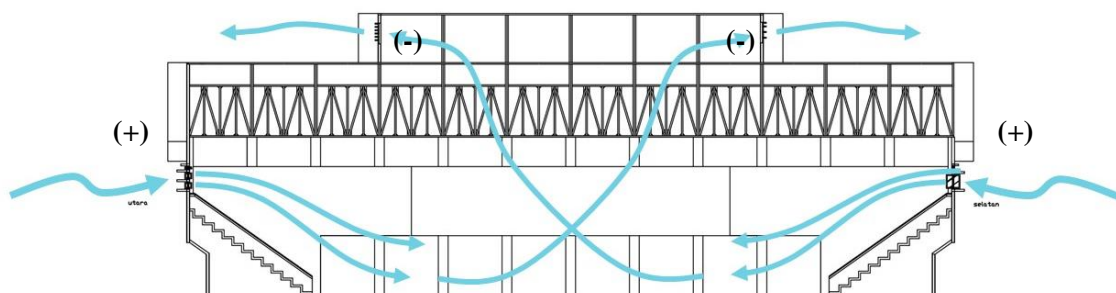
Bukaan atap lebar 15 cm (sisi selatan)



Grafik Hasil Simulasi Rekomendasi Kombinasi 1

Grafik hasil simulasi antara bukaan ventilasi *vertical pivot*, *shading device* 50 cm, dan bukaan atap lebar 15 cm menunjukkan bahwa temperatur udara dalam ruang menunjukkan penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting GOR Otista. Pada simulasi eksisting temperature rata-rata pada pagi hari sebesar 31,9 °C, siang hari sebesar 32,9 °C, dan sore hari sebesar 33,4 °C. Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi temperatur rata-rata pada pagi hari menunjukkan angka 30,5 °C, siang

hari sebesar $31,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan sore hari sebesar $31,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dilihat dari grafik temperatur rekomendasi kombinasi 1 ini memiliki kondisi temperatur yang cukup stabil. Dalam kurun waktu pukul 08.00 – 15.00 tidak ada kenaikan temperatur udara dalam ruang secara drastis. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan rekomendasi kombinasi 1 ini dapat menurunkan suhu sebesar $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

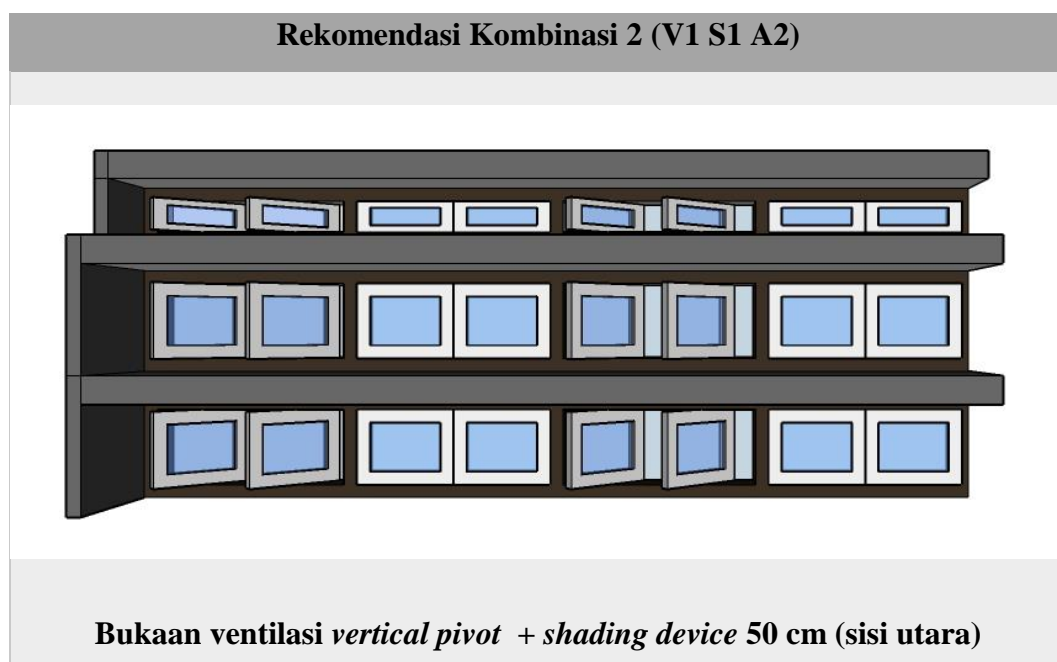


Gambar 4.30 Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 1 GOR Otista

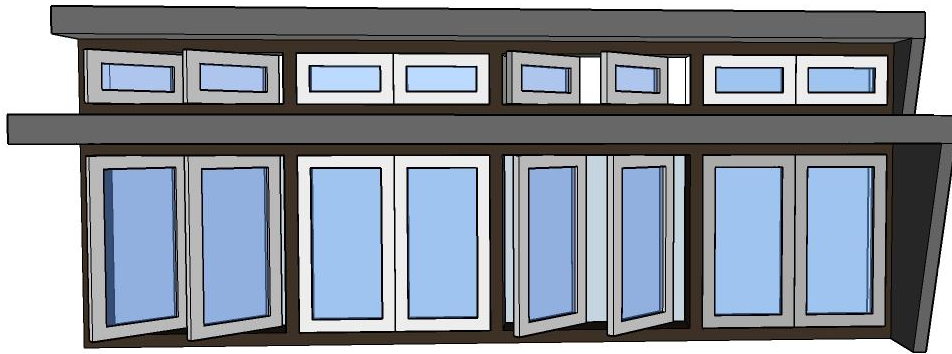
2. Simulasi Rekomendasi Kombinasi 2 (V1 S1 A2)

Model rekomendasi ini menggunakan kombinasi bukaan ventilasi menggunakan tipe *vertical pivot*, *shading device* menggunakan lebar 50 cm kisi-kisi dengan jarak 40 cm pada sisi selatan dan 80 cm pada sisi utara, dan bukaan atap dengan lebar 10 cm dengan jarak kisi-kisi 8 cm pada sisi utara dan 16 cm pada sisi selatan.

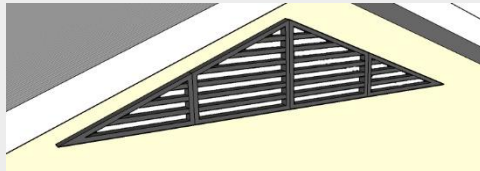
Tabel 4.12 Rekomendasi Kombinasi 2 (V1 S1 A2)



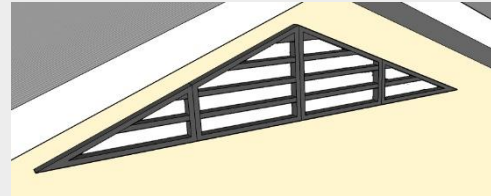
Rekomendasi Kombinasi 2 (V1 S1 A2)



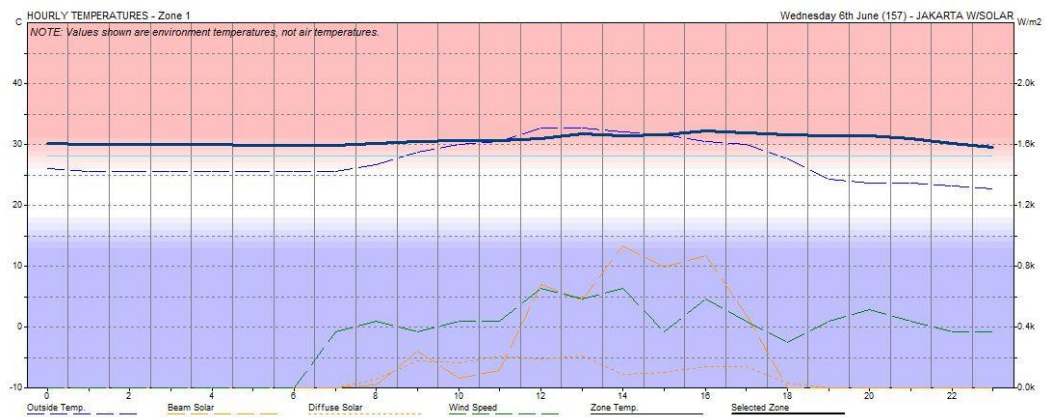
Bukaan ventilasi *vertical pivot* + *shading device* 50 cm (sisi selatan)



Bukaan atap lebar 10 cm (sisi utara)



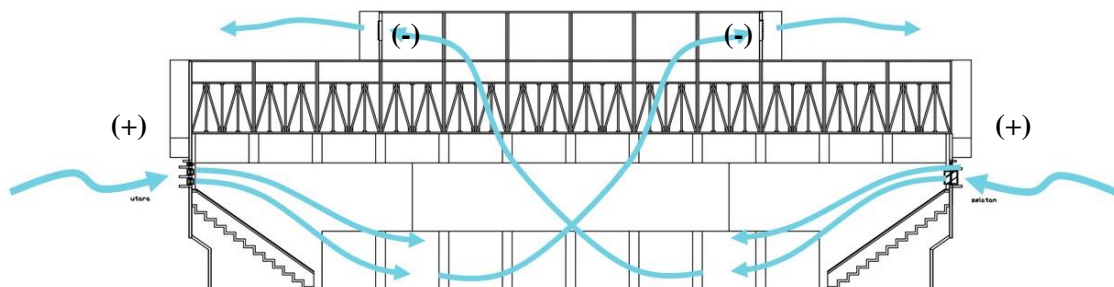
Bukaan atap lebar 10 cm (sisi selatan)



Grafik Hasil Simulasi Rekomendasi Kombinasi 2

Grafik hasil simulasi antara bukaan ventilasi *vertical pivot*, *shading device* 50 cm, dan bukaan atap lebar 10 cm menunjukkan bahwa temperatur udara dalam ruang menunjukkan penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting GOR Otista. Pada simulasi eksisting temperature rata-rata pada pagi hari sebesar 31,9 °C, siang hari sebesar 32,9 °C, dan sore hari sebesar 33,4 °C. Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi temperatur rata-rata pada pagi hari menunjukkan angka 30,3 °C, siang

hari sebesar 31,2 °C, dan sore hari sebesar 31,5 °C. Dilihat dari grafik temperatur rekomendasi kombinasi 2 ini memiliki kondisi temperatur yang cukup stabil. Dalam kurun waktu pukul 08.00 – 15.00 tidak ada kenaikan temperatur udara dalam ruang secara drastis. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan rekomendasi kombinasi 2 ini dapat menurunkan suhu sebesar 1,9 °C.

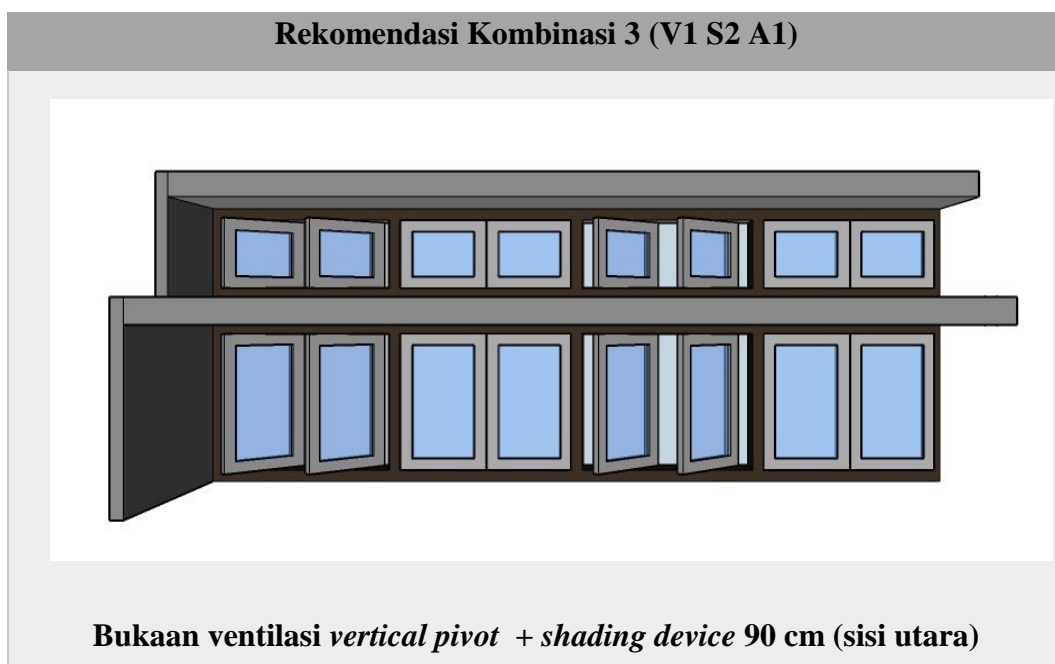


Gambar 4.31 Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 2 GOR Otista

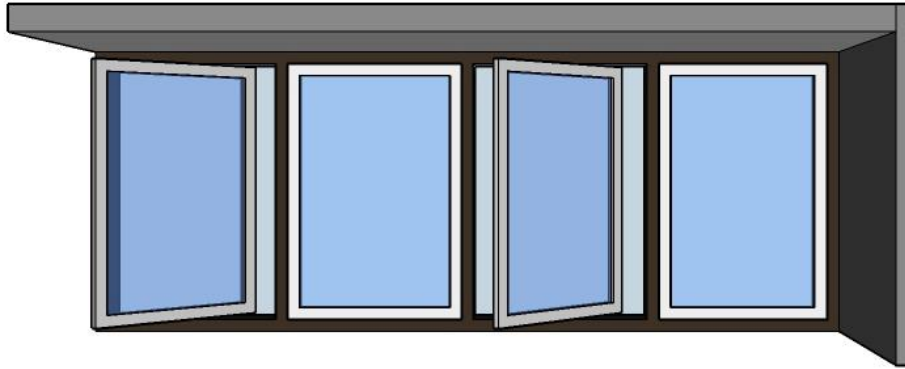
3. Simulasi Rekomendasi Kombinasi 3 (V1 S2 A1)

Model rekomendasi ini menggunakan kombinasi bukaan ventilasi menggunakan tipe *vertical pivot*, *shading device* menggunakan lebar 90 cm kisi-kisi dengan jarak 70 cm dan 40 cm pada sisi selatan dan 120 cm tanpa kisi pada sisi utara, dan bukaan atap dengan lebar 15 cm dengan jarak kisi-kisi 12 cm pada sisi utara dan 24 cm pada sisi selatan.

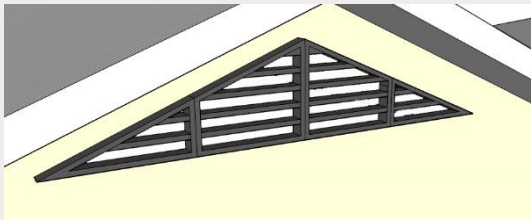
Tabel 4.13 Rekomendasi Kombinasi 3 (V1 S2 A1)



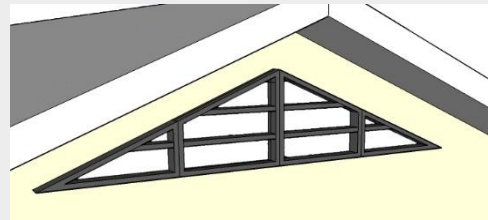
Rekomendasi Kombinasi 3 (V1 S2 A1)



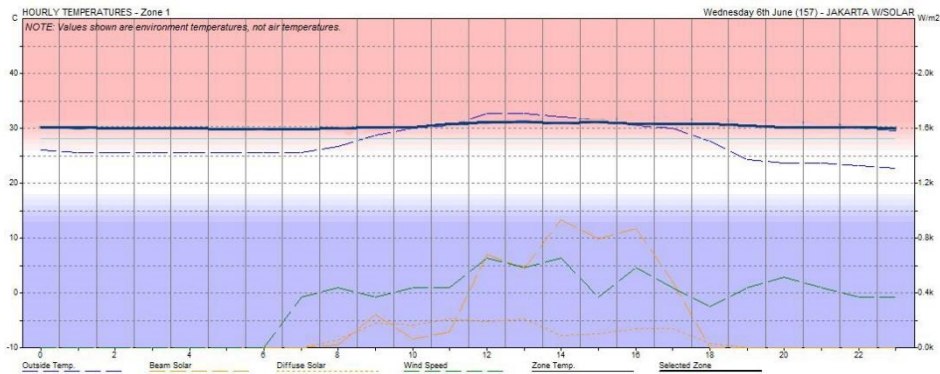
Bukaan ventilasi *vertical pivot* + *shading device* 90 cm (sisi selatan)



Bukaan atap lebar 15 cm (sisi utara)



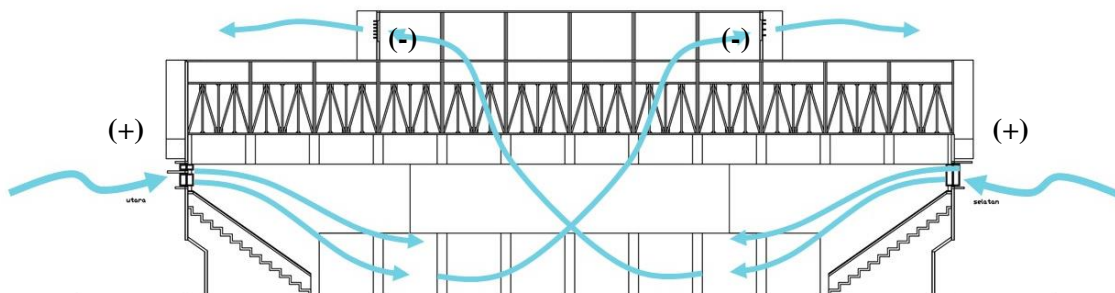
Bukaan atap lebar 15 cm (sisi selatan)



Grafik Hasil Simulasi Rekomendasi Kombinasi 3

Grafik hasil simulasi antara bukaan ventilasi *vertical pivot*, *shading device* 90 cm, dan bukaan atap lebar 15 cm menunjukkan bahwa temperatur udara dalam ruang menunjukkan penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting GOR Otista. Pada simulasi eksisting temperature rata-rata pada pagi hari sebesar 31,9 °C, siang hari sebesar 32,9 °C, dan sore hari sebesar 33,4 °C. Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi temperatur rata-rata pada pagi hari menunjukkan angka 29,8 °C, siang

hari sebesar $30,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan sore hari sebesar $30,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dilihat dari grafik temperatur rekomendasi kombinasi 3 ini juga memiliki kondisi temperatur yang cukup stabil. Dalam kurun waktu pukul 08.00 – 15.00 tidak ada kenaikan temperatur udara dalam ruang secara drastis. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan rekomendasi kombinasi 3 ini dapat menurunkan suhu sebesar $2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

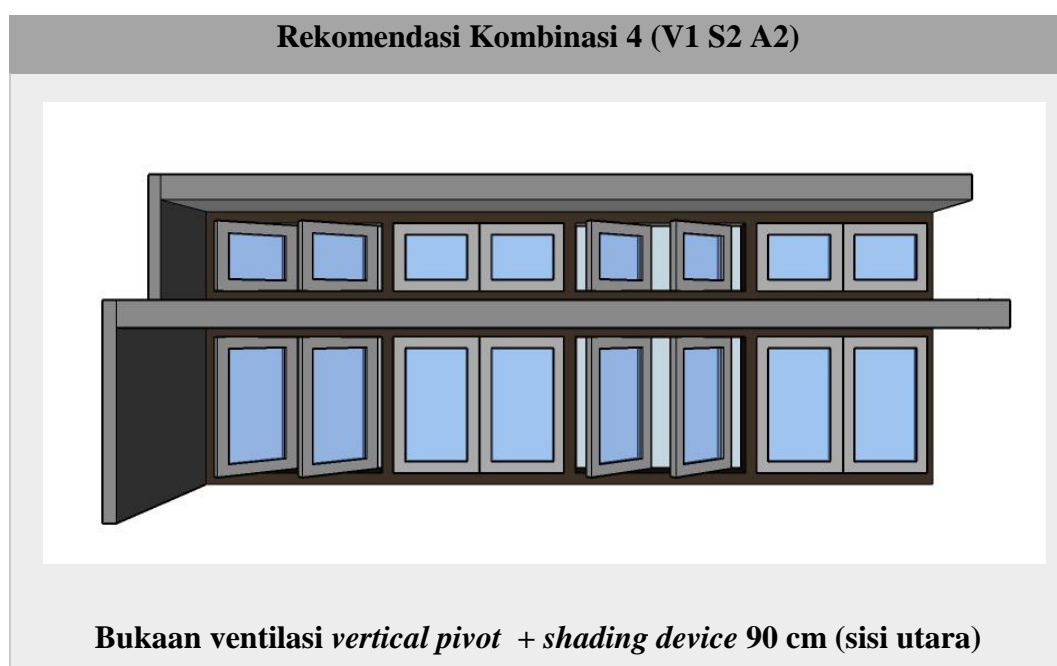


Gambar 4.32 Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 3 GOR Otista

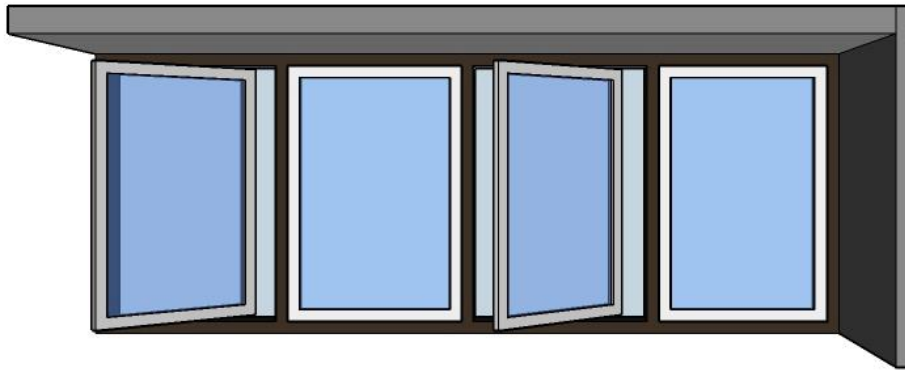
4. Simulasi Rekomendasi Kombinasi 4 (V1 S2 A2)

Model rekomendasi ini menggunakan kombinasi bukaan ventilasi menggunakan tipe *vertical pivot*, *shading device* menggunakan lebar 90 cm kisi-kisi dengan jarak 70 cm dan 40 cm pada sisi selatan dan 120 cm tanpa kisi pada sisi utara, dan bukaan atap dengan lebar 10 cm dengan jarak kisi-kisi 8 cm pada sisi utara dan 16 cm pada sisi selatan.

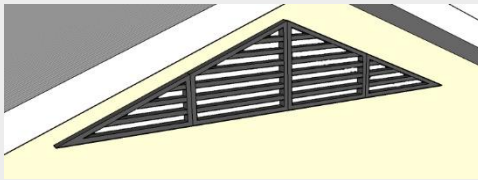
Tabel 4.14 Rekomendasi Kombinasi 4 (V1 S2 A2)



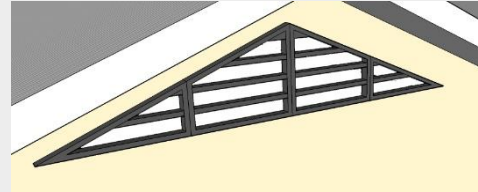
Rekomendasi Kombinasi 4 (V1 S2 A2)



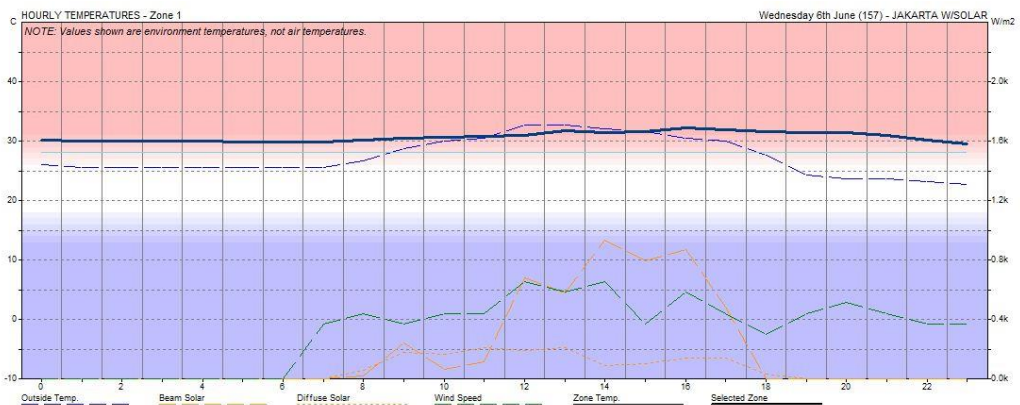
Bukaan ventilasi *vertical pivot* + *shading device* 90 cm (sisi selatan)



Bukaan atap lebar 10 cm (sisi utara)



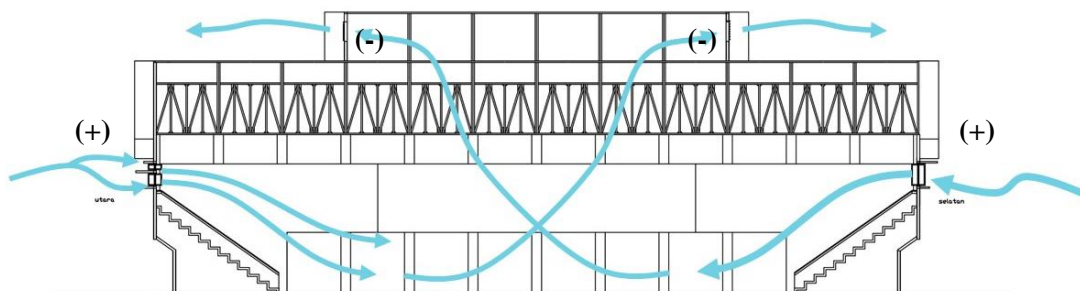
Bukaan atap lebar 10 cm (sisi selatan)



Grafik Hasil Simulasi Rekomendasi Kombinasi 4

Grafik hasil simulasi antara bukaan ventilasi *vertical pivot*, *shading device* 90 cm, dan bukaan atap lebar 10 cm menunjukkan bahwa temperatur udara dalam ruang menunjukkan penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting GOR Otista. Pada simulasi eksisting temperature rata-rata pada pagi hari sebesar 31,9 °C, siang hari sebesar 32,9 °C, dan sore hari sebesar 33,4 °C. Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi temperatur rata-rata pada pagi hari menunjukkan angka 30,1 °C, siang

hari sebesar 31,1 °C, dan sore hari sebesar 31,4 °C. Dilihat dari grafik temperatur rekomendasi kombinasi 4 ini juga memiliki kondisi temperatur yang cukup stabil. Dalam kurun waktu pukul 08.00 – 15.00 tidak ada kenaikan temperatur udara dalam ruang secara drastis. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan rekomendasi kombinasi 3 ini dapat menurunkan suhu sebesar 2,0 °C.

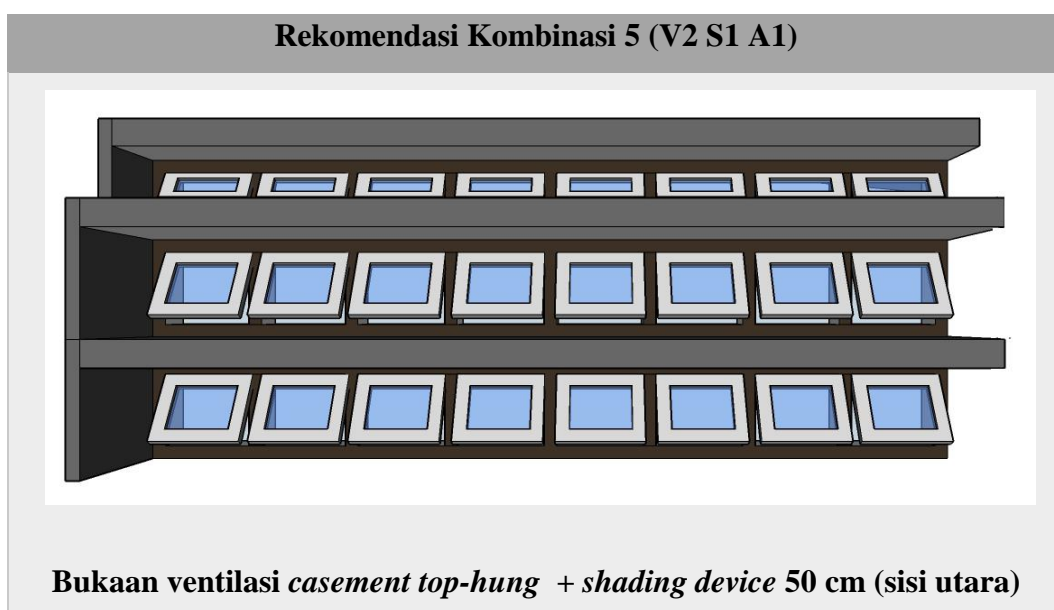


Gambar 4.33 Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 4 GOR Otista

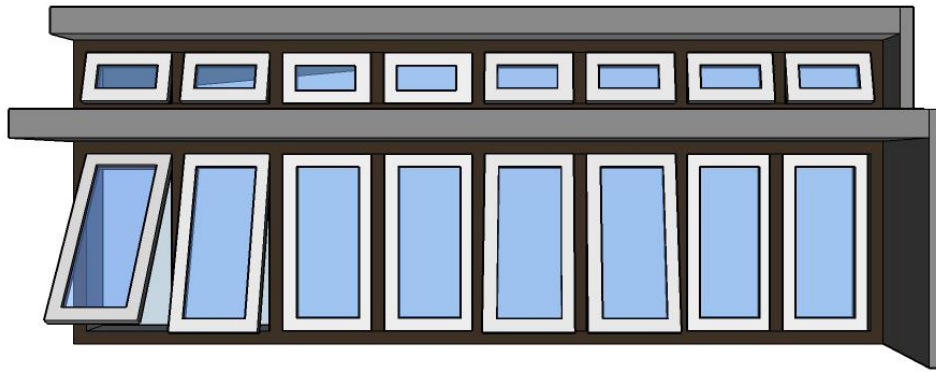
5. Simulasi Rekomendasi Kombinasi 5 (V2 S1 A1)

Model rekomendasi ini menggunakan kombinasi bukaan ventilasi menggunakan tipe *casement top-hung*, *shading device* menggunakan lebar 50 cm kisi-kisi dengan jarak 40 cm pada sisi selatan dan 80 cm pada sisi utara, dan bukaan atap dengan lebar 15 cm dengan jarak kisi-kisi 12 cm pada sisi utara dan 24 cm pada sisi selatan.

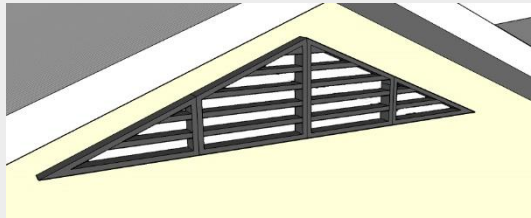
Tabel 4.15 Rekomendasi Kombinasi 5 (V2 S1 A1)



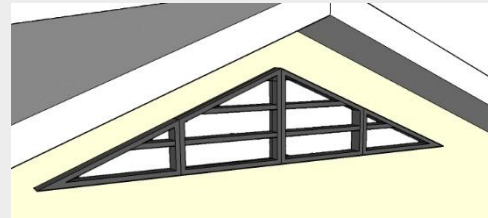
Rekomendasi Kombinasi 5 (V2 S1 A1)



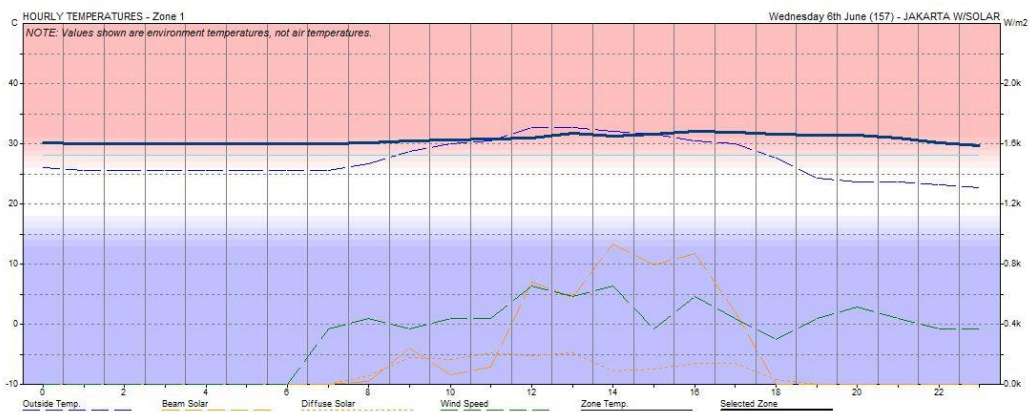
Bukaan ventilasi casement top-hung + shading device 50 cm (sisi selatan)



Bukaan atap lebar 15 cm (sisi utara)



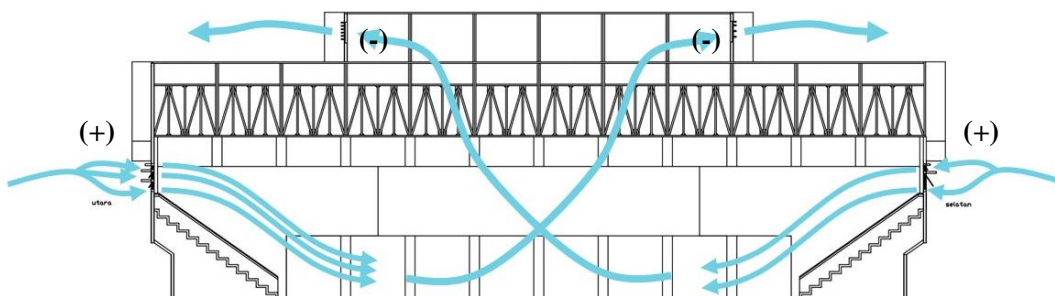
Bukaan atap lebar 15 cm (sisi selatan)



Grafik Hasil Simulasi Rekomendasi Kombinasi 5

Grafik hasil simulasi antara bukaan ventilasi casement top-hung, shading device 50 cm, dan bukaan atap lebar 15 cm menunjukkan bahwa temperatur udara dalam ruang menunjukkan penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting GOR Otista. Pada simulasi eksisting temperature rata-rata pada pagi hari sebesar 31,9 °C, siang hari sebesar 32,9 °C, dan sore hari sebesar 33,4 °C. Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi temperatur rata-rata pada pagi hari menunjukkan angka 30,4

°C, siang hari sebesar 30,9 °C, dan sore hari sebesar 31,4 °C. Dilihat dari grafik temperatur rekomendasi kombinasi 5 ini juga masih memiliki kondisi temperatur yang cukup stabil. Dalam kurun waktu pukul 08.00 – 15.00 tidak ada kenaikan temperatur udara dalam ruang secara drastis. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan rekomendasi kombinasi 5 ini dapat menurunkan suhu sebesar 2,0 °C.

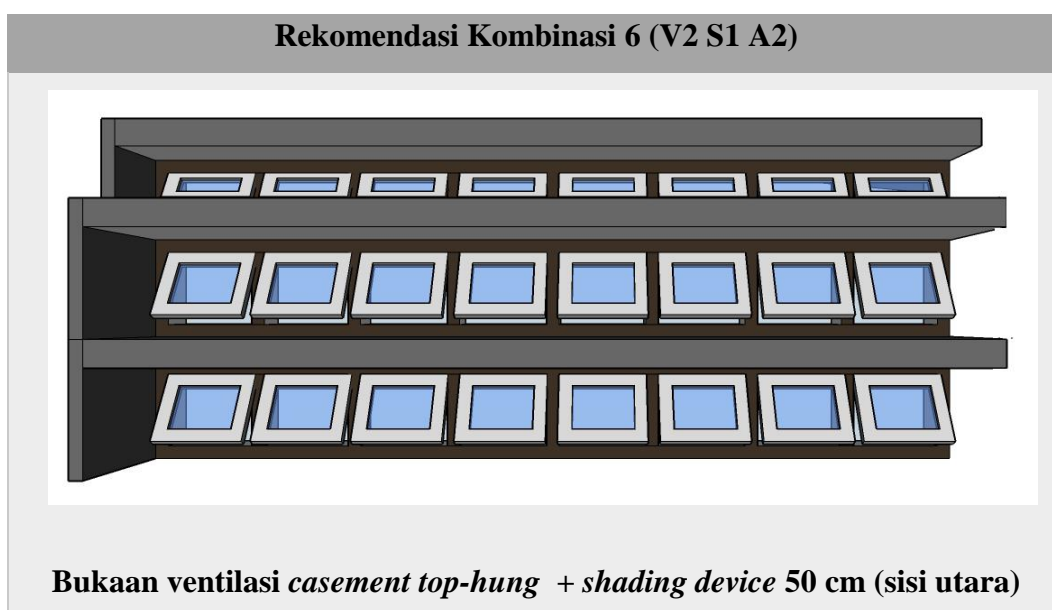


Gambar 4.34 Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 5 GOR Otista

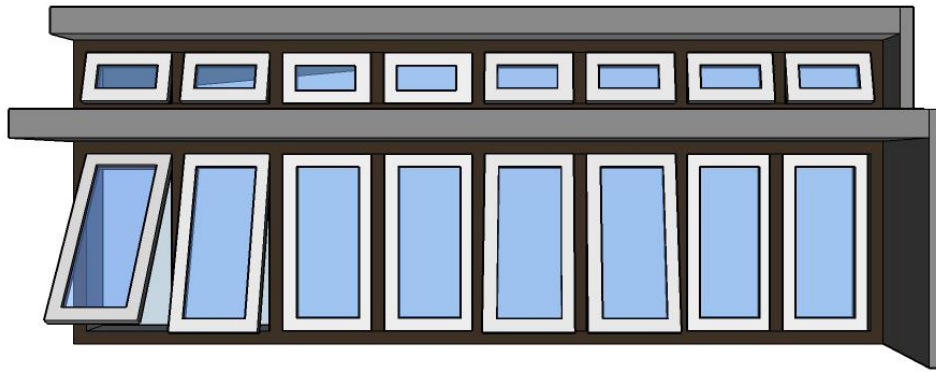
6. Simulasi Rekomendasi Kombinasi 6 (V2 S1 A2)

Model rekomendasi ini menggunakan kombinasi bukaan ventilasi menggunakan tipe *casement top-hung*, *shading device* menggunakan lebar 50 cm pada sisi selatan dan 80 cm pada sisi utara, dan bukaan atap dengan lebar 10 cm dengan jarak kisi-kisi 6 cm pada sisi utara dan 18 cm pada sisi selatan.

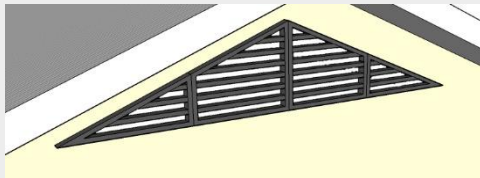
Tabel 4.16 Rekomendasi Kombinasi 6 (V2 S1 A2)



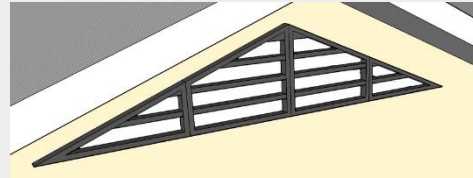
Rekomendasi Kombinasi 6 (V2 S1 A2)



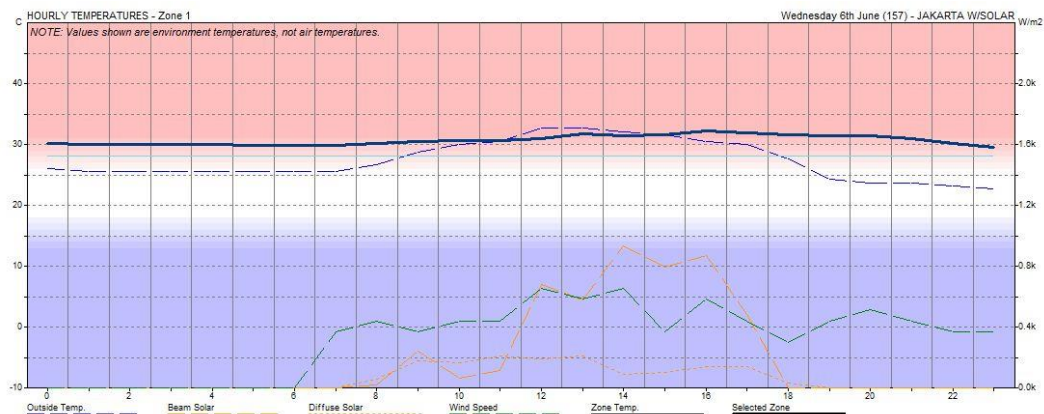
Bukaan ventilasi casement top-hung + shading device 50 cm (sisi selatan)



Bukaan atap lebar 10 cm (sisi utara)



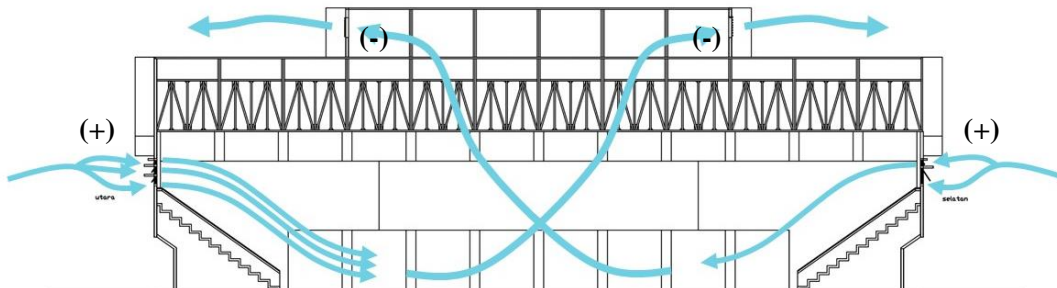
Bukaan atap lebar 10 cm (sisi selatan)



Grafik Hasil Simulasi Rekomendasi Kombinasi 6

Grafik hasil simulasi antara bukaan ventilasi *casement top-hung*, *shading device* 50 cm, dan bukaan atap lebar 10 cm menunjukkan bahwa temperatur udara dalam ruang menunjukkan penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting GOR Otista. Pada simulasi eksisting temperature rata-rata pada pagi hari sebesar 31,9 °C, siang hari sebesar 32,9 °C, dan sore hari sebesar 33,4 °C. Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi temperatur rata-rata pada pagi hari menunjukkan angka 30,6 °C, siang hari sebesar 31,1 °C, dan sore hari sebesar 31,5 °C. Dilihat dari grafik

temperatur rekomendasi kombinasi 6 ini juga masih memiliki kondisi temperatur yang cukup stabil. Dalam kurun waktu pukul 08.00 – 15.00 tidak ada kenaikan temperatur udara dalam ruang secara drastis. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan rekomendasi kombinasi 6 ini dapat menurunkan suhu sebesar 1,9 °C.

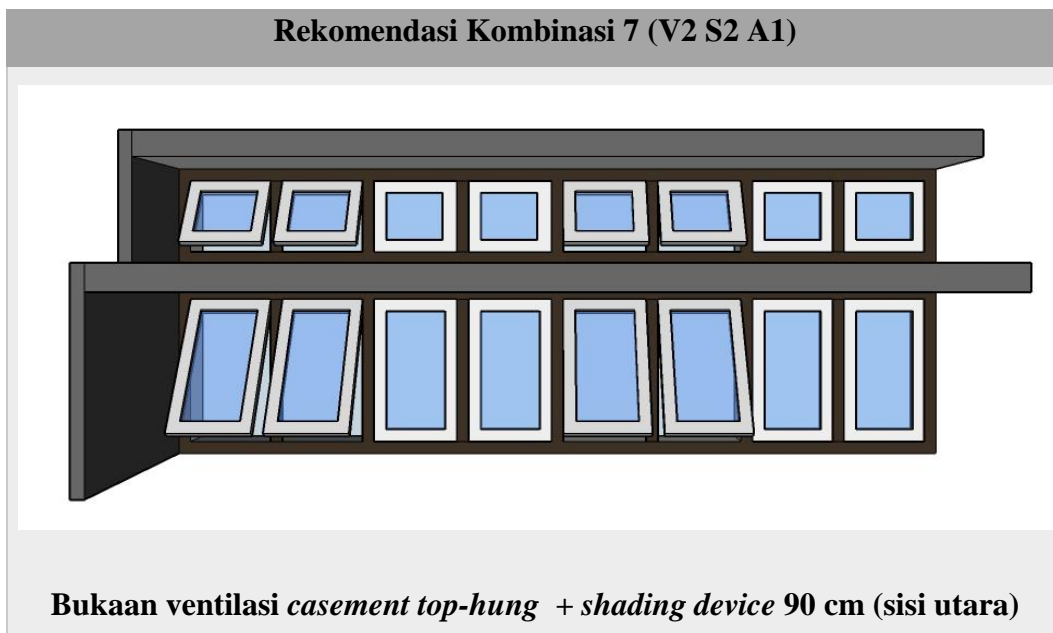


Gambar 4.35 Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 6 GOR Otista

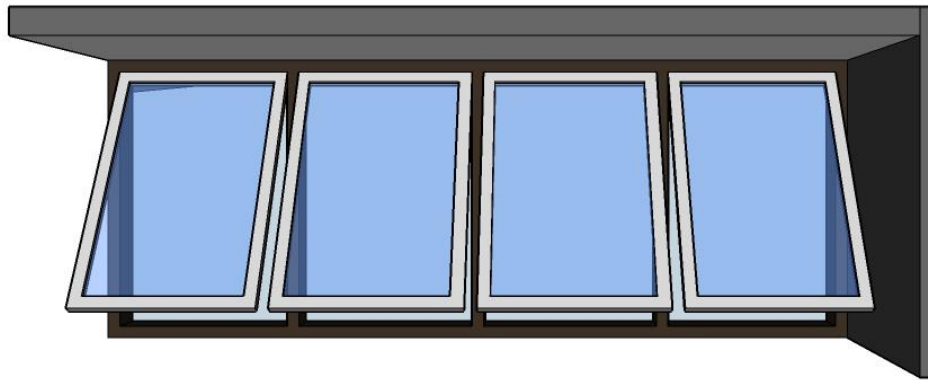
7. Simulasi Rekomendasi Kombinasi 7 (V2 S2 A1)

Model rekomendasi ini menggunakan kombinasi bukaan ventilasi menggunakan tipe *casement top-hung*, *shading device* menggunakan lebar 90 cm kisi-kisi dengan jarak 70 cm dan 40 cm pada sisi selatan dan 120 cm tanpa kisi pada sisi utara, dan bukaan atap dengan lebar 15 cm dengan jarak kisi-kisi 12 cm pada sisi utara dan 24 cm pada sisi selatan.

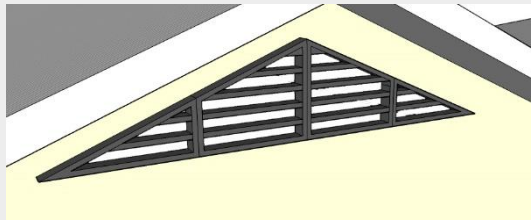
Tabel 4.17 Rekomendasi Kombinasi 7 (V2 S2 A1)



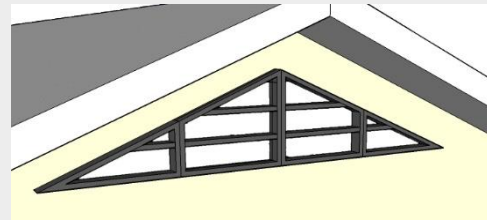
Rekomendasi Kombinasi 7 (V2 S2 A1)



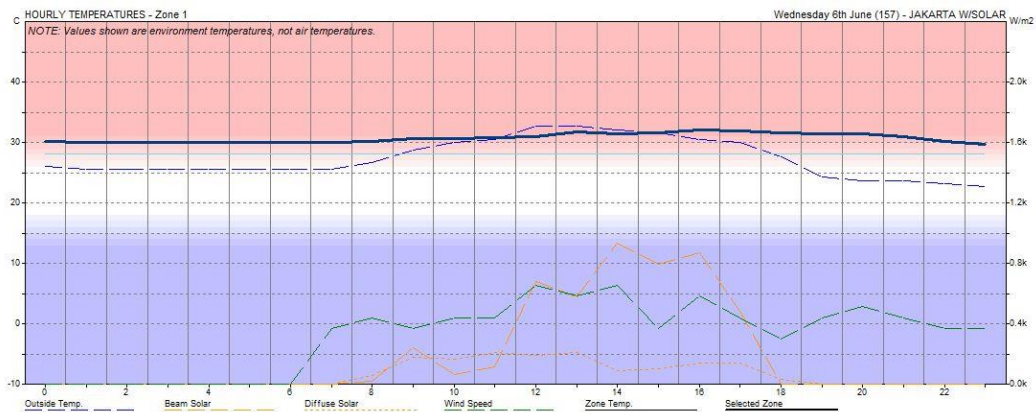
Bukaan ventilasi casement top-hung + shading device 90 cm (sisi selatan)



Bukaan atap lebar 15 cm (sisi utara)



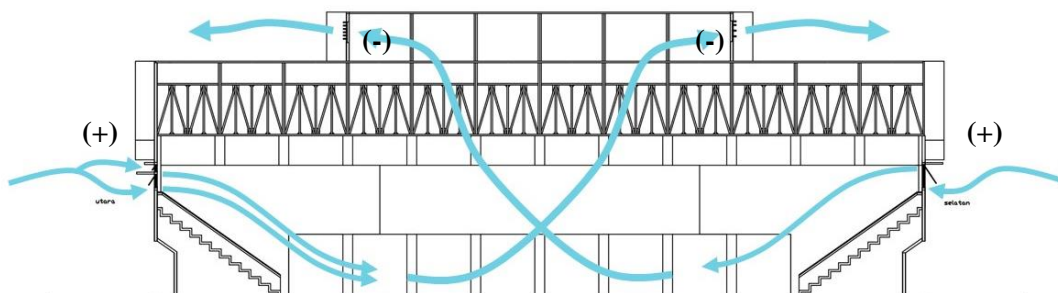
Bukaan atap lebar 15 cm (sisi selatan)



Grafik Hasil Simulasi Rekomendasi Kombinasi 7

Grafik hasil simulasi antara bukaan ventilasi *casement top-hung*, *shading device* 90 cm, dan bukaan atap lebar 15 cm menunjukkan bahwa temperatur udara dalam ruang menunjukkan penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting GOR Otista. Pada simulasi eksisting temperature rata-rata pada pagi hari sebesar 31,9 °C, siang hari sebesar 32,9 °C, dan sore hari sebesar 33,4 °C. Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi temperatur rata-rata pada pagi hari menunjukkan angka 30,6

°C, siang hari sebesar 31,3 °C, dan sore hari sebesar 31,4 °C. Dilihat dari grafik temperatur rekomendasi kombinasi 7 ini juga masih memiliki kondisi temperatur yang cukup stabil. Dalam kurun waktu pukul 08.00 – 15.00 tidak ada kenaikan temperatur udara dalam ruang secara drastis. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan rekomendasi kombinasi 7 ini dapat menurunkan suhu sebesar 1,7 °C.

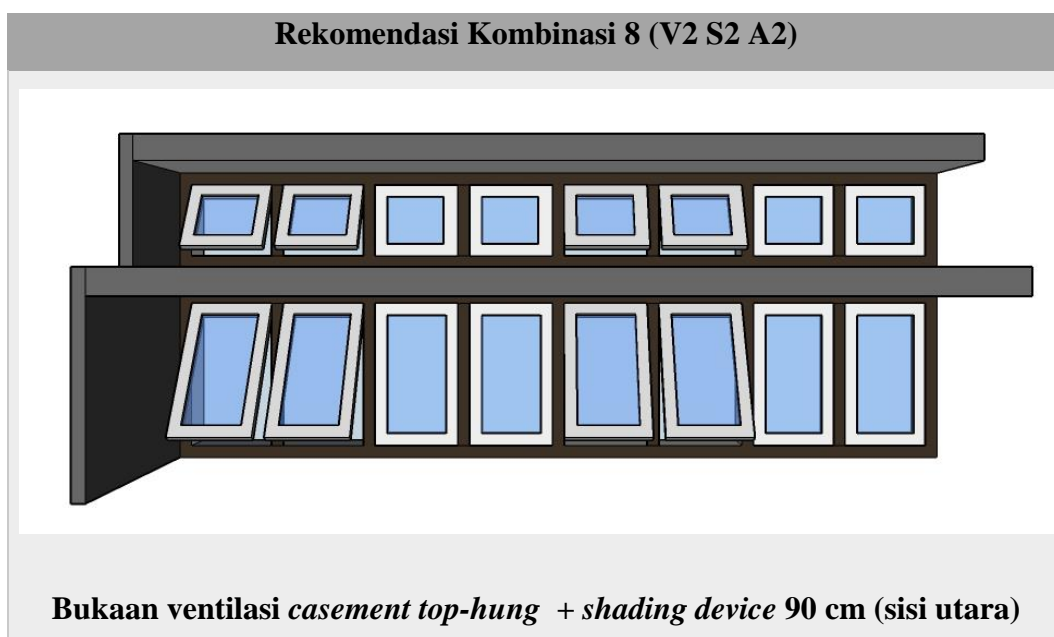


Gambar 4.36 Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 7 GOR Otista

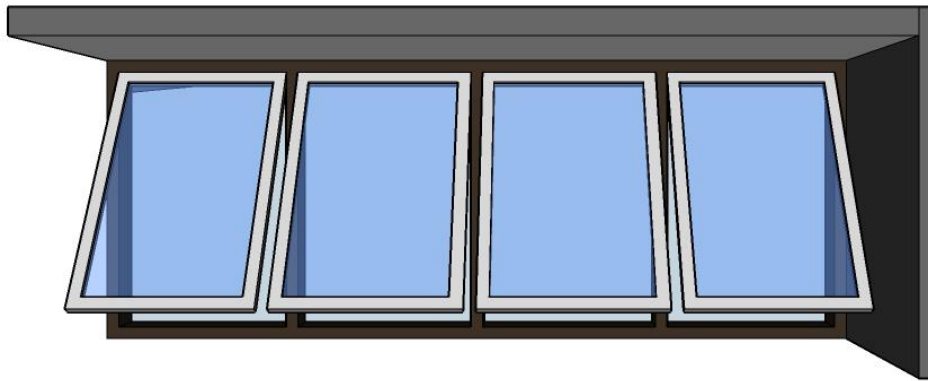
8. Simulasi Rekomendasi Kombinasi 8 (V2 S2 A2)

Model rekomendasi ini menggunakan kombinasi bukaan ventilasi menggunakan tipe *casement top-hung*, *shading device* menggunakan lebar 90 cm kisi-kisi dengan jarak 70 cm dan 40 cm pada sisi selatan dan 120 cm tanpa kisi pada sisi utara, dan bukaan atap dengan lebar 10 cm dengan jarak kisi-kisi 8 cm pada sisi utara dan 16 cm pada sisi selatan.

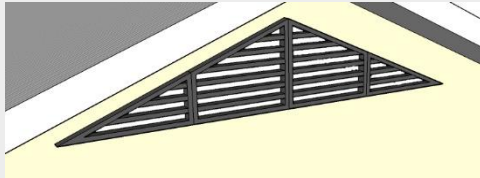
Tabel 4.18 Rekomendasi Kombinasi 8 (V2 S2 A2)



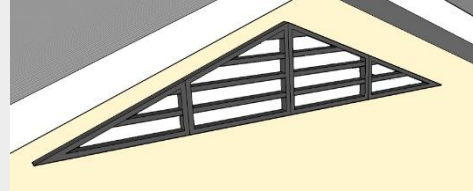
Rekomendasi Kombinasi 8 (V2 S2 A2)



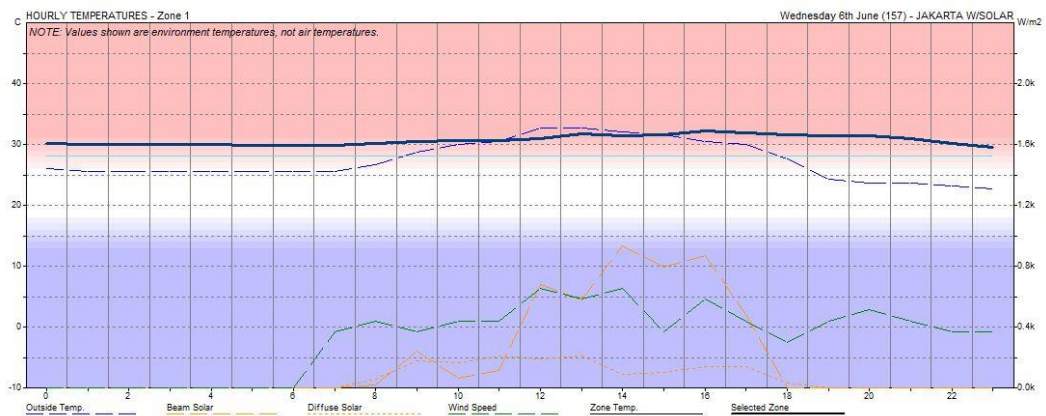
Bukaan ventilasi casement top-hung + shading device 90 cm (sisi selatan)



Bukaan atap lebar 10 cm (sisi utara)



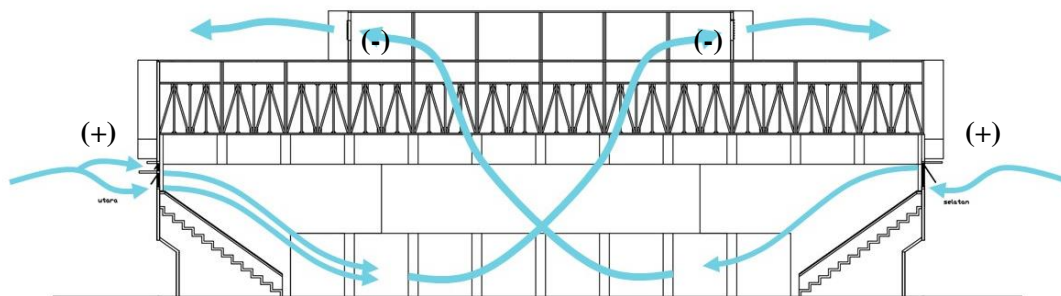
Bukaan atap lebar 10 cm (sisi selatan)



Grafik Hasil Simulasi Rekomendasi Kombinasi 8

Grafik hasil simulasi antara bukaan ventilasi casement top-hung, shading device 90 cm, dan bukaan atap lebar 10 cm menunjukkan bahwa temperatur udara dalam ruang menunjukkan penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting GOR Otista. Pada simulasi eksisting temperature rata-rata pada pagi hari sebesar 31,9 °C, siang hari sebesar 32,9 °C, dan sore hari sebesar 33,4 °C. Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi temperatur rata-rata pada pagi hari menunjukkan angka 30,3

°C, siang hari sebesar 31,2 °C, dan sore hari sebesar 31,5 °C. Dilihat dari grafik temperatur rekomendasi kombinasi 8 ini juga masih memiliki kondisi temperatur yang cukup stabil. Dalam kurun waktu pukul 08.00 – 15.00 tidak ada kenaikan temperatur udara dalam ruang secara drastis. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan rekomendasi kombinasi 8 ini dapat menurunkan suhu sebesar 1,9 °C.

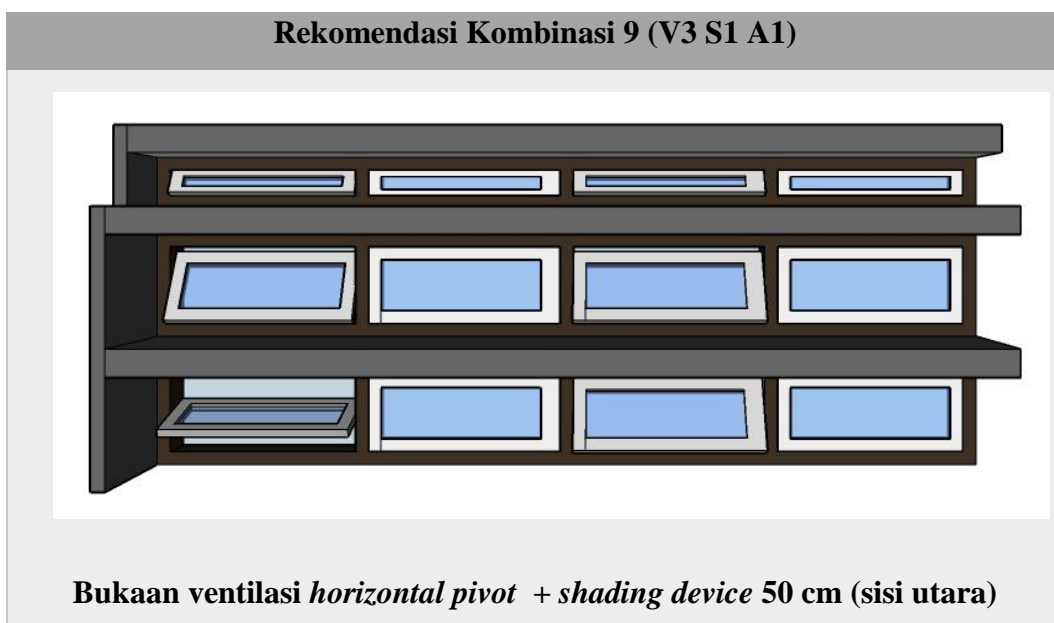


Gambar 4.37 Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 8 GOR Otista

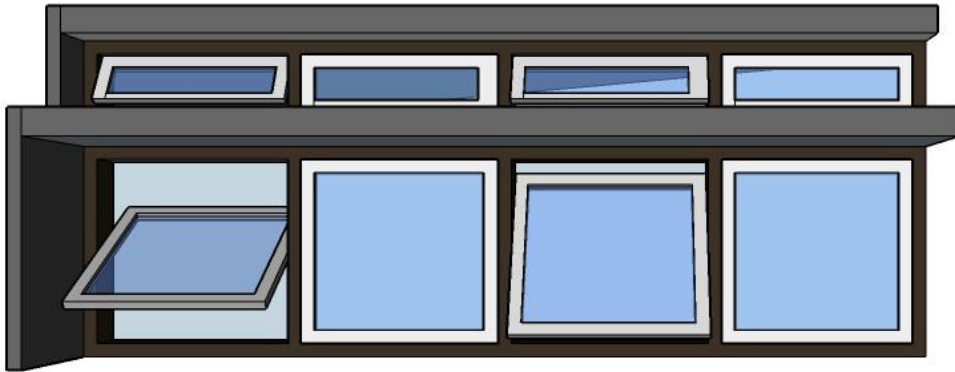
9. Simulasi Rekomendasi Kombinasi 9 (V3 S1 A1)

Model rekomendasi ini menggunakan kombinasi bukaan ventilasi menggunakan tipe *horizontal pivot, shading device* menggunakan lebar 50 cm kisi-kisi dengan jarak 40 cm pada sisi selatan dan 80 cm pada sisi utara, dan bukaan atap dengan lebar 15 cm dengan jarak kisi-kisi 12 cm pada sisi utara dan 24 cm pada sisi selatan.

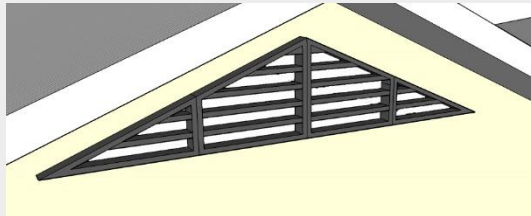
Tabel 4.19 Rekomendasi Kombinasi 9 (V3 S1 A1)



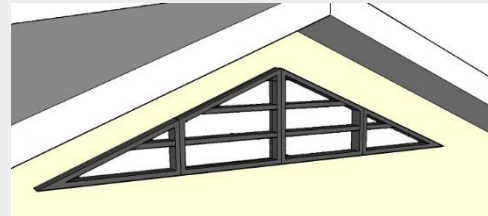
Rekomendasi Kombinasi 9 (V3 S1 A1)



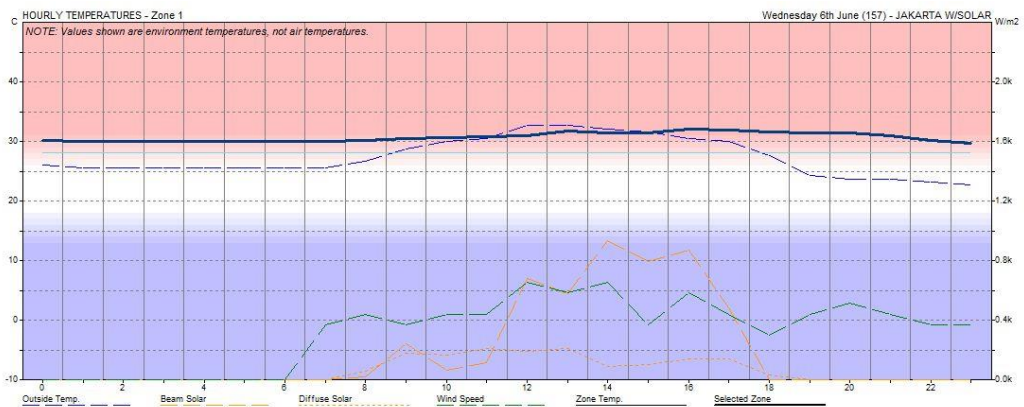
Bukaan ventilasi *horizontal pivot + shading device* 50 cm (sisi selatan)



Bukaan atap lebar 15 cm (sisi utara)



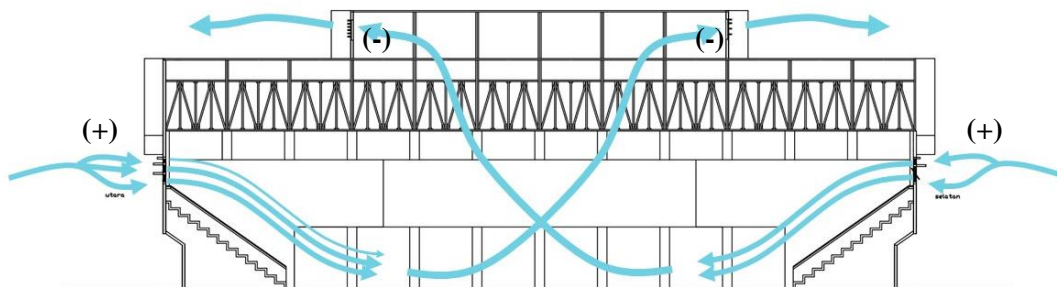
Bukaan atap lebar 15 cm (sisi selatan)



Grafik Hasil Simulasi Rekomendasi Kombinasi 9

Grafik hasil simulasi antara bukaan ventilasi *horizontal pivot, shading device* 50 cm, dan bukaan atap lebar 15 cm menunjukkan bahwa temperatur udara dalam ruang menunjukkan penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting GOR Otista. Pada simulasi eksisting temperature rata-rata pada pagi hari sebesar 31,9 °C, siang

hari sebesar 32,9 °C, dan sore hari sebesar 33,4 °C. Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi temperatur rata-rata pada pagi hari menunjukkan angka 30,5 °C, siang hari sebesar 31,1 °C, dan sore hari sebesar 31,3 °C. Dilihat dari grafik temperatur rekomendasi kombinasi 9 ini juga masih memiliki kondisi temperatur yang cukup stabil. Dalam kurun waktu pukul 08.00 – 15.00 tidak ada kenaikan temperatur udara dalam ruang secara drastis. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan rekomendasi kombinasi 9 ini dapat menurunkan suhu sebesar 1,9 °C.

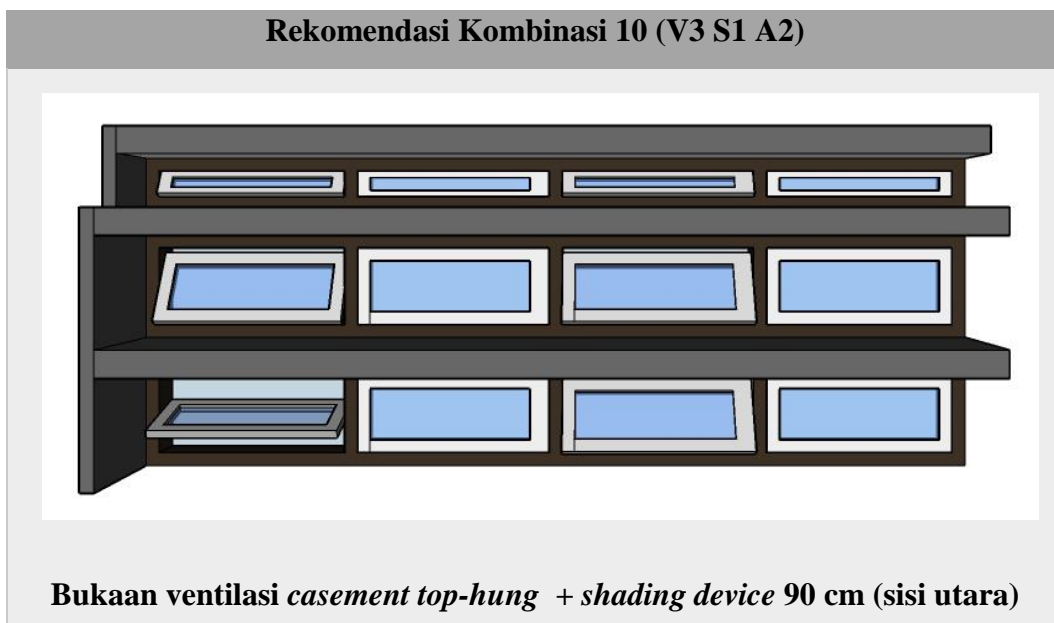


Gambar 4.38 Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 9 GOR Otista

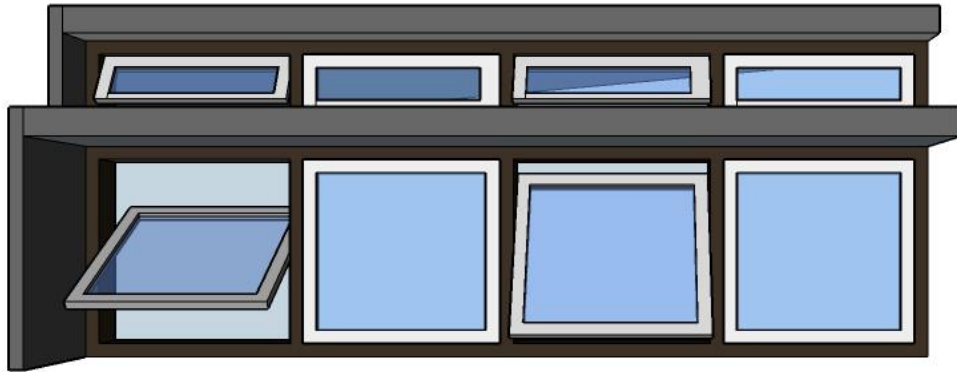
10. Simulasi Rekomendasi 10 (V3 S1 A2)

Model rekomendasi ini menggunakan kombinasi bukaan ventilasi menggunakan tipe *horizontal pivot*, *shading device* menggunakan lebar 50 cm kisi-kisi dengan jarak 40 cm pada sisi selatan dan 80 cm pada sisi utara, dan bukaan atap dengan lebar 10 cm dengan jarak kisi-kisi 6 cm pada sisi utara dan 18 cm pada sisi selatan.

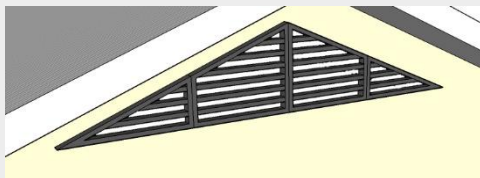
Tabel 4.20 Rekomendasi Kombinasi 10 (V3 S1 A2)



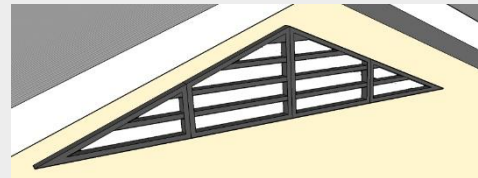
Rekomendasi Kombinasi 10 (V3 S1 A2)



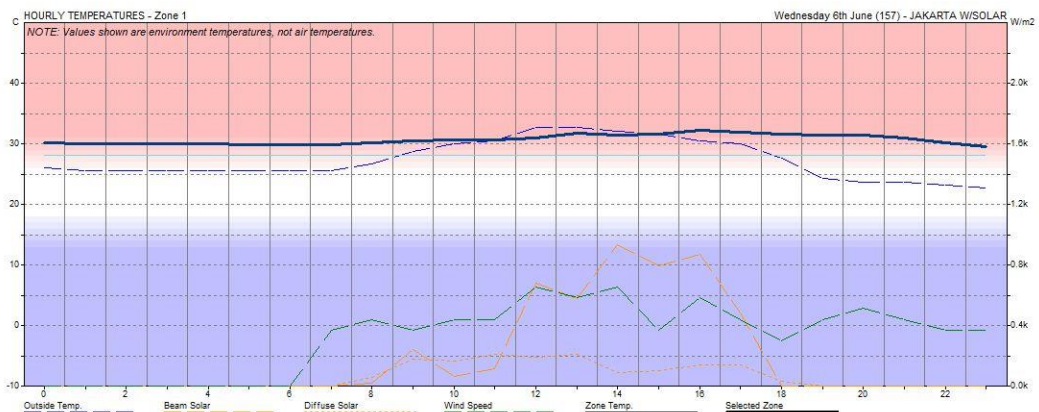
Bukaan ventilasi *casement top-hung* + *shading device* 90 cm (sisi selatan)



Bukaan atap lebar 10 cm (sisi utara)



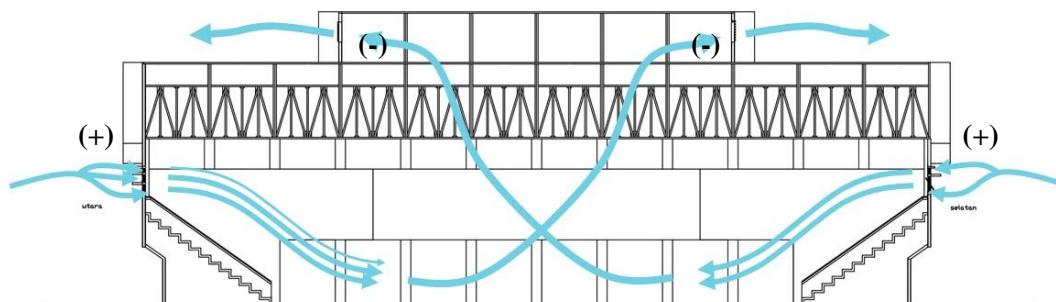
Bukaan atap lebar 10 cm (sisi selatan)



Grafik Hasil Simulasi Rekomendasi Kombinasi 10

Grafik hasil simulasi antara bukaan ventilasi *horizontal pivot*, *shading device* 50 cm, dan bukaan atap lebar 10 cm menunjukkan bahwa temperatur udara dalam ruang menunjukkan penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting GOR Otista. Pada simulasi eksisting temperature rata-rata pada pagi hari sebesar 31,9 °C, siang hari sebesar 32,9 °C, dan sore hari sebesar 33,4 °C. Sedangkan pada hasil simulasi

rekomendasi temperatur rata-rata pada pagi hari menunjukkan angka 30,5 °C, siang hari sebesar 31,2 °C, dan sore hari sebesar 31,5 °C. Dilihat dari grafik temperatur rekomendasi kombinasi 10 ini juga masih memiliki kondisi temperatur yang cukup stabil. Dalam kurun waktu pukul 08.00 – 15.00 tidak ada kenaikan temperatur udara dalam ruang secara drastis. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan rekomendasi kombinasi 10 ini dapat menurunkan suhu sebesar 1,6 °C.

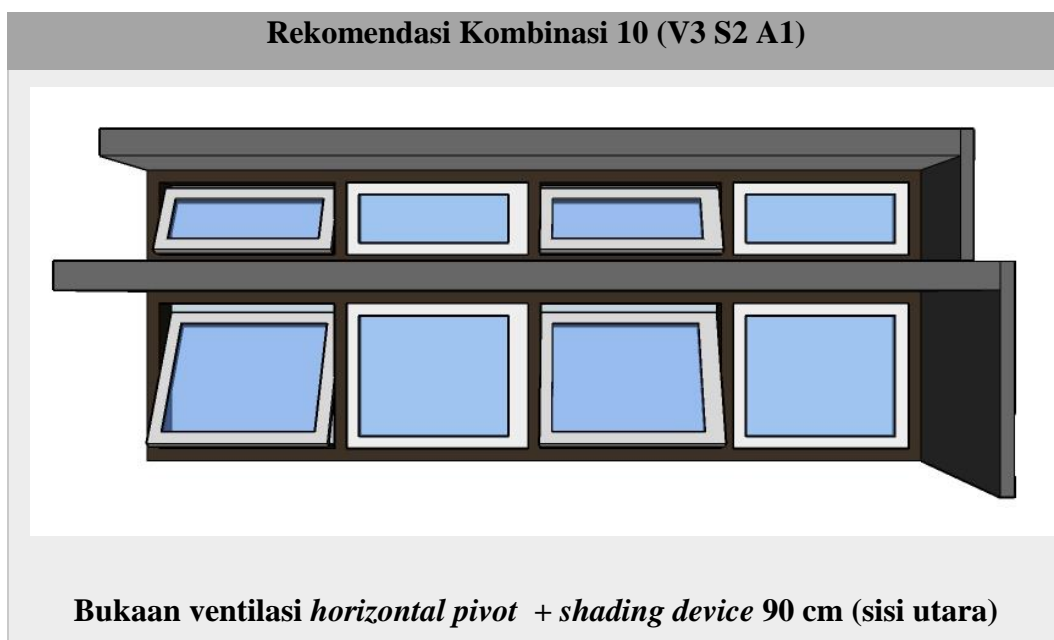


Gambar 4.39 Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 10 GOR Otista

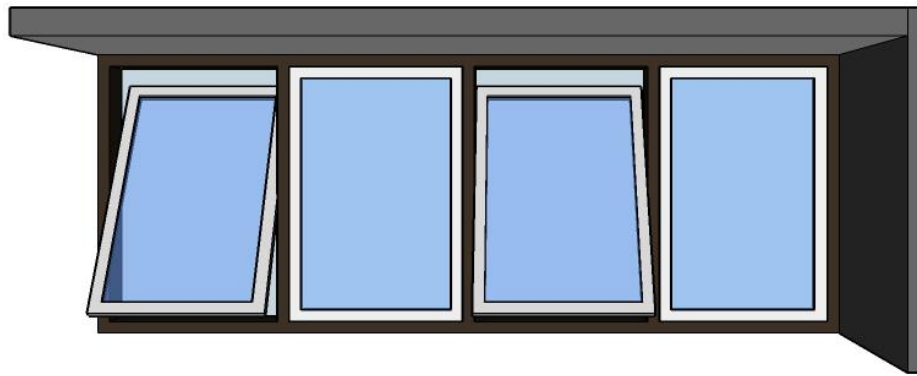
11. Simulasi Rekomendasi 11 (V3 S2 A1)

Model rekomendasi ini menggunakan kombinasi bukaan ventilasi menggunakan tipe *horizontal pivot, shading device* menggunakan lebar 90 cm kisi-kisi dengan jarak 70 cm dan 40 cm pada sisi selatan dan 120 cm tanpa kisi pada sisi utara, dan bukaan atap dengan lebar 15 cm dengan jarak kisi-kisi 12 cm pada sisi utara dan 24 cm pada sisi selatan.

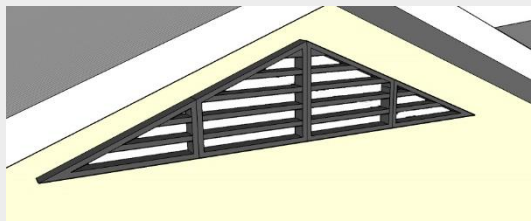
Tabel 4.21 Rekomendasi Kombinasi 10 (V3 S2 A1)



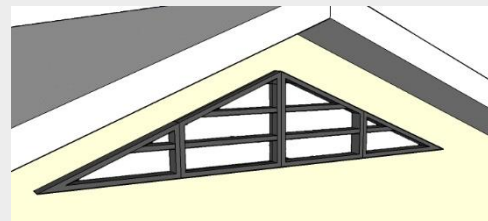
Rekomendasi Kombinasi 10 (V3 S2 A1)



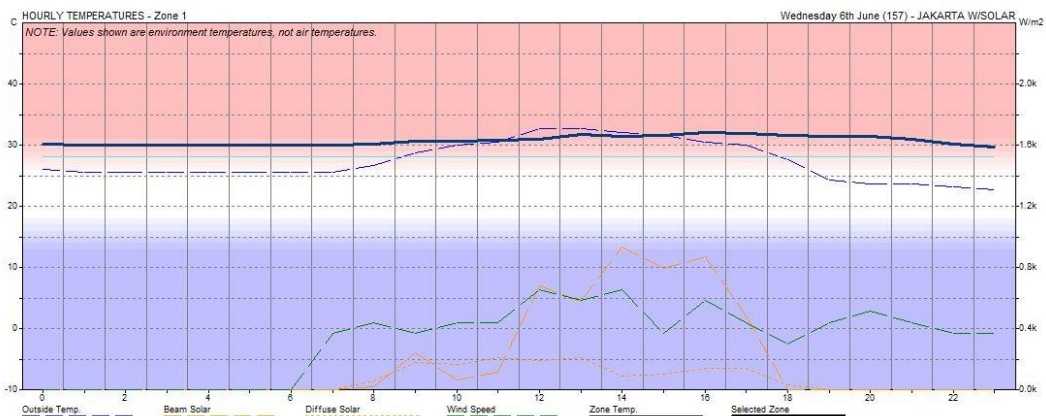
Bukaan ventilasi *horizontal pivot* + *shading device* 90 cm (sisi selatan)



Bukaan atap lebar 15 cm (sisi utara)



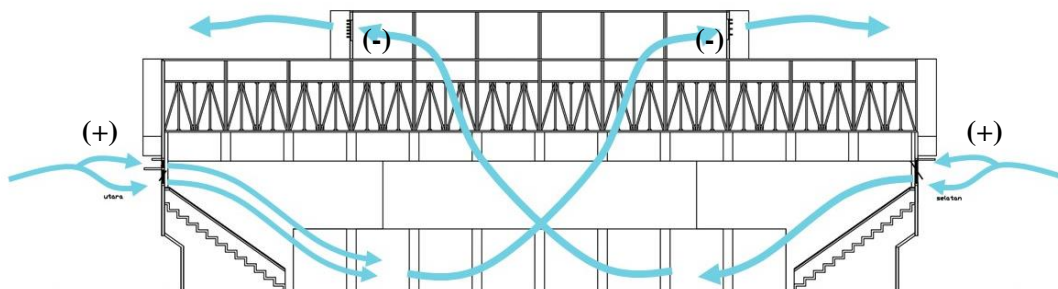
Bukaan atap lebar 15 cm (sisi selatan)



Grafik Hasil Simulasi Rekomendasi Kombinasi 11

Grafik hasil simulasi antara bukaan ventilasi *horizontal pivot*, *shading device* 90 cm, dan bukaan atap lebar 15 cm menunjukkan bahwa temperatur udara dalam ruang menunjukkan penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting GOR Otista. Pada simulasi eksisting temperature rata-rata pada pagi hari sebesar 31,9 °C, siang hari sebesar 32,9 °C, dan sore hari sebesar 33,4 °C. Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi temperatur rata-rata pada pagi hari menunjukkan angka 30,5 °C, siang

hari sebesar 31,3 °C, dan sore hari sebesar 31,5 °C. Dilihat dari grafik temperatur rekomendasi kombinasi 11 ini juga masih memiliki kondisi temperatur yang cukup stabil. Dalam kurun waktu pukul 08.00 – 15.00 tidak ada kenaikan temperatur udara dalam ruang secara drastis. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan rekomendasi kombinasi 11 ini dapat menurunkan suhu sebesar 1,5 °C.

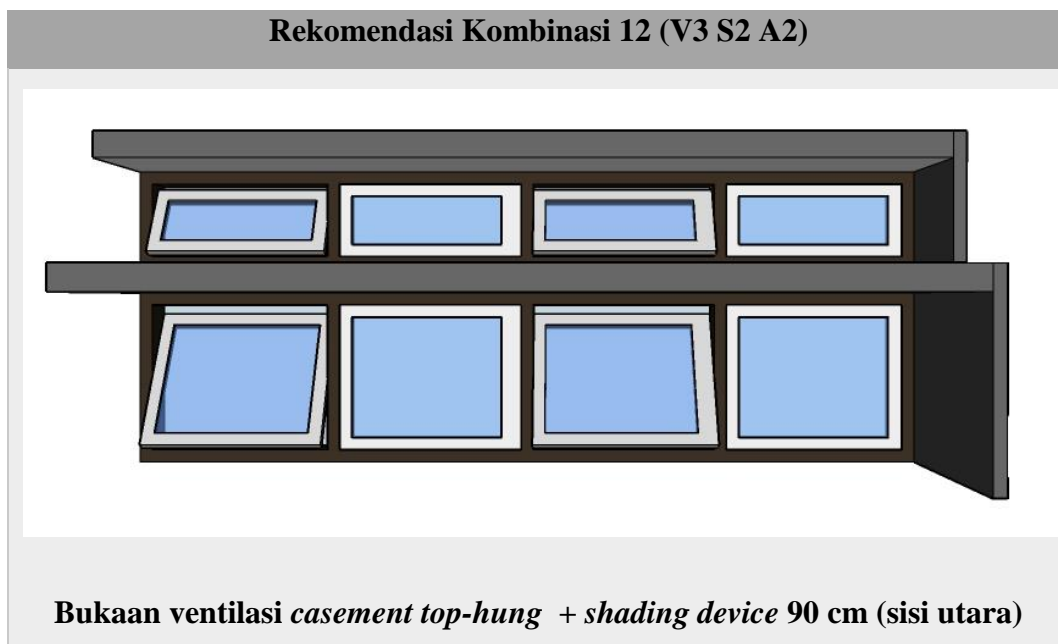


Gambar 4.40 Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 11 GOR Otista

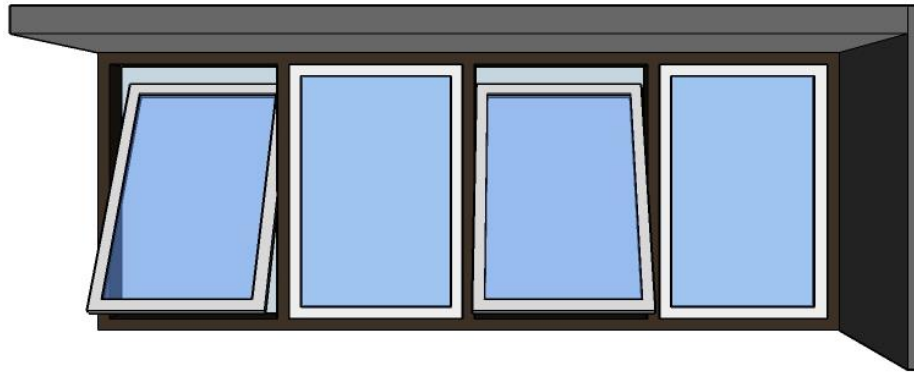
12. Simulasi Rekomendasi 12 (V3 S2 A2)

Model rekomendasi ini menggunakan kombinasi bukaan ventilasi menggunakan tipe *horizontal pivot*, *shading device* menggunakan lebar 90 cm kisi-kisi dengan jarak 70 cm dan 40 cm pada sisi selatan dan 120 cm tanpa kisi pada sisi utara, dan bukaan atap dengan lebar 10 cm dengan jarak kisi-kisi 8 cm pada sisi utara dan 16 cm pada sisi selatan.

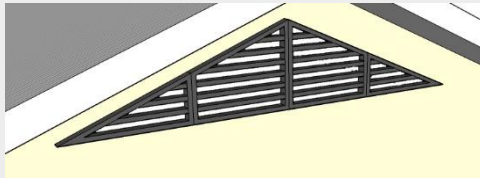
Tabel 4.22 Rekomendasi Kombinasi 9 (V3 S2 A2)



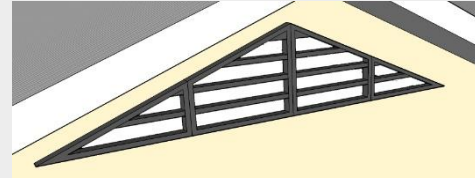
Rekomendasi Kombinasi 12 (V3 S2 A2)



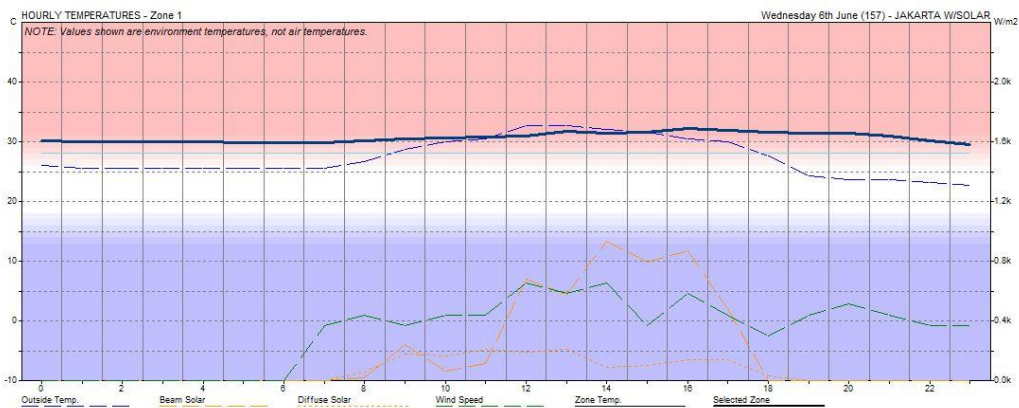
Bukaan ventilasi *casement top-hung* + *shading device* 90 cm (sisi selatan)



Bukaan atap lebar 10 cm (sisi utara)



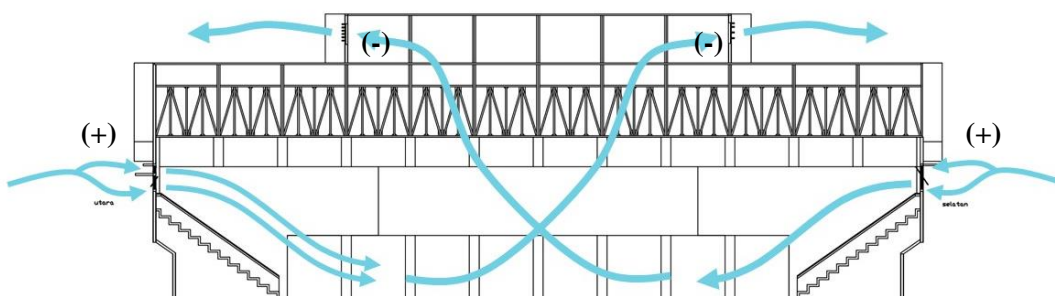
Bukaan atap lebar 10 cm (sisi selatan)



Grafik Hasil Simulasi Rekomendasi Kombinasi 12

Grafik hasil simulasi antara bukaan ventilasi *horizontal pivot*, *shading device* 90 cm, dan bukaan atap lebar 10 cm menunjukkan bahwa temperatur udara dalam ruang menunjukkan penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting GOR Otista. Pada simulasi eksisting temperature rata-rata pada pagi hari sebesar 31,9 °C, siang hari sebesar 32,9 °C, dan sore hari sebesar 33,4 °C. Sedangkan pada hasil simulasi rekomendasi temperatur rata-rata pada pagi hari menunjukkan angka 30,4 °C, siang

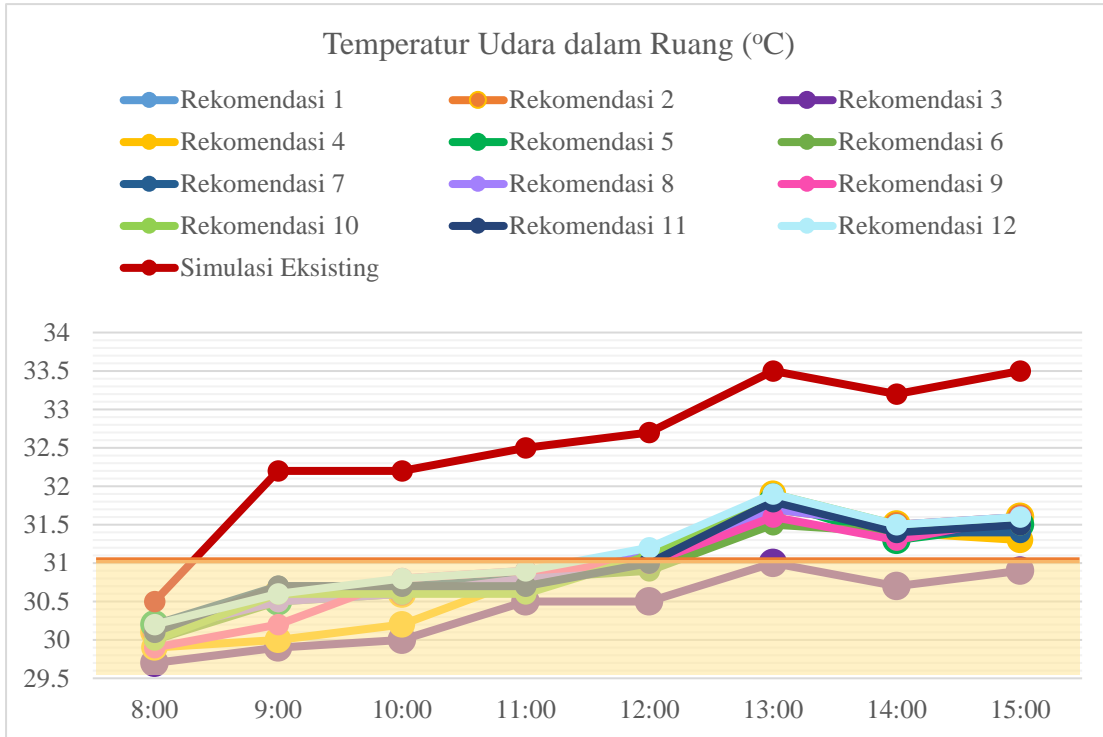
hari sebesar $31,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan sore hari sebesar $31,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dilihat dari grafik temperatur rekomendasi kombinasi 12 ini juga masih memiliki kondisi temperatur yang cukup stabil. Dalam kurun waktu pukul 08.00 – 15.00 tidak ada kenaikan temperatur udara dalam ruang secara drastis. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan rekomendasi kombinasi 12 ini dapat menurunkan suhu sebesar $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Gambar 4.41 Ilustrasi aliran udara pada rekomendasi kombinasi 12 GOR Otista

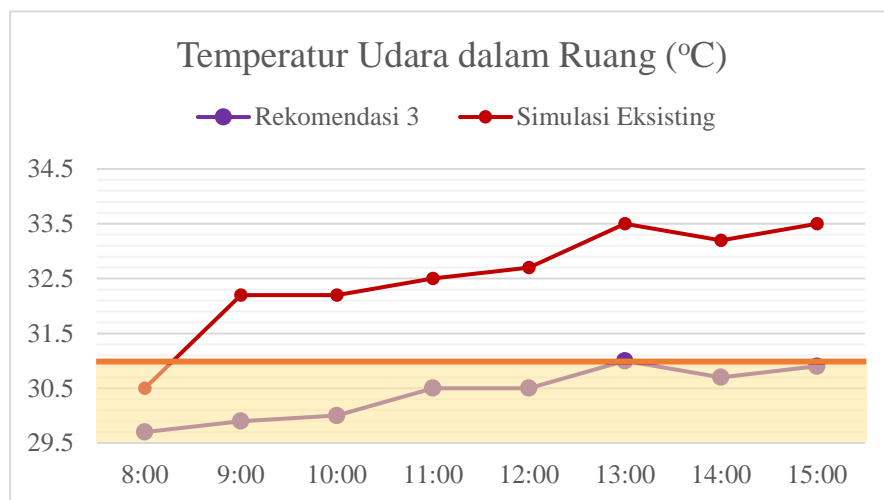
Berdasarkan kedua belas kombinasi antara bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap, kombinasi yang paling baik adalah rekomendasi kombinasi yang menggunakan bukaan ventilasi tipe *vertikal pivot*, *shading device* dengan lebar 50 cm, dan bukaan atap dengan lebar 15 cm. Kombinasi tersebut dapat menurunkan temperatur sebesar $2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ dari $33,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ menjadi $30,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ yang diambil dari nilai rata-rata 3 waktu pengukuran, yaitu pagi (08.00 – 10.00), siang (11.00 – 13.00), dan sore (14.00 – 15.00).

Setelah melakukan simulasi kedua belas rekomendasi dan kemudian dilihat dari grafik hasil simulasinya untuk perbandingan, kedua belas kombinasi menunjukkan grafik yang tidak jauh berbeda. Temperatur udara menunjukkan nilai yang sangat stabil pada pukul 00.00 – 07.00. Kemudian mulai mengalami kenaikan pada pukul 08.00 – 15.00, dan kembali mulai mengalami penurunan pada pukul 17.00. Temperatur udara dalam ruang tertinggi terjadi pada jam 13.00 dengan temperature udara sebesar $31,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Penurunan temperatur udara ini juga dipengaruhi penggunaan jenis kaca *double glass low e* yang dapat mengurangi panas matahari masuk ke dalam bangunan. Berikut merupakan grafik perbandingan antara kedua belas kombinasi yang sudah disimulasikan.



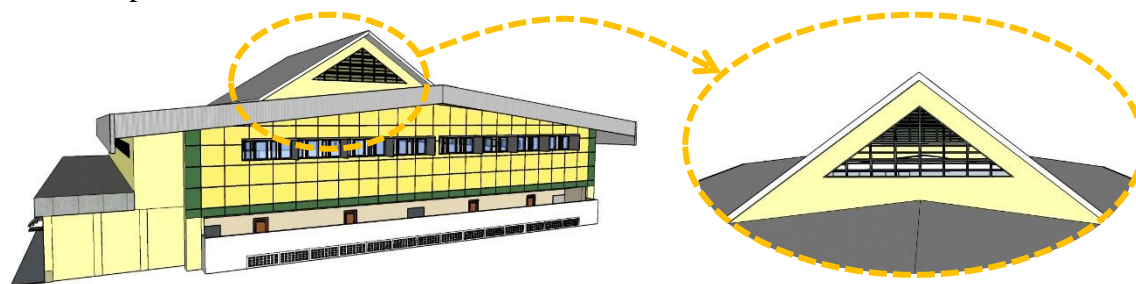
Gambar 4.42 Grafik temperatur udara dalam ruang rekomendasi 1 – 12 dan simulasi eksisting

Dari grafik temperatur udara dalam ruang yang mencantumkan kedua belas rekomendasi dan temperatur udara kondisi eksisting, dapat terlihat bahwa kedua belas rekomendasi dapat menurunkan temperatur udara dalam ruang dengan rekomendasi yang menurunkan temperatur terendah yaitu rekomendasi kombinasi 3. Menurut SNI 03-6572-2001 ambang batas standar temperatur di Indonesia yaitu $< 31\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan rekomendasi 3 merupakan rekomendasi yang paling mendekati. Berikut ini merupakan perbandingan selubung bangunan kondisi eksisting dengan selubung bangunan rekomendasi kombinasi 3.

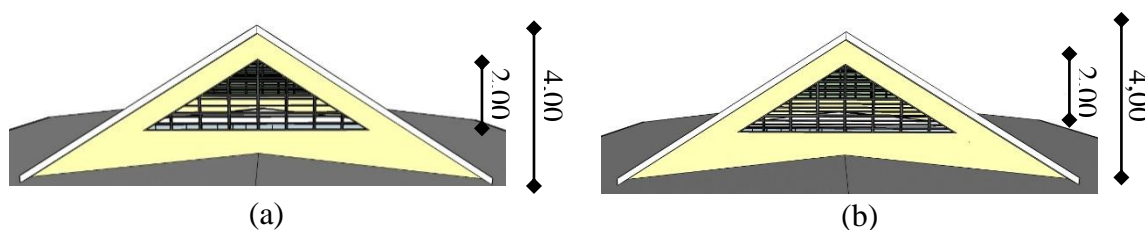


Gambar 4.43 Grafik temperatur udara dalam ruang rekomendasi 3 dan eksisting

Setelah mendapatkan rekomendasi kombinasi yang telah ditentukan yaitu rekomendasi kombinasi ke 3, alternatif tambahan untuk menurunkan temperatur udara dalam ruang yaitu dengan menambahkan dimensi bukaan pada bukaan atap yang berfungsi sebagai *outlet* pada sistem *stack effect* pada bangunan. Penambahan ini untuk mengetahui perubahan temperatur udara dalam ruangnya. Berikut merupakan ilustrasi penambahan dimensi bukaan atap.

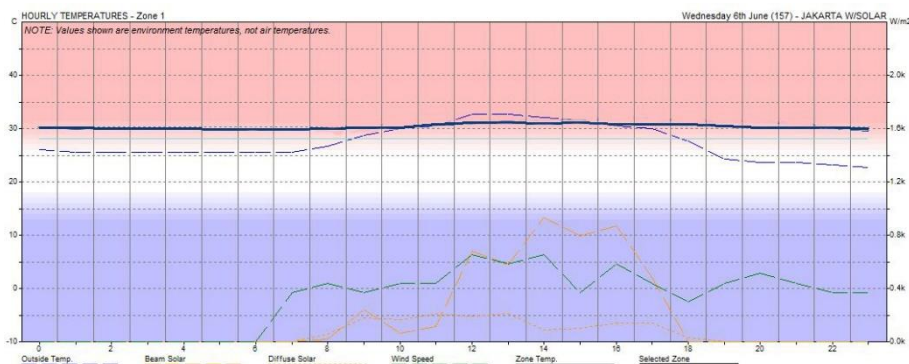


Gambar 4.44 Penambahan dimensi bukaan atap sebagai *outlet* bangunan



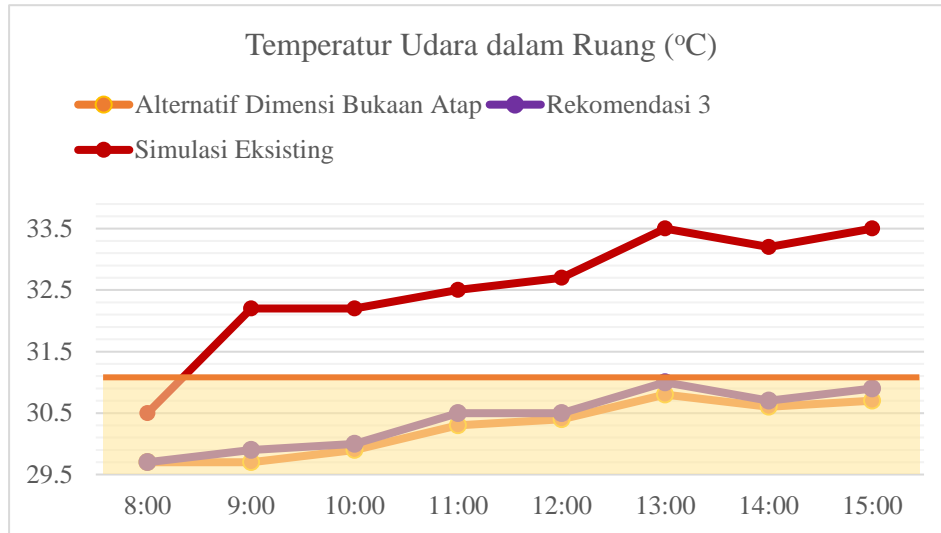
Gambar 4.45 Bukaan atap (a) sisi selatan (b) sisi utara

Jarak antar kisi tetap mengikuti SBV maximum bangunan dengan sisi selatan jarak antar kisinya yaitu 24 cm dan sisi utara jarak antar kisinya yaitu 12 cm. Panjang kisi 15 cm tetap menggunakan rekomendasi kombinasi 3 yang memiliki penurunan temperatur udara dalam ruang terendah dengan panjang kisinya yaitu 15 cm. Kemudian tetap dilakukan simulasi menggunakan *software Ecotect Analysis 2011* untuk mengetahui penurunan temperatur udara setelah menambahkan alternatif dimensi bukaan atap.



Gambar 4.46 Grafik hasil simulasi setelah menambahkan alternatif dimensi bukaan atap

Setelah menambahkan alternatif dimensi bukaan atap pada bangunan terlihat sedikit penurunan temperatur udara dalam ruang pada GOR Otista dibandingkan dengan rekomendasi kombinasi rekayasa desain yang telah terpilih. Berikut grafik perbandingan temperatur udara dalam ruang kombinasi rekayasa desain terpilih dan alternatif penambahan dimensi bukaan atap.

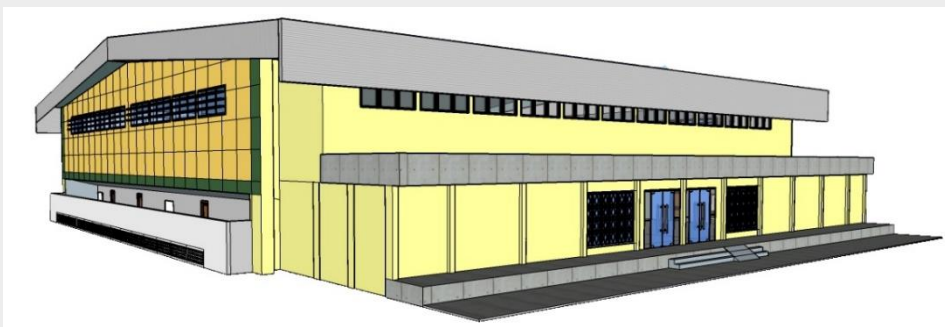


Gambar 4.47 Grafik temperatur udara dalam ruang rekomendasi 3, alternatif dimensi bukaan atap dan ekisting

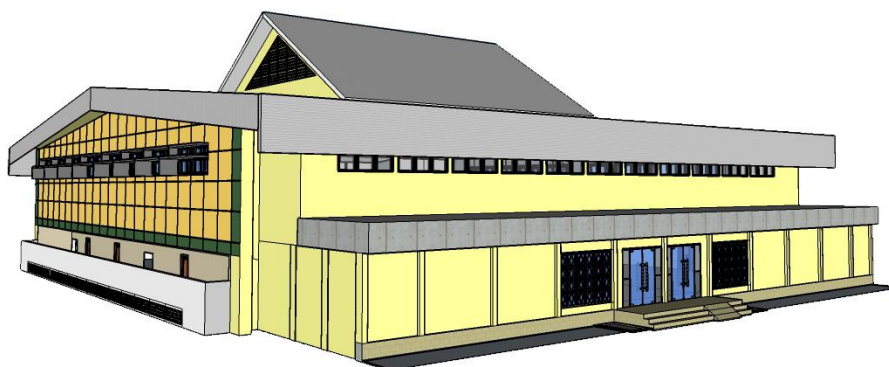
Hasil simulasi alternatif penambahan bukaan atap pada GOR Otista yaitu menurunkan temperatur udara rata-rata 3,0 °C dibandingkan dengan rekomendasi kombinasi 3 dengan penurunan temperatur udara rata-rata 2,8 °C. Alternatif penambahan bukaan atap ini juga memiliki nilai temperatur udara < 31 °C sehingga tidak melewati ambang batas dari SNI 03-6572-2001. Sehingga rekayasa desain terpilih yaitu dengan menambahkan dimensi bukaan atap pada GOR Otista sebagai alternatif rekayasa desain selubung bangunan pada GOR Otista.

Tabel 4.23 Perbandingan ilustrasi bangunan kondisi eksisting dengan kondisi bangunan menggunakan rekomendasi kombinasi 3

Perbandingan bangunan kondisi eksisting dengan rekomendasi rekayasa desain



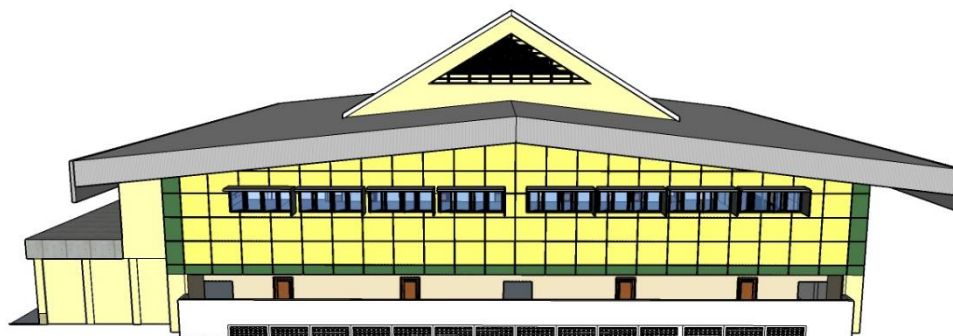
Kondisi eksisting GOR Otista



Kondisi GOR Otista menggunakan rekayasa desain selubung bangunan



Kondisi eksisting GOR Otista (sisi selatan)

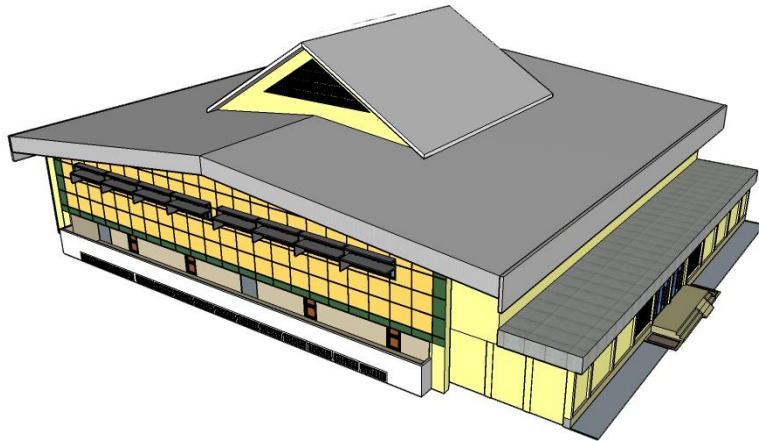


Kondisi GOR Otista menggunakan rekayasa desain selubung bangunan

Perbandingan bangunan kondisi eksisting dengan rekomendasi kombinasi 3



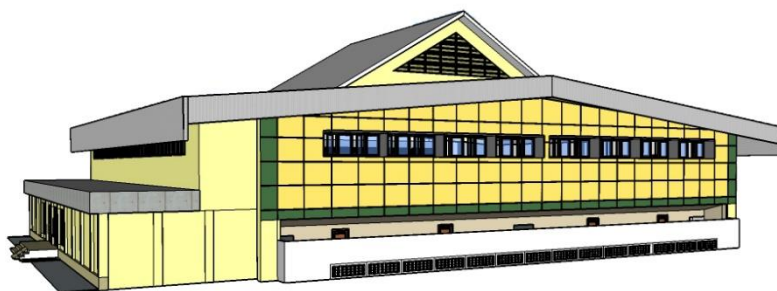
Kondisi eksisting GOR Otista (sisi utara)



Kondisi GOR Otista menggunakan rekayasa desain selubung bangunan



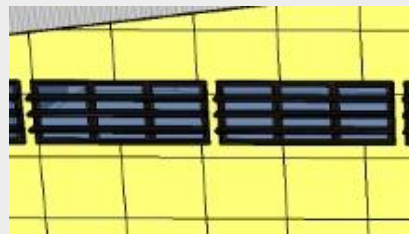
Kondisi eksisting GOR Otista



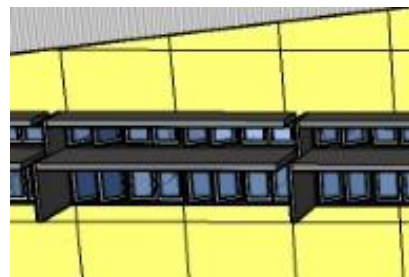
Kondisi GOR Otista menggunakan rekayasa desain selubung bangunan

Tabel 4.24 Perbandingan selubung bangunan kondisi eksisting dengan rekomendasi kombinasi 3

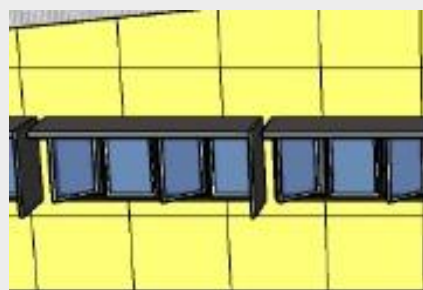
Perbandingan selubung bangunan kondisi eksisting dengan rekomendasi kombinasi 3



Kondisi Eksisting selubung bangunan GOR Otista



Rekomendasi Kombinasi 3 selubung bangunan GOR Otista (sisi utara)



Rekomendasi Kombinasi 3 selubung bangunan GOR Otista (sisi selatan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Objek studi pada penelitian ini adalah GOR Otista Jakarta yang berada di kawasan Gelanggang Remaja Jakarta Timur. GOR Otista ini mewadahi berbagai macam aktivitas tidak hanya untuk olahraga saja. Pengukuran temperatur udara pada GOR Otista ini menggunakan 40 titik ukur dengan dibagi menjadi 5 zona yaitu tribun utara, tribun selatan, hall timur, hall tengah, dan hall barat. Dari hasil pengukuran langsung, temperatur udara dalam ruangnya tidak terlalu berbeda dengan temperatur pada simulasi yang menggunakan *software Ecotect Analysis 2011*. Hasil pengukuran pada kondisi eksisting dan simulasi menunjukkan bahwa temperatur udara dalam ruang pada GOR Otista cukup tinggi untuk kondisi termal di Indonesia sehingga dibutuhkan rekayasa desain pada selubung bangunan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental pada analisis simulasi rekomendasi desain. Pada tahap analisis rekomendasi desain ini dilakukan beberapa pengujian dengan simulasi untuk membuktikan serta mendapatkan hasil sesuai tujuan penelitian. Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Bukaannya jendela yang terdapat pada kondisi eksisting belum dapat mengkondisikan termal di dalam bangunan sehingga temperatur di dalam bangunan menjadi tinggi hingga mencapai 34 °C. Oleh karena itu dibutuhkan rekayasa desain selubung bangunan pada GOR Otista sebagai upaya untuk menurunkan temperatur ruang di dalam GOR Otista.
2. Selubung bangunan yang difokuskan pada penelitian ini yaitu bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap. Terdapat 3 jenis rekomendasi bukaan ventilasi yaitu *vertical pivot*, *horizontal pivot*, dan *casement-hung*. Selanjutnya terdapat 2 jenis rekomendasi *shading device* yaitu *shading device* dengan lebar 50 cm dan 90 cm. Untuk bukaan atap terdapat 2 jenis rekomendasi yaitu bukaan atap dengan lebar 15 cm dan 10 cm. Ketiga rekomendasi ini akan dikombinasikan dan disimulasikan untuk melihat rekomendasi kombinasi yang dapat menurunkan temperatur paling baik. Rekomendasi kombinasi yang disimulasikan yaitu berjumlah 12 rekomendasi kombinasi.

3. Setelah melakukan simulasi pada 12 rekomendasi kombinasi, dapat disimpulkan bahwa dengan menambah bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap dapat menurunkan temperatur ruang. Kedua belas rekomendasi kombinasi ini dapat menurunkan temperatur ruang dengan kisaran $1,0^{\circ}\text{C} - 2,8^{\circ}\text{C}$. Temperatur rata-rata setelah dilakukan rekomendai mengalami penurunan dari $33,4^{\circ}\text{C}$ menjadi $30,6^{\circ}\text{C} - 31,5^{\circ}\text{C}$. Temperatur rata-rata terendah terdapat pada rekomendasi kombinasi 3 dengan bukaan ventilasi tipe *horizontal pivot, shading device* dengan lebar 90 cm, dan bukaan atap dengan panjang 15 cm.
4. Setelah mendapatkan rekomendasi kombinasi terpilih, ditambahkan alternatif baru dengan menambahkan dimensi bukaan pada atap untuk melihat penurunan temperatur udara dalam ruang pada GOR Otista. Setelah dilakukan simulasi dengan perpaduan rekomendasi kombinasi 3, temperatur udara dalam ruang rata-ratanya menurun hingga $3,0^{\circ}\text{C}$ dari $33,2^{\circ}\text{C}$ menjadi $30,2^{\circ}\text{C}$ yang diambil dari nilai rata-rata 3 waktu pengukuran. Sehingga rekomendasi rekayasa desain yang terpilih adalah perpaduan antara rekomendasi kombinasi 3 dengan penambahan dimensi bukaan atap.
5. Pemilihan jenis bukaan ventilasi pada bangunan berpengaruh terhadap penurunan temperatur pada GOR Otista Jakarta. Semakin besar rasio bukaan ventilasi maka aliran udara yang masuk ke bangunan akan lebih banyak dan temperature ruang akan menjadi lebih rendah. *Shading device* pada setiap bukaan juga berpengaruh terhadap pencegahan panas matahari yang akan masuk ke dalam bangunan. Semakin lebar *shading device* maka pencegahan panas matahari masuk ke dalam bangunan akan lebih efektif. Selain bukaan ventilasi, bukaan atap juga berpengaruh terhadap penurunan temperatur dikarenakan adanya bukaan atap pada bangunan maka sistem *stack effect* menjadi bekerja dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa perlunya memperhatikan elemen selubung bangunan berupa bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap untuk meningkatkan pengendalian termal bangunan khususnya untuk penurunan temperatur udara di dalam ruang.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, redesain elemen selubung bangunan berupa bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap mampu menurunkan temperatur udara di dalam ruang pada GOR Otista Jakarta. Dengan adanya studi penelitian ini diharapkan mampu memberikan acuan untuk desain pemanfaatan bukaan ventilasi, *shading device*, dan bukaan atap sebagai upaya untuk peningkatan pengendalian termal untuk menurunkan temperatur ruang dengan hal-hal sebagai berikut:

1. Jenis bukaan ventilasi.
2. Dimensi bukaan ventilasi.
3. Lebar *shading device* yang sesuai dengan SBV (Sudut Bayang Vertikal) pada bangunan.
4. Bukaan atap untuk menerapkan sistem *stack effect* pada bangunan.
5. Dimensi bukaan atap sebagai *output* udara dari dalam bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Olygay, V. 1963. *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton: Princeton University Press.
- Egan, M. D. 1972. *Concepts in Architectural Acoustics*. New York: McGraw-Hill.
- Fanger. 1982. *Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental Engineering*. Malabar: Robert E. Krieger Publishing Company.
- Boutet, T. S. 1987. *Controlling air movement: A manual for architects and builders*. New York: McGraw-Hill.
- Synder, J. C. 1989. Pengantar Arsitektur. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Idealistina, F. 1991. Model Termoregulasi Tubuh untuk Penentuan Besaran Kesan Thermal Terbaik dalam kaitannya dengan Kinerja Manusia, Thesis doktor, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Oseland, N. A. & Humphreys, M. A. 1993. *Thermal Comfort: Past, Present, and Future*. Garston.
- John, Geraint, Heard, Helen. 1981. *the Sports Council Technical Unit for Sport Vol. 1*. London: Architectural Press.
- Lechner, N. 2007. *Heating, Cooling, Lighting: Metode Desain untuk Arsitektur*. Edisi 2. Terjemahan Sandriana Siti. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Lechner, N. 2015. *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Method for Architecture*. Edisi 4. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- American Society of Heating Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers. 1992. *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta.
- Lippsmeier, Georg. 1994. Bangunan Tropis. Terjemahan Ir Syahmir Nasution. Jakarta: Erlangga.

- Nicol, F. & Humphreys. 2002. *Why International Thermal Comfort Standards Don't Fit Tropical Buildings*. Jakarta.
- Henry F. & Nyuk, H. W. 2004. *Thermal Comfort for Naturally Ventilated Houses in Indonesia, Energy and Buildings 36*.
- Szokolay, S.V. 2004. *Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design*. Singapura: Architectural Press.
- Mediastika, C. E. 2005. *Akustika Bangunan Prinsip-prinsip dan Penerapannya di Indonesia*. Erlangga, Jakarta.
- Szokolay, S. V. & Auliciems, A. 2007. *Thermal Comfort*. Brisbane: Department of Architecture, The University of Queensland.
- Latifah, N. L. 2015. *Fisika Bangunan 1*. Jakarta: Griya Kreasi.
- Badan Standardisasi Nasional. 2001. *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara Pada Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Karyono, T. H. Juli 2001. "Penelitian Kenyamanan Termis di Jakarta Sebagai Acuan Suhu Nyaman Manusia Indonesia". *Dimensi Teknik Arsitektur* Volume 29, Nomor 1. (diakses tanggal 21 Maret 2016)
- Susilowati, D. & Wahyudi, F. Desember 2014. "Kajian Pengaruh Penerapan Arsitektur Tropis Terhadap Kenyamanan Termal Pada Bangunan Pulik Menggunakan Software Ecotech Studi Kasus: Perpustakaan Universitas Indonesia". *Jurnal Desain Konstruksi*. Volume 13., Nomor 2. <http://ejournal.gunadarma.ac.id/index.php/dekons/article/view/1144> (diakses tanggal 21 Maret 2016)
- Syahrozi. 2013. "Kenyamanan Termal Pada Bangunan Bentang Lebar (Studi Kasus Aula Palangka, Universitas Palangka Raya)". *Jurnal Perspektif Arsitektur*. Volume 8, Nomor 2. <http://www.jurnalperspektifarsitektur.com/download/> (diakses tanggal 21 Maret 2016)
- Selo Abi, Nadyaviani. 2015. "Gelanggang Olahraga Tennis di Magelang Dengan Pendekatan Arsitektur Bioklimatik". <http://e-journal.uajy.ac.id/8774/> (diakses tanggal 21 Maret 2016)

- Imam Santoso, Eddy. 2013. "Kenyamanan Termal *Indoor* Pada Bangunan di Daerah Beriklim Tropis Lembab". Indonesian Green Technology Journal Volume 1, Nomor 1. <http://igtj.ub.ac.id/index.php/igtj/article/view/114> (diakses tanggal 21 Maret 2016)
- Artha Prakoso, Naga, Kapitan Lamahala, Alexius & Sentanu, Gea. 2014. "Kajian Penerapan Material pada Selubung Bangunan yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal dan Visual". Jurnal Reka Karsa. Volume 2, Nomor 2. <http://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekakarsa/article/view/462> (diakses tanggal 21 Maret 2016)
- Talarosha, Basaria. 2005. "Menciptakan Kenyamanan Termal Dalam Bangunan". Jurnal Sistem Teknik Industri Volume 6, Nomor 3. (diakses tanggal 13 Desember 2017)
- Nurwidyaningrum, Dyah, A.G., Hidjan & Farida, Rita. 2015. "Pengaruh Material Ruang Pada Kenyamanan Termal Ruang Membatik yang menggunakan *Skylight* Studi Kasus: Rumah Batik Katura, Plered, Cirebon". <http://journal.unika.ac.id/index.php/tesa/article/view/641> (diakses tanggal 13 Desember 2017)
- Kurniansyah, Rifky, Murti Nugroho, Agung & Martiningrum, Indyah. 2016. "Strategi *Double Skin Façade* pada Apartemen di Surabaya". Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur Volume 4, Nomor 4. <http://arsitektur.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jma/article/view/303/293> (diakses tanggal 13 Desember 2017)
- International Finance Corporation*. 2011. *Jakarta Building Energy Efficiency, Baseline, and Saving Potential: Sensitivity Analysis*.
- Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia. 2002. Kamus Besar Bahasa Indonesia. Jakarta: Balai Pustaka.
- Republik Indonesia. Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia. Undang-undang Sistem Keolahragaan Nasional Tahun 2005. Jakarta.
- Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta tentang Bangunan Gedung Hijau Nomor 38 Tahun 2012. Jakarta.
- <https://www.google.co.id/maps/@-6.2346906,106.8680705,19.25z?hl=id>
- <http://maps.google.com/@-6.2347055,106.8679217,785m/data=!3m1!1e3?hl=id>
- <http://maps.google.com/@-6.2352207,106.8679203,3a,75y,59.39h,78.15t/data=!3m6!1e1!3m4!1s4mPoOM3qClL2ZRdm-81ZA!2e0!7i13312!8i6656?hl=id>

<http://www.greenbuildingadvisor.com/blogs/dept/energy-solutions/window-performance-2-magic-low-e-coatings>